

ALISSON GOMES DA SILVA

**EFEITO DA DEMANDA FÍSICA SIMULADA DE UMA PARTIDA DE FUTEBOL NA
TEMPERATURA DA PELE DE JOVENS JOGADORES AVALIADA POR
TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: João Carlos Bouzas Marins

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

S586e
2022
Silva, Alisson Gomes da, 1985-
Efeito da demanda física simulada de uma partida de
futebol na temperatura da pele de jovens jogadores avaliada por
termografia infravermelha / Alisson Gomes da Silva. – Viçosa,
MG, 2022.

1 tese eletrônica (138 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: João Carlos Bouzas Marins.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Educação Física, 2022.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.050>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Exercícios físicos. 2. Termografia. 3. Temperatura
corporal - Regulação. 4. Futebol. 5. Fadiga. I. Marins, João
Carlos Bouzas, 1964-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação
em Educação Física. III. Título.

CDD 22. ed. 613.7

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552

ALISSON GOMES DA SILVA

**EFEITO DA DEMANDA FÍSICA SIMULADA DE UMA PARTIDA DE FUTEBOL NA
TEMPERATURA DA PELE DE JOVENS JOGADORES AVALIADA POR
TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA**

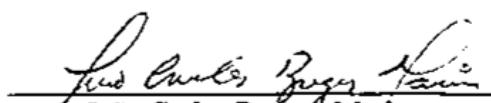
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 14 de dezembro de 2022.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
goubr ALISSON GOMES DA SILVA
Data: 23/02/2023 09:41:35-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Alisson Gomes da Silva
Autor


João Carlos Bouzas Marins
Orientador

*Aos meus pais, Ana Maria Gomes da Silva e
Dercy Maia Silva.*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço a Deus, por todas as bênçãos alcançadas e por sempre ter iluminado o meu caminho. Aos meus pais, Ana e Dercy, por todo o amor, carinho e incentivo. À minha esposa, Fernanda, pelo apoio, compreensão, companheirismo e por me fazer melhorar a cada dia como pessoa.

Ao Brigadeiro Bellintani, ex-comandante da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR), por ter autorizado o meu afastamento para cursar o doutorado e o uso das instalações da EPCAR para a coleta de dados da pesquisa.

Ao professor Alexandre, Cel. Carvalho e demais membros da Comissão Pedagógica de Pessoal Docente da EPCAR, pelo efetivo empenho em viabilizar o meu afastamento para o doutorado. Ao Cel. Gleysson, Cel. Moura e aos Majores Olímpio, Hespanhol, Petersen e Joubert, que me apoiaram totalmente no Corpo de Alunos da EPCAR e não mediram esforços para viabilizar a coleta de dados na EPCAR.

Aos amigos do corpo docente da seção de educação física da EPCAR, por apoiarem meu afastamento para o doutorado e pelo auxílio na coleta de dados. À Fabrícia e ao Carlos, pela parceria, sugestões e incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar o doutorado. Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da UFV/UFJF, pelos ensinamentos, e aos colegas de curso pelos momentos compartilhados.

Ao Hamilton, pelo suporte integral na coleta de dados e pela parceria ao longo do curso, a qual, certamente, se manterá para projetos futuros.

Ao professor Ciro José Brito, pelos ensinamentos e pela dedicação na coorientação da tese, e aos membros da banca, pelos ensinamentos, críticas e sugestões, que contribuíram sobremaneira para a minha formação.

Aos meus queridos alunos das turmas Pastor, Phoenix e Sabre, que gentilmente aceitaram participar da pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de financiamento para o estudo.

À Empresa Radsquare Tecnologia, por disponibilizar acesso ao software Kelvin+® para as avaliações termográficas.

Ao meu querido “pai acadêmico”, professor João Carlos Bouzas Marins. Obrigado pela relação de confiança e respeito, pelo zelo ao me guiar nessa jornada de aprendizado, pela sua dedicação na orientação deste trabalho e, principalmente, pela sua conduta exemplar e inspiradora como professor.

“Seus maiores bens são seus sonhos”.

(Friedrich Nietzsche)

RESUMO

SILVA, Alisson Gomes da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2022. **Efeito da demanda física simulada de uma partida de futebol na temperatura da pele de jovens jogadores avaliada por termografia infravermelha.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins.

O objetivo dessa tese foi analisar a capacidade da termografia infravermelha de identificar fadiga residual induzida pela demanda física simulada de uma partida de futebol. Para tal, foram desenvolvidos dois estudos. No primeiro, foi realizada uma revisão integrativa para analisar os trabalhos que investigaram o efeito da fadiga residual induzida por exercício na temperatura da pele (T_P) pós-exercício, medida por termografia. Foram identificados 1579 estudos nas bases de dados Medline/Pubmed, Science Direct, Scopus, Embase e Web of Science. Foram incluídos na revisão 22 estudos, realizados com exercícios resistidos ($n=12$), esportes de *endurance* ($n=6$), partida de futebol ($n=2$), treino pliométrico ($n=1$) e treinamento de potência-velocidade ($n=1$). Em quinze artigos (68,2%) foi reportado que o exercício causa um aumento tardio na T_P , o que foi atribuído à resposta inflamatória em 10 artigos (45,5%). Porém, seis estudos (27,3%) não encontraram efeito do exercício na T_P , e um encontrou uma redução de T_P . Portanto, ainda não é possível determinar com bom nível de evidência científica que a termografia possa ser empregada para avaliação de fadiga residual induzida por exercício. No segundo estudo, o objetivo foi analisar a resposta da T_P a diferentes volumes de demanda física simulada de uma partida de futebol e correlacionar a resposta térmica com marcadores bioquímicos e subjetivos de recuperação. Em ordem randomizada, 14 jogadores (idade: $18,0 \pm 1,2$ anos; massa corporal: $68,7 \pm 4,9$ kg; estatura: $175,4 \pm 6,8$ cm; gordura corporal: $5,1 \pm 2,2$ %; VO_{2max} : $50,8 \pm 3,3$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) completaram 90 min e 45 min de um protocolo de demanda física simulada de uma partida de futebol. Nos momentos 24h antes (baseline) e 24h e 48h após o término das sessões, foram registradas a T_P a partir de termogramas, níveis sanguíneos de creatina quinase e proteína c reativa, e a recuperação percebida pela escala de Qualidade Total de Recuperação. ANOVA *two-way* com post-hoc de Bonferroni mostrou que a T_P aumentou 48h (vs. baseline) após o protocolo de 90 min nas 4 regiões avaliadas na coxa posterior ($\Delta=0,3-0,4^\circ\text{C}$; $p \leq 0,001$) e em 2 de 4 regiões na coxa anterior ($\Delta=0,3^\circ\text{C}$, $p=0,013$, $p=0,009$). Já no momento 24h após a condição de 45 min, a T_P reduziu significativamente em todas as regiões da coxa (8 regiões) e não retornou ao valor basal 48 h após (em 7 regiões). Não houve alteração térmica na perna ($p > 0,05$). Análises de correlação mostraram que a T_P foi positivamente relacionada aos níveis de creatina quinase e proteína c reativa, e inversamente relacionada aos escores de qualidade

total de recuperação. Portanto, a termografia identifica diferentes magnitudes de fadiga residual induzida pela demanda física simulada de partida de futebol. A simulação de uma partida de 90 min gera um aumento na T_P após 48h, especialmente na região posterior de coxa, enquanto um menor volume de 45 min reduz a T_P na coxa 24h e 48h após. Maiores valores de T_P são relacionados ao dano muscular, inflamação e pior recuperação percebida após um protocolo de demanda física simulada de futebol.

Palavras-Chave: Termografia. Temperatura Cutânea. Exercício Físico. Futebol. Fadiga.

ABSTRACT

SILVA, Alisson Gomes da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2022. **Effect of the physical demand of a soccer match simulation on young players' skin temperature measured by infrared thermography.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins.

This dissertation aims to analyze infrared thermography's capacity to identify residual fatigue induced by soccer-match simulated physical demand. Thus, two studies were performed. In the first study, an integrative review was conducted to analyze the studies that investigated the effect of exercise-induced residual fatigue on skin temperature (T_{sk}) post-exercise measured by thermography. A total of 1579 studies were identified in the Medline/Pubmed, Science Direct, Scopus, Embase, and Web of Science databases. Twenty-two studies were included in the review, conducted with resistance exercise (n=12), endurance sports (n=6), soccer matches (n=2), plyometric exercise (n=1), and speed-power training camp (n=1). Fifteen studies (68.2%) found a delayed effect of exercise increasing T_{sk} , from which ten studies (45.4%) attributed this to the inflammatory response. However, six studies (27.3%) did not find an effect of exercise on T_{sk} , and one reported T_{sk} reductions over ten days of training. Therefore, solid scientific evidence is lacking to ensure that thermography can be used to evaluate exercise-induced residual fatigue. Concerning the second study, the objective was to analyze the T_{sk} response to different volumes of soccer-match simulated physical demand and correlate the thermal response with biochemical and perceptive markers of recovery. Following a randomized order, fourteen male soccer players (age: 18.0 ± 1.2 years old; body mass: 68.7 ± 4.9 kg; height: 175.4 ± 6.8 cm; body fat: 5.1 ± 2.2 %; VO_2max : 50.8 ± 3.3 mL·kg⁻¹·min⁻¹) completed 90 min and 45 min of a protocol that reproduces the soccer-match physical demand. At the moments 24 h pre (baseline), 24 h post, and 48 h post each experimental condition, the following measurements were registered: T_{sk} through thermograms, blood levels of creatine kinase and C-reactive protein, and perceived recovery by the Total Quality Recovery scale. Two-way ANOVA with Bonferroni post hoc showed increased T_{sk} values 48 h post the 90-min protocol compared to baseline in 4 regions of interest at the posterior thigh ($\Delta=0.3-0.4^\circ\text{C}$; $p \leq 0.001$) and in 2 of 4 anterior thigh's regions ($\Delta=0.3^\circ\text{C}$, $p=0.013$, $p=0.009$). However, 24 h following the 45-min protocol, T_{sk} values decreased in all the thigh regions (8 regions) and remained below baseline after 48 h (7 regions). There was no T_{sk} alteration in the legs ($p > 0.05$). Correlation analyses showed that T_{sk} values were positively related to both creatine kinase and C-reactive protein levels and inversely correlated to total quality recovery scores. Therefore,

thermography identifies different magnitudes of residual fatigue induced by soccer-match simulated physical demand. A 90-minute soccer simulation protocol causes increases in T_{sk} 48 h post, especially at the posterior thigh region. In contrast, a reduced volume of 45 min reduces T_{sk} at thighs 24 h and 48 h post-protocol. Moreover, higher T_{sk} values are correlated with muscle damage, inflammation, and lower perceived recovery after a soccer-match simulation protocol.

Keywords: Thermography. Skin Temperature. Exercise. Soccer. Fatigue.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO 1: A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PODE SER UMA FERRAMENTA AUXILIAR PARA MONITORAMENTO DA RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO? UMA REVISÃO INTEGRATIVA.....	28
Figura 1 – Fluxograma da seleção dos artigos (<i>Prisma Flow</i>)	35
Quadro 1 – Síntese dos estudos que monitoraram a temperatura da pele no(s) dia(s) subsequente(s) após um exercício.....	36
ARTIGO 2: EFEITO DO VOLUME DE DEMANDA FÍSICA SIMULADA DE UMA PARTIDA DE FUTEBOL NA TEMPERATURA DA PELE DE JOVENS JOGADORES MEDIDA POR TERMOGRAFIA.....	58
Figura 1 – Esquematização do desenho experimental. A: Linha do tempo da familiarização e avaliações de caracterização dos participantes na etapa pré-experimental; B: Esquematização da etapa experimental.....	66
Figura 2 – Ilustração esquemática do protocolo de demanda física simulada de partida de futebol, T-SAFT ⁹⁰	73
Figura 3 – Imagem demonstrativa da aplicação do T-SAFT ⁹⁰ no presente estudo.....	74
Quadro 1 – Valores de normalidade dos parâmetros bioquímicos analisados.....	76
Figura 4 – Estrutura do ambiente de coleta de imagem termográfica realizada no estudo.....	78
Figura 5 – Termogramas de membros inferiores com as RCIs identificadas por números.....	79
Figura 6. Escala visual análoga para avaliação de dor muscular tardia.....	79
Figura 7 – Escala de Qualidade Total de Recuperação empregada para avaliar o estado de recuperação.....	80
Figura 8 – Execução do teste de salto com contramovimento durante o estudo.....	81
Figura 9 – Comportamento da FC (bpm) durante as condições experimentais.....	83
Figura 10 – Comportamento da PSE (0-10) durante as condições experimentais.....	84
Quadro 2 – Número de casos em que os parâmetros bioquímicos ultrapassaram os valores de normalidade.....	85
Figura 11– Variação percentual de creatina quinase após cada condição experimental em relação ao momento basal.....	87

Figura 12 – Variação percentual de proteína c reativa após cada condição experimental em relação ao momento basal.....	87
Figura 13 – Escores de qualidade do sono durante o estudo.....	88
Figura 14 – Qualidade Total de Recuperação antes e após cada condição experimental.....	90
Figura 15 – Altura (cm) no salto com contra movimento antes e após cada condição experimental.....	90
Figura 16 – Resposta da temperatura da pele do vasto lateral às intervenções experimentais....	91
Figura 17 – Resposta da temperatura da pele do reto femoral às intervenções experimentais....	92
Figura 18 – Resposta da temperatura da pele do vasto medial às intervenções experimentais...93	
Figura 19 – Resposta da temperatura da pele do adutor de quadril (visão anterior) às intervenções experimentais.....	94
Figura 20 – Resposta da temperatura da pele do bíceps femoral às intervenções experimentais.....	95
Figura 21 – Resposta da temperatura da pele do semitendinoso às intervenções experimentais.....	96
Figura 22 – Resposta da temperatura da pele do semimembranoso às intervenções experimentais.....	97
Figura 23 – Resposta da temperatura da pele do adutor de quadril (visão posterior) às intervenções experimentais.....	98
Figura 24 – Resposta da temperatura da pele do gastrocnêmio lateral às intervenções experimentais.....	99
Figura 25 – Resposta da temperatura da pele do gastrocnêmio medial às intervenções experimentais.....	99
Figura 26 – Termogramas de um participante nos momentos 24 h pré (baseline), 24 h e 48 h após as condições experimentais.....	106

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1: A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PODE SER UMA FERRAMENTA AUXILIAR PARA MONITORAMENTO DA RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO? UMA REVISÃO INTEGRATIVA.....28

Tabela 1 – Descritores controlados utilizados para a construção da estratégia de busca nas bases Medline/Pubmed, Science Direct, Scopus, Web of Science e Embase.....33

ARTIGO 2: EFEITO DO VOLUME DE DEMANDA FÍSICA SIMULADA DE UMA PARTIDA DE FUTEBOL NA TEMPERATURA DA PELE DE JOVENS JOGADORES MEDIDA POR TERMOGRAFIA.....58

Tabela 1 – Rotina diária dos participantes ao longo do estudo.....68

Tabela 2 – Distância percorrida, tempo requerido e frequência de cada atividade relacionada ao jogo durante o T-SAFT⁹⁰ em ambas as condições experimentais.....72

Tabela 3 – Escores de percepção subjetiva de esforço durante as condições experimentais.....83

Tabela 4 – Valores de marcadores bioquímicos, absolutos e transformados em log₁₀, antes e após as condições experimentais.....85

Tabela 5 – Mediana e intervalo interquartil da variação percentual de marcadores bioquímicos em relação aos valores basais.....86

Tabela 6 – Correlações entre temperatura da pele e creatina quinase, proteína C reativa e qualidade total de recuperação referente ao momento pós 24 h.....101

Tabela 7 – Correlações entre temperatura da pele e creatina quinase, proteína C reativa e qualidade total de recuperação referente ao momento pós 48 h.....102

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DMIE	Dano muscular induzido pelo exercício
CAAE	Certificado de Apresentação e Apreciação Ética
CK	Creatina quinase
DMIT	Dor muscular de início tardio
EPCAR	Escola Preparatória de Cadetes do Ar
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FC	Frequência cardíaca
GEU	Gravidade específica da urina
LDH	Lactato desidrogenase
PCR	Proteína c reativa
PCR-us	Proteína c reativa ultrasensível
Pós _{24h}	Momento de aquisição de medidas 24 h após o início da condição experimental
Pós _{48h}	Momento de aquisição de medidas 48 h após o início da condição experimental
Pré _{24h}	Momento de aquisição de medidas 24 h antes do início de cada condição experimental.
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PSE _s	Percepção subjetiva de esforço da sessão
QTR	Qualidade total de recuperação
RCI	Região corporal de interesse
SCM	Salto com contramovimento
TE	Tamanho do efeito
TI	Termografia infravermelha
T _p	Temperatura da pele
T-SAFT ⁹⁰	<i>Technical soccer-specific aerobic field test</i>
_{45min} T-SAFT ⁹⁰	45 minutos de duração do <i>Technical soccer-specific aerobic field test</i>
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UR	Umidade relativa
VO ₂ max	Consumo máximo de oxigênio
Yo-Yo IRT I	<i>Yo-Yo intermittent recovery test level 1</i>

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	17
2	INTRODUÇÃO GERAL	19
2.1	Objetivo Geral.....	22
2.2	Objetivos Específicos	22
2.3	Hipóteses.....	23
2.4	Referências	24
3	ARTIGO 1 – A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PODE SER UMA FERRAMENTA AUXILIAR PARA MONITORAMENTO DA RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO? UMA REVISÃO INTEGRATIVA.....	28
3.1	Resumo.....	29
3.2	Abstract	30
3.3	Introdução	31
3.4	Métodos.....	32
3.5	Resultados.....	34
3.6	Discussão.....	45
3.6.1	Estudos que reportaram um aumento tardio na T_P após o exercício	45
3.6.2	Estudos que não encontraram aumento na T_P após o exercício.....	48
3.6.3	Desafios tecnológicos e de análise	49
3.6.4	Direções futuras	50
3.7	Conclusão	52
3.8	Referências	53
4	ARTIGO 2 – EFEITO DO VOLUME DE DEMANDA FÍSICA SIMULADA DE UMA PARTIDA DE FUTEBOL NA TEMPERATURA DA PELE DE JOVENS JOGADORES MEDIDA POR TERMOGRAFIA.....	58
4.1	Resumo.....	59
4.2	Abstract	61
4.3	Introdução	63
4.4	Materiais e Métodos	65
4.4.1	Participantes.....	65
4.4.2	Delineamento experimental	66
4.4.3	Procedimentos.....	68
4.4.3.1	Familiarização e caracterização da amostra	68
4.4.3.1.1	Familiarização ao teste de salto com contramovimento	68
4.4.3.1.2	Familiarização ao T-SAFT ⁹⁰	69
4.4.3.1.3	Yo-Yo Intermittent Recovery Test nível 1	70
4.4.3.1.4	Avaliação antropométrica	70

4.4.3.2	Protocolo de demanda física simulada de partida de futebol (T-SAFT ⁹⁰).....	71
4.4.3.2.1	Resposta psicofisiológica ao T-SAFT ⁹⁰	74
4.4.3.2.2	Protocolo de hidratação durante o T-SAFT ⁹⁰	75
4.4.3.3	Avaliação do estado de hidratação e nível de desidratação	75
4.4.3.4	Marcadores sanguíneos.....	75
4.4.3.5	Qualidade subjetiva do sono	76
4.4.3.6	Imagens termográficas.....	77
4.4.3.7	Dor muscular de início tardio e estado de recuperação	79
4.4.3.8	Desempenho neuromuscular.....	80
4.4.4	Análise Estatística.....	81
4.5	Resultados.....	82
4.5.1	Frequência cardíaca, PSE e carga de treinamento (PSE da sessão × duração).....	82
4.5.2	Estado de hidratação	84
4.5.3	Marcadores bioquímicos.....	84
4.5.3.1	Creatina quinase (log ₁₀)	85
4.5.3.2	Proteína C reativa ultrasensível (log ₁₀)	86
4.5.3.3	Creatina quinase e proteína C reativa ultrasensível (dados relativos).....	86
4.5.4	Qualidade subjetiva de Sono	87
4.5.5	Dor muscular de início tardio	88
4.5.6	Qualidade Total de Recuperação	89
4.5.7	Desempenho neuromuscular.....	90
4.5.8	Temperatura da pele	91
4.5.8.1	Vasto lateral	91
4.5.8.2	Reto femoral	92
4.5.8.3	Vasto medial	92
4.5.8.4	Adutor de quadril (visão anterior)	93
4.5.8.5	Bíceps femoral	94
4.5.8.6	Semitendinoso.....	95
4.5.8.7	Semimembranoso	96
4.5.8.8	Adutor de quadril (visão posterior).....	97
4.5.8.9	Gastrocnêmio lateral	98
4.5.8.10	Gastrocnêmio medial	98
4.5.9	Correlação entre temperatura da pele e marcadores bioquímicos e subjetivos....	100
4.5.9.1	Temperatura da pele e creatina quinase.....	100
4.5.9.2	Temperatura da pele e proteína c reativa.....	100
4.5.9.3	Temperatura da pele e Qualidade Total de Recuperação	101
4.6	Discussão.....	102
4.7	Conclusão	109
4.8	Referências	110
5	CONCLUSÕES GERAIS	116
APÊNDICES		117
ANEXOS		128

1 APRESENTAÇÃO

A presente tese foi redigida conforme a Normalização de Trabalhos Acadêmicos atualizada de acordo com as normas técnicas 14727/2011 e 6023/2018, que regulamentam o formato de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal de Viçosa, e em conformidade com o estabelecido pela Resolução nº 13, de 30 de outubro de 2020, da Universidade Federal de Viçosa, que altera o Regimento de Pós-Graduação *Stricto Sensu* e o Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Educação Física (associação ampla UFV/UFJF).

Inicialmente, na Introdução Geral, é apresentada uma abordagem sobre o tema da pesquisa, a delimitação do assunto tratado e a relevância do estudo. Além disso, são apresentados os objetivos da tese, geral e específicos, bem como as hipóteses. Nos capítulos seguintes, são apresentados dois artigos que contemplam os objetivos da tese.

O primeiro artigo é uma revisão integrativa da literatura, que teve como objetivo sintetizar e analisar os estudos que investigaram a utilização da termografia como uma possível ferramenta para o monitoramento de recuperação muscular pós-exercício. Esse artigo foi traduzido para a língua inglesa e será submetido para apreciação em revista científica. Como geração de produto a partir da revisão de literatura, foi publicado um artigo de revisão narrativa na Revista Brasileira de Futebol, contemplando os estudos realizados especificamente com a modalidade futebol.

O segundo artigo é um estudo com delineamento experimental *crossover* em que foi analisado o impacto de diferentes magnitudes de fadiga residual na temperatura da pele de jovens futebolistas. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa em 6 de maio de 2019, e foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais [processo APQ-02948-16]. Nesse artigo, os participantes foram submetidos a diferentes volumes (90 min vs. 45 min) de um protocolo validado para reproduzir a demanda física de uma partida de futebol. Foram analisadas como variáveis dependentes a temperatura da pele de membros inferiores, marcadores bioquímicos de dano muscular e inflamação induzida pelo exercício, indicadores subjetivos de dor muscular de início tardio e recuperação percebida, bem como desempenho neuromuscular. Esse artigo será traduzido para a língua inglesa e submetido para apreciação em revista científica.

Como geração de produto a partir da realização desse estudo, um artigo (*single case study*) foi publicado no periódico *Motricidade*, classificado como B1 no Qualis Capes vigente. Além disso, foram publicados cinco resumos científicos, sendo um resumo no Simpósio de Integração Acadêmica de 2021, da Universidade Federal de Viçosa; quatro resumos

apresentados em simpósios internacionais, sendo um deles premiado em novembro de 2019 como melhor trabalho no XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas do Rio de Janeiro (SIAFIS), enquanto outro foi classificado entre os melhores trabalhos do 9º *Soccer Experience* em 2021, realizado pelo Núcleo de Pesquisa e Estudos em Futebol, do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa.

Após a apresentação dos artigos, são descritas as Conclusões Gerais correspondentes aos objetivos da tese. Por fim, são disponibilizados como apêndices e anexos os seguintes documentos: declaração de autorização para realização de coletas de dados na Escola Preparatória de Cadetes do Ar (Apêndice A), Termos de Consentimento Livre e Esclarecido para os participantes maiores de idade (Apêndice B) e para os pais ou responsáveis (Apêndice C); Termo de Assentimento Livre e Esclarecido para participantes menores de idade (Apêndice D); comprovante de artigo publicado na revista *Motricidade* (Qualis B1) com dados derivados da tese (Anexo A); comprovante de artigo de revisão narrativa publicado na *Revista Brasileira de Futebol* (Qualis B2) (Anexo B); Carta de Aprovação da Pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Anexo C); Termo de Solicitação de Financiamento (Anexo D); e, por fim, a Ficha de produtividade das atividades desenvolvidas no curso (Anexo E).

2 INTRODUÇÃO GERAL

Termografia infravermelha (TI) é uma técnica de imagem usada para detectar radiação eletromagnética emitida da superfície de objetos, também conhecida como radiação infravermelha ou térmica (1). Todos os objetos com temperatura acima do zero absoluto (0 K, $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$) emitem radiação térmica. Câmeras termográficas medem a temperatura da superfície de objetos em função da radiação emitida e transformam essa radiação em imagens térmicas (termogramas) em vários formatos de cores disponíveis na câmera (2). Materiais com emissividade próxima a 1,0 são adequados para imagens termográficas porque o calor irradiado está intimamente relacionado à temperatura real da superfície (3). Assim, como a pele humana possui alta emissividade (0,98), é possível obter uma precisa medição da temperatura da superfície corporal em diferentes regiões de interesse (RCIs) sem contato, de modo não invasivo e seguro (4, 5).

A TI é utilizada na área médica para auxiliar no diagnóstico de doenças que podem alterar o perfil térmico da superfície corporal como câncer de mama (6), diabetes (7), doenças reumáticas (8), inflamatórias e degenerativas (9). Avanços tecnológicos têm contribuído para ampliar as possibilidades de aplicação da termografia em outras áreas, como no campo do exercício e esporte (4, 10). Por exemplo, a TI tem sido utilizada para monitorar a resposta termorregulatória ao exercício (11, 12) e auxiliar na prevenção (13, 14), identificação e monitoramento de lesões por meio da avaliação de simetria térmica corporal (15). Outra aplicação interessante, que tem recebido crescente atenção na literatura científica, é a possibilidade de sua utilização para avaliar a recuperação de atletas pós-exercício e, conseqüentemente, auxiliar no gerenciamento de cargas de treinamento.

O gerenciamento de cargas de treinamento e competição em atletas exerce um papel importante na otimização do desempenho e prevenção de lesões. O estímulo do treinamento aplicado aos atletas para tentar aprimorar o desempenho leva a uma série de respostas homeostáticas e pode induzir adaptações em diferentes sistemas fisiológicos (16). De modo agudo, a fadiga acumulada induzida pelo treinamento pode ser seguida de adaptações positivas ou melhoria de desempenho quando há um período de recuperação adequado entre as sessões de treinamento (16). Contudo, um desequilíbrio entre o treinamento e recuperação pode levar a uma resposta anormal ao treinamento, aumentando o risco de lesões e prejudicando a saúde e o desempenho (17). No futebol, por exemplo, há evidências de maior incidência de lesões em período congestionado de competições (18).

Diversos indicadores (marcadores) são utilizados para monitorar a fadiga acumulada decorrente do treinamento e competições, auxiliando treinadores e cientistas a estimar o status individual de recuperação (17). Alguns exemplos são indicadores subjetivos de dor muscular (19) e recuperação percebida (20), desempenho em testes físicos (21), biomarcadores de estresse oxidativo, dano muscular e inflamação (22). Nesse cenário, a TI tem sido apontada como uma possível ferramenta para avaliação indireta de dano muscular induzido por exercício e sua resposta inflamatória associada (23, 24). A fundamentação fisiológica é que a resposta inflamatória é acompanhada por aumento do fluxo sanguíneo e maior atividade metabólica local, o que aumenta a produção de calor local (25). Por sua vez, o calor gerado poderia ser transferido para a superfície corporal, aumentando a temperatura da pele (T_P) na região exercitada (26).

Apesar dessa fundamentação fisiológica ser coerente, os estudos realizados até o momento são incipientes e apresentam resultados contraditórios. Por exemplo, embora alguns autores tenham reportado aumentos significativos de T_P nos dias subsequentes após uma sessão de treinamento pliométrico (23), exercício resistido (27-29) e protocolo de ações isocinéticas de extensão de joelhos (30), outros autores não encontraram alterações de T_P após intervenções similares (31-33). Em modalidades de *endurance*, foi reportado aumento na T_P de atletas recreacionais nos dois dias após o início de um *camp* de treinamento de triatlo (34) e 24 h após uma maratona realizada em ambiente quente (35), mas não após maratona em ambiente termoneutro (36) ou meia-maratona (37). No futebol, dois estudos reportaram um aumento na T_P de membros inferiores 24 h e 48 h após partidas oficiais, diretamente relacionado a biomarcadores de dano muscular (38) ou inflamatório (24).

Diferenças metodológicas entre os estudos podem contribuir para essa divergência de resultados. Os trabalhos são bastante diversificados quanto ao tipo de exercício, volume e intensidade da intervenção, momentos de registro da T_P , nível de condicionamento físico dos participantes, indicadores de recuperação avaliados e metodologia de delimitação das regiões corporais de interesse analisadas. Outro fator que contribui para a divergência de resultados é a dificuldade de se controlar fatores intervenientes na T_P , a qual é impactada por fatores técnicos, ambientais e individuais (39). Até o momento, poucos estudos investigaram o impacto do treinamento ou competição na T_P em condições bem controladas, mantendo os participantes no mesmo local ao longo do estudo seguindo rotina diária similar (34, 38, 40). Nesse sentido, sintetizar e analisar criticamente os aspectos metodológicos e resultados de estudos que investigaram o efeito do exercício na T_P durante o período de recuperação é importante para

compreender os pontos fortes e as limitações dos estudos, as lacunas da área e, conseqüentemente, auxiliar pesquisadores no delineamento de estudos futuros.

No futebol, a TI tem sido crescentemente utilizada na prática para monitorar a resposta térmica pós-jogo e inferir sobre a condição de fadiga de jogadores. Contudo, evidências científicas que sustentem a validade da TI para essa finalidade ainda são escassas (41). Dois estudos reportaram um aumento na T_P 24 h ou 48 h após partidas de futebol em jogadores de elite sub-20 (38) e profissionais (24), com resultados indicativos de um efeito cumulativo de jogos realizados com poucos dias de recuperação. Porém, esses estudos utilizaram partidas oficiais de futebol como intervenção, em que há variabilidade de demanda física entre jogadores e entre partidas, além de contato físico e quedas, que prejudicam o controle experimental. Além disso, não foram incluídos grupos controle ou uma condição comparadora, o que limita a interpretação do efeito do jogo na T_P .

Assim, utilizar protocolos validados que reproduzem a carga externa de uma partida oficial de futebol, de maneira padronizada, parece permitir um controle experimental apropriado para se investigar a aplicação da TI como uma ferramenta de monitoramento de fadiga residual em futebolistas. Além disso, manipular a duração desses protocolos em sessões experimentais distintas permite analisar o impacto de diferentes magnitudes de fadiga residual na T_P , oferecendo informações sobre a sensibilidade da T_P à diferentes cargas de treinamento/jogo no futebol, o que é particularmente importante para investigar a utilização da T_P como um indicador fisiológico confiável de monitoramento de fadiga residual.

Resultados obtidos a partir desse tipo de estudo poderiam ampliar as possibilidades para que treinadores, preparadores físicos e fisiologistas monitorem a recuperação de jogadores de maneira objetiva, não invasiva, sem contato e com um enfoque local sobre as regiões corporais exercitadas. Isso poderia trazer implicações relevantes para o gerenciamento das cargas de treino, visando aprimorar as adaptações e o desempenho, prevenir overreaching não funcional, doença e lesões.

2.1 Objetivo Geral

Analisar a capacidade da termografia de identificar diferentes magnitudes de fadiga residual induzida por protocolo de demanda física simulada de uma partida de futebol. Para tal, foram estabelecidos dois objetivos específicos, contemplados nos artigos que compõem este trabalho.

2.2 Objetivos Específicos

Artigo 1

Realizar uma revisão integrativa da literatura acerca do uso da termografia como ferramenta de monitoramento da recuperação pós-exercício, além de avaliar e sintetizar os resultados de estudos que investigaram esta temática.

Artigo 2

Analisar o efeito de diferentes volumes de demanda física simulada de uma partida de futebol na temperatura da pele de membros inferiores 24 h e 48 h após as intervenções em jovens futebolistas, bem como investigar a relação da resposta térmica com marcadores bioquímicos de dano muscular e inflamação, com marcadores subjetivos de dor muscular e estado de recuperação, e com o desempenho neuromuscular.

2.3 Hipóteses

Hipótese Nula

A temperatura da pele, mensurada por termografia infravermelha, não é um indicador fisiológico capaz de discriminar diferentes magnitudes de fadiga residual induzida por protocolo de demanda física simulada de uma partida de futebol.

Hipótese Alternativa

A temperatura da pele, mensurada por termografia infravermelha, é um indicador fisiológico capaz de discriminar diferentes magnitudes de fadiga residual induzida por protocolo de demanda física simulada de uma partida de futebol.

2.4 Referências

1. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol.* 2012;55(4):221-35.
2. Kiritat A, Krejcar O, Selamat A, Herrera-Viedma E. FLIR vs SEEK thermal cameras in biomedicine: comparative diagnosis through infrared thermography. *BMC bioinform.* 2020;21(Suppl 2):88.
3. Gatt A, Formosa C, Cassar K, Camilleri KP, De Raffaele C, Mizzi A, et al. Thermographic patterns of the upper and lower limbs: baseline data. *Int J Vasc Med.* 2015;2015:831369.
4. Marins JCB, Fernández Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Quintana MS. Applications of infrared thermography in sports. A review. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte.* 2015;15(60):805-24.
5. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJE, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *J Therm Biol.* 2017;69:155-62.
6. Khan AA, Arora AS. Thermography as an Economical Alternative Modality to Mammography for Early Detection of Breast Cancer. *J Healthc Eng.* 2021;2021:5543101.
7. Khandakar A, Chowdhury MEH, Ibne Reaz MB, Md Ali SH, Hasan MA, Kiranyaz S, et al. A machine learning model for early detection of diabetic foot using thermogram images. *Comput Biol Med.* 2021;137:104838.
8. Branco JHL, Branco RLL, Siqueira TC, de Souza LC, Dalago KMS, Andrade A. Clinical applicability of infrared thermography in rheumatic diseases: A systematic review. *J Therm Biol.* 2022;104:103172.
9. Schiavon G, Capone G, Frize M, Zaffagnini S, Candrian C, Filardo G. Infrared Thermography for the Evaluation of Inflammatory and Degenerative Joint Diseases: A Systematic Review. *Cartilage.* 2021;13(2_suppl):1790S-801S.
10. Priego-Quesada JJ. *Application of infrared thermography in sports science*: Springer; 2017.
11. Silva AG, Albuquerque MR, Brito CJ, Stroppa GM, Oliveira SAF, Sillero-Quintana M, et al. Effect of whole-, upper-, and lower-body high-intensity rowing exercise on skin temperature measured by thermography. *Res Q Exerc Sport.* 2022:1-11. 10.1080/02701367.2021.1964696
12. Hillen B, Pfirrmann D, Nägele M, Simon P. Infrared Thermography in Exercise Physiology: The Dawning of Exercise Radiomics. *Sports Med.* 2020;50(2):263-82.
13. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Arnaiz-Lastras J, Navandar A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. *J Sport Rehab.* 2020;29(8):1222-7.

14. Côrte AC, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, José Hernandez A. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5(1):e000431.
15. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors (Basel)*. 2010;10(5):4700-15.
16. Soligard T, Schwelanus M, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med*. 2016;50(17):1030-41.
17. Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L, Brink M, Coutts AJ, Duffield R, et al. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(2):240-5.
18. Dellal A, Lago-Peñas C, Rey E, Chamari K, Orhant E. The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *Br J Sports Med*. 2015;49(6):390-4.
19. Saw AE, Main LC, Gatin PB. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2016;50(5):281-91.
20. Selmi O, Ouergui I, E Levitt D, Marzouki H, Knechtle B, Nikolaidis PT, et al. Training, psychometric status, biological markers and neuromuscular fatigue in soccer. *Biol Sport*. 2022;39(2):319-27.
21. Claudino JG, Cronin J, Mezencio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2017;20(4):397-402.
22. Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med*. 2018;48(3):539-83.
23. Santana PVA, Alvarez PD, Sena AFdC, Serpa TK, Assis MGd, Pimenta EM, et al. Relationship between infrared thermography and muscle damage markers in physically active men after plyometric exercise. *J Therm Biol*. 2022;104:103187.
24. Duarte W, Rodrigues Junior JL, Paula LV, Chagas MH, Andrade AGP, Veneroso CE, et al. C-reactive protein and skin temperature of the lower limbs of brazilian elite soccer players like load markers following three consecutive games. *J Therm Biol*. 2022;105:103188.
25. Scott A, Khan KM, Roberts CR, Cook JL, Duronio V. What do we mean by the term "inflammation"? A contemporary basic science update for sports medicine. *Br J Sports Med*. 2004;38(3):372-80.
26. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Marins JCB, Garcia ES. Application of infrared thermography in the assessment of muscle damage in elite soccer athletes. *MOJ Orthop Rheumatol*. 2017;8(5):328.

27. Vieira SG, Sillero-Quintana M, Silva AG, Marins KO, Marins JCB. Thermographic response resulting from strength training: a preliminary study. *Apunts Sports Med.* 2020;55(208):120-7.
28. Uchôa P, Matos F, Neves EB, Saavedra F, Rosa C, Reis VM, et al. Evaluation of two different resistance training volumes on the skin surface temperature of the elbow flexors assessed by thermography. *Infrared Phys Technol.* 2018;93:178-83.
29. Neves EB, Vilaça-Alves J, Moreira TR, Lemos RJCA, Reis VM. The thermal response of biceps brachii to strength training. *Gazz Med Ital - Arch Sci Med.* 2016;175(10):391.
30. Stewart IB, Moghadam P, Borg DN, Kung T, Sikka P, Minett GM. Thermal infrared imaging can differentiate skin temperature changes associated with intense single leg exercise, but not with delayed onset of muscle soreness. *J Sports Sci Med.* 2020;19(3):469-77.
31. Ferreira-Júnior JB, Chaves SFN, Pinheiro MHA, Rezende VHS, Freitas EDS, Marins JCB, et al. Is skin temperature associated with muscle recovery status following a single bout of leg press? *Physiol Meas.* 2021;42(3).
32. Barboza JAM, Ferreira JJdA, Cerqueira MS, Maciel DG, de Barros ACM, Leite EC, et al. Can skin temperature be altered after different magnitudes of eccentric exercise-induced muscle damage? *Res Q Exerc Sport.* 2021:1-8. doi:10.1080/02701367.2021.1909693
33. Da Silva W, Machado A S, Souza MA, Kunzler MR, Priego-Quesada JI, Carpes FP. Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature? *Physiol Meas.* 2018;39(10):104007.
34. Priego-Quesada JI, Oficial-Casado F, Gandia-Soriano A, Carpes FP. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. *J Therm Biol.* 2019;84:431-8.
35. Rojas-Valverde D, Gutiérrez-Vargas R, Sánchez-Ureña B, Gutiérrez-Vargas JC, Priego-Quesada JI. Relationship between skin temperature variation and muscle damage markers after a marathon performed in a hot environmental condition. *Life (Basel).* 2021;11(8):725.
36. Priego-Quesada JI, Pérez-Guarner A, Gandia-Soriano A, Oficial-Casado F, Galindo C, Cibrián Ortiz de Anda RM, et al. Effect of a marathon on skin temperature response after a cold-stress test and its relationship with perceptible, performance, and oxidative-stress biomarkers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;15(10):1467-75.
37. Pérez-Guarner A, Priego-Quesada JI, Oficial-Casado F, Cibrián Ortiz de Anda RM, Carpes FP, Palmer RS. Association between physiological stress and skin temperature response after a half marathon. *Physiol Meas.* 2019;40(3):034009.
38. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. *Sport Sci Health.* 2017;13(3):635-43.

39. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys Technol.* 2015;71:28-55.
40. Korman P, Kusy K, Kantanista A, Straburzyńska-Lupa A, Zieliński J. Temperature and creatine kinase changes during a 10d taper period in sprinters. *Physiol Meas.* 2021;42(12).
41. Da Silva AG, Reis HHT, Marins JCB. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: uma breve revisão. *Rev Bras Futebol.* 2022;15(3):03-19.

3 ARTIGO 1 – A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PODE SER UMA FERRAMENTA AUXILIAR PARA MONITORAMENTO DA RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO? UMA REVISÃO INTEGRATIVA

A termografia infravermelha pode ser uma ferramenta auxiliar para monitoramento da recuperação muscular pós-exercício? Uma revisão integrativa

Can infrared thermography be an auxiliary tool for monitoring muscle recovery postexercise? An integrative review

Alisson Gomes da Silva ^{1,2*}, Ciro José Brito ³, Maicon Rodrigues Albuquerque ⁴, Carlos Magno Amaral Costa ⁵, Hamilton Henriques Teixeira Reis ¹, Carlos José Nogueira ², Jose Ignacio Priego-Quesada ^{6,7}, João Carlos Bouzas Marins ¹

¹ *Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil*

² *Seção de Educação Física, Escola Preparatória de Cadetes do Ar, Barbacena, Brasil*

³ *Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, Brasil*

⁴ *Departamento de Educação Física e Esportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil*

⁵ *Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba, Brasil*

⁶ *Research Group in Sport Biomechanics, Department of Physical Education and Sports, University of Valencia, 46010 Valencia, Spain*

⁷ *Biophysics and Medical Physics Group, Department of Physiology, University of Valencia, 46010 Valencia, Spain*

*Corresponding author: Alisson Gomes da Silva, Department of Physical Education, Federal University of Viçosa, Campus University, 36570000, Viçosa, Brazil. E-mail: alisson.gomes@ufv.br. Telephone number: +55 (32)984844969

Authors received no specific funding for this work.

Acknowledgments: *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.*

Keywords: exercise; sport; skin temperature; body temperature regulation.

3.1 Resumo

TÍTULO: A termografia infravermelha pode ser uma ferramenta auxiliar para monitoramento da recuperação muscular pós-exercício? Uma revisão integrativa.

Objetivo: Conduzir uma revisão integrativa da literatura que investigou o uso da termografia como uma possível ferramenta de monitoramento da recuperação muscular pós-exercício.

Método: Foi realizada uma busca avançada nas bases de dados Medline/Pubmed, Science Direct, Scopus, Embase e Web of Science, de janeiro de 2012 a maio de 2022, por estudos que analisaram o efeito do exercício, de treinamentos ou competições na temperatura da pele medida por termografia pelo menos um dia pós-exercício.

Resultados: A busca inicial totalizou 1579 estudos, sendo 512 duplicados removidos. A partir de critérios de inclusão e exclusão, foram avaliados o título e resumo de 1067 artigos, de modo que restaram 25 para análise de elegibilidade. Após leitura na íntegra de cada artigo e da lista de referências, foram selecionados 22 estudos realizados com exercício resistido (n=12), competições de *endurance* (n=6), partida de futebol (n=2), treino pliométrico (n=1) e *camp* de treinamento de potência-velocidade (n=1). Quinze artigos (68,2%) apontaram uma sinalização de efeito tardio do exercício no aumento da temperatura da pele, sendo que 10 deles (45,5%) atribuíram o resultado à resposta inflamatória induzida pelo exercício. Seis estudos (27,3%) não encontraram efeito das intervenções na temperatura da pele, e apenas um estudo encontrou redução da temperatura ao longo de um período de treinamento.

Conclusão: Embora exista uma fundamentação fisiológica coerente apontando que a termografia possa ser empregada como ferramenta de controle de carga, ainda não é possível determinar com bom nível de evidência científica que ela possa ser empregada para monitoramento de recuperação muscular pós-exercício. Portanto, ainda se deve ter cautela ao utilizar a termografia como uma ferramenta para controle de carga de treinamento.

Palavras-chave: exercício físico; medicina esportiva; temperatura cutânea; regulação da temperatura corporal.

3.2 Abstract

TITLE: Can infrared thermography be an auxiliary tool for monitoring post-exercise muscle recovery? An integrative review.

Objective: This integrative review aims to analyze the current literature that investigated the use of thermography to monitor post-exercise muscle recovery.

Methods: We carried out an advanced search in Medline/Pubmed, Science Direct, Scopus, Embase, and Web of Science databases from January 2012 to May 2022 for studies that investigated the effect of exercise, training sessions, or competitions on skin temperature measured by thermography minimally one day following the intervention.

Results: The initial search identified 1579 records, being 512 duplicates removed. Following inclusion and exclusion criteria, titles and abstracts of 1067 articles were screened, and 25 articles were assessed for eligibility. After reading the articles and reference lists, 22 studies were included, which were conducted with resistance exercise (n=12), endurance sports (n=6), soccer matches (n=2), plyometric exercise (n=1), and a ten-day speed-power training camp (n=1). Fifteen studies (68.2%) found a delayed effect of exercise increasing skin temperature, from which 10 (45.4%) attributed this to the inflammatory response. Six studies (27.3%) did not find an effect of exercise, and one reported temperature reductions over ten days of training.

Conclusion: Although a consistent theoretical basis justifies that thermography can be used to control training load, solid scientific evidence is lacking to ensure that thermography can be a tool for monitoring post-exercise muscle recovery. Thus, caution should be taken to apply thermography as a strategy to control training load.

Keywords: exercise; sports medicine; skin temperature; body temperature regulation.

3.3 Introdução

Cargas de treinamento são aplicadas visando induzir adaptações psicofisiológicas para otimizar o condicionamento físico e o desempenho de atletas, e minimizar o risco de lesão (1). Adaptações positivas são favorecidas por um equilíbrio entre o estímulo de treinamento e a recuperação do atleta (2). Por outro lado, um desequilíbrio prolongado entre carga e recuperação pode induzir fadiga acumulada exacerbada, levando a alterações neuromecânicas inadequadas, a prejuízos no desempenho físico e psicológico, o que é favorável à ocorrência de doenças e lesões, além de um estado de sobre-treinamento que pode prejudicar a saúde do atleta (3). Desta forma, a recuperação pós-exercício é um aspecto fundamental na preparação física/desportiva (4).

O estado de recuperação comumente é monitorado por meio de medidas de desempenho e/ou psicofisiológicas como escalas subjetivas de bem-estar, dor e recuperação percebida (5), desempenho em testes físicos como o salto com contramovimento (SCM), análise de biomarcadores sanguíneos de dano muscular e inflamação (6, 7). Novos métodos de monitoramento continuam sendo investigados já que os atuais apresentam limitações, como alto custo econômico ou de tempo, variabilidade da resposta, alta variabilidade interindividual ou diferenças intraindividuais, entre outras (5, 8). Nesse sentido, a termografia infravermelha (TI) tem sido sugerida como uma possível ferramenta para avaliação da resposta inflamatória subsequente ao dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) (9-11), embora sua validade para essa finalidade não seja consensual na literatura (12, 13). Termografia é uma técnica de imagem que detecta a radiação infravermelha emitida da superfície de objetos (14) por meio de uma câmera que capta essa radiação e a transforma em imagens térmicas (termogramas). Assim, com base no calor irradiado da superfície corporal, é possível mapear quantitativa e qualitativamente a temperatura da pele (T_p) em diferentes regiões corporais de interesse (RCI) de modo seguro, não invasivo e sem contato (15, 16).

Durante a fase de recuperação orgânica e especificamente da região corporal exercitada, como de membros inferiores após um treinamento de corrida, ocorre uma série de ajustes como a ressíntese de glicogênio muscular (17) e de fosfocreatina (18), reposição de água intracelular (19, 20) e remoção de lactato (21). Além disso, uma resposta anabólica de síntese proteica muscular (22) e uma resposta inflamatória (23) atuam para restaurar as microlesões causadas no sarcômero e todas suas organelas e enzimas que atuam na contração muscular. Durante a resposta inflamatória, ocorre um aumento na produção de calor local devido a processos fisiológicos como vasodilatação muscular, maior fluxo sanguíneo e maior metabolismo da

região exercitada (24). Essa resposta adaptativa tem, em teoria, potencial para influenciar a T_P pós-exercício, podendo ser captada por imagens térmicas, tendo em vista a alta sensibilidade das câmeras para detectar mudanças mínimas de temperatura.

Alguns estudos, de forma exploratória, apontam essa tendência de relação causa e efeito, como Fernandes et al. (9) que reportaram aumentos de T_P na fase de recuperação após jogos de futebol. Esses autores (9) monitoraram a resposta térmica de membros inferiores via TI em 10 jogadores de elite (sub-20) 24 h e 48 h após 2 partidas de futebol, separadas por um intervalo de 3 dias. Eles observaram aumentos significativos de T_P 24 h após ambos os jogos, com maior magnitude após a segunda partida, indicando um possível acúmulo de fadiga. Além disso, a T_P 48 h após o segundo jogo permaneceu elevada acima dos valores basais. Contudo, ainda existe um debate na literatura se a inflamação em resposta ao DMIE poderia aumentar a T_P . Por exemplo, trabalhos realizados com meia maratona (25) e exercícios resistidos (13, 26) não encontraram alteração térmica no período de recuperação após as intervenções. Ademais, embora tenha sido reportado um aumento de T_P 24 h após uma corrida de maratona realizada no calor, essa resposta térmica não foi associada a marcadores bioquímicos de dano muscular (27).

Diante do exposto, analisar se a avaliação termográfica, realizada durante o período de recuperação entre sessões de treino, é capaz de identificar o estresse fisiológico induzido pelo exercício é importante para a prática diária no ambiente esportivo, em especial para preparadores físicos, fisiologistas dos esportes, fisioterapeutas ou mesmo técnicos, que poderiam contar com uma ferramenta rápida de análise, voltada para controle da carga de treino, minimizando o risco de lesões. Portanto, o objetivo deste estudo foi conduzir uma revisão integrativa da literatura acerca do uso da termografia como ferramenta de monitoramento da recuperação muscular pós-exercício, além de sintetizar e avaliar criticamente os resultados de estudos que investigaram essa temática.

3.4 Métodos

A presente revisão integrativa consistiu em vários estágios. O primeiro foi focado na formulação da questão norteadora do estudo. Durante o segundo estágio, a seleção dos estudos foi conduzida com base em um conjunto de critérios de inclusão e exclusão. Esse estágio seguiu as diretrizes dos itens de relatórios preferenciais para revisões sistemáticas e meta-análises *PRISMA Statement* (28). Após isso, foi realizada a extração dos dados dos estudos incluídos, a

avaliação e interpretação dos resultados e, por fim, apresentação da revisão do conhecimento produzido (29).

Essa investigação foi conduzida a partir da seguinte pergunta de pesquisa: A termografia infravermelha pode ser uma ferramenta auxiliar para monitoramento da recuperação muscular pós-exercício? Para a busca dos artigos, foi realizada uma busca avançada nas bases de dados Medline/Pubmed, Science Direct, Scopus, Embase e Web of Science, combinando os descritores “exercise” OR “sports” AND “thermography”, a qual foi atualizada em maio de 2022. A estratégia de busca foi utilizada na MEDLINE/Pubmed e adaptada às demais bases de dados. A tabela 1 apresenta a estratégia de busca em cada uma das bases de dados pesquisada.

Tabela 1. Descritores controlados utilizados para a construção da estratégia de busca nas bases Medline/Pubmed, Science Direct, Scopus, Web of Science e Embase.

Base de dados	Estratégia de busca
Medline/Pubmed	((exercise[MeSH Terms]) OR (sports[MeSH Terms])) AND (thermography[MeSH Terms])
Science Direct	"Thermography" AND ("Exercise" OR "Sports")
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (exercise) OR TITLE-ABS-KEY (sports) AND TITLE-ABS-KEY (thermography))
Web of Science	((TS=(exercise)) OR TS=(sports)) AND TS=(thermography)
Embase	('exercise'/exp OR 'effort' OR 'exercise capacity' OR 'exercise performance' OR 'exercise training' OR 'exertion' OR 'physical effort' OR 'physical exercise' OR 'physical exertion' OR 'physical conditioning, human' OR 'sport'/exp OR 'competitive sport' OR 'sport' OR 'sports') AND ('thermography'/exp OR 'infrared imaging' OR 'infrared thermometry' OR 'thermal imaging' OR 'thermogram' OR 'thermology' OR 'infrared thermography' OR 'thermography')

Os seguintes critérios de elegibilidade foram utilizados: a) estudos originais que analisaram o efeito do exercício, de treinamentos ou competições na T_p basal medida por termografia pelo menos 1 dia pós-exercício; b) artigos publicados entre janeiro de 2012 a maio de 2022; c) estudos realizados com seres humanos saudáveis, independente do sexo; d) artigos que foram publicados em inglês, português ou espanhol, que responderam à questão de pesquisa. O período de publicação foi definido a partir de uma análise prévia da literatura. As evidências compreenderam artigos originais randomizados e não randomizados.

Foram excluídos os estudos que: a) avaliaram a resposta térmica somente durante o exercício, imediatamente após o exercício, e/ou em um período curto de recuperação (< 60

minutos), tendo em vista que a T_P registrada nesses momentos é influenciada pela redistribuição de fluxo sanguíneo e ajustes termorregulatórios induzidos pelo exercício (30); b) utilizaram medicamentos ou estratégias para aprimorar a recuperação pós-exercício como massagens, crioterapia; c) monitoraram a T_P após um protocolo de estresse térmico; d) avaliaram assimetria térmica como desfecho. Além disso, foram excluídos estudos de revisão, estudos de caso, opiniões, estudos que não proporcionaram descrições detalhadas dos métodos e artigos cujos textos completos não foram acessíveis nas bases de dados ou após contato com os autores.

O processo de seleção dos estudos foi realizado por dois revisores independentes, que avaliaram os títulos e resumos das referências recuperadas nas bases de dados, por meio da plataforma Rayyan (<https://rayyan.qcri.org>) (31). Dúvidas ou inconsistências foram discutidas posteriormente, até que se estabelecessem os consensos. Na sequência, foi realizada a avaliação do texto na íntegra dos estudos pré-selecionados para confirmação da elegibilidade. Além disso, foi realizada uma busca reversa da lista de referências dos artigos incluídos visando identificar trabalhos potenciais adicionais para inclusão.

Os dados foram extraídos por meio de um formulário padronizado. Os revisores, de forma independente, extraíram os dados relacionados às características metodológicas dos estudos, intervenções e resultados. As diferenças foram resolvidas por consenso. Os seguintes dados foram analisados, de forma descritiva, por dois pesquisadores: autores e ano de publicação, tamanho amostral e característica dos participantes, intervenções realizadas, momentos de realização da avaliação termográfica, RCIs analisadas, resultados referentes à T_P e a desfechos secundários investigados (i.e., indicadores psicológicos, fisiológicos e/ou de desempenho).

3.5 Resultados

Inicialmente, foram encontrados 1579 estudos, sendo que 512 duplicados foram removidos antes da triagem. Na sequência, 1067 estudos foram rastreados, sendo que 1042 foram excluídos após leitura do título e resumo, restando 25 artigos pré-selecionados para a leitura na íntegra. Após esta etapa, foram excluídos mais 4 estudos por apresentarem desenho de estudo inelegível ($n = 3$) e por indisponibilidade de acesso ao texto completo ($n = 1$). Ao final do processo de seleção, restaram 21 artigos que preencheram os critérios de inclusão, além de 1 estudo incluído a partir da lista de referências, totalizando, portanto, 22 estudos incluídos na revisão (Figura 1). A síntese do conhecimento e principais evidências dos estudos elegíveis são apresentadas no Quadro 1.

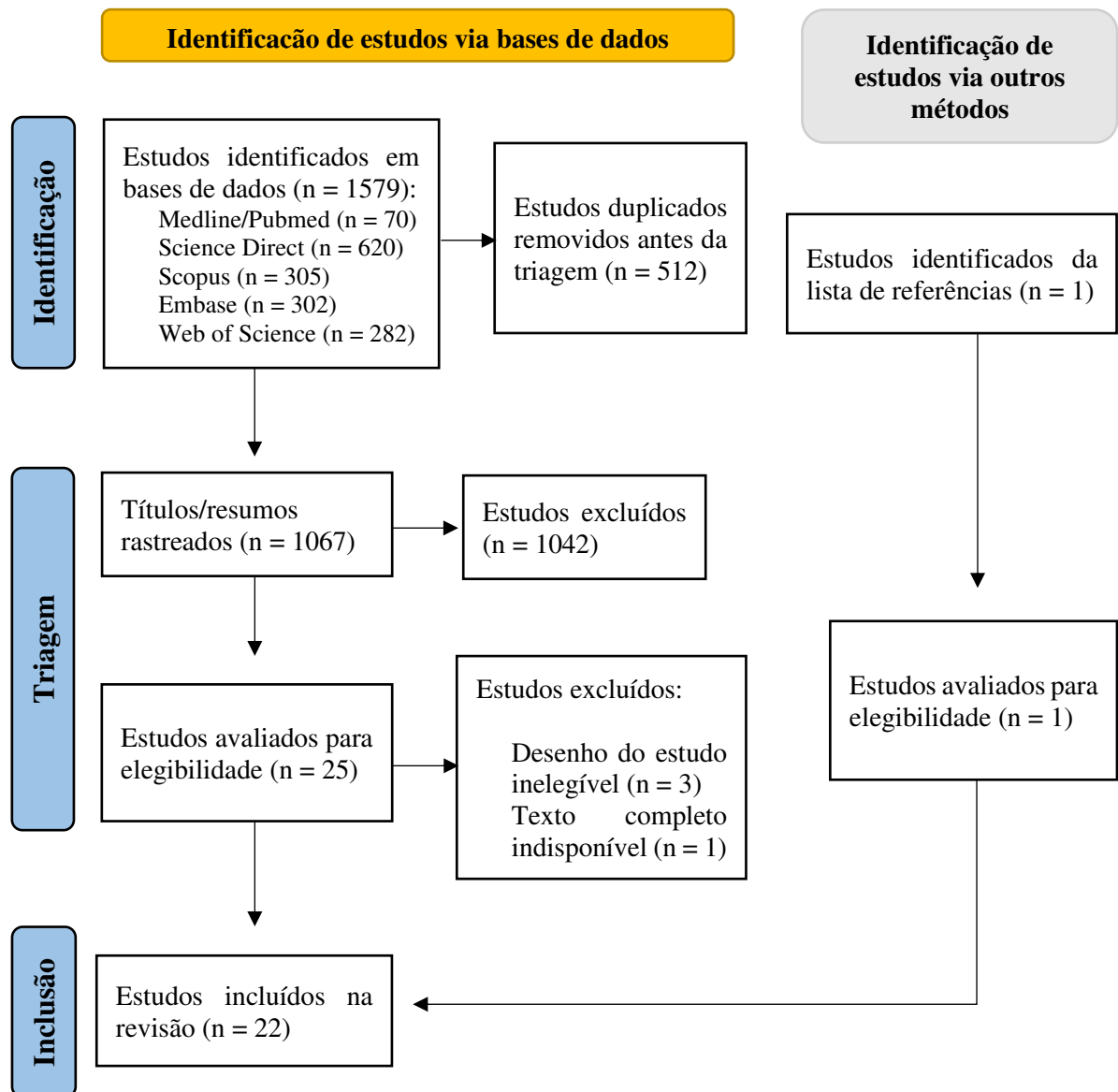


Figura 1. Fluxograma da seleção dos artigos (*Prisma Flow*).

Quadro 1. Síntese dos estudos que monitoraram a temperatura da pele basal no(s) dia(s) subsequente(s) após um exercício/intervenção.

Estudo	Participantes	Exercício/intervenção	Momento (tempo)	RCI	Resultado TP	Resultado (outras variáveis)
Santana et al. (2022) (11)	Dez (n=10) homens fisicamente ativos, sem experiência prévia em treinamento pliométrico (22,5 ± 3,3 anos).	Aquecimento em esteira (5 min a 8 km/h) seguido de 96 saltos sobre obstáculo de 50 cm (8 sets x 12 reps) e 96 saltos a partir de uma caixa de 50 cm e saltando até tocar o chão (8 sets x 12 reps). O intervalo entre sets e entre os 2 tipos de saltos foi de 90 s e 180 s, respectivamente.	Pré; Pós: 24 h, 48 h, 72 h.	Coxas (A e P)	TP ↔ ao longo dos momentos. Porém, com base no Tamanho do Efeito, TP ↑ 48 h pós na coxa A D e coxa P E (efeito moderado) e na coxa A E e coxa P D (efeito grande), bem como 72 h pós na coxa P D e E (efeito moderado), considerando Δ % de pixels na zona quente (>33°C).	↑ CK e DMIT 24 h e 48 h pós-exercício. ↔ SCM.
Priego-Quesada et al. (2022) (32)	Vinte e oito (n=28) participantes fisicamente ativos, divididos em grupos experimental (n=14, 35 ± 9 anos) e controle (n=14, 35 ± 6 anos). Homens (n=17) Mulheres (n=11)	GE: Corrida de 10 km <i>outdoor</i> em moderada intensidade; Taxa de percepção de esforço: 11 pontos (na escala de Borg de 20 pontos); Duração média: 49 ± 8 min; GC: sem exercício.	Pré; Pós: imediatamente após*, aproximadamente 2, 5, 9 e 24 h.	Coxas (A e P); Joelhos (A e P); Pernas (A e P).	GC: ↑ TP 5 h pós na perna A, e 9 h pós na coxa A P e joelho A. GE: ↑ TP de maior magnitude vs. GC na maioria das RCIs, com pico entre 5 e 9 h após o exercício; esse efeito foi mantido 24 h pós-exercício nas RCIs perna A e P e joelho P. Houve fracas correlações entre a Δ na percepção de fadiga e Δ na TP da perna P 5 h pós-exercício, além de fraca-moderada correlação inversa dessa RCI com a Δ na VFC 5 e 24 h pós-exercício.	↔ percepção de dor e fadiga local; Maior dor geral no GE vs. GC 24 h pós vs. pré; ↓ espécies reativas de oxigênio no GE imediatamente após; ↓ VFC imediatamente após e 2 h após no GE.
Duarte et al. (2022) (33)	Onze (n=11) futebolistas de elite, homens (29,26 ± 4,52 anos)	3 partidas oficiais consecutivas com intervalo < 4 dias entre elas	Pré; Pós: 24 h, 48 h, 72 h (medidas realizadas após cada jogo)	Membros inferiores (A e P)	↑ TP 24 h e 48 h pós-jogos. Níveis de TP e PCR foram positivamente correlacionados (rs = 0,60 – 0,88). Δ % TP 48 h pós-jogo 3 foi maior que nos jogos 1 e 2. (resultados baseados em % de pixels na zona quente (> 33°C).	↑ PCR 24 h e 48 h pós-jogos. Δ % PCR 48 h pós-jogo 3 foi maior que nos jogos 1 e 2. Distância total percorrida no jogo 3 foi maior que no jogo 2.
Dindorf et al. (2022) (34)	Quarenta e um (n=41) participantes (22,63 ± 3,91 anos) homens (n=22) e	Flexões laterais de tronco (lado contralateral ao lado dominante) em banco romano realizado em	Pré; Pós: 10 min*, 24 h	Lombar e abdômen; RCIs controle: lado não exercitado.	↔ TP 24 h	↑ fadiga 24 h e 48 h (dimensão fadiga do questionário <i>Profile of Mood States</i>);

	mulheres (n=19) iniciaram o estudo, mas foram analisados os dados de trinta e três (n=33) participantes que completaram o protocolo experimental. (Nível de treinamento não informado)	sets de 20 reps até a exaustão (7,27 ± 4,74 sets)				↑ DMIT 24 h e 48 h pós-intervenção.
Korman et al. (2021) (35)	Dezessete (n=17) velocistas (<i>sprinters</i>) altamente treinados. Homens (n=9): 26,1 ± 3,3 anos; Mulheres (n=8): 25,1 ± 2,7 anos.	10 dias de <i>camp</i> de treinamento de potência-velocidade; cargas de muito alta intensidade e baixo volume (período de <i>taper</i> antes da competição principal da temporada).	Pré 1ª sessão de treino; Diariamente (às manhãs, pré-treino).	Membros inferiores (A e P)	TP ↓ no 4º dia de treinamento, e ↓ do 6º ao 10º dia. Maior média de TP homens vs. mulheres. Sem interação significativa momento x gênero. Sem correlação entre TP e Δ CK.	↑ CK no 2º dia, e do 8º ao 11º dia de treinamento em homens, e do 9º ao 11º dia em mulheres.
Barboza et al. (2021) (26)	Trinta (n=30) homens saudáveis, fisicamente ativos, não praticantes de treinamento resistido nos últimos 3 meses, randomicamente alocados em 2 grupos: DM leve (n=15) e DM moderado (n=15). Idade entre 18 e 30 anos.	Contrações isocinéticas excêntricas máximas de flexores de cotovelo (60°/s) para induzir DM leve (10 rep) e moderado (30 reps).	Pré; Pós: imediatamente*, 30 min*, 24 h, 48 h e 72 h.	Braços (A)	TP ↑ imediatamente pós e ↔ 30 min, 24 h, 48 h e 72 h pós. Resposta similar entre grupos. Não houve correlação entre TP e CK ou DMIT em ambos os grupos. Correlação significativa no grupo DM moderado: TP e pico de torque 24 h pós-intervenção (r=-0,52, p=0,046).	Pico de torque e ADM ↓ com maior magnitude no grupo DM moderado, enquanto DMIT ↑ com maior magnitude em todos os momentos. CK ↑ apenas no grupo DM moderado. LDP ↓ similarmente entre grupos em todos os momentos.
Da Silva et al. (2021) (36)	Vinte e dois (n=22) adultos fisicamente ativos, destreinados. Homens (n=10): 23,5 ± 6,6 anos;	Protocolo de exercício de agachamento com o peso corporal realizado na maior velocidade possível. Foram realizados sets de 1 min, com intervalo de 15 s, até a exaustão.	Pré; Pós: 17,8 ± 5,9 min* (após a medida pré), e 48 h pós.	Coxas (A); RCI controle: Braço D (A).	Efeito sexo-dependente; Homens: ↑ TP média e máxima pós-exercício, e ↔ TP 48 h pós. Mulheres: ↑ TP mínima 48 h pós. Maior média de TP homens vs. mulheres (em todos os momentos).	DMIT ↑ similarmente entre os sexos pós e 48 h pós. LDP menor nas mulheres vs. homens. LDP ↑ pós-exercício e ↓ 48 h pós para homens, mas não

	Mulheres (n=12): 27,0 ± 4,2 anos.				RCI controle: ↓ TP pós (TP média, mínima e máxima) e ↔ TP 48 h pós igualmente entre os sexos. Correlação positiva: Δ TP máxima e Δ LDP no RF (valores absolutos) 48 h pós-exercício (LDP explicou 15% da variância na TP). Nenhum modelo significativo de regressão foi obtido para associação entre DMIT, LDP e Δ TP.	diferiu entre os momentos para mulheres vs. pré-exercício.
Rojas-Valverde et al. (2021) (27)	Dezesseis (n=16) maratonistas recreativos (36 ± 7 anos) homens (n=9) e mulheres (n=7).	Corrida de maratona (42,196 km) em alta temperatura ambiente. Duração média 247 ± 35 min	Pré: 15 dias e 45 min; Pós: 24 h e 6 dias.	Membros inferiores (A e P), considerando 13 RCIs: RF, VM, VL, adutor, joelho, BF, ST, poplíteo, gastrocnêmios tibial A, tornozelo A, tendão do calcâneo.	Geralmente, a TP ↑ 24 h pós-corrida vs. demais momentos. Não houve associação entre Δ TP e Δ CK e LDH.	CK e LDH ↑ 24 h pós vs. 45 min pré.
Ferreira-Júnior et al. (2021) (13)	Quatorze (n=14) estudantes universitários (19,9 ± 1,7 anos), homens, engajados em atividade física moderada (em média 3 dias por semana), mas que não tinham praticado exercício resistido nos últimos 6 meses.	Exercício resistido: Leg press 45° unilateral (lado dominante); 10 sets de 10 RM até a falha concêntrica; 2 min intervalo entre sets.	Pré; Pós: 24 h, 48 h e 72 h.	Coxa (A e P); RCI controle: lado contralateral não exercitado).	↔ TP média e máxima 24 h, 48 h e 72 h. Não houve correlação positiva significativa entre TP e espessura muscular. Apenas 1 de 16 correlações foram significativas: TP máxima e força isométrica 48 h pós (r= -0,56, p=0,036).	↓ Recuperação percebida e força isométrica máxima 24 h, 48 h e 72 h; ↓ salto horizontal unilateral 24 h e ↔ 48 h; ↑ espessura muscular e DMIT 24 h, 48 h e 72 h.
Priego-Quesada et al. (2020) (37)	Dezesseis (n=16) corredores recreativos (24,0 ± 5,0 anos). Homens (n=13); Mulheres (n=3).	Corrida de maratona (42,196 km) Duração média: 229,4 ± 27,1 min Percepção de esforço: 15,6 ± 2,8 pontos (na escala de Borg de 20 pontos).	Pré: 48 h e 24 h; Pós: 24 h e 48 h.	Abdômen; Lombar; Coxa (A e P); Joelho (A e P); Perna (A e P).	↔ TP 24 h e 48 h pós em todas as RCIs, exceto na perna P, onde a TP ↑ 48 h pós-maratona vs. 24 h pré. Porém, a TP ↔ 48 h pós vs. 48 h pré.	↑ percepção de dor e fadiga em todas as RCIs 24 h pós vs. 24 h pré; ↔ Biomarcadores urinários de estresse oxidativo;

						↓ SCM 24 h pós vs. 48 h pré.
Stewart et al. (2020) (38)	Oito (n=8) homens recreacionalmente ativos (25 ± 3 anos).	6 sets x 25 reps de extensão de joelho unilateral em dinamômetro isocinético; ações máximas em cada rep; 5 min de intervalo entre sets; velocidade angular de 60°.s ⁻¹ (concêntrica) e 120°.s ⁻¹ (excêntrica).	Pré; Pós: 24 h e 48 h.	Coxa D (A); RCI controle: coxa E não exercitada.	↑ TP 24 h e ↔ 48 h pós. Resposta térmica igual entre RCIs experimental e controle. Sem associação entre TP e DMIT.	↓ torque de contração voluntária máxima 24 h e 48 h pós; ↑ DMIT 24 h e 48 h pós; ↔ humor; ↔ circunferência da coxa.
Vieira et al. (2020) (39)	Dezesseis (n=16) jovens fisicamente ativos praticantes de treinamento resistido. Homens (n=8): 24,6 ± 3,3 anos; Mulheres (n=8): 24,5 ± 3,4 anos.	Uma sessão de treinamento resistido em circuito. Exercícios: leg press, puxada frontal, rosca bíceps. 3 sets x 12 rep; 70-80% 1RM Intervalo passivo: 30-45 s entre exercícios, e 90-120 s entre sets.	Pré; Pós: 20 min* e 24 h.	Coxa A, dorsal superior, braço A.	↑ TP 24 h pós (dorsal superior nos homens, e coxa nas mulheres).	-----
Priego-Quesada et al. (2019) (40)	Dez (n=10) triatletas recreacionais, homens (40,0 ± 6,0 anos).	2 dias de <i>camp</i> de treinamento de triatlo. Duração média das sessões de treinamento: Dia 1: 270 min; Dia 2: 470 min.	Pré; Pós: 24 h e 48 h após o início do treinamento.	Membros superiores (A e P); Coxa (A e P); Joelho (A e P); Perna (A e P).	Após cada dia de treinamento, ↑ TP média em todas as RCIs, e ↑ TP máxima nos membros superiores (P), Coxa (P), joelho (P) e perna (P) (entre 0,5 e 1°C); ↑ TP diretamente relacionado ao % de massa muscular (coxa A e P) e ao volume de treinamento semanal reportado (RCIs do joelho e perna P); TP inversamente relacionada à percepção de fadiga nos músculos que abrangem a articulação do joelho.	↑ Dor (EVA) 48 h após início do treinamento; ↑ Fadiga (EVA) 24 h e 48 h após início do treinamento; ↔ SCM.
Pérez-Guarner et al. (2019) (25)	Dezessete (n=17) corredores recreacionais (41 ± 6 anos) homens (n=11) e mulheres (n=6).	Meia maratona (21 km) Duração média: 101 min	48 h e 24 h pré; Pós: 24 h e 48 h.	Membros superiores (A e P) Abdome, Lombar, Coxa (A e P),	↔ TP em todas RCIs. Nenhum modelo de regressão foi capaz de prever estresse fisiológico pela TP.	↑ CK, glutamato oxaloacetato transaminase e percepção de dor e fadiga 24 h pós; ↓ SCM 24 h pós.

				Joelho, Poplíteo, Perna (A e P).		
Da Silva et al. (2018) (12)	Vinte (n=20) homens destreinados (24,0 ± 5,0 anos).	Séries múltiplas de flexão plantar bilateral em pé. 1º set até a exaustão. Sets submáximos subsequentes envolveram 75% do nº de rep estabelecido no 1º set, até que o participante não conseguisse completar mais de 50% do nº total de reps. Intervalo definido pela duração do set prévio.	Pré; Pós: 48 h.	Perna P; RCI controle: perna A.	↔ TP 48 h pós. Não houve associação significativa entre TP e CK.	↑ CK e DMIT 48 h; ↔ Acetilcolinesterase.
Uchôa et al. (2018) (10)	Dezessete (n=17) homens familiarizados ao exercício resistido, com prática de 2-3x/semana nos últimos 6 meses (21,3 ± 0,7 anos)	Exercício resistido: Flexão de cotovelo unilateral (drop sets) 1min30s intervalo entre sets Condição 1: 3 sets de 10 rep (80%, 60% e 40% de 1 RM) Condição 2: 6 sets de 10 rep (80%, 60% e 40% de 1 RM) 7 dias de intervalo entre condições.	Pré; Pós: 24 h, 48 h e 72 h.	Braço (A); RCI controle: braço (A) contralateral não exercitado e processo xifoide.	↑ TP 48 h e 72 h pós-exercício na condição 6 sets; Resposta térmica igual entre os braços experimental e controle; RCI processo xifoide: ↑ TP 48 h e 72 h após na condição 6 sets.	-----
Fernandes et al. (2017) (9)	Dez (n=10) futebolistas de elite sub-20, homens (19,0 ± 1,0 anos)	2 partidas oficiais de futebol, com 3 dias de recuperação entre elas.	Pré-jogo 1; Pós: 24 h e 48 h após cada partida.	Coxa (A e P); Perna (A e P).	↑ TP 24 h após o 1º jogo (~1°C) e ↔ TP 48 h pós-jogo 1; ↑ TP 24 h após 2º jogo, com maior magnitude (~1,5 °C) em todas as RCIs, permanecendo ↑ 48 h pós-jogo. Correlação significativa: TP e CK (variaram de 0,2 - 0,4)	↑ CK 24 h pós-jogos, ↔ 48h pós. A concentração de CK foi significativamente maior 48 h após a 2ª vs. 1ª partida.
Gutiérrez-Vargas et al. (2017) (41)	Dezessete (n=17) maratonistas amadores	Corrida de maratona (42,196 km) Duração média não indicada.	Pré (3 dias antes da maratona); Pós: 24 h	Membros inferiores (A e P), considerando as	↑ TP em todas RCIs, exceto no tibial A, onde a TP ↔.	-----

	(35,8 ± 7,0 anos) homens (n=10) e mulheres (n=7).			seguintes RCIs: RF, VM, VL, adutor, joelho, BF, ST, poplíteo, gastrocnêmios, tibial A, tornozelo A, tendão do calcâneo.		
Neves et al. (2016) (42)	Vinte e oito (n=28) homens treinados (24,9 ± 2,8 anos).	Exercício resistido: Flexão de cotovelo unilateral (70% 1RM; 90 s intervalo entre sets, cadência 1:1s) Grupo 3BS: 3 bi-sets (8 + 8 reps) (n=15) Grupo 5BS: 5 bi sets (8 + 8 reps) (n=13)	Pré; Pós: 24 h, 48 h, 72 h e 96 h.	Braço (A); RCI controle: braço (A) contralateral não exercitado e processo xifoide.	Grupo 5BS: ↑ TP no bíceps e processo xifoide 48 h, 72 h e 96 h pós-exercício; Resposta térmica igual entre os braços; Grupo 3BS: ↔ TP no bíceps e ↑ TP no processo xifoide 96 h pós-exercício; Não houve correlação significativa entre Δ TP e DMIT; já o volume de exercício foi diretamente relacionado à Δ TP 48 h pós (r=0,568; p=0,002) e 72 h (r=0,534; p=0,003).	↑ DMIT 24 h e 48 h pós-exercício no grupo 3BS; ↑ DMIT 48 h e 72 h pós-exercício no grupo 5BS.
Neves et al. (2015) (43)	Treze (n=13) homens treinados (24,9 ± 2,7 anos)	Exercício resistido: Flexão de cotovelo (braço dominante) 5 bi-sets (8 + 8 reps) (70% 1RM; 90 s intervalo entre sets, cadência 1:1s)	Pré; Pós: 24 h, 48 h, 72 h e 96 h.	Braço (A); RCI controle: braço (A) contralateral não exercitado.	↑ TP 48 h, 72 h e 96 h pós-exercício; resposta térmica igual entre os braços; Correlação significativa: TP e Δ espessura muscular (r=0,941; p=0,017) (do momento pré até 96 h pós).	↑ Espessura muscular imediatamente após o exercício.
Bandeira et al. (2012) (44)	Dezoito (n=18) futebolistas de elite, homens (15 a 17 anos de idade)	Grupo experimental (n=10): exercício resistido (agachamento, rack e cadeira extensora) a 80% 1RM: foram realizadas séries consecutivas com o máximo de reps em cada série e 90s intervalo. Após cada série, eram retirados 10 kg de carga de cada aparelho e o atleta realizava a nova série até que	Pré; Pós: 24 h.	Coxa D (A), considerando as seguintes RCIs: adutor longo, RF e VM.	↑ TP 24 h pós-treino apenas no grupo experimental, não correlacionado com CK 24 h pós.	LDH e lactato pós-exercício foram diretamente relacionados com CK 24 h pós. Espessura de dobra cutânea da coxa inversamente correlacionada com TP.

		restassem apenas 20 kg de carga no aparelho. Grupo controle (n=8): sessão de corrida contínua de baixa intensidade (50-60% FCM).				
Al-Nakhli et al. (2012) (45)	Quarenta e um (n=41) participantes (idade e nível de treinamento não informados)	Rosca bíceps concentrada (braço direito, experimental; braço contralateral, controle) 4 sets x 25 reps a 35% 1 RM; 90 s intervalo.	Pré; Pós: 24 h e 48 h.	Braço D (A); RCI controle: braço contralateral não exercitado.	↑ TP 24 h pós-exercício no braço exercitado, e ↔ TP no braço controle. Correlação significativa: TP 24 h pós e DMIT 24 h pós (r=0,312).	↑ DMIT 24 h e 48 h pós vs. pré-exercício; ↑ Mioglobina 48 h pós vs. pré-exercício (mioglobina medida pré, 30 min e 48 h pós).

↑ = aumento significativo em relação à condição de repouso; ↓ = redução significativa em relação à condição de repouso; ↔ = manutenção em relação à condição de repouso; GE = grupo experimental; GC = grupo controle; RCI = Região corporal de interesse; A = anterior; P = posterior; D = lado direito; E = lado esquerdo; Δ = variação; rep = repetição; TP = temperatura da pele; CK = creatina quinase; DMIT = dor muscular de início tardio; VFC = variabilidade da frequência cardíaca; SCM = salto com contramovimento; DM = dano muscular; ADM = amplitude de movimento; LDP = limiar de dor à pressão; RF = reto femoral; VM = vasto medial; VL = vasto lateral; BF = bíceps femoral; ST = semitendinoso; LDH = lactato desidrogenase; RM = repetição máxima; EVA = escala visual análoga; FCM = frequência cardíaca máxima, r = coeficiente de correlação de Pearson; rs = coeficiente de correlação de Spearman; * = representa momentos de medida de T_P não analisados na presente revisão, mas que foram descritos para caracterizar os estudos.

a) Tamanho amostral e caracterização dos participantes

O tamanho amostral dos estudos indicados no Quadro 2 variou entre 8 e 41 participantes, com mediana de 17 participantes, sendo que 72,7% (n=16) dos estudos envolveu um tamanho amostral ≤ 20 participantes. Quanto ao fator idade, os participantes da maioria dos estudos foram adultos, sendo que 72,7% (n=16) dos estudos foram realizados com participantes com idade média ≤ 30 anos. Já quanto ao sexo, foi observado claramente uma preferência de estudos com homens. Todos os trabalhos incluíram participantes do sexo masculino, sendo que somente 7 estudos também avaliaram mulheres. Com relação ao nível de condicionamento físico e experiência esportiva, apenas 2 estudos foram realizados com atletas profissionais (33, 35).

b) Tipo de exercício/intervenção

De um total de 22 trabalhos, 12 foram realizados com exercício resistido, sendo 5 com participantes destreinados, 5 com praticantes de treinamento resistido, e em 2 estudos não foi especificado o status de treinamento (34, 45), sendo que um destes estudos também não foi relatado a idade e sexo (45). Um estudo foi realizado com uma sessão de treinamento pliométrico, com indivíduos fisicamente ativos não habituados ao treinamento pliométrico (11). Seis trabalhos realizados com atletas recreativos de *endurance* investigaram provas de maratona (27, 37, 41), meia-maratona (25), corrida moderada de 10 km (32) e um *camp* de treinamento de triatlo (40). Dois estudos investigaram o efeito de partidas oficiais de futebol na T_P de membros inferiores de jogadores de elite sub-20 (9) e profissionais (33), e um trabalho foi realizado com atletas velocistas altamente treinados durante 10 dias de *camp* de treinamento de potência-velocidade (35).

c) Momento de coleta de dados pós-intervenção

Nos estudos incluídos na presente revisão, a T_P foi registrada 24h após (n=4), de 24h a 48h após (n=6), 24h, 48h e 72h após (n=5) e diariamente de 24h a 96h após (n=2). Ainda, em dois trabalhos a T_P foi registrada apenas 48h pós-intervenção (12, 36), enquanto em um estudo a T_P foi monitorada 24h e 6 dias após (27). Um estudo monitorou a T_P diariamente ao longo de 10 dias de treinamento (35) e, por fim, um estudo analisou a T_P 2 h, 5 h, 9 h e 24 h após o exercício (32).

d) Regiões corporais de interesse (RCIs)

As RCIs investigadas foram: coxa na visão anterior (36, 38, 44); coxa na visão anterior e posterior (11, 13); coxa, joelho e perna (27, 32, 41); coxa e perna (9); membro inferior como região única (33, 35); coxa, joelho, perna, abdômen e lombar (37); coxa, joelho, perna, e membros superiores (40); coxa, joelho, perna, abdômen, lombar e membros superiores (25); coxa, dorsal superior e braço (39); perna (12); lombar e abdômen (34); e região anterior do braço (10, 26, 42, 43, 45).

e) Métodos de análise da temperatura da pele

A maioria dos estudos (n=20) utilizou a T_P média de cada RCI na análise dos resultados. Destes, 5 estudos incluíram, além da T_P média, dados de T_P mínima e/ou máxima (12, 13, 25, 36, 40), considerando um único pixel de menor ou maior temperatura da RCI, respectivamente. Dois estudos analisaram os resultados com base na estratificação percentual de pixels em diferentes zonas de temperatura, sendo que um deles (11) analisou a zona fria (<31°C), zona neutra (31 a 33°C), e zona quente (>33°C), e o outro analisou apenas a zona quente (>33°C) (33).

f) Delineamento experimental dos estudos

Apenas um estudo utilizou um grupo controle sem exercício (32). Seis trabalhos monitoraram uma região contralateral não exercitada como controle, sendo que em 2 desses trabalhos (10, 42) também foi avaliada uma área central (processo xifoide) como RCI controle. Já um estudo induziu dano muscular nos membros inferiores e avaliou a região anterior do braço como RCI controle (36), enquanto outro induziu dano muscular nas panturrilhas e analisou a região anterior da perna como controle (12). Apenas um estudo incluiu um grupo controle independente, que realizou corrida contínua de baixa intensidade (44).

Somente 3 estudos compararam o efeito de diferentes volumes de exercício na T_P (10, 26, 42), mas nenhum verificou o efeito da intensidade de exercício na T_P .

g) Indicadores complementares de controle (desfechos secundários)

Três trabalhos não monitoraram qualquer tipo de indicador de recuperação/fadiga (10, 39, 41) e 8 estudos não mediram biomarcadores sanguíneos. Apenas um estudo mediu biomarcador inflamatório [(proteína c reativa (PCR)] (33). Biomarcadores de dano muscular foram os mais examinados, como CK (n=8), lactato desidrogenase (LDH) (n=2) e mioglobina (n=1). Outros biomarcadores examinados foram a glutamato oxaloacetato transaminase (n=1), acetilcolinesterase (n=1), lactato (n=1), espécies reativas de oxigênio (n=1) e biomarcadores de estresse oxidativo (n=1).

Indicadores subjetivos foram avaliados na maioria dos trabalhos, sendo a DMIT o mais frequente (n=13), seguido, em menor quantidade, do limiar de dor à pressão (n=2) e fadiga percebida (n=3), recuperação percebida (n=1) e humor (n=1).

Indicadores de função muscular e desempenho foram investigados em poucos estudos. Foram analisados o pico de torque (n=2), força isométrica máxima (n=1), bem como o desempenho no teste de SCM (n=4) e salto horizontal unipodal (n=1). Outros parâmetros analisados foram a amplitude de movimento (n=1), circunferência de coxa (n=1) e espessura muscular (n=2). Um estudo mediu a distância total percorrida durante jogos oficiais de futebol (33).

Um estudo avaliou a variabilidade da frequência cardíaca como uma medida indireta de atividade parassimpática (32).

3.6 Discussão

O objetivo desta revisão foi sintetizar e analisar a literatura que investigou a aplicação da termografia como uma ferramenta para monitoramento da recuperação muscular pós-exercício. A seguir, são discutidos os resultados e aspectos metodológicos dos estudos incluídos na revisão e são apontados direcionamentos para pesquisas futuras.

3.6.1 Estudos que reportaram um aumento tardio na T_P após o exercício

Um total de 15 estudos encontrou uma sinalização de aumento de T_P pós-exercício em algum dos momentos analisados. A maioria dos autores atribuiu o aumento de T_P à resposta inflamatória local decorrente do DMIE (9-11, 33, 39, 41-45). Porém, este posicionamento não foi unânime (27, 38, 40).

Al-Nakhli et al. (45) encontraram um aumento de T_P no braço exercitado 24 h após uma sessão de exercício resistido, restabelecido com 48 h, quando DMIT e mioglobina permaneciam

elevadas. Já Bandeira et al. (44) reportaram aumento na T_P 24 h após um treino resistido de membros inferiores em jovens futebolistas, não correlacionado com valores de CK. Mais recentemente, foi demonstrado um efeito do volume de exercício resistido na resposta térmica. Neves et al. (42) encontraram aumento de T_P no braço 48 h, 72 h e 96 h após um maior volume de bi-sets de flexores de cotovelo. Neste estudo, o volume de exercício e a variação de T_P foram diretamente relacionados 48 h e 72 h pós-exercício. Eles também encontraram uma correlação entre essa resposta térmica e o aumento da espessura muscular (43), mas não com a DMIT (42). Similarmente, Uchôa et al. (10) observaram aumento de T_P no braço 48 h e 72 h após um maior volume de drop sets de flexores de cotovelo (6 vs. 3 séries), porém não avaliaram qualquer marcador de recuperação, o que prejudica a caracterização da magnitude de estresse fisiológico induzido pela intervenção.

Um aspecto interessante de alguns desses estudos é que a resposta térmica foi similar no lado contralateral não exercitado (10, 42, 43). Neves et al. (42) supõem que isso pode ser atribuído à adaptação endotelial sistêmica, já que o sistema nervoso central regula a condutância vascular simetricamente, mantendo, portanto, um fluxo sanguíneo similar entre os braços durante o período de recuperação. De fato, o efeito cruzado do treinamento unilateral é conhecido há muito tempo na literatura, já tendo sido reportado um aumento de fluxo sanguíneo no braço contralateral (não exercitado) durante a recuperação (46). Contudo, em dois desses estudos (10, 42) também houve aumento de T_P em uma RCI central (controle), o que sugere que outros fatores podem interferir na resposta térmica, como um aumento da taxa metabólica, o que precisa ser investigado em estudos futuros.

Um aumento de T_P no lado contralateral também foi observado após um protocolo de ações isocinéticas máximas de extensão de joelhos, o que foi atribuído a uma provável resposta inflamatória sistêmica (38). Outros trabalhos que encontram aumento de T_P foram os de Vieira et al. (39), que observaram uma resposta térmica distinta entre homens e mulheres 24 h após uma sessão de exercício resistido em circuito, bem como Da Silva et al. (36), que observaram aumento apenas na T_P mínima em mulheres (mas não em homens) 48 h após um protocolo de agachamento. Por fim, Santana et al. (11) observaram que uma sessão de treinamento pliométrico aumenta a T_P de membros inferiores 48 h e 72 h pós-exercício, considerando o percentual de pixels quantificado em uma zona de temperatura $> 33,0^\circ\text{C}$.

No futebol, um aumento de T_P pós-jogo tem sido atribuído ao processo inflamatório induzido pelo jogo em jogadores sub-20 (9) e profissionais (33). Fernandes et al. (9) observaram aumentos na T_P 24 h após 2 partidas de futebol, separadas por 3 dias; a resposta térmica foi correlacionada com a CK e apresentou maior magnitude após a segunda partida, indicando um

possível acúmulo de fadiga devido ao período insuficiente de recuperação entre os jogos. Além disso, a T_P 48 h após o segundo jogo permaneceu elevada acima dos valores basais. Similarmente, Duarte et al. (33) observaram um aumento na T_P de membros inferiores (percentual de pixels em uma zona de temperatura $> 33,0^\circ\text{C}$) e nos níveis de PCR (marcador inflamatório) 24 h e 48 h após jogos, em uma sequência de 3 partidas de futebol. Essa resposta térmica foi diretamente relacionada à resposta inflamatória, e o aumento relativo de T_P e PCR foi significativamente maior no jogo 3 em comparação aos dois jogos iniciais, indicando o possível efeito cumulativo dos jogos realizados com curto intervalo de recuperação.

Um aspecto metodológico importante no estudo de Fernandes et al. (9) é que os jogadores permaneceram em uma local de concentração durante a pesquisa, o que favorece o controle de fatores intervenientes. Em condições similares de controle, Priego-Quesada et al. (40) observaram aumentos de T_P nos dois dias após o início de um *camp* de treinamento em 10 triatletas amadores, acompanhado por aumento na percepção de dor (24 h) e fadiga (24 e 48 h). Porém, eles atribuíram o resultado à uma provável ausência de DMIE, argumentando que o dano poderia causar vasoconstrição cutânea pela maior atividade nervosa simpática na pele. Contudo, não foram obtidas medidas de atividade nervosa simpática nem biomarcadores de DMIE ou inflamação, que poderiam oferecer mais informações para sustentar a explicação dos autores.

Gutiérrez-Vargas et al. (41) observaram aumento de T_P nos membros inferiores 24 h após uma corrida de maratona. Eles atribuíram essa resposta térmica às microlesões induzida pela prova, porém não monitoraram outros marcadores de recuperação. Rojas-Valverde et al. (27) não encontraram associação entre um aumento de T_P e aumento de CK e LDH 24 h após uma maratona realizada em ambiente quente. Por isso, eles argumentam que o DMIE pode não ter um impacto relevante na T_P . Foi especulado pelos autores que a resposta térmica pode ser devido ao aumento de calor gerado pela maratona e seus processos fisiológicos subsequentes, que poderiam ser refletidos na T_P devido a vasodilatação periférica promovida pelo ambiente quente.

A ausência de associação significativa em alguns estudos entre T_P e diferentes indicadores de recuperação (Quadro 2) é um aspecto que limita o emprego da TI como ferramenta de monitoramento de recuperação, havendo divergência de parâmetros fisiológicos analisados. Contudo, é importante ressaltar que marcadores indiretos de DMIE, embora sejam confiáveis, nem sempre refletem a magnitude de DMIE e não se correlacionam muitas vezes entre si (47), além de apresentarem alta variabilidade interindividual (48). Portanto, é sugerido que estudos sobre termografia e recuperação muscular incluam um conjunto de marcadores para

caracterizar o estresse fisiológico induzido pelo exercício como marcadores sanguíneos de DMIE (e.g., CK, LDH) e inflamação (e.g., proteína c reativa, interleucinas), parâmetros físico-motores e indicadores subjetivos de recuperação (e.g., DMIT, percepção de recuperação). Apesar da dificuldade de execução de biópsia muscular em atletas, sua realização seria interessante para avaliar a recuperação do DMIE e do glicogênio muscular. Por fim, relacionar a resposta térmica ao exercício com a capacidade de geração de força muscular pode ser interessante, já que esse marcador se relaciona a observações histológicas como ruptura miofibrilar e infiltração de leucócitos (47) e parece orquestrar a resposta de outros marcadores indiretos de DMIE (48). Tendo em vista o atual conhecimento sobre o tema, é sugerido que a T_P basal não seja usada como um marcador isolado para controle da carga de treino. Investigar seu uso associado a outros marcadores bem estabelecidos de recuperação pode ser interessante para ampliar a capacidade de análise.

3.6.2 Estudos que não encontraram aumento na T_P após o exercício

Com relação ao efeito do exercício na T_P , 6 trabalhos não encontram alterações térmicas nos dias subsequentes a diferentes tipos de exercícios. Dindorf et al. (34) observaram DMIT e percepção de fadiga 24 h e 48 h após flexões laterais de tronco realizadas com o peso corporal até a exaustão, enquanto a T_P permaneceu inalterada 24 h após a intervenção. Outros trabalhos analisaram a resposta térmica após diferentes volumes de exercício excêntrico (26), a uma sessão de exercício resistido com leg press (13), a uma corrida de meia-maratona (25) e maratona (37), e a múltiplas séries de flexão plantar realizado com o peso corporal até a exaustão (12). Na maioria desses estudos, o DMIE foi constatado por outros indicadores, os quais não foram significativamente relacionados com a T_P . Esses autores argumentam que o DMIE e resposta inflamatória são processos internos, e conseqüentemente não impactam a T_P . Por isso, tem sido sugerido analisar a recuperação da T_P após um estímulo de estresse térmico (termografia dinâmica), cuja resposta poderia ser mais relacionada a processos fisiológicos internos em comparação com a T_P basal (25, 40). Essa técnica tem sido utilizada (37) e pode ampliar as investigações sobre a temática de termografia e recuperação pós-exercício.

Alguns aspectos metodológicos podem ter contribuído para esses resultados. Da Silva et al. (12) não incluíram medidas 24 h pós-exercício, o qual é um período provável da fase pró-inflamatória que poderia ter induzido mudanças térmicas, como observado em outros estudos (9, 11, 38, 44, 45). No estudo de Ferreira Júnior et al. (13) foi utilizada uma câmera com resolução inferior (160 x 120 pixels) à mínima recomendada para avaliar a pele humana (16),

o que pode ter prejudicado a análise. Já Pérez-Guarner et al. (25) não encontraram efeito de uma meia-maratona na T_P , mas observaram aumentos de T_P ao compararem duas medidas basais registradas nos dois dias anteriores à prova, o que pode ser devido a fatores intervenientes. Em todos esses estudos, os participantes iam para suas casas e retornavam ao laboratório para as avaliações, o que aumenta a chance de interferência de fatores externos nos resultados.

Barboza et al. (26) mostraram que dano muscular leve e moderado induzido por ações excêntricas máximas (10 vs. 30 repetições) não interferem na T_P de 24 a 72 h pós-exercício em indivíduos não praticantes de exercício resistido. É importante considerar que o volume de exercício realizado foi muito inferior quando comparado a outro estudo (38) que encontrou aumento de T_P 24 h após ações isocinéticas máximas concêntricas/excêntricas (6 sets de 25 repetições). É interessante reproduzir um estudo similar com indivíduos treinados, tendo em vista o efeito do status de treinamento na resposta térmica ao exercício (49).

Um efeito oposto ao esperado foi reportado por Korman et al. (35), que observaram reduções de T_P nos membros inferiores ao longo de 10 dias de um *camp* de treinamento de potência-velocidade, não relacionadas ao aumento de CK observado. Segundo os autores, é difícil explicar o curso e o mecanismo de mudança de T_P sob a influência de cargas de treinamento sequenciais ao longo de vários dias. Eles argumentam que a resposta pode ser uma adaptação fisiológica às cargas, já que uma menor temperatura corporal (T_P e central) afeta favoravelmente o desempenho físico devido a maior capacidade de estocar calor. Um fator que pode ter contribuído para este resultado foi o método delimitação da RCI utilizado pelos autores, que englobou a área da coxa, joelhos e pernas como uma RCI única. Desta forma, um possível aumento de T_P , por exemplo, na região distal do quadríceps poderia ser mascarado por reduções de temperatura em outras áreas da RCI.

3.6.3 Desafios tecnológicos e de análise

Tendo em vista ser uma área incipiente, alguns desafios tecnológicos podem justificar a variação de resultados. Uma delas corresponde à forma de captação de imagens que nem sempre seguiram todas as recomendações de Moreira et al. (16), que estabelecem os procedimentos para aquisição adequada de imagem termográfica na área de exercício e esporte. Além disso, a forma manual com que a temperatura é quantificada aumenta as possibilidades de erro humano. A maioria dos trabalhos nesta revisão utilizou softwares com delimitação manual de RCIs. Há softwares comerciais que reconhecem a RCI automaticamente, sem intervenção do avaliador,

diminuindo a possibilidade de erros, ou softwares que quantificam a distribuição de pixels que recobrem os membros inferiores, como usado nos estudos de Santana et al. (11) e Duarte et al. (33). A principal limitação deste tipo de software é o custo econômico.

A divergência de metodologias para definição das RCIs é um fator de dificuldade a comparação entre estudos. Nesta revisão, alguns estudos avaliaram a mesma RCI, mas a maneira de delimitá-las diferiu consideravelmente. Por exemplo, o braço (visão anterior) foi delimitado manualmente contornando toda a RCI em alguns estudos (26, 36), enquanto em outros foi delimitada uma região circular pequena (10, 42), o que pode ser difícil de reproduzir ao longo dos dias de coleta, além de desconsiderar áreas do grupo muscular na análise. Similarmente, alguns trabalhos avaliaram a região da coxa fragmentando ventres musculares de membros inferiores (27), enquanto outros trabalhos utilizaram RCIs retangulares únicas (9). Ainda, outros estudos utilizaram uma RCI que envolve todo o membro superior (braço e antebraço) (25) ou todo o membro inferior (coxa, joelho, perna) (35).

A maneira com que se analisa a resposta térmica também pode gerar diferenças e deve ser considerada ao analisar os resultados dos estudos. Diferentes métricas foram usadas como a T_P média da RCI ou a T_P correspondente a um único pixel de maior (T_P máxima) ou menor (T_P mínima) temperatura. Por exemplo, Da Silva et al. (36) não encontraram efeito de um protocolo de agachamento aplicado até a exaustão na T_P média de membros inferiores, porém eles observaram aumento no valor de T_P mínima em mulheres 48 h pós-exercício. Assim, esses resultados devem analisados com cautela pelo fato de a medida envolver apenas um pixel, podendo não ser representativo dentro de uma RCI que pode conter milhares de pixels. A análise de estratificação percentual de pixels em diferentes zonas de temperatura, como a termopixelgrafia proposta por Fernandes (50), talvez possam oferecer uma visão mais ampla da resposta térmica ao exercício, bem como o método T_{max} (51) em que é calculada a média dos 125 pixels mais quentes em uma RCI. Comparar diferentes tipos de métricas pode auxiliar a entender quais delas são mais sensíveis para identificar mudanças de T_P induzidas por exercício.

3.6.4 Direções futuras

Existe uma base teórica consistente para que a T_P medida por TI continue sendo investigada como um instrumento auxiliar na avaliação do status de recuperação muscular, o que poderia auxiliar treinadores a gerenciarem as cargas de treinamento visando otimizar o desempenho e prevenir lesões. Por se tratar de uma nova aplicação dessa tecnologia, é

necessário que uma maior densidade de estudos de base seja realizada para dar suporte à essa fundamentação teórica, principalmente quando se considera a diversidade de situações que envolve o treinamento desportivo, indicando uma fronteira do conhecimento a ser explorada. Estudos que monitorem fluxo sanguíneo, muscular e periférico, marcadores bioquímicos inflamatórios e temperatura muscular podem ajudar a explicar os mecanismos do aumento de T_P sobrejacente a grupos musculares em condição de fadiga residual induzida por exercício. Registros da taxa metabólica basal e de temperatura interna também poderiam auxiliar no entendimento de alterações térmicas mais sistêmicas.

Incluir avaliações de termografia dinâmica nos estudos pode ampliar as possibilidades de investigação sobre a temática de termografia e recuperação pós-exercício. Por exemplo, embora Priego-Quesada et al. (37) não tenham encontrado aumentos na T_P basal 24 h após uma maratona, eles observaram maiores reduções na T_P na perna (visão posterior) em resposta a um teste de estresse térmico (frio), sugerindo uma possível vasoconstrição periférica. Opostamente, em outro estudo (32), a resposta da T_P a um teste de estresse térmico (frio) não foi alterada após uma corrida moderada de 10 km que não induziu dor e dano muscular.

Tendo em vista a característica multifatorial da T_P (52), é importante ampliar o número de medidas basais pré-exercício para entender a variação natural da medida de T_P , o que auxiliaria na interpretação da magnitude da resposta térmica induzida por exercício. Na presente revisão, a maioria dos estudos usou apenas uma medida basal, normalmente registrada pré-exercício, o que poderia ser influenciado por uma maior atividade simpática antes do exercício (25). Além disso, o momento apropriado para se avaliar a T_P pós-exercício ainda é desconhecido. Considerando que as ações temporais de recuperação do processo inflamatório pós-exercício podem ocorrer de um dia até vários dias, dependendo da magnitude de dano muscular (23, 47), nós sugerimos que o registro dos termogramas seja feito diariamente pelo menos de 24 h a 72 h pós-exercício, para uma análise abrangente da curva de recuperação. Além disso, pode ser interessante incluir medidas de T_P obtidas de 4-24 h após o dano muscular pois esse período é caracterizado por alta atividade pró-inflamatória (23). Por outro lado, não é recomendado adquirir termogramas imediatamente após o exercício, especialmente em ambiente de campo, pois a T_P pode ser influenciada por vários fatores externos (52), bem como pela redistribuição de fluxo sanguíneo e ajustes termorregulatórios induzido pelo exercício (30).

Para uma maior consistência estatística, é recomendado que o tamanho amostral seja previamente estimado, tendo em vista que um baixo tamanho amostral reduz o poder estatístico do estudo e, conseqüentemente, aumenta a chance de erro na análise dos resultados (53). Por outro lado, está claro que nem sempre é possível recrutar uma amostra numerosa e homogênea

com um bom poder estatístico, o que não invalida estudos com um tamanho amostral menor, pois eles sinalizam tendência de resultados que são importantes para a evolução do entendimento do processo de fundamentação científica.

Tendo em vista o efeito sexo-dependente do exercício na T_P (36, 39), é importante que os estudos analisem os resultados considerando o fator sexo na composição de grupos. Além disso, o impacto de cargas de treinamento na T_P de atletas profissionais é uma lacuna que deve ser investigada, já que o resultado de estudos realizados com indivíduos destreinados, fisicamente ativos ou atletas amadores não podem ser extrapolados para atletas de alto rendimento. Por fim, considerando a diversidade de situações de exercícios que podem ser realizados, torna-se evidente que o tema ainda se encontra em aberto, com diversas possibilidades de desenhos em esportes cíclicos, acíclicos, em ambiente de treino ou de competição.

Na presente revisão, apenas um estudo utilizou um grupo controle sem exercício, o que compreende uma abordagem metodológica importante nos próximos estudos sobre esse tema. Pesquisas futuras com grupo controle podem auxiliar a entender melhor o efeito das intervenções experimentais na T_P . Isso é fundamental para analisar se o resultado obtido é devido às intervenções experimentais ou a outros fatores. Além disso, estudos com grupos de comparação podem contribuir para o entendimento do impacto de diferentes cargas de treino na resposta térmica.

3.7 Conclusão

É possível identificar uma base teórica consistente sobre as respostas metabólicas pós-exercício e possível aumento da temperatura local decorrente da resposta inflamatória. Existem trabalhos experimentais que obtiveram resultados promissores, confirmando que a termografia possa ser uma ferramenta auxiliar no controle da curva de recuperação. Contudo, outros estudos não obtiveram o mesmo resultado. Assim, ainda não é possível afirmar que a termografia possa ser empregada amplamente como uma ferramenta de monitoramento de recuperação muscular e, conseqüentemente, como forma de controle de carga de treino.

Após essa revisão integrativa, pesquisas futuras são encorajadas que incluam mais de uma medida basal, termografia dinâmica, desfechos que ajudem a entender a resposta térmica da pele (e.g. fluxo sanguíneo periférico e temperatura central), medidas de T_P até 72 h pós-exercício e um grupo controle que não realize exercício.

3.8 Referências

1. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gatin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring athlete training loads: consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(Suppl 2):S2161-s70.
2. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(1):186-205.
3. American College of Sports Medicine. Load, overload, and recovery in the athlete: select issues for the team physician - a consensus statement. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(4):821-8.
4. Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L, Brink M, Coutts AJ, Duffield R, et al. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(2):240-5.
5. Saw AE, Main LC, Gatin PB. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2016;50(5):281-91.
6. Hagstrom AD, Shorter KA. Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and post-match differences. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(9):1234-44.
7. Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2018;48(3):539-83.
8. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med.* 2014;44 Suppl 2:S139-47.
9. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. *Sport Sci Health.* 2017;13(3):635-43.
10. Uchôa P, Matos F, Neves EB, Saavedra F, Rosa C, Reis VM, et al. Evaluation of two different resistance training volumes on the skin surface temperature of the elbow flexors assessed by thermography. *Infrared Phys Technol.* 2018;93:178-83.
11. Santana PVA, Alvarez PD, Sena AFdC, Serpa TK, Assis MGd, Pimenta EM, et al. Relationship between infrared thermography and muscle damage markers in physically active men after plyometric exercise. *J Therm Biol.* 2022;104:103187.

12. Da Silva W, Machado A S, Souza MA, Kunzler MR, Priego-Quesada JI, Carpes FP. Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature? *Physiol Meas.* 2018;39(10):104007.
13. Ferreira-Júnior JB, Chaves SFN, Pinheiro MHA, Rezende VHS, Freitas EDS, Marins JCB, et al. Is skin temperature associated with muscle recovery status following a single bout of leg press? *Physiol Meas.* 2021;42(3).
14. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol.* 2012;55(4):221-35.
15. Marins JCB, Fernández Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Quintana MS. Applications of infrared thermography in sports. A review. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte.* 2015;15(60):805-24.
16. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJE, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *J Therm Biol.* 2017;69:155-62.
17. Burke LM, van Loon LJC, Hawley JA. Postexercise muscle glycogen resynthesis in humans. *J Appl Physiol (1985).* 2017;122(5):1055-67.
18. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab.* 2020;2(9):817-28.
19. Ribeiro AS, Avelar A, Schoenfeld BJ, Ritti Dias RM, Altimari LR, Cyrino ES. Resistance training promotes increase in intracellular hydration in men and women. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(6):578-85.
20. Ribeiro AS, Avelar A, Dos Santos L, Silva AM, Gobbo LA, Schoenfeld BJ, et al. Hypertrophy-type Resistance Training Improves Phase Angle in Young Adult Men and Women. *Int J Sports Med.* 2017;38(1):35-40.
21. Lucertini F, Gervasi M, D'Amen G, Sisti D, Rocchi MBL, Stocchi V, et al. Effect of water-based recovery on blood lactate removal after high-intensity exercise. *PLoS One.* 2017;12(9):e0184240.
22. McGlory C, Devries MC, Phillips SM. Skeletal muscle and resistance exercise training; the role of protein synthesis in recovery and remodeling. *J Appl Physiol (1985).* 2017;122(3):541-8.
23. Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J Appl Physiol (1985).* 2017;122(3):559-70.
24. Scott A, Khan KM, Roberts CR, Cook JL, Duronio V. What do we mean by the term "inflammation"? A contemporary basic science update for sports medicine. *Br J Sports Med.* 2004;38(3):372-80.

25. Pérez-Guarner A, Priego-Quesada JI, Oficial-Casado F, Cibrián Ortiz de Anda RM, Carpes FP, Palmer RS. Association between physiological stress and skin temperature response after a half marathon. *Physiol Meas*. 2019;40(3):034009.
26. Barboza JAM, Ferreira JJdA, Cerqueira MS, Maciel DG, de Barros ACM, Leite EC, et al. Can skin temperature be altered after different magnitudes of eccentric exercise-induced muscle damage? *Res Q Exerc Sport*. 2021:1-8.
27. Rojas-Valverde D, Gutiérrez-Vargas R, Sánchez-Ureña B, Gutiérrez-Vargas JC, Priego-Quesada JI. Relationship between skin temperature variation and muscle damage markers after a marathon performed in a hot environmental condition. *Life (Basel)*. 2021;11(8):725.
28. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.
29. Beyea S, Nicoll LH. Writing an integrative review. *AORN J*. 1998;67(4):877-80.
30. Silva AGD, Albuquerque MR, Brito CJ, Stroppa GM, Oliveira SAF, Sillero-Quintana M, et al. Effect of Whole-, Upper-, and Lower-Body High-Intensity Rowing Exercise on Skin Temperature Measured by Thermography. *Res Q Exerc Sport*. 2022:1-11.
31. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan - a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*. 2016;5(1):210.
32. Priego-Quesada JI, Catalá-Vilaplana I, Bermejo-Ruiz JL, Gandia-Soriano A, Pellicer-Chenoll MT, Encarnación-Martínez A, et al. Effect of 10 km run on lower limb skin temperature and thermal response after a cold-stress test over the following 24 h. *J Therm Biol*. 2022;105:103225.
33. Duarte W, Rodrigues Junior JL, Paula LV, Chagas MH, Andrade AGP, Veneroso CE, et al. C-reactive protein and skin temperature of the lower limbs of brazilian elite soccer players like load markers following three consecutive games. *J Therm Biol*. 2022;105:103188.
34. Dindorf C, Bartaguiz E, Janowicz E, Frohlich M, Ludwig O. Effects of unilateral muscle fatigue on thermographic skin surface temperature of back and abdominal muscles - a pilot study. *Sports*. 2022;10(3).
35. Korman P, Kusy K, Kantanista A, Straburzyńska-Lupa A, Zieliński J. Temperature and creatine kinase changes during a 10d taper period in sprinters. *Physiol Meas*. 2021;42(12).
36. Da Silva W, Machado AS, Lemos AL, de Andrade CF, Priego-Quesada JI, Carpes FP. Relationship between exercise-induced muscle soreness, pain thresholds, and skin temperature in men and women. *J Therm Biol*. 2021;100:103051.
37. Priego-Quesada JI, Pérez-Guarner A, Gandia-Soriano A, Oficial-Casado F, Galindo C, Cibrián Ortiz de Anda RM, et al. Effect of a marathon on skin temperature response after a

cold-stress test and its relationship with perceptive, performance, and oxidative-stress biomarkers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;15(10):1467-75.

38. Stewart IB, Moghadam P, Borg DN, Kung T, Sikka P, Minett GM. Thermal infrared imaging can differentiate skin temperature changes associated with intense single leg exercise, but not with delayed onset of muscle soreness. *J Sports Sci Med.* 2020;19(3):469-77.

39. Vieira SG, Sillero-Quintana M, Silva AG, Marins KO, Marins JCB. Thermographic response resulting from strength training: a preliminary study. *Apunts Sports Med.* 2020;55(208):120-7.

40. Priego-Quesada JI, Oficial-Casado F, Gandia-Soriano A, Carpes FP. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. *J Thermal Biol.* 2019;84:431-8.

41. Gutiérrez-Vargas R, Ugalde-Ramírez JA, Rojas-Valverde D, Salas-Cabrera J, Rodríguez-Montero A, Gutiérrez-Vargas JC. La termografía infrarroja como herramienta efectiva para detectar áreas musculares dañadas después de correr una maratón. *Rev Fac Med Univ Nac Colomb.* 2017;65:601-7.

42. Neves EB, Vilaça-Alves J, Moreira TR, Lemos RJCA, Reis VM. The thermal response of biceps brachii to strength training. *Gazz Med Ital - Arch Sci Med.* 2016;175(10):391.

43. Neves EB, Moreira TR, Lemos R, Vilaça-Alves J, Rosa C, Reis VM. Using skin temperature and muscle thickness to assess muscle response to strength training. *Rev Bras Med Esporte.* 2015;21(5):350-4.

44. Bandeira F, Moura MAMd, Souza MAd, Nohama P, Neves EB. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? *Rev Bras Med Esporte.* 2012;18(4):246-51.

45. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. *J Vis Exp.* 2012;59:e3551.

46. Yasuda Y, Miyamura M. Cross transfer effects of muscular training on blood flow in the ipsilateral and contralateral forearms. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1983;51(3):321-9.

47. Paulsen G, Mikkelsen UR, Raastad T, Peake JM. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? *Exerc Immunol Rev.* 2012;18:42-97.

48. Damas F, Nosaka K, Libardi CA, Chen TC, Ugrinowitsch C. Susceptibility to exercise-induced muscle damage: a cluster analysis with a large sample. *Int J Sports Med.* 2016;37(8):633-40.

49. Formenti D, Ludwig N, Gargano M, Gondola M, Dellerma N, Caumo A, et al. Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. *Ann Biomed Eng.* 2013;41(4):863-71.

50. Fernandes AA. Cinética e proposta de análise da temperatura da pele de membros inferiores em atletas de futebol profissional. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2017.
51. Formenti D, Ludwig N, Rossi A, Trecroci A, Alberti G, Gargano M, et al. Is the maximum value in the region of interest a reliable indicator of skin temperature? *Infrared Phys Technol.* 2018;94:299-304.
52. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys Technol.* 2015;71:28-55.
53. Abt G, Boreham C, Davison G, Jackson R, Nevill A, Wallace E, et al. Power, precision, and sample size estimation in sport and exercise science research. *J Sports Sci.* 2020;38(17):1933-5.

4 ARTIGO 2 – EFEITO DO VOLUME DE DEMANDA FÍSICA SIMULADA DE UMA PARTIDA DE FUTEBOL NA TEMPERATURA DA PELE DE JOVENS JOGADORES MEDIDA POR TERMOGRAFIA.

Efeito do volume de demanda física simulada de uma partida de futebol na temperatura da pele de jovens jogadores medida por termografia

Effect of the volume of soccer-simulated physical demand on skin temperature in young soccer players measured by thermography

Alisson Gomes da Silva^{1,2*}, Ciro José Brito³, Maicon Rodrigues Albuquerque⁴, Carlos Magno Amaral Costa⁵, Hamilton Henriques Teixeira Reis¹, Fabrícia Geralda Ferreira², Jose Ignacio Priego-Quesada^{6,7}, João Carlos Bouzas Marins¹

¹ *Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil*

² *Seção de Educação Física, Escola Preparatória de Cadetes do Ar, Barbacena, Brasil*

³ *Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, Brasil*

⁴ *Departamento de Educação Física e Esportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil*

⁵ *Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba, Brasil*

⁶ *Research Group in Sport Biomechanics, Department of Physical Education and Sports, University of Valencia, 46010 Valencia, Spain*

⁷ *Biophysics and Medical Physics Group, Department of Physiology, University of Valencia, 46010 Valencia, Spain*

*Corresponding author: Alisson Gomes da Silva, Department of Physical Education, Federal University of Viçosa, Campus University, 36570000, Viçosa, Brazil. E-mail: alisson.gomes@ufv.br. Telephone number: +55 (32)984844969

Funding: This work was supported by the *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais* – FAPEMIG (grant numbers APQ-02948-16).

Acknowledgments: *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais* – FAPEMIG; Company Radsquare *Tecnologia*.

Keywords: exercise; sport; skin temperature; body temperature regulation.

4.1 Resumo

TÍTULO: Efeito do volume de demanda física simulada de uma partida de futebol na temperatura da pele de jovens jogadores medida por termografia.

Objetivo: Analisar a resposta da temperatura da pele a diferentes volumes de demanda física simulada de uma partida de futebol em jovens jogadores e correlacionar a resposta térmica com marcadores bioquímicos e subjetivos de recuperação.

Método: Quatorze jogadores, homens (idade: $18,0 \pm 1,2$ anos; massa corporal: $68,7 \pm 4,9$ kg; estatura: $175,4 \pm 6,8$ cm; gordura corporal: $5,1 \pm 2,2$ %; $VO_2\text{max}$: $50,8 \pm 3,3$ mL·kg⁻¹·min⁻¹), realizaram 90 min e 45 min de um protocolo de demanda física simulada de uma partida de futebol. Os jogos simulados foram realizados em ordem randomizada, com intervalo de uma semana, em ambiente termoneutro (temperatura: $22,9 \pm 1,7$ °C; umidade: $49,0 \pm 7,0$ %). Nos momentos 24 h antes (baseline) e 24 h e 48 h após o término dos jogos simulados, foram obtidos: termogramas de membros inferiores; amostras sanguíneas, para quantificar biomarcadores de dano muscular (creatina quinase) e inflamação (proteína c reativa); e a recuperação percebida pela escala de qualidade total de recuperação. A temperatura da pele foi automaticamente quantificada no software Kelvin+® em 4 regiões corporais na coxa anterior, 4 na coxa posterior e 2 na perna posterior. ANOVA *two-way* de medidas repetidas com post-hoc de Bonferroni foi usada para analisar o efeito das condições experimentais (condição 90 min vs. 45 min) na temperatura da pele ao longo do tempo, considerando nível de significância de 5%. A relação entre variáveis foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Pearson ou Spearman.

Resultados: Houve interação significativa entre momento e condição ($p < 0,05$). A temperatura da pele aumentou 48 h após o protocolo de 90 min em comparação ao valor basal nas regiões bíceps femoral ($\Delta = 0,4^\circ\text{C}$, $p < 0,001$), semitendinoso ($\Delta = 0,34^\circ\text{C}$, $p < 0,001$), semimembranoso ($\Delta = 0,34^\circ\text{C}$, $p = 0,001$), adutor de quadril na visão posterior ($\Delta = 0,4^\circ\text{C}$, $p < 0,001$), bem como no adutor de quadril na visão anterior ($\Delta = 0,3^\circ\text{C}$, $p = 0,013$) e vasto medial ($\Delta = 0,3^\circ\text{C}$, $p = 0,009$). Já 24 h após condição de 45 min, a temperatura reduziu significativamente nas 8 regiões corporais avaliadas na coxa, permanecendo reduzida 48 h após em 7 regiões comparado aos valores basais. Não houve alteração significativa na temperatura da pele na perna. A temperatura da pele foi diretamente relacionada aos níveis de creatina quinase e proteína c reativa, e inversamente relacionada aos escores de qualidade total de recuperação.

Conclusão: Diferentes volumes de demanda física simulada de partida de futebol induzem respostas específicas na temperatura da pele de jovens jogadores. A simulação de uma partida de 90 min gera um aumento de temperatura especialmente na região posterior de coxa após 48 h, enquanto uma redução no volume de demanda física para 45 min reduz a temperatura da pele na coxa 24 h e 48 h após. Maiores valores de T_p são relacionados ao dano muscular, inflamação e pior recuperação percebida após um protocolo de demanda física simulada de futebol.

Palavras-chave: futebol; fadiga muscular; temperatura cutânea; medicina esportiva.

4.2 Abstract

TITLE: Effect of the volume of soccer-simulated physical demand on skin temperature in young soccer players measured by thermography.

Objective: To analyze the skin temperature response to different volumes of soccer match-simulated physical demand in young soccer players and correlate the thermal response with biochemical and perceptive markers of recovery.

Method: Fourteen male soccer players (age: 18.0 ± 1.2 years old; body mass: 68.7 ± 4.9 kg; height: 175.4 ± 6.8 cm; body fat: 5.1 ± 2.2 %; $VO_2\text{max}$: 50.8 ± 3.3 mL·kg⁻¹·min⁻¹) completed 90 min and 45 min of a protocol which reproduce the physical demand required in an official soccer match. They performed the simulated protocols in a randomized order one week apart in a thermoneutral environment (temperature: 22.9 ± 1.7 °C; humidity: 49.0 ± 7.0 %). Thermograms were obtained to measure skin temperature at 24 h pre (baseline), 24 h post, and 48 h post each experimental condition. Also, blood samples were obtained to quantify creatine kinase and c-reactive protein levels, and perceived recovery was registered through the Total Quality Recovery scale. Skin temperature values were automatically quantified using Kelwin+® software in four regions of interest on the anterior thigh, four on the posterior thigh, and two on the rear legs. A two-way repeated-measures ANOVA with Bonferroni post hoc was used to analyze the effect of the interventions (condition 90 min vs. 45 min) on skin temperature over time, considering p values < 0.05 as statistically significant. Pearson's or Spearman's correlation coefficients were calculated to investigate the relationship between variables.

Results: There was a significant interaction between moment and condition ($p < 0.05$). Skin temperature values increased 48 h after the 90-min protocol compared to baseline in the following regions: biceps *femoris* ($\Delta = 0.4^\circ\text{C}$, $p < 0.001$), *semitendinosus* ($\Delta = 0.34^\circ\text{C}$, $p < 0.001$), *semimembranosus* ($\Delta = 0.34^\circ\text{C}$, $p = 0.001$), hip adductor at both posterior ($\Delta = 0.4^\circ\text{C}$, $p < 0.001$) and anterior view ($\Delta = 0.3^\circ\text{C}$, $p = 0.013$), and vastus *medialis* ($\Delta = 0.3^\circ\text{C}$, $p = 0.009$). However, following the 45-min protocol, skin temperature values decreased 24 h in all the thigh regions (8 regions) and remained below baseline after 48 h in 7 regions. Skin temperature in the legs was not significantly changed. Finally, higher skin temperature values were positively related to both creatine kinase and c-reactive protein levels and inversely related to total quality recovery scores.

Conclusion: Different volumes of soccer match-simulated physical demand induce specific skin temperature responses in young soccer players. Especially at the posterior thighs, a 90-

minute soccer simulation protocol causes increases in skin temperature 48 h post. In contrast, a reduced volume of 45 min reduces skin temperature at thighs 24 h and 48 h after. Moreover, higher skin temperature values are related with muscle damage, inflammation, and lower perceived recovery after a match-simulated physical demand protocol.

Keywords: soccer; muscle fatigue; skin temperature; sports medicine.

4.3 Introdução

Jogadores de futebol podem apresentar fadiga transitória durante as partidas e fadiga residual após o seu término devido à alta demanda física e neuromuscular requerida nos jogos (1). A sobrecarga imposta ao jogador pode ser potencializada com a rotina de viagens, treinamento e participação em jogos consecutivos com poucos dias de intervalo, o que dificulta uma recuperação satisfatória. Um quadro de fadiga residual é comumente observado até 72 h pós-jogo, caracterizado, por exemplo, por redução na produção de força e potência, prejuízo no desempenho físico e no estado psicométrico e aumento em marcadores de dano muscular e inflamação (1). Assim, monitorar a fadiga residual de jogadores auxilia a comissão técnica a prescrever cargas de treinamento compatíveis com o estado de recuperação do atleta, o que é importante para minimizar o risco de lesões e preservar a saúde e o desempenho (2).

Diferentes indicadores de fadiga residual são utilizados para avaliar a recuperação de futebolistas, como o desempenho em testes físicos (e.g., salto com contramovimento, sprints e mudança de direção), registro de indicadores subjetivos de percepção de dor, bem-estar e de recuperação, além da análise de biomarcadores sanguíneos de dano muscular e inflamação (1, 3-5). Monitorar um conjunto de indicadores permite estimar, de modo mais amplo, o impacto do treinamento/jogo em diferentes sistemas fisiológicos. Porém, como cada método possui alguma limitação e nenhum marcador isoladamente tem sido validado para monitoramento de atletas (6), novos métodos de monitoramento de recuperação continuam sendo investigados para auxiliar nesse processo.

Nesse cenário, a termografia infravermelha (TI) tem sido sugerida como uma ferramenta auxiliar para avaliar a resposta inflamatória subsequente ao dano muscular induzido pelo jogo de futebol (7, 8). A TI gera imagens térmicas da superfície corporal com base no calor irradiado, o que permite quantificar a temperatura da pele (T_P) de modo não invasivo, sem contato e seguro (9). A fundamentação teórica é baseada no fato de que o calor local gerado durante a inflamação (10) pode ser transferido para a superfície corporal e, conseqüentemente, aumentar a T_P na região corporal exercitada, o que poderia ser captado por meio de avaliações termográficas.

Apesar dessa fundamentação fisiológica coerente, os estudos realizados nessa área com diferentes exercícios, utilizando a TI, apresentam resultados discordantes, não havendo, assim, um entendimento claro sobre o impacto do dano muscular e inflamação na T_P . Por exemplo, embora tenha sido reportado um aumento de T_P induzido por sessão de treino pliométrico (11) e exercício resistido (12, 13), outros autores não encontraram qualquer alteração na T_P nos dias

subsequentes a uma corrida de maratona (14), exercícios resistidos (15) ou após dano muscular leve e moderado induzido por ações isocinéticas excêntricas máximas (16).

Já no futebol, aumentos de T_P têm sido observados 24 h e 48 h após partidas oficiais em jogadores de base (7) e profissionais (8), com indicativo de efeito cumulativo de jogos realizados com poucos dias de recuperação. Porém, os estudos sobre esse tema no futebol ainda são escassos e foram realizados com partidas oficiais, em que há uma alta variabilidade de demanda física entre jogadores e entre jogos, além de quedas e contato físico, que reduzem o controle experimental (1) e podem interferir na resposta térmica. Além disso, esses estudos não utilizaram um grupo controle ou condição comparadora, o que limita a interpretação do impacto da fadiga residual induzido pelo jogo na T_P .

Assim, investigar a resposta da T_P a diferentes volumes de um protocolo validado de demanda física simulada de uma partida de futebol pode aumentar o controle experimental dos estudos e contribuir para um melhor entendimento sobre a aplicação da termografia como uma ferramenta de monitoramento de fadiga residual em futebolistas. Resultados positivos poderiam ampliar as possibilidades para que treinadores, preparadores físicos e fisiologistas monitorem a recuperação de jogadores de maneira objetiva, não invasiva, sem contato e com um enfoque local sobre os grupos musculares exercitados. Isso poderia trazer implicações relevantes para o gerenciamento das cargas de treino, visando prevenir overreaching não funcional, doença e lesões.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito de diferentes volumes de demanda física simulada de uma partida de futebol na T_P de membros inferiores 24 h e 48 h após as intervenções em jovens futebolistas, bem como correlacionar a resposta térmica com marcadores bioquímicos e subjetivos de recuperação e com o desempenho neuromuscular. A hipótese é que o maior volume de demanda física (90 min vs. 45 min) induzirá maior magnitude de fadiga residual, caracterizada por alterações nos marcadores bioquímicos e subjetivos recuperação, bem como no desempenho neuromuscular. É esperado que a resposta da T_P seja específica de acordo com os diferentes níveis de fadiga residual induzida pelo protocolo de demanda física simulada de uma partida de futebol. Nesse sentido, acredita-se que a T_P aumentará após o protocolo de maior volume (90 min), e que se manterá estável ou aumentará com menor magnitude após o protocolo de menor volume (45 min).

4.4 Materiais e Métodos

4.4.1 Participantes

Um total de 35 jovens do sexo masculino, pertencentes à equipe de futebol da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR), Minas Gerais, Brasil, foram convidados a participar do estudo. Os sujeitos são militares, estudantes de ensino médio em regime de internato e engajados em treinamento regular de futebol (4 a 5 dias por semana, 1 h 45 min por dia). Após a triagem inicial, 21 indivíduos foram aptos e se voluntariaram para participar. Todos foram esclarecidos sobre a dinâmica e os procedimentos do estudo e, após a sua compreensão, os participantes e os pais dos indivíduos menores de idade assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Voluntários menores de idade receberam o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido para assinatura. Durante o período de coleta de dados, 7 indivíduos foram excluídos por: entorse de tornozelo (n=1), febre (n=1), infecção intestinal (n=1), quadro gripal/infecção de trato respiratório superior (n=4). Assim, o tamanho amostral final foi de 14 participantes (média \pm desvio padrão: idade: $18,0 \pm 1,2$ anos; massa corporal: $68,7 \pm 4,9$ kg; estatura: $175,4 \pm 6,8$ cm; gordura corporal: $5,1 \pm 2,2$ %; $VO_2\text{max}$: $50,8 \pm 3,3$ mL \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$).

Os critérios de inclusão foram: ter idade entre 16 e 20 anos; apresentar aprovação nos exames médicos realizados na EPCAR (nos últimos 6 meses); possuir tempo mínimo de 10 meses de treinamento (contínuo) na modalidade; atuar em qualquer posição de jogo, exceto como goleiro; não ter sofrido lesão musculoesquelética nos últimos 2 meses; não ter utilizado medicamentos anti-inflamatórios, antitérmicos, diuréticos, nem qualquer suplemento alimentar com potencial interferência na homeostase hídrica ou térmica nas últimas 2 semanas; não ser tabagista; não ter queimadura na pele de membros inferiores ou tatuagem recente. Já os critérios de exclusão foram: não conseguir completar os protocolos de intervenção do estudo; lesionar-se durante o período de coleta de dados; apresentar quadro gripal, febre, ou qualquer condição infecciosa ou inflamatória durante o período do estudo; utilizar medicamentos antitérmicos ou anti-inflamatórios durante a coleta de dados.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (CAAE: 08363119.6.0000.5153), atendendo a legislação brasileira para pesquisa com seres humanos (Anexo C).

4.4.2 Delineamento experimental

Este foi um estudo cruzado, cuja etapa experimental foi realizada ao longo de 11 dias nas instalações da EPCAR. Nas semanas anteriores ao experimento, os participantes foram familiarizados ao teste de salto com contramovimento (SCM) e ao protocolo de intervenção experimental utilizado no presente estudo, denominado *Technical soccer-specific aerobic field test* (T-SAFT⁹⁰). Além disso, foram realizadas avaliações de caracterização compostas pelo *Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1* e por medidas antropométricas. Essa etapa ocorreu entre 16h e 18h. A Figura 1A destaca a linha do tempo da etapa pré-experimental, e a Figura 1B esquematiza o desenho experimental do estudo.

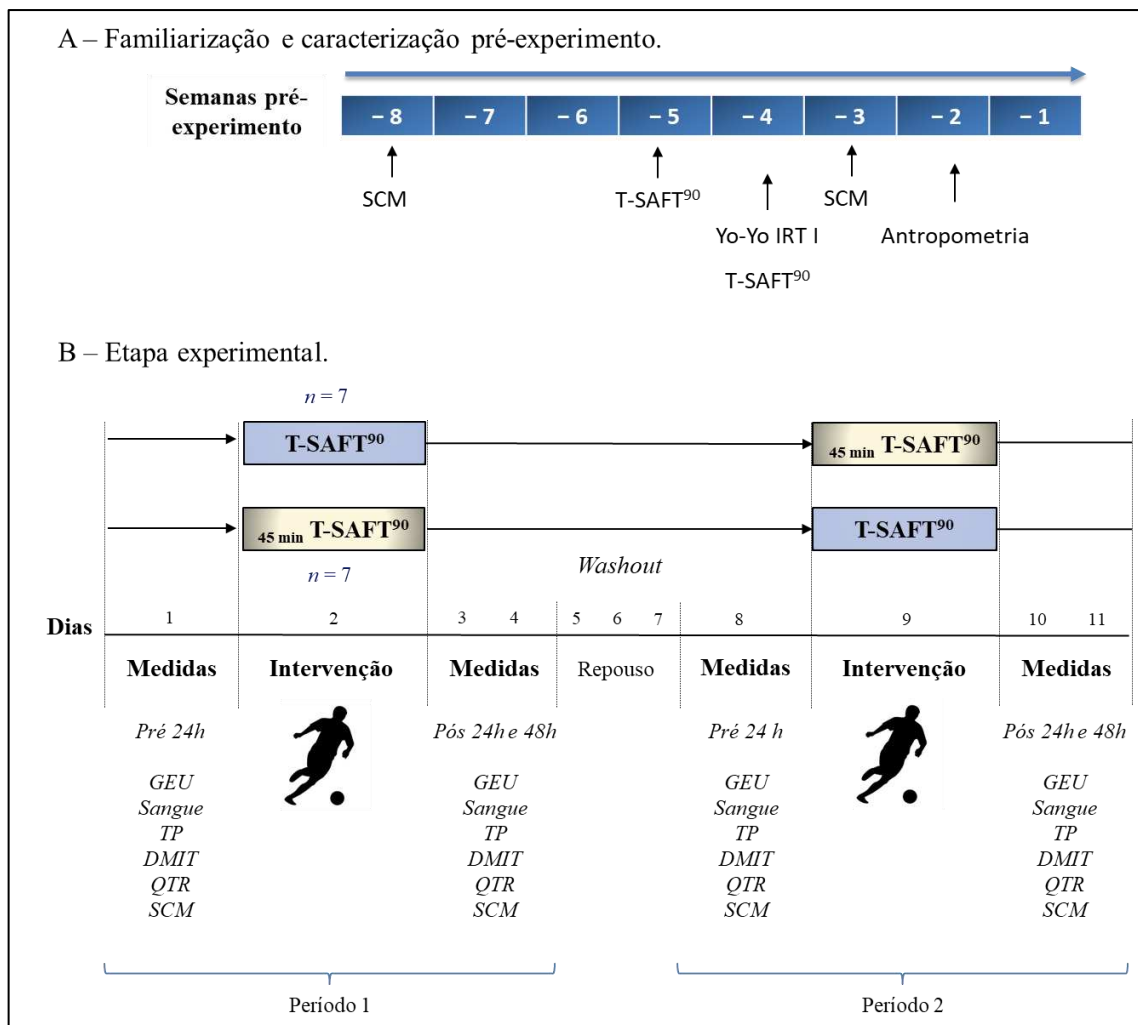


Figura 1. Esquematização do desenho experimental. A: Linha do tempo da familiarização e avaliações de caracterização dos participantes na etapa pré-experimental; B: Esquematização da etapa experimental.

SCM: teste de salto com contramovimento; T-SAFT⁹⁰: *Technical soccer-specific aerobic field test*; Yo-Yo IRT I: *Yo-Yo intermittent recovery test level 1*; GEU: gravidade específica da urina; TP: temperatura da pele; DMIT: dor muscular de início tardio; QTR: qualidade total de recuperação.

Durante a etapa experimental, os participantes foram submetidos, em ordem randomizada, a diferentes volumes do protocolo T-SAFT⁹⁰, que simula a demanda física de uma partida de futebol (17). Os diferentes volumes da intervenção foram aplicados visando induzir diferentes magnitudes de fadiga residual. Assim, em uma das condições, os participantes realizaram o T-SAFT⁹⁰ completo, cuja duração é de aproximadamente 95 minutos (95min08s), enquanto na outra eles completaram apenas metade do protocolo, com duração aproximada de 47 minutos (47min34s) (45minT-SAFT⁹⁰). A demanda física de cada condição experimental é detalhada no subtópico 4.4.3.2.

As duas condições experimentais foram realizadas no mesmo campo de grama natural, entre 16h e 18h, separadas por um intervalo de 1 semana. Os participantes usaram a mesma chuteira de trava nas intervenções. A condição ambiental durante as intervenções foi similar, sem chuva, com temperatura média de $22,9 \pm 1,7$ °C e umidade relativa (UR) do ar de $49,0 \pm 7,0\%$, monitoradas com estação meteorológica (Davis, Vantage VueTM, Hayward, EUA), sinalizando, assim, ser uma condição ambiental temperada (18). Durante o estudo, não foi aplicada nenhuma estratégia para melhorar a recuperação pós-exercício como crioterapia, massagem, abordagem nutricional ou consumo de suplementos.

Antes de iniciar cada um dos dias experimentais, a urina dos jogadores foi coletada para verificar o estado de hidratação pela gravidade específica da urina (GEU), tendo em vista que uma desidratação poderia interferir no comportamento termodinâmico, cardiovascular e de fadiga (19). Essa avaliação foi realizada às 12h25min, imediatamente antes do almoço; valores de GEU > 1020 g/mL seriam considerados como fator impeditivo para iniciar os experimentos, já que sinaliza um estado de desidratação (20, 21).

A coleta de dados ocorreu sempre no mesmo horário do dia, entre 16h e 18h, nos seguintes momentos: 24 h antes do início de cada condição (baseline: Pré_{24h}) e 24 h (Pós_{24h}) e 48 h (Pós_{24h}) após o início de cada condição experimental. Em cada momento, foram obtidas amostras sanguíneas para análise de biomarcadores de dano muscular e inflamação; imagens térmicas de membros inferiores; a classificação da percepção subjetiva da dor e de recuperação percebida; e a avaliação do desempenho neuromuscular.

Ao longo do estudo, os participantes seguiram uma rotina padronizada e ingeriram apenas os alimentos oferecidos pela EPCAR (desjejum, almoço, lanche vespertino, jantar e ceia). Eles abstiveram-se de qualquer exercício físico por 4 dias antes, bem como durante todo o período de coleta de dados. O horário habitual de sono foi mantido, e uma avaliação subjetiva da qualidade do sono foi realizada diariamente, tendo em vista tanto o papel crítico do sono na

recuperação do exercício (22) quanto o recente impacto mostrado da privação do sono na T_P (23). A Tabela 1 apresenta a rotina dos participantes ao longo do estudo.

Tabela 1. Rotina diária dos participantes ao longo do estudo.

Horário	Atividade
6:00	Despertar
6:00 - 6:45	Refeição (café da manhã)
7:00 - 9:25	Aulas teóricas
9:25 - 9:50	Intervalo de aulas Refeição (lanche matutino)
9:50 - 12:15	Aulas teóricas
12:15 - 12:25	Avaliação do estado de hidratação (gravidade específica da urina)
12:25 - 13:50	Refeição (almoço)
13:50 - 15:35	Aulas teóricas
15:35 - 15:45	Refeição (lance vespertino)
16:00 - 18:00	Coleta de dados ou intervenção experimental
18:00 - 19:00	Refeição (jantar)
19:00 - 21:00	Horário livre para descanso, estudo ou atividades de lazer não fatigantes
21:00	Refeição (ceia)
22:00	Término da rotina (apagar as luzes e preparação para dormir)

4.4.3 Procedimentos

A seguir, são apresentados os procedimentos referentes à familiarização e caracterização dos participantes, aplicação do protocolo de demanda física simulada de uma partida de futebol, avaliação do estado de hidratação, coleta sanguínea, avaliação termográfica, avaliação da qualidade do sono e coleta de variáveis psicológicas e de desempenho.

4.4.3.1 Familiarização e caracterização da amostra

4.4.3.1.1 Familiarização ao teste de salto com contramovimento

Cada participante foi submetido a duas sessões de familiarização ao teste de SCM. Na primeira sessão, os participantes realizaram um protocolo proposto por Claudino et al. (24), que consistiu em realizar uma sequência de 8 saltos com intervalo de 1 min entre as tentativas, seguida de tentativas subsequentes até que o desempenho fosse estabilizado. O desempenho foi considerado estabilizado quando a altura média dos saltos na segunda bateria foi similar ao

desempenho alcançado na sequência prévia de 8 saltos, o que foi avaliado por meio do Z-teste em uma planilha de Excel (Microsoft, Redmond, EUA), elaborada especificamente para esse protocolo (25). Já na segunda sessão, os participantes realizaram 1 série de 3 a 5 saltos com intervalo de 30 s entre as tentativas.

Quanto à execução dos saltos, os participantes foram orientados a iniciar de pé e se agacharem flexionando os joelhos imediatamente antes de saltarem verticalmente o mais alto possível, com as mãos mantidas nos quadris durante todo o teste. Além disso, eles foram orientados a manterem o joelho estendido durante todo o voo, e a tocar a superfície com ambos os pés simultaneamente (26). Se algum participante errasse a técnica do salto, a tentativa era desconsiderada, e a sessão prosseguia normalmente após o intervalo de recuperação previsto.

A familiarização foi realizada empregando uma plataforma de saltos verticais com sensor fotoelétrico (sensor óptico *Jump System NewFit*, Cefise, Nova Odessa, Brasil), conectada ao software *Jump System 1.0* (Cefise, Nova Odessa, Brasil) que registra a altura dos saltos (cm). Essa dinâmica foi realizada por dois avaliadores treinados para tal tarefa, em uma sala reservada de avaliação física no ginásio da EPCAR.

Esse teste foi selecionado pelo fato de o jogo de futebol envolver muitas ações do ciclo alongamento encurtamento, sendo, portanto, o desempenho no teste de SCM considerado um marcador apropriado de recuperação (27), tendo sido utilizado para esse fim em estudos recentes (4, 5).

4.4.3.1.2 Familiarização ao T-SAFT⁹⁰

O T-SAFT⁹⁰ compreende um protocolo que reproduz a carga física de um jogo de futebol, sendo já utilizado em outros estudos com jovens de faixa etária similar à do presente estudo (17). Foi realizada uma familiarização ao T-SAFT⁹⁰ em duas sessões, separadas por um período de 1 semana, no mesmo campo gramado em que os participantes foram avaliados durante a intervenção experimental. Em ambas as sessões, os participantes completaram 1 bloco composto pelos 15 minutos iniciais do protocolo, o qual contempla todas as atividades e movimentos requeridos ao longo do protocolo. Os procedimentos referentes à execução da sessão de familiarização ao T-SAFT⁹⁰ seguiram a mesma dinâmica utilizada durante a intervenção experimental (descritos no subtópico 4.4.3.2.).

4.4.3.1.3 Yo-Yo Intermitent Recovery Test nível 1

O *Yo-Yo Intermitent Recovery Test* nível 1 (Yo-Yo IRT 1), proposto por Bangsbo et al. (28), é um teste que avalia a capacidade individual de realizar exercícios intermitentes repetidos com um alto componente aeróbio. Esse teste tem sido aplicado em jovens desta idade, conforme demonstrado em uma recente revisão sistemática (29). O protocolo consiste em corridas de ida e volta (2 x 20 m), em percurso de 20 m de comprimento, com aumento progressivo na velocidade, intercaladas por 10 segundos de recuperação ativa. A velocidade inicial de 10 km/h é incrementada progressivamente, sendo o ritmo controlado por sinais de áudio de um dispositivo de som. Para caracterização do final do teste, o participante deveria não conseguir manter a velocidade de corrida por dois percursos de 20 m consecutivos; a distância percorrida nesse momento foi considerada como o resultado do teste.

O Yo-Yo IRT 1 foi realizado no campo de futebol da EPCAR, de grama natural, com os jogadores utilizando chuteira de trava durante o teste. Para aplicação do teste, os jogadores foram divididos em 3 baterias com grupos de 7 a 10 atletas. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada (FT1, Polar, Kempele, Finlândia) ao longo do teste, sendo o maior valor registrado considerado como FC pico ($193,8 \pm 10,5$ bpm). Além disso, a distância total (m) percorrida no Yo-Yo IRT 1 foi registrada ($1711,4 \pm 388,5$ m) e utilizada na seguinte equação para estimar o consumo máximo de oxigênio: $VO_{2max} \text{ mL (kg.min)}^{-1} = \text{distância percorrida no Yo-Yo IRT 1 (m)} \times 0,0084 + 36,4$ (28).

4.4.3.1.4 Avaliação antropométrica

Foram obtidas as medidas antropométricas de massa corporal, (kg) com uma balança digital (Líder, Ld 1050, Araçatuba, Brasil); a estatura (cm), com estadiômetro fixo de parede (Sanny, Standard, São Bernardo do Campo, Brasil); e dobras cutâneas (mm) do peitoral, abdômen e coxa, utilizando um compasso científico (Cescorf, Top Tec, Porto Alegre, Brasil). A equação de Jackson & Pollock (30) foi utilizada para calcular a densidade corporal, e o percentual de gordura foi estimado pela equação de Siri (31).

O registro e processamento das medidas antropométricas, bem como o cálculo do percentual de gordura foram realizados no Software Avaesporte® (Esportes Sistemas, Viçosa, Brasil). Com exceção da dobra cutânea do peitoral, toda a coleta foi realizada seguindo as orientações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (32), feita por

um único avaliador, treinado para isto, na mesma sala de avaliação física em que foi realizada a familiarização ao SCM.

Duas semanas após o término da etapa de familiarização e caracterização, os avaliados deram continuidade à etapa seguinte, quando foi iniciada a etapa experimental do estudo.

4.4.3.2 Protocolo de demanda física simulada de partida de futebol (T-SAFT⁹⁰)

O T-SAFT⁹⁰ foi o protocolo utilizado no presente estudo como intervenção experimental para induzir fadiga residual. Recentemente, Da Silva e Lovell (17) demonstraram a validade do protocolo para reproduzir a carga externa e a resposta fisiológica de uma partida oficial de futebol. O objetivo principal dessas simulações é controlar os padrões de movimento, homogeneizar as demandas físicas e mecânicas, simulando aquelas requeridas em uma partida oficial e, conseqüentemente, manter o controle experimental (33).

O T-SAFT⁹⁰ foi modificado por Da Silva e Lovell (17) a partir do protocolo original chamado SAFT⁹⁰, desenvolvido com análise tempo-movimento de jogos obtidos a partir do Campeonato Inglês da primeira divisão (Prozone[®]) (34, 35). O SAFT⁹⁰ foi validado e tem se mostrado capaz de simular as demandas fisiológicas (34), a fadiga (35-38) e as respostas mecânicas de um jogo de futebol (39).

Durante a realização do T-SAFT⁹⁰, os participantes percorrem um percurso de agilidade de 20 m de modo intermitente com atividades de permanência parada (0 km/h), caminhada (~5,2 km/h), trote (~10,5 km/h), corrida (~15 km/h) ou em *sprint* (esforço máximo individual). A distância total percorrida é de 11,1 km, sendo que 18,4% dessa distância (2,04 km) é percorrida em alta velocidade (≥ 15 km/h); há 1269 mudanças de velocidade (a cada 4,3 s) e 1368 mudanças de direção ao longo de 90 min. São realizadas atividades com bola como condução e chutes (juntamente com atividades de trote), passes e saltos (juntamente com caminhada). Além disso, há alternância das mudanças de direção à direita e à esquerda em desaceleração ao ponto de 10 m do percurso.

A Tabela 2 caracteriza os tipos de movimentos e as atividades realizadas durante o T-SAFT⁹⁰, detalhando a diferença de carga externa nas duas condições experimentais investigadas no presente estudo. Para a condição 45min T-SAFT⁹⁰, os participantes realizaram apenas o 1º tempo regulamentar do protocolo, o que representou uma redução de 50% da carga externa do protocolo completo.

Tabela 2. Distância percorrida, tempo requerido e frequência de cada atividade relacionada ao jogo durante o T-SAFT⁹⁰ em ambas as condições experimentais.

Atividades	Condição experimental	
	T-SAFT ⁹⁰	45min T-SAFT ⁹⁰
<i>Deslocamentos dependentes de velocidade</i>		
	distância em Km (tempo em s)	
parado (0 km.h ⁻¹)	0,00 (240)	0,00 (240)
caminhada (~5.2 km.h ⁻¹)	3,48 (2978,9)	1,74 (1489,45)
trote (~10.5 km.h ⁻¹)	5,58 (1914,48)	2,79 (975,24)
corrida (~15 km.h ⁻¹)	1,68 (403)	0,84 (201,5)
sprint (esforço máximo)	0,36 (~66)	0,18 (~33)
<i>Fases de aceleração e desaceleração</i>		
	frequência	
mudanças de velocidade	1269 (a cada 4,3 s)	634,5
mudanças de direção (180°)	888	444
mudanças de direção em agilidade	444	222
saltos *	12	6
<i>Atividades com bola</i>		
	frequência (Km) [s]	
condução de bola #	12 (0,36) [96]	6 (0,18) [48]
passes curtos *	24	12
chutes à meta #	12	6
<i>distância total percorrida (Km) e tempo (s)</i>	11,1 (5602,8)	5,55 (2801,4)

T-SAFT⁹⁰: *Technical soccer-specific aerobic field test*; * integrado com as ações de caminhada usando uma barreira padronizada (~30 cm); # integrado com as ações de trote.

Fonte: Adaptado e traduzido de Da Silva e Lovell (2020).

Para execução do protocolo, foi utilizado equipamento de áudio pelo qual foram sinalizados e verbalizados as atividades e movimentos. Tais atividades e movimentos são separados por blocos de 15 minutos, os quais são repetidos seis vezes (três blocos, 1º tempo regulamentar; 15 minutos de intervalo; três blocos, 2º tempo regulamentar) para simular uma partida completa de 90 minutos de futebol. Cada sessão experimental foi precedida por 10 minutos de aquecimento padronizado e típico do futebol.

Foram utilizados materiais acessórios como cones, bolas e estacas para montagem da estrutura necessária à execução do protocolo. A Figura 2 apresenta uma representação esquemática do T-SAFT⁹⁰, adaptada e traduzida do trabalho de Da Silva e Lovell (17), e a Figura 3 mostra o campo de futebol preparado para a aplicação do protocolo no presente estudo.

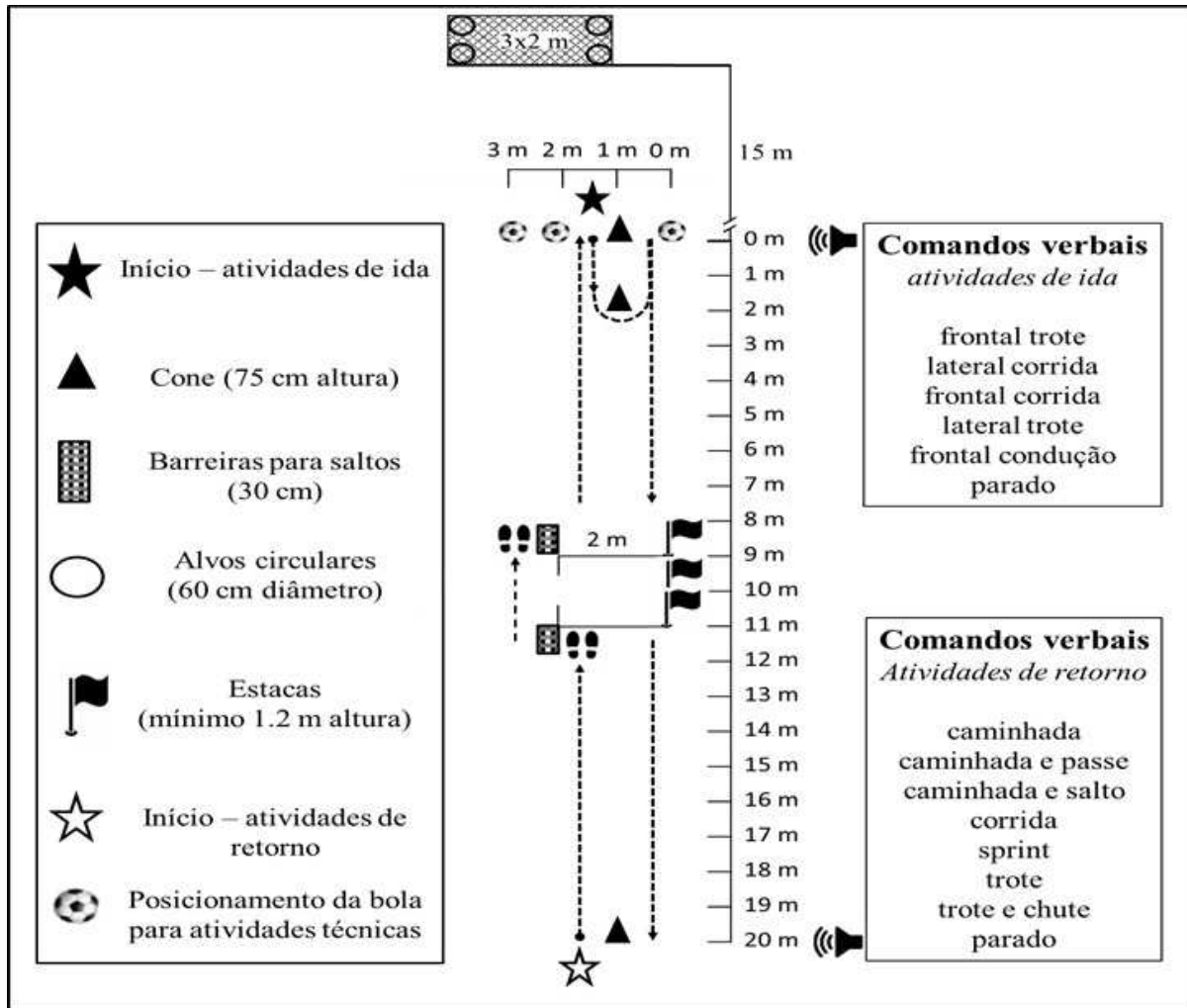


Figura 2. Ilustração esquemática do protocolo de demanda física simulada de partida de futebol, T-SAFT⁹⁰.

Representação esquemática do T-SAFT⁹⁰ (17). O ritmo e os movimentos são guiados por sinais verbais através de um arquivo de áudio MP3. O percurso (0-20m) considera duas partes: i) seção de “atividades de ida”, referindo aos movimentos partindo do início em direção ao cone de 20m. ii) seção de “atividades de retorno”, que se referem ao regresso à posição inicial. No início de cada “atividade de ida”, o comando verbal começa com “frontal” ou “lateral”, se referindo à natureza do movimento a ser realizado no cone de 0 a 2m, e complementados com o tipo de atividade para o percurso de ida (“trote”, “corrida”, “condução de bola”). Estas atividades, “frontal” ou “lateral”, se alternam a cada “ida”, e as vezes são alternadas com o comando “parado”. Todo percurso de “ida” envolve atividades de zig-zag no meio do percurso (9, 10 e 11m), inclusive quando ocorrer “condução de bola”. Na parte de retorno, ocorrem as atividades de “saltos”, “passes” e “chutes”. Alvos circulares (60 cm de diâmetro) são posicionados na baliza (3x2m) para servir como referência para chutes à meta.

Fonte: adaptado e traduzido de Da Silva e Lovell (17).



Figura 3. Imagem demonstrativa da aplicação do T-SAFT⁹⁰ no presente estudo.

4.4.3.2.1 Resposta psicofisiológica ao T-SAFT⁹⁰

Para monitorar a resposta psicofisiológica ao protocolo, foram registradas a FC (bpm) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) durante ambas as condições experimentais. A FC foi registrada com um cardiofrequencímetro FT1 (Polar, Kempele, Finlândia); foram registradas a FC pico, representada pelo maior valor de FC obtido em cada uma das sessões, bem como a FC média. A intensidade de cada sessão foi expressa como porcentagem da FC média relativa à FC pico (% FC pico). Também foi registrada a FC a cada 5 min durante a intervenção para avaliação da intensidade ao longo do tempo, tendo em vista que o equipamento utilizado não fornece a curva de FC durante o monitoramento.

Os participantes classificaram o esforço percebido a cada 15 min em ambas as condições experimentais em uma escala de PSE CR-10 de Borg (40). Além disso, eles classificaram o esforço representativo de toda a sessão para quantificação da carga de treinamento pelo método de PSE da sessão (41). Nesse caso, aproximadamente 30 min após o término de cada condição, eles responderam à seguinte pergunta: “*como foi sua sessão de treino hoje?*”. A carga de treinamento foi calculada a partir do produto entre o escore de PSE da sessão e a duração (min) de cada condição experimental.

4.4.3.2 Protocolo de hidratação durante o T-SAFT⁹⁰

Visando evitar um quadro de desidratação excessiva (> 2% de perda de massa corporal a partir de déficit hídrico) durante cada sessão experimental, foi definido um protocolo de hidratação com água e bebida esportiva (repositor hidroeletrólítico com 6 g de carboidrato a cada 100 ml de bebida). A cada 15 minutos, foi ofertada uma quantidade entre 2 e 3 ml de fluido por Kg de massa corporal (19). Como padronização, foi ofertada água mineral (em copo descartável de 200 ml) durante o 1º tempo regulamentar do protocolo (~ 15, 30 e 45 min), em ambos os dias de teste. Já a bebida esportiva (Gatorade®) foi consumida somente durante o 2º tempo do T-SAFT⁹⁰ (~ 60, 75, 90 min) (ofertado no próprio recipiente do produto). Os participantes foram orientados a se hidratarem, sem desperdiçar bebida jogando-a no chão ou se molhando.

4.4.3.3 Avaliação do estado de hidratação e nível de desidratação

Antes de iniciar a coleta de dados e as sessões de T-SAFT⁹⁰, foi coletada uma amostra de urina para avaliar o estado de hidratação dos participantes. Os avaliados foram orientados a descartar o primeiro jato de urina e a coletarem uma amostra da urina subsequente em recipiente plástico e esterilizado. A GEU foi verificada por refratômetro portátil (Atago, a300, Ribeirão Preto, Brasil), considerando como condição de desidratação um valor de GEU > 1,020 g.mL (21).

Para analisar o nível de desidratação induzida pelas condições experimentais, a massa corporal dos participantes foi registrada antes e imediatamente após o término de cada sessão de T-SAFT⁹⁰ (20, 42). As medidas foram realizadas com os participantes descalços e vestindo apenas o short do uniforme. Foi utilizada uma balança digital com precisão de 50 g (Líder, Ld 1050, Araçatuba, Brasil). O nível de desidratação foi apresentado como uma alteração percentual de massa corporal pós-exercício relativa à massa corporal pré-exercício (20). O registro da massa corporal foi realizado em uma sala localizada ao lado do campo de futebol, onde foi realizado o T-SAFT⁹⁰.

4.4.3.4 Marcadores sanguíneos

A coleta sanguínea foi realizada nas instalações da EPCAR por 2 profissionais de saúde especializados e experientes em técnica de punctura. Foi realizada uma punção venosa na veia

da fossa cubital para extração de 5 ml de sangue de cada voluntário, com os participantes sentados. Os braços punçados foram alternados nos diferentes dias de coleta. As amostras sanguíneas foram transferidas para tubos soro gel para a dosagem de creatina quinase (CK) e de proteína c reativa ultrasensível (PCR-us) (1 tubo com 5 ml). Após armazenamento, o sangue foi imediatamente encaminhado para um laboratório de análises clínicas particular certificado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

As amostras para CK e PCR-us foram centrifugadas a 3500 rpm por 10 minutos e foram conservadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ em recipiente apropriado para posterior análise. A CK foi dosada por meio do método cinético (Labtest, Labmax 240 Premium, Lagoa Santa, Brazil), e a PCR-us pelo método quantitativo de imunoturbidimetria (AU 5800, Beckman Coulter, Indianapolis, EUA). O quadro 1 apresenta os valores de normalidade considerados para cada um dos parâmetros bioquímicos mensurados.

Quadro 1. Valores de normalidade dos parâmetros bioquímicos analisados.

Parâmetro Bioquímico	Valores de normalidade
Creatina quinase (U.L)	26 a 189
Proteína c reativa ultrasensível (mg.L)	< 5

Fonte: Dados normativos adotados conforme informações dos exames laboratoriais.

Após a obtenção da amostra sanguínea, os participantes foram direcionados para uma sala onde foram realizadas, nesta ordem, a avaliação da qualidade subjetiva do sono, a aquisição das imagens termográficas, a classificação da percepção subjetiva de dor muscular e do estado de recuperação.

4.4.3.5 Qualidade subjetiva do sono

Em cada dia de coleta de dados, os participantes foram orientados a classificar a qualidade do sono em uma escala *Likert* de 7 pontos (1, muito, muito bom; 2, muito bom; 3, bom; 4, razoável; 5, ruim; 6, muito ruim; 7, muito, muito ruim) [baseada em Hopper & Mackinnon (43)]. A referida escala tem sido indicada como apropriada para avaliação da qualidade do sono em atletas de esportes coletivos (44).

4.4.3.6 Imagens termográficas

A avaliação termográfica foi padronizada conforme as recomendações recentes de um consenso de experts para obtenção de imagens térmicas na área de atividade física e esportes (9). Previamente à avaliação, os participantes não ingeriram álcool ou cafeína, não usaram qualquer tipo de loção ou creme na pele, não tomaram banho quente ou frio e não se expuseram à radiação solar próximo à avaliação. Além disso, os participantes se abstiveram de realizar exercício físico nas 96 h precedentes, bem como durante todo o período de coleta de dados (com exceção da intervenção experimental).

As condições climáticas da sala foram mantidas por meio de um equipamento de ar-condicionado. A temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e UR (%) da sala [média de todos os dias de coleta: $20,5 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ e $60,5 \pm 4,2\%$] foram registradas por meio de uma estação meteorológica (Davis, Vantage VueTM, Hayward, EUA) e informadas no *setup* da câmera. Não houve ventilação direcionada para as áreas de obtenção das imagens, o que foi verificado por meio de anemômetro digital (Instrutherm, AD-250, São Paulo, Brasil).

Um período mínimo de 10 minutos de aclimatação foi respeitado para permitir a estabilização da T_p (45). Nesse momento, os avaliados usaram apenas sunga e foram orientados a permanecerem em pé sobre uma superfície isolante (*steps* emborrachados), não cruzarem os braços, não realizarem movimentos bruscos, não esfregarem as mãos ou qualquer RCI analisada.

Ao término dos 10 min de aclimatação, os participantes reportaram a sensação térmica em uma escala de 9 pontos (+4, muito quente; +3, quente; +2, morno; +1, levemente quente; 0, neutro; -1, levemente fresco; -2, fresco; -3, frio; -4 muito frio) ($0,1 \pm 0,9$) e o conforto térmico em escala de 7 pontos (+3, muito confortável; +2, confortável; +1, levemente confortável; 0, neutro, -1, levemente desconfortável, -2, desconfortável; -3, muito desconfortável) ($0,0 \pm 0,7$), seguindo a metodologia de Yasuoka et al. (46).

Após a aclimatação, foram obtidos dois termogramas de membros inferiores, sendo um na visão anterior e outro na visão posterior. Foi utilizado um termovisor T420 (Flir Systems, Estocolmo, Suécia), com amplitude de medição de -20 a $+120^{\circ}\text{C}$, precisão de 2%, sensibilidade $\leq 0,05^{\circ}\text{C}$, banda de espectral dos infravermelhos de $7,5 \mu\text{m}$ a $13 \mu\text{m}$, taxa de atualização de 60 Hz, foco automático, resolução de 320×240 pixels. A câmera foi ligada e autocalibrada aproximadamente 30 min antes da coleta, para permitir a estabilização do sensor (9), e não foi desligada durante a coleta para prevenir qualquer variabilidade causada pelo processo de calibração inicial. A câmera foi fixada em um tripé, posicionada perpendicularmente aos

membros inferiores, a uma distância de 2,1 m, 2,4 m ou 2,7 m, estabelecida de acordo com a estatura de cada participante. Um pano de fundo negro foi utilizado atrás dos participantes para minimizar reflexos de radiação infravermelha (47), e a emissividade da pele foi configurada em 0,98 (9). A Figura 4 apresenta a estrutura do ambiente de coleta de imagem termográfica realizada no estudo.

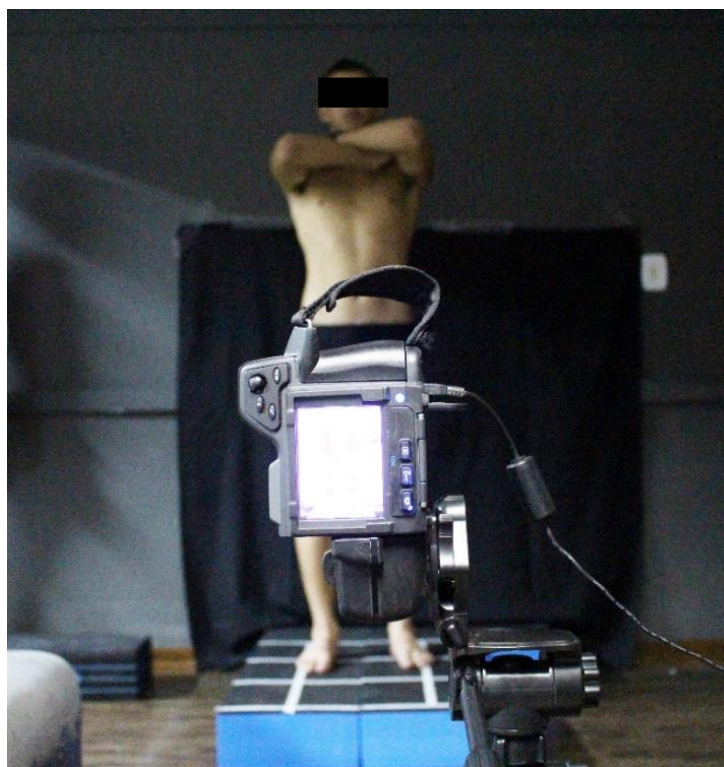


Figura 4. Estrutura do ambiente de coleta de imagem termográfica realizada no estudo.

Os termogramas foram analisados no software Kelvin+® versão 1.0 (*Radsquare* Tecnologia, São Paulo, Brasil), o qual permite delimitar automaticamente e quantificar a T_P de diferentes RCIs de membros inferiores. Para o propósito do presente estudo, a T_P média das seguintes RCIs foram analisadas: coxas na visão anterior (vastos medial, vasto lateral, reto femoral, adutores de quadril) e posterior (bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso, adutores de quadril) e pernas na visão anterior (gastrocnêmios medial e lateral). A Figura 5 destaca termogramas de um participante com as RCIs analisadas.

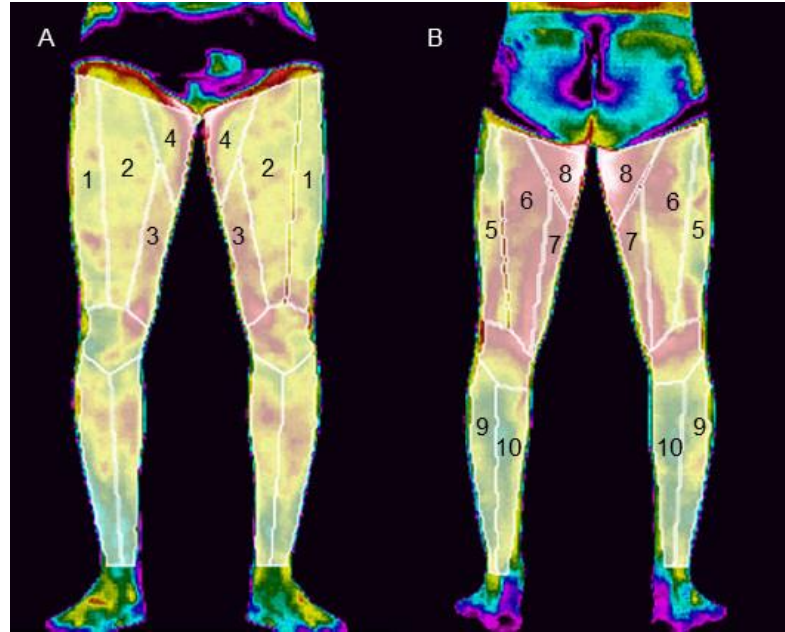


Figura 5. Termogramas de membros inferiores com as RCIs identificadas por números.

A: visão anterior; B: visão posterior; 1: vasto lateral; 2: reto femoral; 3: vasto medial; 4: adutor de quadril; 5: bíceps femoral; 6: semitendinoso; 7: semimembranoso; 8: adutor de quadril; 9: gastrocnêmio lateral; 10: gastrocnêmio medial.

4.4.3.7 Dor muscular de início tardio e estado de recuperação

Exatamente após a obtenção das imagens termográficas, cada participante classificou sua percepção de dor muscular para quadríceps, isquiotibiais e panturrilhas em uma escala visual análoga de 10 cm (0 cm: ausência de dor; 10 cm: dor muito intensa), como já aplicado em estudo prévio (48). A dor muscular de início tardio (DMIT) foi determinada por palpação dos ventres musculares relaxados (49). A Figura 6 apresenta a escala visual análoga usada no presente estudo.



Figura 6. Escala visual análoga para avaliação de dor muscular tardia.

Para avaliação do estado de recuperação psicofisiológica, cada participante preencheu a escala de Qualidade Total de Recuperação (QTR), proposta por Kenttä e Hassmén (50), a qual tem sido indicada como um marcador simples, útil e não invasivo de monitoramento de fadiga e recuperação em futebolistas (5). Eles responderam à pergunta “*como você se sente em relação*

à sua recuperação?”. A escala QTR varia de 6 a 20 pontos, onde 6 representa “em nada recuperado” e 20 “totalmente bem recuperado”, conforme indicado na Figura 7 abaixo.

Índice	Descritor
6	Em nada recuperado
7	Extremamente mal recuperado
8	
9	Muito mal recuperado
10	
11	Mal recuperado
12	
13	Razoavelmente recuperado
14	
15	Bem recuperado
16	
17	Muito bem recuperado
18	
19	Extremamente bem recuperado
20	Totalmente bem recuperado

Figura 7. Escala de Qualidade Total de Recuperação empregada para avaliar o estado de recuperação.

4.4.3.8 Desempenho neuromuscular

O desempenho neuromuscular foi avaliado por meio do teste de SCM, realizado sobre uma plataforma de contato (*Jump System NewFit*, Cefise, Nova Odessa, Brasil), e analisado no software *Jump System 1.0* (Cefise, Nova Odessa, Brasil). A profundidade do contra movimento foi auto selecionada e representou a profundidade ideal de cada participante para o salto máximo, conforme já aplicado previamente (48, 51).

Como aquecimento, os participantes realizaram três minutos de corrida leve, correspondente a 2-3 pontos na escala CR-10 de Borg (40), e dois SCM submáximos com intervalo de 30 s entre eles. Três minutos após o aquecimento, cada participante realizou os três saltos máximos com intervalo de 30 s entre eles. A altura média (cm) das três tentativas foi considerada para análise, tendo em vista que esta medida tem sido indicada como mais sensível para identificar fadiga (52). A Figura 8 mostra um participante durante a realização do SCM.



Figura 8. Execução do teste de salto com contramovimento durante o estudo.

4.4.4 Análise Estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para analisar a distribuição dos dados. Dados normais foram expressos em média \pm desvio padrão, e dados não normais em mediana e intervalo interquartil. Foi realizada uma transformação logarítmica (\log_{10}) para os valores absolutos de CK e PCR-us e, uma vez que a distribuição normal foi confirmada, comparações estatísticas paramétricas foram utilizadas. Os dados de CK e PCR-us também foram analisados por meio de variação percentual ($\Delta\%$) em relação aos valores basais. Nesse caso, o teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar a $\Delta\%$ de CK e PCR-us após cada condição experimental, e o Teste de Mann-Whitney foi usado para comparar as condições.

Uma Anova *two-way* com medidas repetidas foi utilizada para verificar o efeito do momento (tempo) (3 níveis: Pré_{24h}, Pós_{24h}, Pós_{48h}), da condição experimental (2 níveis: T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰) e da interação momento \times condição nos níveis de CK e PCR-us, na recuperação percebida, nos escores de qualidade de sono e no desempenho neuromuscular. Já para os dados de T_P, foi realizada uma Anova *three-way*, incluindo o fator dominância podal (2 níveis: lado dominante vs. não dominante). A esfericidade foi testada pelo teste de *Mauchly* e, quando ela foi violada, a correção de *Greenhouse-Geisser* foi utilizada. Quando valores significativos de F foram encontrados, foi aplicado um ajuste de *Bonferroni* para comparações post-hoc. O eta parcial quadrado (η_p^2) foi usado como medida de tamanho do efeito (TE), o

qual foi classificado conforme a seguinte escala: pequeno, $> 0,1$; médio, $> 0,3$; grande, $> 0,5$ (53). Para as comparações pareadas significativas, foi calculado o TE com base no d de Cohen (d), classificado como insignificante ($0 < d < 0,20$), pequeno ($0,20 \leq d < 0,50$), médio ($0,50 \leq d < 0,80$) e grande ($d \geq 0,80$) (54). Além disso, diferenças médias de T_P (Δ) entre momentos e entre condições foram apresentadas com intervalo de confiança de 95% (IC95%).

Como a maioria dos participantes não apresentou dor durante o estudo, não foi realizada uma Anova para os dados de DMIT, os quais foram apresentados descritivamente em número de casos por RCI analisada.

Uma análise exploratória da relação entre a T_P e as demais variáveis foi realizada por meio dos coeficientes de correlação de *Pearson* (r), para dados normais, ou *Spearman* (r_s), para dados não normais. Para evitar uma excessiva repetição de testes estatísticos, que podem aumentar a probabilidade de erro tipo I, as variáveis correlacionadas foram selecionadas com base nos resultados das análises prévias. A magnitude das correlações foi classificada com base nos limiares de 0,1 (fraca), 0,3 (moderada), 0,5 (grande), 0,7 (muito grande) e 0,9 (quase perfeita) (55).

Por fim, o teste T pareado foi usado para comparar os dados de FC, PSE da sessão e carga de treinamento entre as condições. O SPSS 23.0 foi utilizado no tratamento dos dados, e foram considerados significativos valores de $p \leq 0,05$.

4.5 Resultados

4.5.1 Frequência cardíaca, PSE e carga de treinamento (PSE da sessão \times duração)

Não houve diferença significativa na FC média [T-SAFT⁹⁰: $154,3 \pm 10,2$ bpm; _{45min}T-SAFT⁹⁰: $157,6 \pm 11,4$ bpm; $t(13) = 1,855$, $p = 0,086$] e FC pico [T-SAFT⁹⁰: $191,1 \pm 9,3$ bpm; _{45min}T-SAFT⁹⁰: $186,3 \pm 11,5$ bpm; $t(13) = -1,167$, $p = 0,264$] entre as duas condições. Relativamente à FC pico, a intensidade do protocolo foi de $80,9 \pm 5,9\%$ (T-SAFT⁹⁰) e $84,5 \pm 2,4\%$ (_{45min}T-SAFT⁹⁰), sendo significativamente superior na condição _{45min}T-SAFT⁹⁰ vs. T-SAFT⁹⁰ [$t(13) = 2,333$, $p = 0,036$].

A tabela 3 apresenta os escores de PSE (0-10) obtidos a cada 15 min, bem como os valores de PSE da sessão e carga de treinamento de cada protocolo. Não houve diferença significativa na PSE da sessão entre as condições ($t(13) = -1,713$, $p = 0,110$), porém, como esperado, a carga de treinamento foi significativamente maior na condição T-SAFT⁹⁰ ($t(13) = -10,527$, $p < 0,001$).

Tabela 3. Escores de percepção subjetiva de esforço durante as condições experimentais.

Condição	Percepção subjetiva de esforço (0-10)						PSEs (0-10)	CT (ua)
	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min	90 min		
T-SAFT ⁹⁰	4,1±1,0	4,7±0,9	5,3±1,3	4,6±1,2	5,3±1,3	5,6±1,3	5,5±1,3	522,5±127,7
45 min T-SAFT ⁹⁰	4,1±1,0	4,6±1,2	5,2±1,3	-	-	-	5,0±1,2	235,0±55,3

PSEs: percepção subjetiva de esforço da sessão; CT: carga de treinamento; ua: unidades arbitrárias.

As figuras 9 e 10 apresentam os valores de FC e PSE, respectivamente, obtidos ao longo de cada condição experimental.

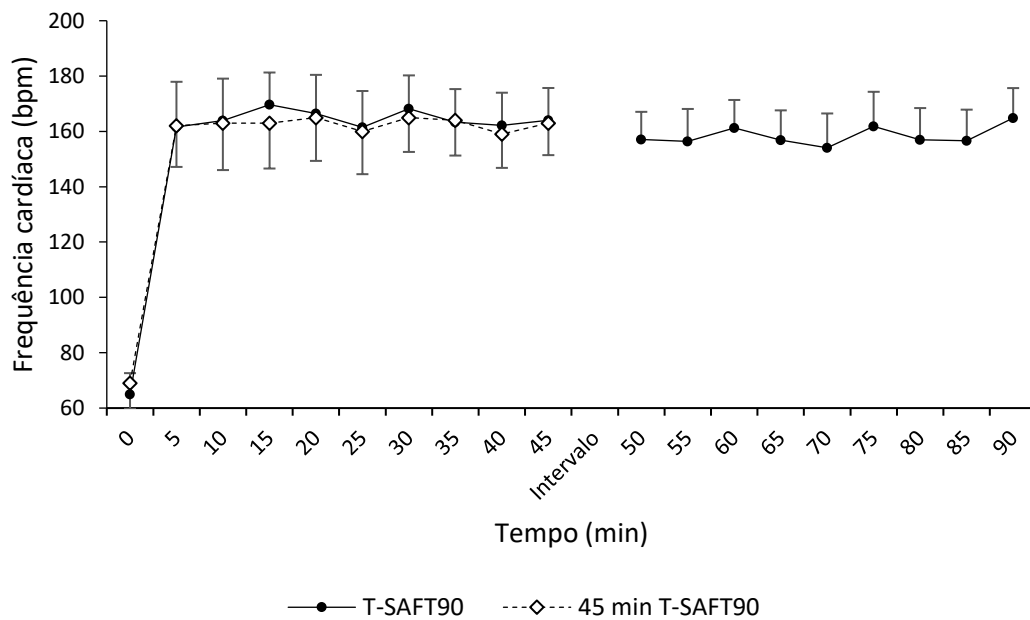


Figura 9. Comportamento da frequência cardíaca (bpm) durante as condições experimentais.

T-SAFT⁹⁰: Technical soccer-specific aerobic field test; ua: unidades arbitrárias.

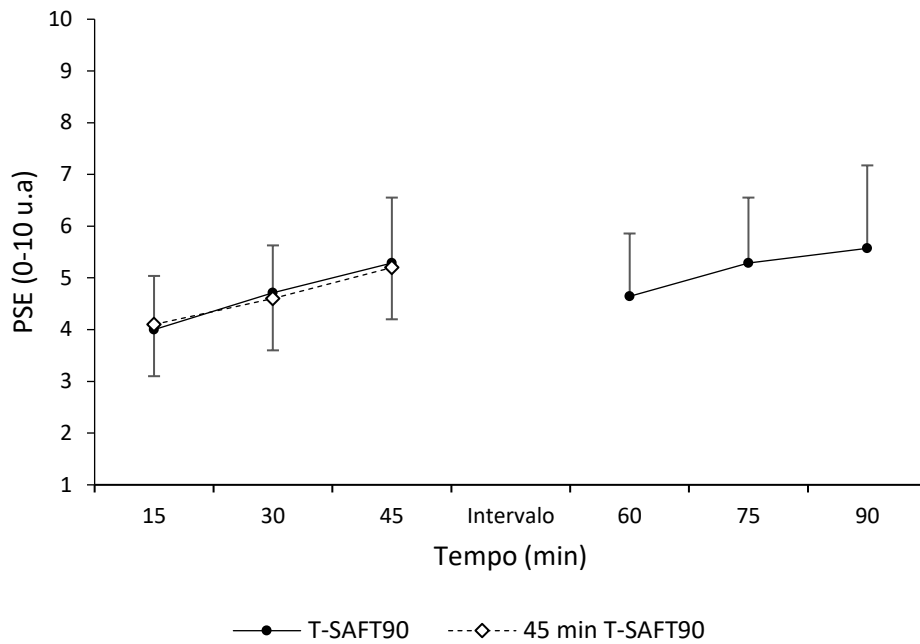


Figura 10. Comportamento da PSE (0-10) durante as condições experimentais.

T-SAFT⁹⁰: Technical soccer-specific aerobic field test; PSE: percepção subjetiva de esforço; ua: unidades arbitrárias.

4.5.2 Estado de hidratação

Todos os participantes estavam euhidratados antes de iniciar cada condição experimental, com GEU de $1006,4 \pm 5,1$ (T-SAFT⁹⁰) e $1006,8 \pm 3,9$ (_{45min}T-SAFT⁹⁰). A perda de massa corporal induzida pelo protocolo correspondeu a uma redução de $0,4 \pm 0,4$ % após o T-SAFT⁹⁰, e $0,7 \pm 0,3$ % após a sessão de _{45min}T-SAFT⁹⁰.

4.5.3 Marcadores bioquímicos

A tabela 4 apresenta os valores absolutos de CK e PCR-us, bem como os valores transformados (\log_{10}) para cada condição experimental nos momentos analisados. O quadro 2 apresenta a frequência de casos em que os valores absolutos desses marcadores ultrapassaram a faixa de normalidade em cada um dos momentos de testagem.

Tabela 4. Valores de marcadores bioquímicos, absolutos e transformados (\log_{10}), antes e após as condições experimentais.

Variável	Condição	Momento		
		Pré _{24h}	Pós _{24h}	Pós _{48h}
Creatina quinase (U.L)	T-SAFT ⁹⁰	109,6 ± 26,3	451,4 ± 381,9	325,4 ± 228,5
	_{45min} T-SAFT ⁹⁰	122,1 ± 34,6	295,5 ± 168,3	241,7 ± 119,6
Proteína c reativa (mg.L)	T-SAFT ⁹⁰	0,7 ± 0,8	1,8 ± 1,2	1,2 ± 0,7
	_{45min} T-SAFT ⁹⁰	0,6 ± 0,5	1,0 ± 1,4	0,9 ± 1,2
Log ₁₀ CK (U.L)	T-SAFT ⁹⁰	2,0 ± 0,1	2,6 ± 0,2	2,4 ± 0,2
	_{45min} T-SAFT ⁹⁰	2,1 ± 0,1	2,4 ± 0,2	2,3 ± 0,2
Log ₁₀ PCR-us (mg.L)	T-SAFT ⁹⁰	-0,3 ± 0,4	0,2 ± 0,3	0,02 ± 0,3
	_{45min} T-SAFT ⁹⁰	-0,3 ± 0,3	-0,2 ± 0,4	-0,3 ± 0,4

T-SAFT⁹⁰: *Technical soccer-specific aerobic field test*. Log₁₀ CK: valores de creatina quinase transformados em \log_{10} ; Log₁₀ PCR-us: valores de proteína c reativa ultrasensível transformados em \log_{10} .

Quadro 2. Número de casos em que os marcadores bioquímicos ultrapassaram os valores de normalidade.

Marcador bioquímico	_{45min} T-SAFT ⁹⁰			T-SAFT ⁹⁰		
	Pré _{24h}	Pós _{24h}	Pós _{48h}	Pré _{24h}	Pós _{24h}	Pós _{48h}
Creatina quinase (U.L) (26 a 189)	0	11	8	0	13	12
Proteína C reativa ultrasensível (mg.L) (< 5)	0	1	0	0	0	0

T-SAFT⁹⁰: *Technical soccer-specific aerobic field test*.

Na sequência, são apresentados os resultados da ANOVA *two-way* para os dados transformados de CK e PCR-us (subtópicos 4.5.3.1 e 4.5.3.2, respectivamente), bem como a análise dos dados relativos ($\Delta\%$) desses marcadores (subtópico 4.5.3.3).

4.5.3.1 Creatina quinase (\log_{10})

Houve efeito significativo do momento [$F_{(1,258; 32,700)} = 109,944$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,809$] mas não da condição [$F_{(1; 26)} = 1,464$; $p = 0,237$; $\eta_p^2 = 0,053$] nos valores de CK. Foi observada uma interação significativa momento \times condição [$F_{(1,258; 32,700)} = 5,581$; $p = 0,018$; $\eta_p^2 = 0,177$]. A análise post-hoc mostrou que os valores de CK atingiram um pico 24 h após ambos os protocolos ($p < 0,001$) (T-SAFT⁹⁰: $d = 2,89$; _{45min}T-SAFT⁹⁰: $d = 1,85$) e não retornaram aos valores basais Pós_{48h} ($p < 0,001$) (T-SAFT⁹⁰: $d = 2,49$; _{45min}T-SAFT⁹⁰: $d = 1,58$).

4.5.3.2 Proteína C reativa ultrasensível (log₁₀)

Houve efeito significativo do momento [$F_{(1,230; 31,978)} = 15,709$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,377$] mas não da condição [$F_{(1; 26)} = 3,979$; $p = 0,057$; $\eta_p^2 = 0,133$] nos valores de PCR-us. Houve uma interação significativa momento \times condição [$F_{(1,230; 31,978)} = 4,967$; $p = 0,026$; $\eta_p^2 = 0,160$]. A análise post-hoc mostrou que, apenas na condição T-SAFT⁹⁰, os valores de PCR-us aumentaram significativamente, atingindo um pico Pós_{24h} ($p < 0,001$; $d = 1,4$), não retornando ao valor basal Pós_{48h} ($p = 0,008$; $d = 0,9$). Por fim, na comparação entre as condições, foram observados maiores valores de PCR-us Pós_{24h} ($p = 0,010$; $d = 1,04$) e Pós_{48h} ($p = 0,037$; $d = 0,83$) na condição T-SAFT⁹⁰ vs. _{45min}T-SAFT⁹⁰.

4.5.3.3 Creatina quinase e proteína C reativa ultrasensível (dados relativos)

Em comparação ao valor basal, foi observado um aumento % de CK mais expressivo no momento Pós_{24h} vs. Pós_{48h}, nas duas condições experimentais (T-SAFT⁹⁰: $Z = - 3,045$, $p = 0,002$; _{45min}T-SAFT⁹⁰: $Z = - 2,417$, $p = 0,016$). Além disso, ao comparar as condições, foi observado que esse aumento foi de maior magnitude na condição T-SAFT⁹⁰ vs. _{45min}T-SAFT⁹⁰ nos momentos Pós_{24h} ($U = 44,000$, $p = 0,012$) e Pós_{48h} ($U = 50,000$, $p = 0,027$).

Com relação à PCR-us, houve uma maior resposta de $\Delta\%$ no momento Pós_{24h} vs. Pós_{48h} nas duas condições experimentais (T-SAFT⁹⁰: $Z = - 2,480$, $p = 0,013$; _{45min}T-SAFT⁹⁰: $Z = - 1,977$, $p = 0,048$). Essa resposta teve maior magnitude para a condição T-SAFT⁹⁰ vs. _{45min}T-SAFT⁹⁰ nos momentos Pós_{24h} ($U = 40,000$, $p = 0,007$) e Pós_{48h} ($U = 49,000$, $p = 0,024$).

A tabela 5 mostra a $\Delta\%$ dos marcadores bioquímicos em relação aos valores basais, os quais estão representados nas Figuras 11 e 12.

Tabela 5. Mediana e intervalo interquartil da variação percentual de marcadores bioquímicos em relação aos valores basais.

Variável	Condição experimental	Variação percentual ($\Delta\%$) vs <i>baseline</i>	
		$\Delta\%$ Pós _{24h}	$\Delta\%$ Pós _{48h}
CK (U.L)	T-SAFT ⁹⁰	227,0 (177,9)	152,2 (86,0)
	_{45min} T-SAFT ⁹⁰	108,4 (108,5)	66,4 (97,8)
PCR-us (mg.L)	T-SAFT ⁹⁰	179,5 (202,4)	108,9 (239,2)
	_{45min} T-SAFT ⁹⁰	21,5 (178,0)	-8,5 (147,0)

CK: creatina quinase; PCR-us: proteína c reativa ultrasensível; $\Delta\%$: variação percentual vs. *baseline*.

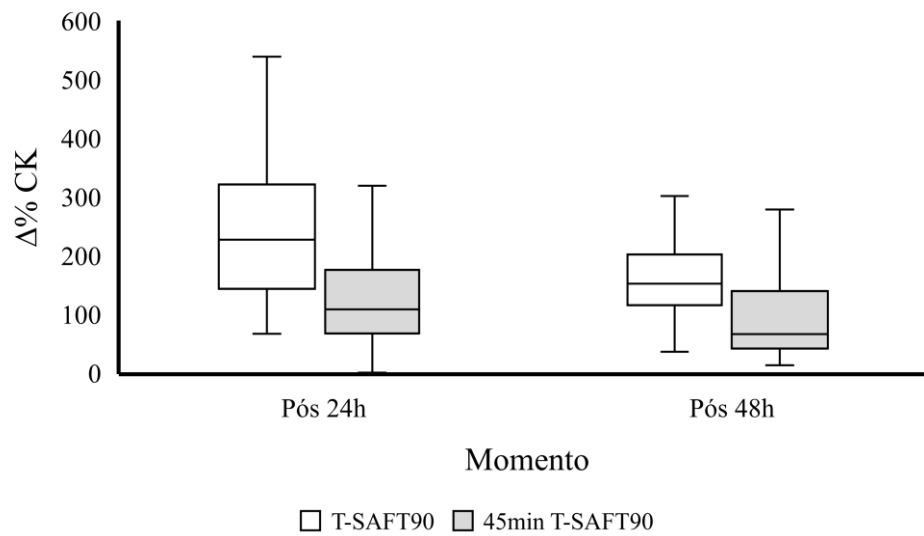


Figura 11. Variação percentual de creatina quinase após cada condição experimental em relação ao momento basal.

Δ% CK: variação percentual de creatina quinase.

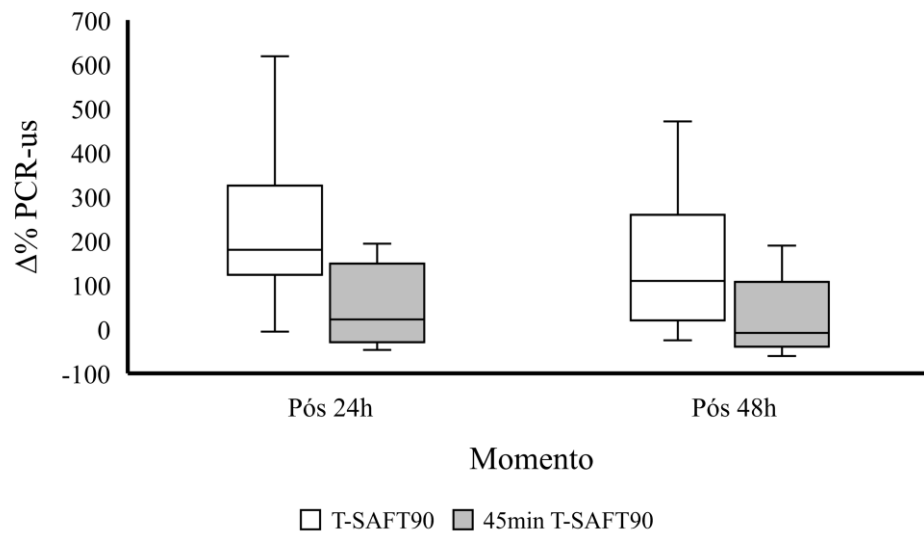


Figura 12. Variação percentual de proteína c reativa ultrasensível após cada condição experimental em relação ao momento basal.

Δ% PCR-us: variação percentual de proteína c reativa ultrasensível.

4.5.4 Qualidade subjetiva de Sono

Não houve efeito significativo do momento [$F_{(1,633; 42,467)} = 0,373$; $p = 0,648$; $\eta_p^2 = 0,014$], da condição [$F_{(1; 26)} = 0,174$; $p = 0,680$; $\eta_p^2 = 0,007$] nem da interação momento \times

condição [$F_{(1,633; 42,467)} = 0,020$; $p = 0,964$; $\eta_p^2 = 0,001$] nos escores de qualidade do sono. A Figura 13 apresenta os escores de qualidade do sono ao longo dos dias de estudo.

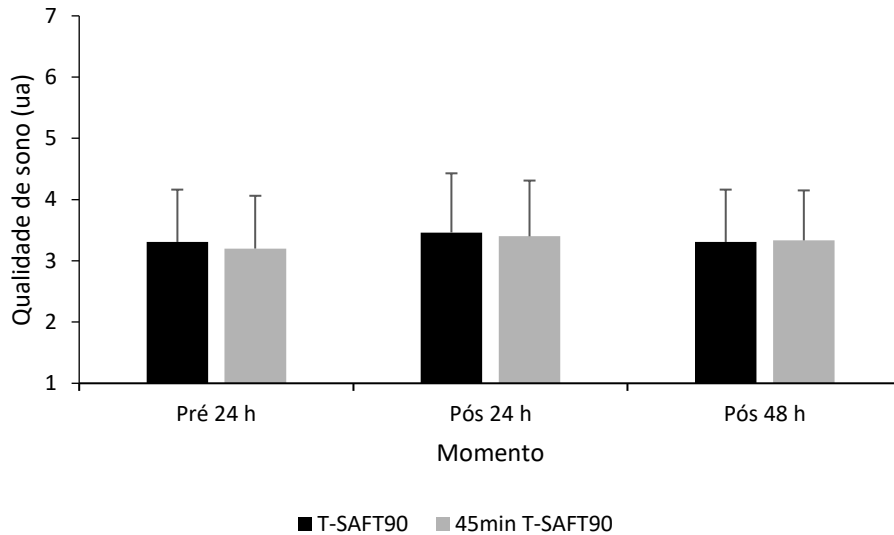


Figura 13. Escores de qualidade do sono durante o estudo.

4.5.5 Dor muscular de início tardio

Nenhum participante reportou DMIT em qualquer RCI nas condições basais. A seguir, são apresentados o número de participantes que relataram dor no período de recuperação das condições experimentais.

Quadríceps

No momento 24 h após o T-SAFT⁹⁰, um participante reportou dor nível 4 no quadríceps; um reportou dor nível 3; e três participantes relataram dor nível 1, sendo que um deles permaneceu com a dor até 48 h após o T-SAFT⁹⁰.

Já após o ^{45min}T-SAFT⁹⁰, apenas um voluntário relatou dor leve (nível 1) 24 h após o protocolo.

Isquiotibiais

No momento 24 h após o T-SAFT⁹⁰, 1 (n=1) participante reportou dor nível 3 nos isquiotibiais e um reportou dor nível 1. Outro participante teve dor nível 1 tanto 24 h quanto 48 h após o T-SAFT⁹⁰. Por fim, um participante relatou dor nível 2 apenas 48 h pós-protocolo.

Já após o _{45min}T-SAFT⁹⁰, apenas um voluntário relatou dor nível 1 24 h.

Gastrocnêmios

Um (n=1) participante relatou dor leve (nível 2) 24 h após o T-SAFT⁹⁰.

Um participante (n=1) teve dor leve (nível 1) tanto 24 h quanto 48 h após o T-SAFT⁹⁰.

Dois participantes (n=2) relataram dor moderada (nível 4) e leve (nível 2), respectivamente, 24 h e 48 h pós-T-SAFT⁹⁰.

Um (n=1) relatou dor moderada, nível 6 e 4, respectivamente, 24 h e 48 h após o T-SAFT⁹⁰. O mesmo indivíduo relatou dor leve (nível 2) 48 h após a condição de _{45min}T-SAFT⁹⁰.

Um participante (n=1) teve dor moderada, nível 5, tanto 24 h quanto 48 h após o T-SAFT⁹⁰. O mesmo indivíduo relatou dor leve (nível 1) 24 h após a condição de _{45min}T-SAFT⁹⁰.

Um participante (n=1) relatou dor moderada (nível 4) 24 h após o T-SAFT⁹⁰.

Um (n=1) participante teve dor leve (nível 1) 48 h após o T-SAFT⁹⁰.

Um (n=1) relatou dor leve, nível 2 e 1, respectivamente, 24 h e 48 h após ambas as condições experimentais.

4.5.6 Qualidade Total de Recuperação

Houve efeito significativo do momento [$F_{(2; 52)} = 31,766$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,550$] e da condição [$F_{(1; 26)} = 5,967$; $p = 0,022$; $\eta_p^2 = 0,187$], de modo que o escore médio de QTR foi significativamente menor na condição de T-SAFT⁹⁰ vs. _{45min}T-SAFT⁹⁰. Houve uma interação significativa momento \times condição [$F_{(2; 52)} = 5,766$; $p = 0,005$; $\eta_p^2 = 0,182$]. A análise post-hoc mostrou uma redução significativa nos escores de QTR Pós_{24h} vs. baseline em ambas as condições (T-SAFT⁹⁰, $p < 0,001$, $d = 2,3$; _{45min}T-SAFT⁹⁰, $p = 0,035$, $d = 0,86$), porém com maior magnitude na condição T-SAFT⁹⁰ vs. _{45min}T-SAFT⁹⁰ ($p = 0,006$, $d = 1,13$). No momento Pós_{48h}, os escores de QTR retornaram ao valor basal na condição _{45min}T-SAFT⁹⁰ ($p = 0,554$), mas permaneceram reduzidos na condição T-SAFT⁹⁰ ($p = 0,001$, $d = 1,19$). A Figura 14 apresenta os escores de QTR durante o estudo.

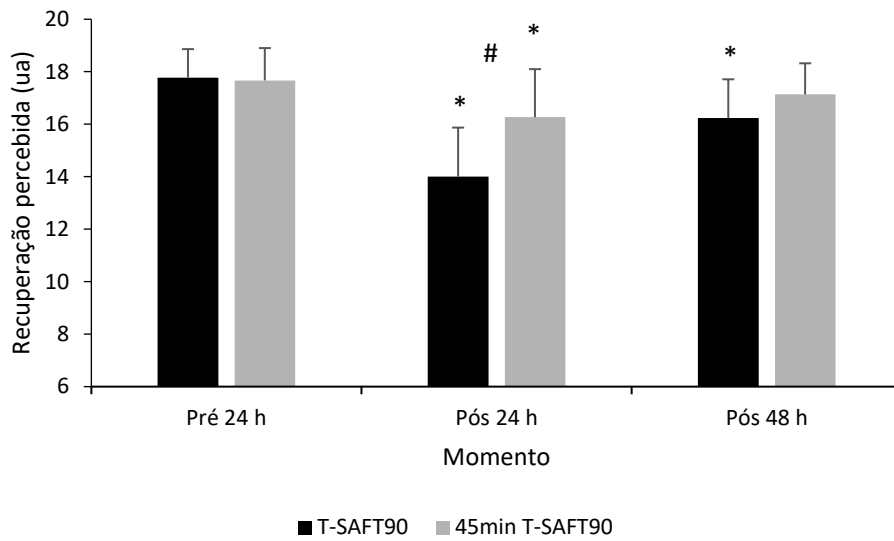


Figura 14. Qualidade Total de Recuperação antes e após cada condição experimental.

* diferença significativa vs. Pré 24 h ($p < 0,05$); # diferença significativa entre condições ($p < 0,05$).

4.5.7 Desempenho neuromuscular

Não houve efeito significativo do momento [$F_{(2; 52)} = 0,879$; $p = 0,421$; $\eta_p^2 = 0,033$], da condição [$F_{(1; 26)} = 0,011$; $p = 0,917$; $\eta_p^2 < 0,001$] nem da interação momento \times condição [$F_{(2; 52)} = 0,925$; $p = 0,403$; $\eta_p^2 = 0,034$] no desempenho no SCM. A Figura 15 apresenta os valores de altura (cm) no SCM obtidos no presente estudo.

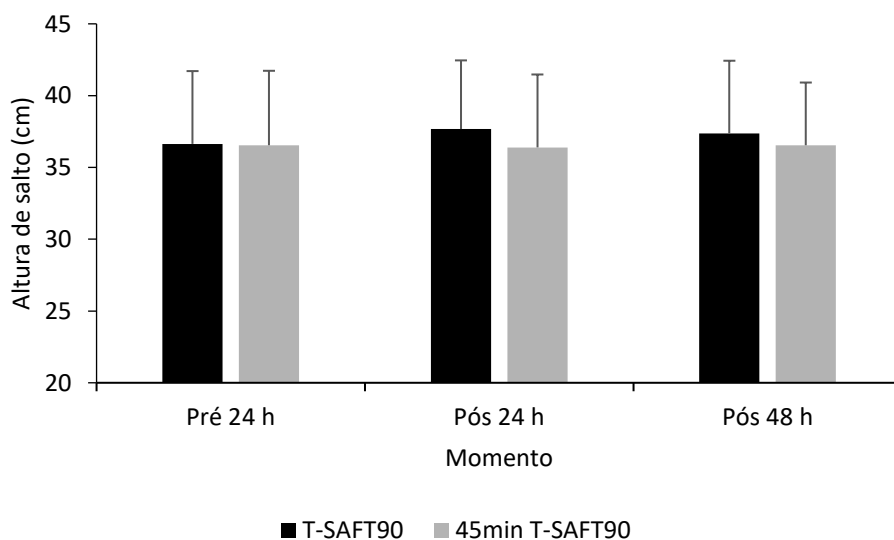


Figura 15. Altura (cm) no salto com contra movimento antes e após cada condição experimental.

4.5.8 Temperatura da pele

A seguir, são descritos os resultados da ANOVA para os dados de T_P . Os valores foram apresentados considerando a média de T_P entre os lados direito e esquerdo (Figuras 16 a 25), já que não foi observado um efeito do fator dominância ou da interação dominância \times condição experimental \times momento ($p > 0,05$) em todas as RCIs analisadas.

4.5.8.1 Vasto lateral

Houve efeito significativo do momento (tempo) [$F_{(2; 108)} = 3,737$; $p = 0,027$; $\eta_p^2 = 0,065$] mas não da condição [$F_{(1; 54)} = 1,822$; $p = 0,183$; $\eta_p^2 = 0,033$] na T_P do vasto lateral. Houve interação significativa momento \times condição [$F_{(2; 108)} = 5,428$; $p = 0,006$; $\eta_p^2 = 0,091$]. A análise post-hoc mostrou que a T_P reduziu significativamente 24 h ($\Delta = 0,47^\circ\text{C}$; IC [0,15–0,80]; $p = 0,002$; $d = 0,75$) e 48 h ($\Delta = 0,44^\circ\text{C}$; IC [0,15–0,73]; $p = 0,001$; $d = 0,62$) após a condição 45minT-SAFT^{90} em comparação ao valor basal. Além disso, a T_P foi significativamente maior 48 h após o protocolo $T\text{-SAFT}^{90}$ vs. 45minT-SAFT^{90} ($\Delta = 0,39^\circ\text{C}$; IC [0,03–0,76]; $p = 0,033$; $d = 0,65$). A resposta da T_P do vasto lateral às intervenções é apresentada na Figura 16.

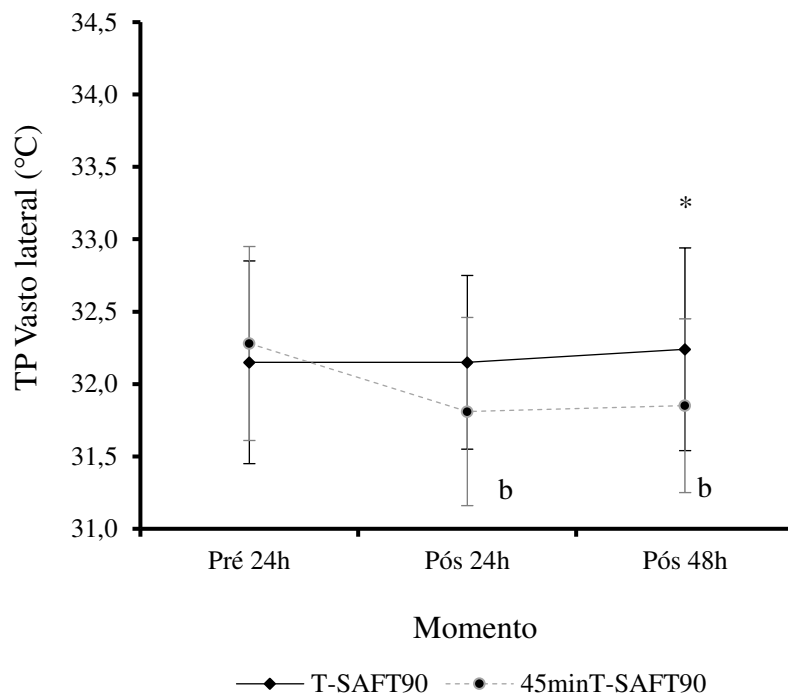


Figura 16. Resposta da temperatura da pele do vasto lateral às intervenções experimentais.

* diferença significativa entre condições [$T\text{-SAFT}^{90}$ vs. 45minT-SAFT^{90}] ($p < 0,05$); “b” representa diferença significativa comparado ao momento basal Pré_{24h} para a condição 45minT-SAFT^{90} .

4.5.8.2 Reto femoral

Houve efeito significativo do momento [$F_{(2; 108)} = 5,704$; $p = 0,004$; $\eta_p^2 = 0,096$] mas não da condição [$F_{(1; 54)} = 2,277$; $p = 0,137$; $\eta_p^2 = 0,040$] na T_P do reto femoral. Houve interação significativa momento \times condição [$F_{(2; 108)} = 8,425$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,135$]. A análise post-hoc mostrou que a T_P reduziu significativamente 24 h ($\Delta = 0,53^\circ\text{C}$; IC [0,25–0,82]; $p < 0,001$; $d = 0,91$) e 48 h ($\Delta = 0,35^\circ\text{C}$; IC [0,12–0,58]; $p = 0,002$; $d = 0,67$) após o protocolo 45minT-SAFT^{90} em comparação ao valor basal. Além disso, a T_P foi significativamente maior 24 h ($\Delta = 0,36^\circ\text{C}$; IC [0,07–0,66]; $p = 0,017$; $d = 0,68$) e 48 h ($\Delta = 0,39^\circ\text{C}$; IC [0,09–0,68]; $p = 0,011$; $d = 0,72$) após o $T\text{-SAFT}^{90}$ vs. 45minT-SAFT^{90} . A resposta da T_P do reto femoral às intervenções é apresentada na Figura 17.

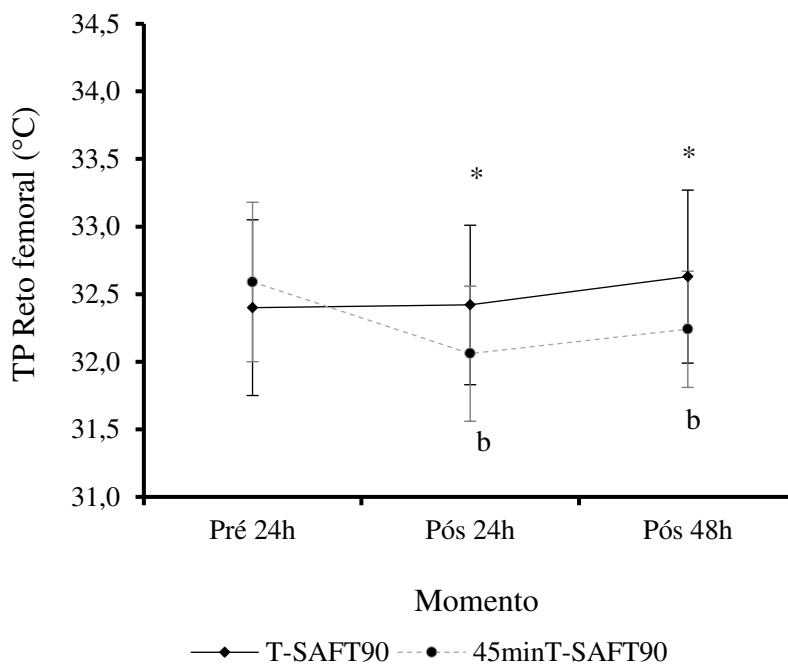


Figura 17. Resposta da temperatura da pele do reto femoral às intervenções experimentais.

* diferença significativa entre condições [$T\text{-SAFT}^{90}$ vs. 45minT-SAFT^{90}] ($p < 0,05$); “b” representa diferença significativa comparado ao momento basal Pré_{24h} para a condição 45minT-SAFT^{90} .

4.5.8.3 Vasto medial

Houve efeito significativo do momento [$F_{(1,770; 95,576)} = 3,562$; $p = 0,037$; $\eta_p^2 = 0,062$] mas não da condição [$F_{(1; 54)} = 0,5994$; $p = 0,323$; $\eta_p^2 = 0,018$] na T_P do vasto medial. Houve interação significativa momento \times condição [$F_{(1,770; 95,576)} = 10,280$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,160$]. A análise post-hoc mostrou que a T_P reduziu significativamente 24 h ($\Delta = 0,49^\circ\text{C}$; IC [0,20–0,77];

$p < 0,001$; $d = 0,84$) e 48 h ($\Delta = 0,40^\circ\text{C}$; IC [0,16–0,64]; $p < 0,001$; $d = 0,70$) após o 45minT-SAFT^{90} em comparação ao valor basal, enquanto, após o T-SAFT^{90} , a T_P aumentou significativamente Pós_{48h} ($\Delta = 0,30^\circ\text{C}$; IC [0,06–0,54]; $p = 0,009$; $d = 0,4$). Além disso, a T_P foi significativamente maior 48 h após o T-SAFT^{90} vs. 45minT-SAFT^{90} ($\Delta = 0,44^\circ\text{C}$; IC [0,06–0,82]; $p = 0,024$; $d = 0,65$). A resposta da T_P do vasto medial às intervenções é apresentada na Figura 18.

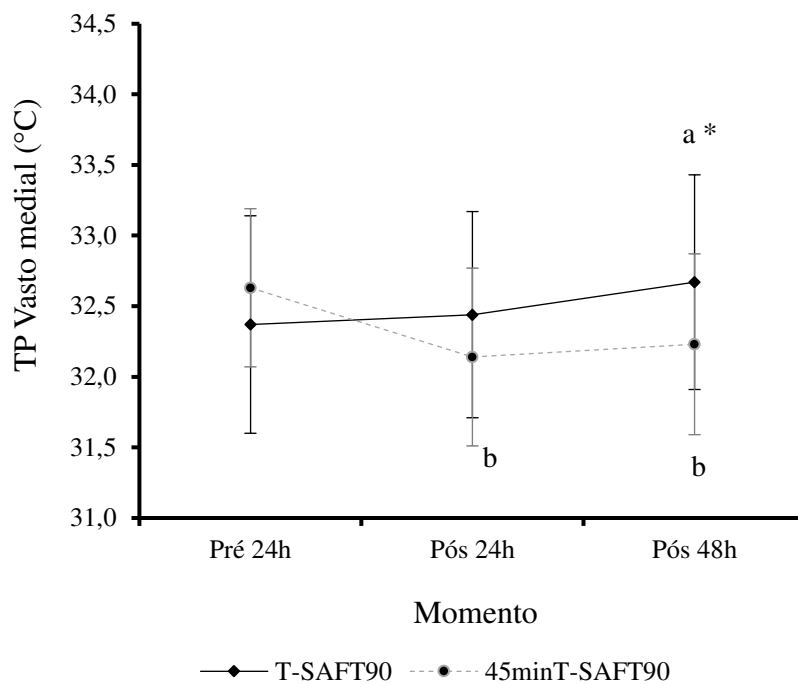


Figura 18. Resposta da temperatura da pele do vasto medial às intervenções experimentais.

* diferença significativa entre condições [T-SAFT^{90} vs. 45minT-SAFT^{90}] ($p < 0,05$); “a” representa diferença significativa comparado ao momento Pré_{24h} para a condição T-SAFT^{90} ; “b” representa diferença significativa comparado ao momento basal Pré_{24h} para a condição 45minT-SAFT^{90} .

4.5.8.4 Adutor de quadril (visão anterior)

Houve efeito significativo do momento [$F_{(2; 108)} = 4,012$; $p = 0,021$; $\eta_p^2 = 0,069$] mas não da condição [$F_{(1; 54)} = 2,508$; $p = 0,119$; $\eta_p^2 = 0,044$] na T_P do adutor de quadril (visão anterior). Porém, houve interação significativa momento \times condição [$F_{(2; 108)} = 9,095$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,144$]. A análise post-hoc mostrou que a T_P reduziu significativamente 24 h ($\Delta = 0,43^\circ\text{C}$; IC [0,16–0,71]; $p = 0,001$; $d = 1,02$) e 48 h ($\Delta = 0,29^\circ\text{C}$; IC [0,04–0,54]; $p = 0,017$; $d = 0,56$) após o 45minT-SAFT^{90} em comparação ao valor basal. Já no protocolo T-SAFT^{90} , a T_P aumentou significativamente Pós_{48h} em comparação ao valor basal ($\Delta = 0,30^\circ\text{C}$; IC [0,05–0,55]; $p = 0,013$; $d = 0,53$). Além disso, a T_P foi significativamente maior 24 h ($\Delta = 0,31^\circ\text{C}$; IC [0,07–0,56]; $p =$

0,014; $d = 0,70$) e 48 h ($\Delta = 0,40^{\circ}\text{C}$; IC [0,12–0,69]; $p = 0,007$; $d = 0,76$) após o T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰. A resposta da T_P do adutor de quadril (visão anterior) às intervenções é apresentada na Figura 19.

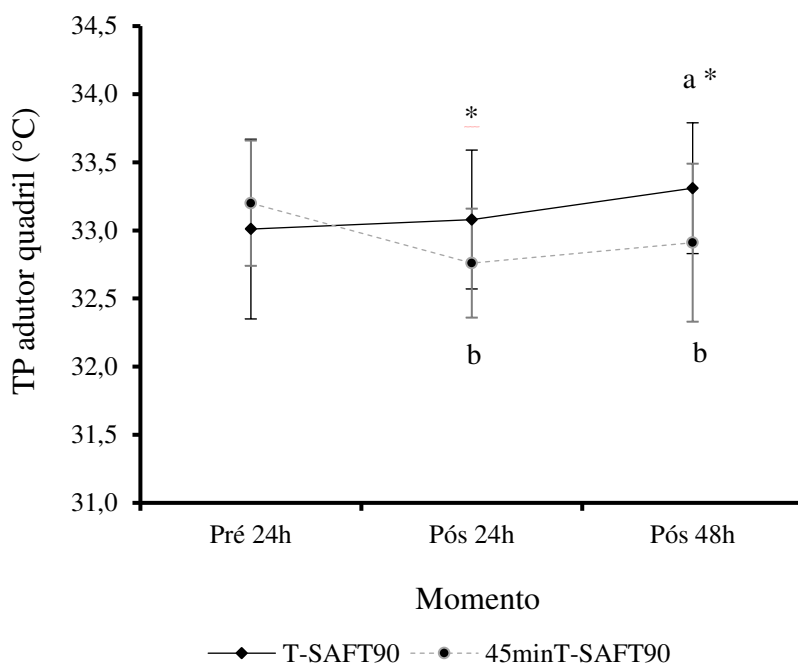


Figura 19. Resposta da temperatura da pele do adutor de quadril (visão anterior) às intervenções experimentais.

* diferença significativa entre condições [T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰] ($p < 0,05$); “a” representa diferença significativa comparado ao momento Pré_{24h} para a condição T-SAFT⁹⁰; “b” representa diferença significativa comparado ao momento basal Pré_{24h} para a condição 45minT-SAFT⁹⁰.

4.5.8.5 Bíceps femoral

Houve efeito significativo do momento [$F_{(2; 108)} = 3,964$; $p = 0,022$; $\eta_p^2 = 0,068$] mas não da condição [$F_{(1; 54)} = 3,310$; $p = 0,074$; $\eta_p^2 = 0,058$] na T_P do bíceps femoral. Porém, houve interação significativa momento \times condição [$F_{(2; 108)} = 9,846$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,188$]. A análise post-hoc mostrou que a T_P aumentou significativamente 48 h ($\Delta = 0,41^{\circ}\text{C}$; IC [0,18–0,63]; $p < 0,001$; $d = 0,67$) após o T-SAFT⁹⁰ em comparação ao valor basal, enquanto na condição 45minT-SAFT⁹⁰ a T_P reduziu significativamente Pós_{24h} ($\Delta = 0,36^{\circ}\text{C}$; IC [0,11–0,62]; $p = 0,003$; $d = 0,58$) e 48 h ($\Delta = 0,31^{\circ}\text{C}$; IC [0,08–0,53]; $p = 0,004$; $d = 0,52$). Além disso, a T_P foi maior 48 h após o T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰ ($\Delta = 0,59^{\circ}\text{C}$; IC [0,28–0,91]; $p < 0,001$; $d = 1,12$). A resposta da T_P do bíceps femoral às intervenções é apresentada na Figura 20.

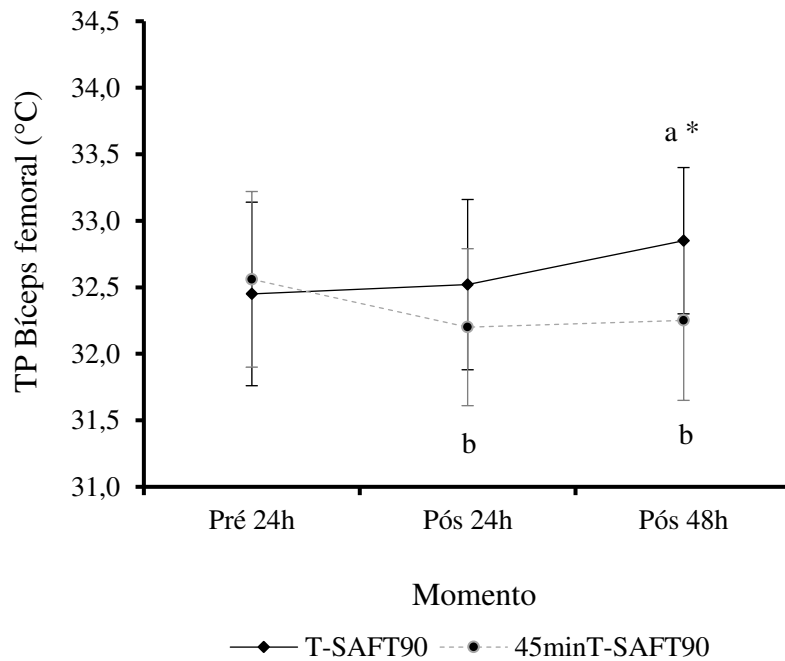


Figura 20. Resposta da temperatura da pele do bíceps femoral às intervenções experimentais.

* diferença significativa entre condições [T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰] ($p < 0,05$); “a” representa diferença significativa comparado ao momento Pré_{24h} para a condição T-SAFT⁹⁰; “b” representa diferença significativa comparado ao momento basal Pré_{24h} para a condição 45minT-SAFT⁹⁰.

4.5.8.6 Semitendinoso

Não houve efeito significativo do momento [$F_{(1,761; 95,084)} = 1,903$; $p = 0,160$; $\eta_p^2 = 0,034$] e condição [$F_{(1; 54)} = 2,627$; $p = 0,111$; $\eta_p^2 = 0,046$] na T_P do semitendinoso. Porém, houve interação significativa momento \times condição [$F_{(1,761; 95,084)} = 9,846$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,154$]. A análise post-hoc mostrou que a T_P aumentou significativamente 48 h ($\Delta = 0,34^\circ\text{C}$; IC [0,14–0,58]; $p < 0,001$; $d = 0,5$) após o T-SAFT⁹⁰ em comparação ao valor basal, enquanto no protocolo 45minT-SAFT⁹⁰ a T_P reduziu significativamente Pós_{24h} ($\Delta = 0,38^\circ\text{C}$; IC [0,07–0,62]; $p = 0,009$; $d = 0,6$) e Pós_{48h} ($\Delta = 0,26^\circ\text{C}$; IC [0,06–0,46]; $p = 0,006$; $d = 0,43$). Além disso, a T_P foi significativamente maior 24 h ($\Delta = 0,35^\circ\text{C}$; IC [0,09–0,62]; $p = 0,009$; $d = 0,75$) e 48 h ($\Delta = 0,46^\circ\text{C}$; IC [0,13–0,78]; $p = 0,007$; $d = 0,78$) após o T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰. A resposta da T_P do semitendinoso às intervenções é apresentada na Figura 21.

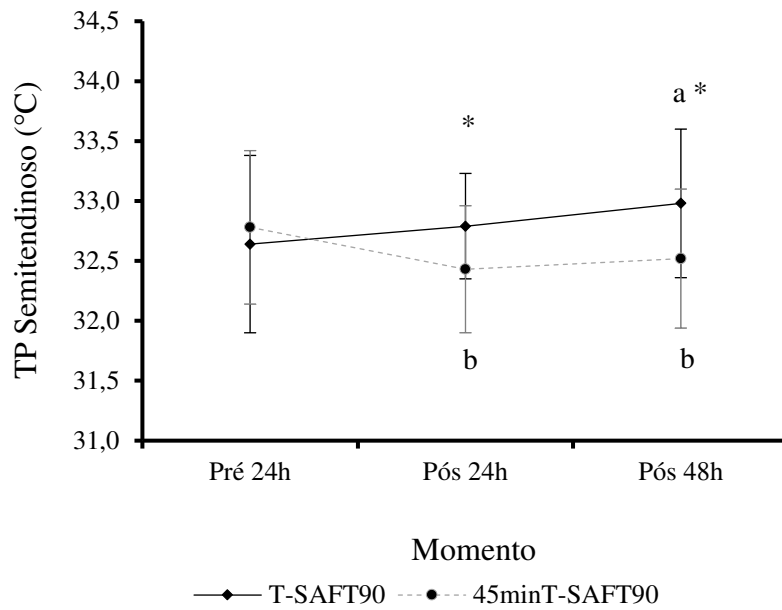


Figura 21. Resposta da temperatura da pele do semitendinoso às intervenções experimentais.

* diferença significativa entre condições [T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰] ($p < 0,05$); “a” representa diferença significativa comparado ao momento Pré_{24h} para a condição T-SAFT⁹⁰; “b” representa diferença significativa comparado ao momento basal Pré_{24h} para a condição 45minT-SAFT⁹⁰.

4.5.8.7 Semimembranoso

Não houve efeito significativo do momento [$F_{(2; 108)} = 2,303$; $p = 0,105$; $\eta_p^2 = 0,041$] mas houve efeito da condição [$F_{(1; 54)} = 6,768$; $p = 0,012$; $\eta_p^2 = 0,111$] na T_P do semimembranoso, de modo que a média de T_P foi significativamente maior na condição T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰ ($\Delta = 0,27^\circ\text{C}$; IC [0,06–0,47]; $p = 0,012$). Houve interação significativa momento \times condição [$F_{(2; 108)} = 7,968$; $p = 0,001$; $\eta_p^2 = 0,129$]. A análise post-hoc mostrou que a T_P aumentou significativamente 48 h ($\Delta = 0,34^\circ\text{C}$; IC [0,12–0,56]; $p = 0,001$; $d = 0,72$) após o T-SAFT⁹⁰ em comparação ao valor basal, enquanto no protocolo 45minT-SAFT⁹⁰ a T_P reduziu significativamente Pós_{24h} ($\Delta = 0,30^\circ\text{C}$; IC [0,05–0,56]; $p = 0,016$; $d = 0,56$). Além disso, a T_P foi significativamente maior 24 h ($\Delta = 0,41^\circ\text{C}$; IC [0,15–0,68]; $p = 0,002$; $d = 0,85$) 48 h ($\Delta = 0,45^\circ\text{C}$; IC [0,19–0,70]; $p = 0,001$; $d = 0,98$) após o T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰. A resposta da T_P do semimembranoso às intervenções é apresentada na Figura 22.

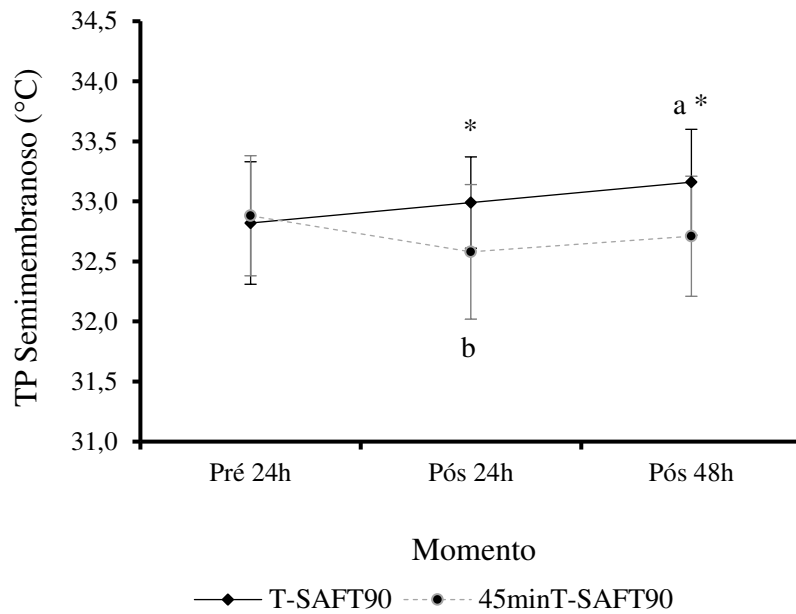


Figura 22. Resposta da temperatura da pele do semimembrano às intervenções experimentais.

* diferença significativa entre condições [T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰] ($p < 0,05$); “a” representa diferença significativa comparado ao momento Pré_{24h} para a condição T-SAFT⁹⁰; “b” representa diferença significativa comparado ao momento basal Pré_{24h} para a condição 45minT-SAFT⁹⁰.

4.5.8.8 Adutor de quadril (visão posterior)

Não houve efeito significativo do momento [$F_{(1,612; 87,058)} = 0,176$; $p = 0,792$; $\eta_p^2 = 0,003$] e condição [$F_{(1; 54)} = 1,461$; $p = 0,232$; $\eta_p^2 = 0,026$] na T_P do adutor de quadril (visão posterior). Porém, houve interação significativa momento \times condição [$F_{(1,612; 87,058)} = 10,018$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,156$]. A análise post-hoc mostrou que a T_P aumentou significativamente 48 h ($\Delta = 0,41^\circ\text{C}$; IC [0,18–0,64]; $p < 0,001$; $d = 0,39$) após o T-SAFT⁹⁰ em comparação ao valor basal, enquanto no protocolo 45minT-SAFT⁹⁰ a T_P reduziu significativamente Pós_{48h} ($\Delta = 0,31^\circ\text{C}$; IC [0,08–0,54]; $p = 0,004$; $d = 0,34$). Além disso, a T_P foi significativamente maior 24 h ($\Delta = 0,45^\circ\text{C}$; IC [0,02–0,88]; $p = 0,039$; $d = 0,57$) e 48 h ($\Delta = 0,54^\circ\text{C}$; IC [0,06–1,02]; $p = 0,028$; $d = 0,60$) após o T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰. A resposta da T_P do adutor de quadril (visão posterior) às intervenções é apresentada na Figura 23.

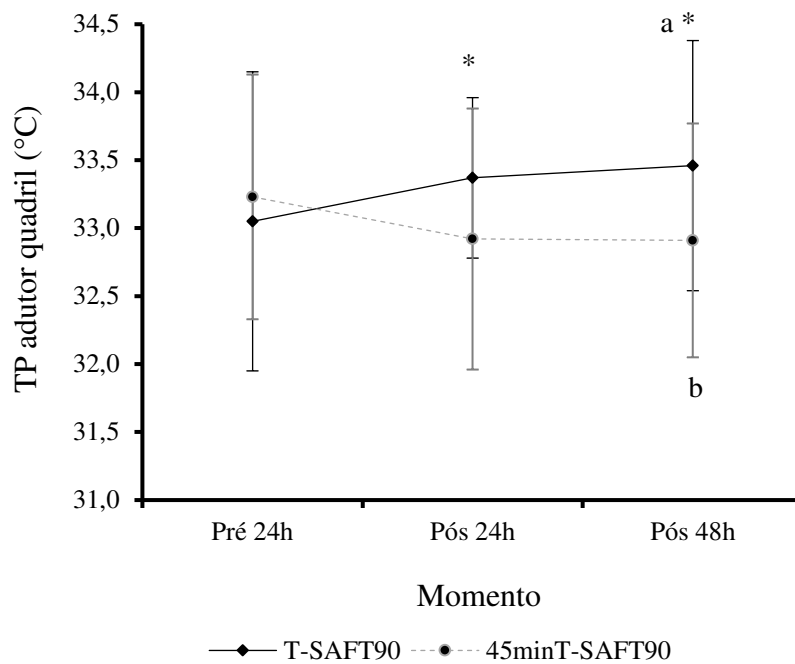


Figura 23. Resposta da temperatura da pele do adutor de quadril (visão posterior) às intervenções experimentais.

* diferença significativa entre condições [T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰] ($p < 0,05$); “a” representa diferença significativa comparado ao momento Pré_{24h} para a condição T-SAFT⁹⁰; “b” representa diferença significativa comparado ao momento basal Pré_{24h} para a condição 45minT-SAFT⁹⁰.

4.5.8.9 Gastrocnêmio lateral

Não houve efeito significativo do momento [$F_{(1,761; 95,110)} = 2,793$; $p = 0,073$; $\eta_p^2 = 0,049$], condição [$F_{(1; 54)} = 0,471$; $p = 0,496$; $\eta_p^2 = 0,009$] e interação momento \times condição [$F_{(1,761; 95,110)} = 0,379$; $p = 0,659$; $\eta_p^2 = 0,007$] na T_P do gastrocnêmio lateral.

4.5.8.10 Gastrocnêmio medial

Não houve efeito significativo do momento [$F_{(2; 108)} = 1,246$; $p = 0,292$; $\eta_p^2 = 0,023$], condição [$F_{(1; 54)} = 1,419$; $p = 0,239$; $\eta_p^2 = 0,026$] e interação momento \times condição [$F_{(2; 108)} = 1,165$; $p = 0,316$; $\eta_p^2 = 0,021$] na T_P do gastrocnêmio medial. A resposta da T_P do gastrocnêmio lateral e medial às intervenções é apresentada nas Figura 24 e 25, respectivamente.

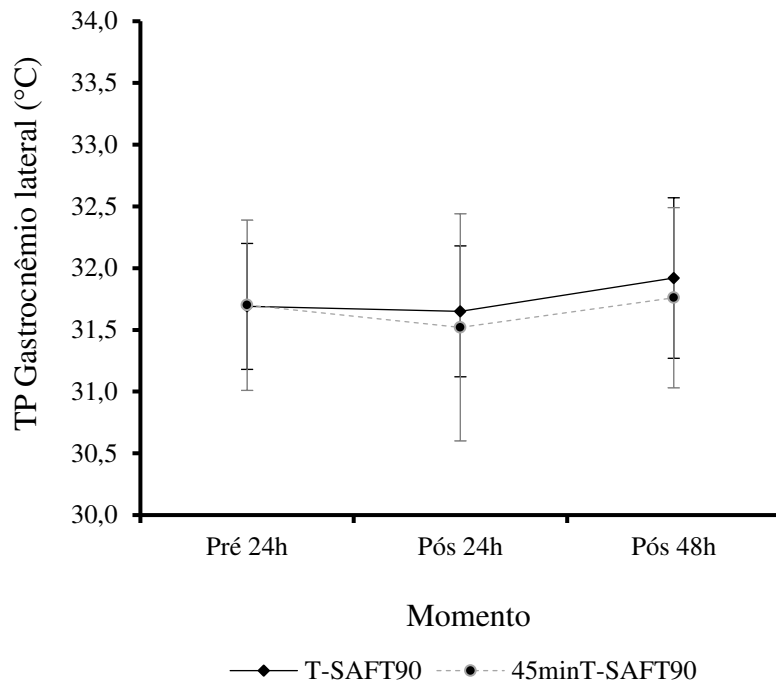


Figura 24. Resposta da temperatura da pele do gastrocnêmio lateral às intervenções experimentais.

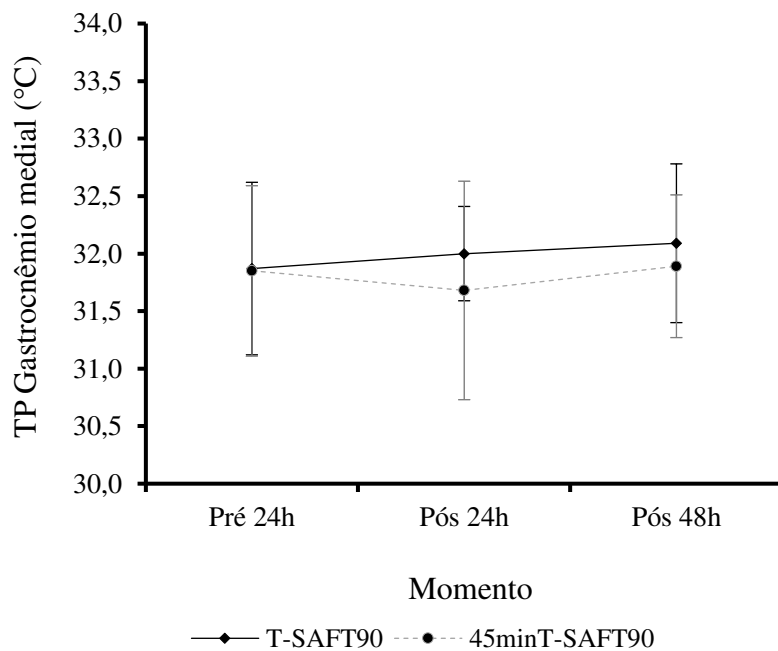


Figura 25. Resposta da temperatura da pele do gastrocnêmio medial às intervenções experimentais.

4.5.9 Correlação entre temperatura da pele e marcadores bioquímicos e subjetivos

A seguir, são descritos textualmente os resultados das correlações significativas encontradas entre T_P e os demais indicadores analisados. Na sequência, as Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados de todas as correlações analisadas. Não foram analisadas correlações entre a T_P e o desempenho no SCM, tendo em vista que essa variável não foi impactada pela intervenção experimental nos momentos avaliados. As correlações foram analisadas considerando todo o conjunto de dados, separada para cada momento: Pós_{24h} e Pós_{48h}.

4.5.9.1 Temperatura da pele e creatina quinase

As análises de correlação mostraram que, no momento Pós_{24h}, a T_P de várias RCIs foi diretamente relacionada ao aumento % de CK [vasto lateral ($r_s = 0,349$, $p = 0,034$), reto femoral ($r_s = 0,357$, $p = 0,031$), adutor de quadril anterior ($r_s = 0,349$, $p = 0,035$), bíceps femoral ($r_s = 0,492$, $p = 0,004$), semitendinoso ($r_s = 0,520$, $p = 0,002$), semimembranoso ($r_s = 0,530$, $p = 0,002$) e adutor de quadril posterior ($r_s = 0,523$, $p = 0,002$)]. Além disso, a T_P foi diretamente relacionada aos valores absolutos de CK nas seguintes RCIs da coxa na visão posterior [bíceps femoral ($r_s = 0,477$, $p = 0,005$), semitendinoso ($r_s = 0,453$, $p = 0,008$), semimembranoso ($r_s = 0,443$, $p = 0,009$) e adutor de quadril ($r_s = 0,362$, $p = 0,029$)], bem como em duas RCIs na visão anterior [reto femoral ($r_s = 0,354$, $p = 0,032$) e adutor de quadril ($r_s = 0,340$, $p = 0,038$)].

Já no momento Pós_{48h}, foi observada correlação direta entre $\Delta\%$ de CK e valores de T_P nas RCIs vasto lateral ($r_s = 0,402$, $p = 0,017$), bíceps femoral ($r_s = 0,361$, $p = 0,030$) e adutor de quadril (visão posterior) ($r_s = 0,367$, $p = 0,027$). Os valores absolutos de CK Pós_{48h} foram diretamente relacionados apenas com a T_P na RCI bíceps femoral ($r_s = 0,335$, $p = 0,041$).

4.5.9.2 Temperatura da pele e proteína c reativa

No momento Pós_{24h}, não houve correlação significativa entre T_P e $\Delta\%$ de PCR-us ou entre T_P e valores absolutos de PCR-us. Porém, no momento Pós_{48h}, houve correlação direta entre $\Delta\%$ PCR-us e T_P nas RCIs bíceps femoral ($r_s = 0,387$, $p = 0,021$), semimembranoso ($r_s = 0,363$, $p = 0,029$) e adutor de quadril (visão posterior) ($r_s = 0,381$, $p = 0,023$). Além disso, os valores absolutos de PCR-us Pós_{48h} foram diretamente relacionados à T_P das RCIs semitendinoso ($r_s = 0,332$, $p = 0,042$) e adutor de quadril (visão posterior) ($r_s = 0,390$, $p = 0,020$).

4.5.9.3 Temperatura da pele e Qualidade Total de Recuperação

No momento Pós_{24h}, a T_P foi inversamente relacionada aos escores de QTR em diversas RCIs: vasto lateral ($r = -0,381$, $p = 0,023$), reto femoral ($r = -0,409$, $p = 0,015$), vasto medial ($r = -0,413$, $p = 0,014$), bíceps femoral ($r_s = -0,419$, $p = 0,013$), semimembranoso ($r = -0,347$, $p = 0,035$) e adutor de quadril (visão posterior) ($r = -0,319$, $p = 0,049$).

Ainda, houve uma relação inversa Pós_{48h} entre os escores de QTR e T_P de diversas RCIs: vasto lateral ($r = -0,392$, $p = 0,020$), reto femoral ($r = -0,351$, $p = 0,033$), vasto medial ($r = -0,407$, $p = 0,016$), bíceps femoral ($r = -0,527$, $p = 0,002$), semitendinoso ($r = -0,411$, $p = 0,015$), semimembranoso ($r = -0,383$, $p = 0,022$) e adutor de quadril (visão posterior) ($r = -0,412$, $p = 0,015$).

Tabela 6: Correlações entre temperatura da pele e creatina quinase, proteína C reativa e qualidade total de recuperação referente ao momento pós 24 h.

T _P Pós 24h	Momento Pós 24h				
	CK (U.L) r _s	PCR-us (mg.L) r _s	Δ% CK r _s	Δ% PCR-us r _s	QTR r
<i>Coxa anterior</i>					
Vasto lateral	0,203	-0,130	0,349*	0,059	-0,381*
Reto femoral	0,354*	-0,011	0,357*	0,243	-0,409*
Vasto medial	0,178	-0,001	0,285	0,054	-0,413*
Adutor de quadril	0,340*	0,018	0,349*	0,096	-0,3
<i>Coxa posterior</i>					
Bíceps femoral	0,477**	0,122	0,492**	0,060	-0,336*
Semitendinoso	0,453**	0,086	0,520**	0,037	-0,294
Semimembranoso	0,443**	0,149	0,530**	0,156	-0,347*
Adutor de quadril	0,362*	0,060	0,523**	-0,047	-0,319*
<i>Perna</i>					
Gastrocnêmio lateral	0,463**	-0,014	0,399*	-0,101	0,011
Gastrocnêmio medial	0,362*	-0,051	0,399*	-0,075	0,100

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; T_P: temperatura da pele; r_s: coeficiente de correlação de Spearman; r: coeficiente de correlação de Pearson; CK: creatina quinase; PCR-us: proteína c reativa ultrasensível; Δ%: variação percentual; QTR: qualidade total de recuperação.

Tabela 7: Correlações entre temperatura da pele e creatina quinase, proteína C reativa e qualidade total de recuperação referente ao momento pós 48 h.

T _P Pós 48h	Momento Pós 48h				
	CK (U.L) r _s	PCR-us (mg.L) r _s	Δ% CK r _s	Δ% PCR-us r _s	QTR r
<i>Coxa anterior</i>					
Vasto lateral	0,289	-0,045	0,402*	0,126	-0,392*
Reto femoral	0,206	0,137	0,263	0,270	-0,351*
Vasto medial	0,174	0,132	0,243	0,197	-0,407*
Adutor de quadril	0,165	0,119	0,161	0,287	-0,165
<i>Coxa posterior</i>					
Bíceps femoral	0,335*	0,165	0,361*	0,387*	-0,527**
Semitendinoso	0,051	0,332*	0,249	0,293	-0,411*
Semimembranoso	0,034	0,181	0,241	0,363*	-0,383*
Adutor de quadril	0,085	0,390*	0,367*	0,381*	-0,412*
<i>Perna</i>					
Gastrocnêmio lateral	-0,122	-0,198	0,024	0,022	-0,222
Gastrocnêmio medial	0,003	-0,109	0,269	0,053	-0,195

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; T_P: temperatura da pele; r_s: coeficiente de correlação de Spearman; r: coeficiente de correlação de Pearson; CK: creatina quinase; PCR-us: proteína c reativa ultrasensível; Δ%: variação percentual; QTR: qualidade total de recuperação.

4.6 Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito do volume de demanda física simulada de uma partida de futebol na T_P de jovens jogadores, bem como investigar a relação da resposta térmica com marcadores bioquímicos e perceptivos de recuperação. Para tal, os participantes completaram 90 min e 45 min de um protocolo validado para replicar a carga externa e a resposta fisiológica e de uma partida oficial de futebol (17).

A utilização desse protocolo de simulação de partida de futebol como intervenção é um ponto forte do estudo pois favoreceu o controle experimental, já que a carga externa foi padronizada (Tabela 2). Além disso, não houve contato físico, quedas ou traumas externos, os quais comumente ocorrem em partidas oficiais, podendo influenciar a resposta térmica após a partida, cabendo destacar que isso não ocorreu no presente estudo.

O presente trabalho parece ser o primeiro estudo que investigou o impacto de um protocolo de demanda física simulada de futebol na T_P. Outro fator positivo foi o efetivo controle de fatores intervenientes na T_P, favorecido pelo fato de os participantes terem permanecido no mesmo local durante o estudo, seguindo uma rotina diária similar (Tabela 1), o que foi algo realizado anteriormente em poucos trabalhos (7, 56, 57). Isso auxilia a minimizar a influência de fatores de confusão que possam interferir na T_P.

Um aspecto importante na análise dos dados compreende a comparação da linha base entre as duas condições experimentais. Não houve diferença significativa para todas as variáveis comparadas antes de cada intervenção experimental (Pré_{24h}), confirmando que os participantes apresentaram condições similares na linha de base. Os valores de T_P observados pré-intervenção (Figuras 16-25) estão de acordo com dados normativos de jovens jogadores reportados por Marins et al. (58), demonstrando um padrão de normalidade térmica. Igualmente, as avaliações bioquímicas pré-intervenção indicaram valores normais de CK e PCR-us (Tabela 4; Quadro 2), enquanto as medidas subjetivas indicaram uma boa percepção de recuperação (Figura 14) e ausência de DMIT. Esses resultados destacam um bom status de recuperação dos participantes antes de iniciarem as intervenções experimentais, proporcionado pelos 4 dias sem treino antes do início do estudo, bem como pelo período de recuperação de 1 semana entre as condições experimentais.

Uma possível interferência de um quadro de desidratação nos valores de T_P (59) foi controlada durante o estudo, tendo em vistas que os participantes se mantiveram diariamente euhidratados, com valores de GEU < 1,020 mg.L. Além disso, a estratégia de reposição hídrica oferecida durante as condições experimentais foi efetiva para mantê-los euhidratados, já que a perda de massa corporal após as intervenções foi de apenas 0,4% e 0,7%, bem inferior ao limite de 2% correspondente a desidratação leve-moderada (20). Igualmente, os escores de boa qualidade de sono foram estáveis ao longo do tempo (Figura 13), minimizando uma interferência de privação de sono na T_P (23) e na recuperação após o protocolo (22).

Com relação à realização do protocolo experimental, a intensidade média atingida nas duas condições (~80-85% da FC pico) (Figura 9) foi condizente com a intensidade do jogo oficial de futebol (60). Isso confirma que o T-SAFT⁹⁰ reproduziu a resposta fisiológica de uma partida oficial, o que aconteceu de forma similar nas duas condições experimentais, tendo em vista a resposta similar de FC média e FC pico observada. Porém, houve uma diferença estatística na FC média relativa (% FC pico) entre as duas condições, o que se deve ao fato de o monitoramento da FC ter sido mantido durante o intervalo de 15 min entre o 1º e 2º tempo na condição T-SAFT⁹⁰, enquanto na condição 45minT-SAFT⁹⁰ o registro foi interrompido logo após o término dos 45 min do protocolo, não contemplando o intervalo. Além disso, a classificação da PSE da sessão também foi igual entre as condições experimentais (Tabela 3), as quais foram taxadas, em média, como “difícil”, corroborando a classificação reportada no estudo de validação do T-SAFT⁹⁰ (17).

No presente estudo, a manipulação do volume do T-SAFT⁹⁰ foi efetiva para induzir diferentes magnitudes de fadiga residual. A maior carga externa do T-SAFT⁹⁰ levou a um

aumento nos níveis de CK e PCR-us no momento Pós_{24h}, além de um prejuízo nos escores de QTR, indicando que os participantes não se recuperaram totalmente em um período de 48 h. Os aumentos de CK foram de importante significância clínica, já que foram aumentados acima dos valores mínimos de normalidade na maioria dos participantes até 48 h (Quadro 2). Já a redução da carga externa em 50%, na condição _{45min}T-SAFT⁹⁰, induziu uma resposta de menor magnitude na $\Delta\%$ de CK (Pós_{24h} e Pós_{48h}) (Figura 11), bem como nos escores de QTR Pós_{24h}, que retornaram ao baseline Pós_{48h} (Figura 14). Ainda, a condição _{45min}T-SAFT⁹⁰ não alterou significativamente os valores de PCR-us Pós_{24h} e Pós_{48h}.

Como hipotetizado, os principais resultados mostraram que a resposta da T_P foi específica de acordo com os diferentes níveis de fadiga residual. O T-SAFT⁹⁰ induziu um aumento na T_P Pós_{48h} em 6 das 10 RCIs analisadas, sendo elas 4 RCIs na visão posterior de coxa (Figuras 20-23) e 2 RCIs na visão anterior da coxa (Figuras 18 e 19). Esse aumento de T_P foi de magnitude moderada em 4 RCIs (bíceps femoral, semitendinoso, semimembranoso, adutor de quadril na visão anterior) e leve em 2 RCIs (adutor de quadril na visão posterior e vasto medial). Por outro lado, 24 h após o _{45min}T-SAFT⁹⁰, o comportamento térmico foi oposto, sendo observada uma redução na T_P da coxa (em 7 de 8 RCIs), mantida abaixo do valor basal no momento Pós_{48h}. A magnitude de redução na T_P foi moderada-forte, na região anterior da coxa (4 RCIs); moderada, na região posterior de coxa (3 RCIs); e leve, na RCI adutor de quadril (visão posterior). Apenas as RCIs da perna não foram afetadas pelas condições experimentais.

Esses resultados sugerem que a fadiga residual relacionada ao futebol pode desempenhar um papel na resposta térmica da pele pós-jogo, sendo que aumentos na T_P parecem estar relacionados a um quadro de fadiga residual, enquanto reduções na T_P parecem ser indicativas de uma recuperação satisfatória. A capacidade da termografia de ter discriminado o impacto de diferentes demandas físicas reforça a possibilidade de utilização da T_P como um indicador fisiológico de fadiga residual. Além disso, as análises de correlação mostraram relações diretas entre T_P e valores de CK e PCR-us, bem como correlações inversas com os escores de Qualidade Total de Recuperação (Tabelas 6 e 7). Assim, é possível que o monitoramento da T_P possa auxiliar comissões técnicas, treinadores e cientistas a avaliarem a resposta de futebolistas pós-jogo e inferir sobre o status de recuperação de modo objetivo, de forma não invasiva e sem contato físico.

Os resultados do presente estudo corroboram estudos prévios que encontraram aumento de T_P no período de recuperação (24 h e 48 h) após jogos oficiais de futebol em futebolistas de elite sub-20 (7) e profissionais (8), com relações positivas encontradas entre a T_P e marcadores bioquímicos de dano muscular (CK) (7) ou inflamação (PCR) (8). Outro estudo recente (61)

reportou maiores valores de T_P , CK e PCR após uma temporada competitiva em futebolistas profissionais. Portanto, o presente estudo aumenta o nível de evidência científica para o uso da termografia para o controle da carga de treinamento de forma específica no futebol. Em outras modalidades com padrões de contração muscular diferentes, como o ciclismo e natação, é necessário ampliar as investigações já que a base documental sobre essa resposta ainda é escassa.

Com relação à resposta térmica ao $_{45\text{min}}T\text{-SAFT}^{90}$, foi hipotetizado que a T_P permaneceria estável ou aumentaria com menor magnitude em comparação ao $T\text{-SAFT}^{90}$. Porém, os resultados mostraram uma consistente redução na T_P da coxa Pós_{24h} e Pós_{48h}, o que pode ter ocorrido pelo fato de os participantes não terem treinado durante o período de coleta de dados. Desse modo, a baixa magnitude de fadiga induzida pelo $_{45\text{min}}T\text{-SAFT}^{90}$, juntamente com a ausência do estímulo de treino, permitiu que os participantes estivessem bem recuperados, o que foi demonstrado pelos bons escores de QTR, pela menor $\Delta\%$ na CK, e pela ausência de variação significativa nos níveis de PCR-us. Portanto, a resposta de redução na T_P parece indicar um bom status de recuperação, o que também pode ser inferido a partir da análise das correlações, que indicaram que valores reduzidos de T_P são relacionados a menores valores de CK e PCR-us, e a maiores escores de QTR. Esse resultado é condizente com um estudo recente (56) que reportou reduções de T_P ao longo de um *camp* de 10 dias de treinamento de potência-velocidade em atletas velocistas (*sprinters*) de elite, em que a volume de treinamento foi consideravelmente reduzido visando otimizar a recuperação dos atletas antes da competição principal. Nesse estudo, os autores sugeriram que a resposta de redução térmica poderia ser indicativa de uma resposta positiva ao treinamento.

Os resultados do presente estudo reforçam a base teórica fisiológica que sugere que o aumento na T_P em futebolistas possa ser atribuído à resposta inflamatória (62). O jogo de futebol induz dano muscular devido à demanda de ações intensas com alto componente excêntrico, como sprints, acelerações, desacelerações, mudanças de direção, saltos, chutes (63), o que foi observado no presente estudo pelo aumento na atividade da CK. Por sua vez, o dano muscular desencadeia uma resposta inflamatória necessária para o reparo tecidual e regeneração funcional completa, envolvendo fases sequenciais (pró-inflamatória, resolução, regenerativa) (64). Na fase pró-inflamatória, ocorre uma alta cinética de células imunes, que migram para o local da microlesão, expressando efetores pró-inflamatórios associados com a fagocitose das fibras musculares danificadas (65, 66). As células imunes removem detritos celulares e fragmentos de proteína para permitir a regeneração muscular subsequente (65). Toda essa atividade pró-inflamatória é acompanhada por vasodilatação, aumento de fluxo sanguíneo local

e maior metabolismo local, o que aumenta a produção de calor local (10) que poderia ser transferido para a superfície corporal, aumentando a T_p (7, 8). Ainda, essa resposta inflamatória local pode ser acompanhada por inflamação sistêmica, em que ocorre aumento de leucócitos, citocinas e proteínas hepáticas, como a PCR, na corrente sanguínea (67, 68).

Um exemplo dessa situação ocorreu com um dos jogadores no presente estudo, em que as imagens comparadas entre as duas condições experimentais (T-SAFT⁹⁰ vs. 45minT-SAFT⁹⁰) tornam muito evidente esse nível de comportamento térmico (69). A Figura 26 evidencia as mudanças térmicas no referido participante, mostrando um aumento na concentração de pixels > 33°C na região anterior da coxa 24 h (196%) e 48 h (285%) após o T-SAFT⁹⁰, bem como na região posterior da coxa, de 35,9% (Pós_{24h}) e 58,9% (Pós_{48h}) comparado ao baseline. Já com a redução do volume no 45minT-SAFT₉₀, não houve aumento na T_p .

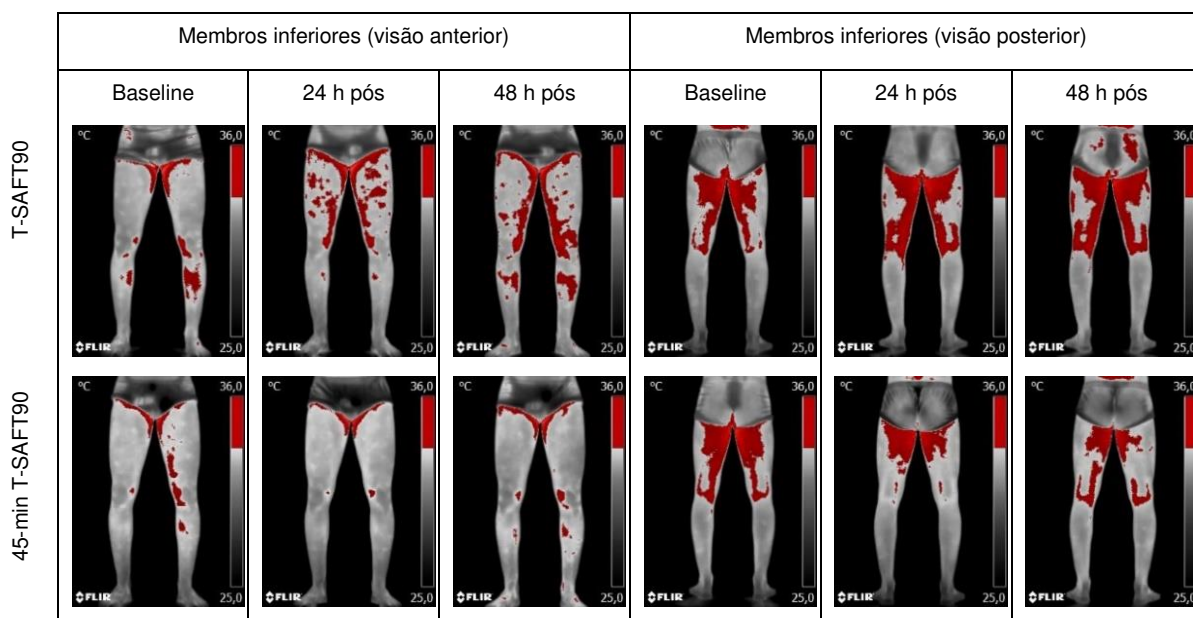


Figura 26 – Termogramas de um participante nos momentos 24 h pré (baseline), 24 h e 48 h após as condições experimentais.

Nota. Pixels destacados em cor vermelha representam valores de temperatura > 33°C.

Fonte: Dados do estudo.

Resposta semelhante ao presente estudo foi encontrado em estudos com exercício resistido, que reportaram aumento de T_p de 48 h a 96 h (12, 70), demonstrando um efeito do volume de exercício na resposta térmica. Contudo, outros trabalhos não encontram alteração térmica após treino resistido de membros inferiores (15), provas de *endurance* (71) ou protocolos específicos para induzir dano muscular (16). Além disso, alguns autores apontam que o dano muscular aumenta a atividade nervosa simpática na pele e, portanto, induziria

vasoconstrição, o que poderia impedir ou atenuar um possível aumento na T_P no período de recuperação pós-exercício (14, 72). Portanto, mais estudos são necessários para se investigar qual mecanismo explica o aumento de T_P no período de recuperação pós-exercício.

Os marcadores bioquímicos indicaram que o pico de CK e PCR-us foi 24 h pós-jogo, o que é condizente com estudos prévios (7, 8, 73). Porém, a magnitude de aumento foi inferior no presente estudo. Isso é explicado pelo fato de o protocolo ser simulado, o que sabidamente induz menor magnitudes de alteração em marcadores bioquímicos em comparação a jogos oficiais (1). Porém, é fato que houve um aumento % de CK de maior magnitude 24 h e 48 h após o T-SAFT⁹⁰ vs. 45 min T-SAFT⁹⁰, e que apenas o T-SAFT⁹⁰ induziu um aumento nos níveis de PCR-us, indicando aumento na atividade pró-inflamatória, o que foi acompanhado por aumentos moderados na T_P da coxa em 4 RCIs e aumento de leve magnitude em 2 RCIs. Já após o protocolo de 45 min, que não induziu resposta inflamatória, não houve aumento de T_P .

Muitas correlações avaliadas no presente estudo foram significativas, porém, quase todas abaixo de 0,5, indicando que outras variáveis também interferem na resposta da T_P . Logo, é possível que outras alterações que ocorrem após partidas de futebol desempenhem algum papel no aumento de T_P observado. Além de dano muscular e resposta inflamatória, a participação em um jogo de futebol leva, por exemplo, a um aumento no estresse oxidativo e alterações metabólicas, como uma importante redução no glicogênio muscular (1, 74).

Os resultados referentes à QTR demonstraram que a recuperação percebida foi específica de acordo com o volume de demanda física, o que confirma a viabilidade desse indicador para monitorar fadiga residual de futebolistas (5). Um maior prejuízo na recuperação foi observado após o T-SAFT⁹⁰ vs. 45min T-SAFT⁹⁰, indicando o maior desgaste psicofisiológico. As correlações inversas entre a QTR e T_P sugerem que esses indicadores podem ser analisados em conjunto para o monitoramento de futebolistas, aumentando a robustez da análise. Porém, é importante ressaltar que as condições experimentais não interferiram no desempenho de SCM nos momentos avaliados. Esses resultados sugerem que o impacto de protocolos simulados no sistema neuromuscular pode ser inferior ao induzido por uma partida oficial, conforme sugerido no estudo de Silva et al. (1). Logo, é sugerido que estudos futuros avaliem o desempenho no SCM em momentos mais próximos ao término do T-SAFT⁹⁰. A reduzida demanda neuromuscular também explica os baixos escores de DMIT observados no presente estudo.

Os resultados de aumento de T_P na RCI posterior de coxa e adutores de quadril são interessantes tendo em vista que elas são muito acometidas por lesões no futebol (75-77) e intensamente exigidas em ações como frenagens bruscas, mudanças de direção, desacelerações, saltos. Além disso, a T_P nessas RCIs foi diretamente relacionada a um maior dano muscular,

avaliado pela CK. Esses resultados ressaltam a importância de monitorar a T_P com foco especial nessas RCIs em resposta ao processo de treinamento/competição de futebolistas. Embora não tenha sido monitorada a função muscular nos isquiotibiais e adutores de quadril no presente estudo, outro trabalho demonstrou que um período de 72 h após o SAFT⁹⁰ não é suficiente para permitir a recuperação da força excêntrica dos isquiotibiais (78). Uma possível relação entre a resposta da T_P na região posterior de coxa e adutores de quadril com a função muscular desses grupos musculares deve ser investigada em estudos futuros.

O presente estudo possui algumas limitações. Não foi considerado no delineamento do estudo uma semana de avaliação controle, sem realização de exercício, o que poderia ter ampliado a possibilidade de interpretação da resposta térmica às intervenções. Além disso, medidas de temperatura interna, temperatura muscular e resposta hormonal, como cortisol e testosterona, poderiam ter ajudado a ampliar a caracterização da resposta pós-exercício. Essas avaliações não foram possíveis por questões operacionais. Avaliações diretas do DMIE por meio de análises histológicas (biópsia) teriam permitido analisar a integridade do tecido muscular, a infiltração de células imunes e a recuperação do glicogênio e do dano muscular. Porém, análises de biópsia envolvem alto custo financeiro e dificultam o recrutamento de participantes por serem altamente invasivas.

Estudos futuros devem investigar o impacto de uma maior magnitude de fadiga residual na resposta térmica da pele, avaliando, por exemplo, uma sequência de jogos simulados realizados com curto intervalo de recuperação (< 96 h). É interessante investigar o momento de pico de T_P pós-jogo, incluindo medidas de T_P de 4-24 h após, tendo em vista que esse período é caracterizado por alta atividade pró-inflamatória (65). Avaliar um conjunto de biomarcadores inflamatórios e de DMIE, fluxo sanguíneo muscular e periférico, temperatura muscular e interna e taxa metabólica basal podem contribuir com um maior entendimento da resposta da T_P à fadiga residual. Por fim, incluir avaliações de termografia dinâmica podem ampliar as possibilidades de investigação sobre a temática de termografia e recuperação pós-exercício. Neste tipo de avaliação, a curva de recuperação da T_P é monitorada após um estímulo de estresse térmico, cuja resposta parece ser dependente da magnitude de estresse fisiológico induzido pelo exercício (14, 79).

Como implicações práticas, é sugerido que o monitoramento da T_P de membros inferiores, especialmente na região posterior de coxa, pode ser uma alternativa interessante para avaliar a condição de fadiga residual de futebolistas. Portanto, a TI parece ser uma tecnologia possível de ser utilizada em uma abordagem multivariada de monitoramento de futebolistas, auxiliando treinadores e comissões técnicas a monitorarem o status de recuperação de maneira

objetiva, não invasiva e sem contato. Os resultados do presente estudo destacam a importância do registro de termogramas 48 h pós-jogo em jovens jogadores para avaliar fadiga residual, podendo ser útil para avaliação de futebolistas de categorias de base, enquanto a indicação nos jogadores profissionais, com base em outros estudos (7, 8), é que o pico de T_P ocorra 24 h após jogos.

4.7 Conclusão

A T_P mensurada por termografia parece ser um indicador fisiológico capaz de discriminar diferentes magnitudes de fadiga residual induzida pela demanda física simulada de partida de futebol em jovens jogadores.

Um protocolo simulado de 90 min de jogo induz dano muscular, inflamação sistêmica e prejuízo na recuperação percebida, não sendo totalmente recuperado em um período de 48 h. Essa resposta é acompanhada por um aumento na T_P da coxa no momento 48 h pós-protocolo, especialmente na região posterior de coxa. Com base nas análises de correlação, um quadro de maior fadiga residual caracterizado por dano muscular, inflamação e pior recuperação percebida 48 h pós-protocolo é relacionado a maiores valores de T_P .

Em contrapartida, diminuir o volume de demanda física para 45 min não causa inflamação, induz menor magnitude de dano muscular e de prejuízo na recuperação percebida, e reduz a T_P na coxa 24 h e 48 h pós-protocolo. Um menor dano muscular e melhor recuperação percebida 24 h pós-protocolo são relacionados a valores reduzidos de T_P .

4.8 Referências

1. Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2018;48(3):539-83.
2. Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L, Brink M, Coutts AJ, Duffield R, et al. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(2):240-5.
3. Howle K, Waterson A, Duffield R. Recovery profiles following single and multiple matches per week in professional football. *Eur J Sport Sci.* 2019;19(10):1303-11.
4. Hernández-Davo JL, Perez VM, Navarro PM. Effects of playing 1 vs 3 matches in a one-week period on physical performance in young soccer players. *Biol Sport.* 2022;39(4):819-23.
5. Selmi O, Ouergui I, E Levitt D, Marzouki H, Knechtle B, Nikolaidis PT, et al. Training, psychometric status, biological markers and neuromuscular fatigue in soccer. *Biol Sport.* 2022;39(2):319-27.
6. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med.* 2014;44 Suppl 2:S139-47.
7. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. *Sport Sci Health.* 2017;13(3):635-43.
8. Duarte W, Rodrigues Junior JL, Paula LV, Chagas MH, Andrade AGP, Veneroso CE, et al. C-reactive protein and skin temperature of the lower limbs of brazilian elite soccer players like load markers following three consecutive games. *J Therm Biol.* 2022;105:103188.
9. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJE, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *J Therm Biol.* 2017;69:155-62.
10. Scott A, Khan KM, Roberts CR, Cook JL, Duronio V. What do we mean by the term "inflammation"? A contemporary basic science update for sports medicine. *Br J Sports Med.* 2004;38(3):372-80.
11. Santana PVA, Alvarez PD, Sena AFdC, Serpa TK, Assis MGd, Pimenta EM, et al. Relationship between infrared thermography and muscle damage markers in physically active men after plyometric exercise. *J Therm Biol.* 2022;104:103187.
12. Uchôa P, Matos F, Neves EB, Saavedra F, Rosa C, Reis VM, et al. Evaluation of two different resistance training volumes on the skin surface temperature of the elbow flexors assessed by thermography. *Infrared Phys Technol.* 2018;93:178-83.
13. Vieira SG, Sillero-Quintana M, Silva AG, Marins KO, Marins JCB. Thermographic response resulting from strength training: a preliminary study. *Apunts Sports Med.* 2020;55(208):120-7.

14. Priego-Quesada JI, Pérez-Guarner A, Gandia-Soriano A, Oficial-Casado F, Galindo C, Cibrián Ortiz de Anda RM, et al. Effect of a marathon on skin temperature response after a cold-stress test and its relationship with perceptible, performance, and oxidative-stress biomarkers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;15(10):1467-75.
15. Ferreira-Júnior JB, Chaves SFN, Pinheiro MHA, Rezende VHS, Freitas EDS, Marins JCB, et al. Is skin temperature associated with muscle recovery status following a single bout of leg press? *Physiol Meas.* 2021;42(3).
16. Barboza JAM, Ferreira JJA, Cerqueira MS, Maciel DG, de Barros ACM, Leite EC, et al. Can skin temperature be altered after different magnitudes of eccentric exercise-induced muscle damage? *Res Q Exerc Sport.* 2021:1-8.
17. Da Silva CD, Lovell R. External Validity of the T-SAFT90: A Soccer Simulation Including Technical and Jumping Activities. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020:1-7.
18. Mündel T, Carter JM, Wilkinson DM, Jones DA. A comparison of rectal, oesophageal and gastro-intestinal tract temperatures during moderate-intensity cycling in temperate and hot conditions. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016;36(1):11-6.
19. Marins J. *Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral.* Várzea Paulista: Fontoura. 2011.
20. McDermott BP, Anderson SA, Armstrong LE, Casa DJ, Cheuvront SN, Cooper L, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *J Athl Train.* 2017;52(9):877-95.
21. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, et al. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. *J Athl Train.* 2000;35(2):212-24.
22. Vitale KC, Owens R, Hopkins SR, Malhotra A. Sleep Hygiene for Optimizing Recovery in Athletes: Review and Recommendations. *Int J Sports Med.* 2019;40(8):535-43.
23. Costa CMA. *Influência da privação de sono na simetria bilateral e no comportamento termográfico da pele [Tese de doutorado].* Repositório Institucional da UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; 2020.
24. Claudino JG, Mezêncio B, Soncin R, Ferreira JC, Valadão PF, Takao PP, et al. Development of an individualized familiarization method for vertical jumps. *Rev Bras Med Esporte.* 2013;19:359-62.
25. Claudino J, Cronin J, Amadio A, Serrão J. How can the Training Load be Adjusted Individually in Athletes with an Applied Statistical Approach?. *J Athl Enhanc* 5: 6. of. 2016;4:2.
26. Rodrigues ME, Marins JCB. Counter movement e squat jump: análise metodológica e dados normativos em atletas. *Rev Bras Cien Mov.* 2012;19(4):108-19.

27. Nedelec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Med.* 2012;42(12):997-1015.
28. Bangsbo J, Iaia FM, Krustup P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med.* 2008;38(1):37-51.
29. Schmitz B, Pfeifer C, Kreitz K, Borowski M, Faldum A, Brand S-M. The Yo-Yo Intermittent Tests: A systematic review and structured compendium of test results. *Front Physiol.* 2018;9:870.
30. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40(3):497-504.
31. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition.* 1993;9(5):480-91.
32. Olds T, Stewart A, Carter L, Marfell-Jones M. International standards for anthropometric assessment. South Africa: Potchefstroom; 2006.
33. Silva CD. Efeitos de bebida achocolatada suplementada na recuperação pós-exercício [Tese de doutorado]. Repositório Institucional da UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; 2016.
34. Lovell R, Knapper B, Small K. Physiological responses to SAFT90: a new soccer-specific match simulation. *Coach Sports Sci.* 2008;3:46.
35. Small K, McNaughton L, Greig M, Lovell R. Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: implications for muscle fatigability. *J Strength Cond Res.* 2009;23(4):1077-83.
36. Small K, McNaughton L, Greig M, Lovell R. The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *J Sci Med Sport.* 2010;13(1):120-5.
37. Lovell R, Midgley A, Barrett S, Carter D, Small K. Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power and dynamic strength. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23(1):105-13.
38. Nédélec M, McCall A, Carling C, Le Gall F, Berthoin S, Dupont G. Physical performance and subjective ratings after a soccer-specific exercise simulation: comparison of natural grass versus artificial turf. *J Sports Sci.* 2013;31(5):529-36.
39. Azidin RM, Sankey S, Drust B, Robinson MA, Vanrenterghem J. Effects of treadmill versus overground soccer match simulations on biomechanical markers of anterior cruciate ligament injury risk in side cutting. *J Sports Sci.* 2015;33(13):1332-41.
40. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81.
41. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001;15(1):109-15.

42. Barley OR, Chapman DW, Abbiss CR. Reviewing the current methods of assessing hydration in athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020;17(1):52.
43. Hooper SL, Mackinnon LT. Monitoring overtraining in athletes. Recommendations. *Sports Med.* 1995;20(5):321-7.
44. Claudino JG, Gabbet TJ, Souza HS, Simim M, Fowler P, Borba DA, et al. Which parameters to use for sleep quality monitoring in team sport athletes? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2019;5(1):e000475.
45. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Quintana MS, Soares DD, Fernandes AdA, et al. Time required to stabilize thermographic images at rest. *Infrared Phys Technol.* 2014;65:30-5.
46. Yasuoka A, Kubo H, Tsuzuki K, Isoda N. Interindividual differences in thermal comfort and the responses to skin cooling in young women. *J Therm Biol.* 2012;37:65-71.
47. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors (Basel).* 2010;10(5):4700-15.
48. Ascensão A, Leite M, Rebelo AN, Magalhães S, Magalhães J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci.* 2011;29(3):217-25.
49. Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I, et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med.* 2008;18(5):423-31.
50. Kentta G, Hassmen P. Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med.* 1998;26(1):1-16.
51. Nedelec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *J Strength Cond Res.* 2014;28(6):1517-23.
52. Claudino JG, Cronin J, Mezencio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2017;20(4):397-402.
53. Cohen J. A power primer. *Psychological bulletin.* 1992;112(1):155-9.
54. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* 2a ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
55. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(1):3-13.
56. Korman P, Kusy K, Kantanista A, Straburzyńska-Lupa A, Zieliński J. Temperature and creatine kinase changes during a 10d taper period in sprinters. *Physiol Meas.* 2021;42(12).

57. Priego-Quesada JI, Oficial-Casado F, Gandia-Soriano A, Carpes FP. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. *J Therm Biol.* 2019;84:431-8.
58. Marins JCB, Andrade Fernandes A, Gomes Moreira D, Souza Silva F, Costa CMA, Pimenta EM, et al. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. *Rev Andal Med Deporte.* 2014;7(1):1-6.
59. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys Technol.* 2015;71:28-55.
60. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 2005;35(6):501-36.
61. Rodrigues Júnior JL, Duarte W, Falqueto H, Andrade AGP, Morandi RF, Albuquerque MR, et al. Correlation between strength and skin temperature asymmetries in the lower limbs of Brazilian elite soccer players before and after a competitive season. *J Therm Biol.* 2021;99.
62. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Marins JCB, Garcia ES. Application of infrared thermography in the assessment of muscle damage in elite soccer athletes. *MOJ Orthop Rheumatol.* 2017;8(5):328.
63. Souglis A, Bogdanis GC, Chryssanthopoulos C, Apostolidis N, Geladas ND. Time Course of Oxidative Stress, Inflammation, and Muscle Damage Markers for 5 Days After a Soccer Match: Effects of Sex and Playing Position. *J Strength Cond Res.* 2018;32(7):2045-54.
64. Chazaud B. Inflammation during skeletal muscle regeneration and tissue remodeling: application to exercise-induced muscle damage management. *Immunol Cell Biol.* 2016;94(2):140-5.
65. Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J Appl Physiol (1985).* 2017;122(3):559-70.
66. Chazaud B. Inflammation and skeletal muscle regeneration: leave it to the macrophages! *Trends Immunol.* 2020;41(6):481-92.
67. Silva FOC, Macedo DV. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2011;13(4):320-8.
68. Da Silva AG, Reis H, Marins J. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: uma breve revisão. *Rev Bra Futebol.* 2022;15(3):03-19.
69. Da Silva AG, Albuquerque MR, Reis HH, Ferreira FG, Marins JCB. Infrared thermography detects soccer-induced residual fatigue: a single-case study. *Motricidade.* 2022;18(2).
70. Neves EB, Vilaça-Alves J, Moreira TR, Lemos RJCA, Reis VM. The thermal response of biceps brachii to strength training. *Gazz Med Ital - Arch Sci Med.* 2016;175(10):391.

71. Pérez-Guarner A, Priego-Quesada JI, Oficial-Casado F, Cibrián Ortiz de Anda RM, Carpes FP, Palmer RS. Association between physiological stress and skin temperature response after a half marathon. *Physiol Meas*. 2019;40(3):034009.
72. Rojas-Valverde D, Gutiérrez-Vargas R, Sánchez-Ureña B, Gutiérrez-Vargas JC, Priego-Quesada JI. Relationship between skin temperature variation and muscle damage markers after a marathon performed in a hot environmental condition. *Life (Basel)*. 2021;11(8):725.
73. Souglis AG, Papapanagiotou A, Bogdanis GC, Travlos AK, Apostolidis NG, Geladas ND. Comparison of inflammatory responses to a soccer match between elite male and female players. *J Strength Cond Res*. 2015;29(5):1227-33.
74. Mohr M, Ermidis G, Jamustas AZ, Vigh-Larsen J, Poullos A, Draganidis D, et al. Extended match time exacerbates fatigue and impacts physiological responses in male soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2022:10.1249/MSS.0000000000003021.
75. Ekstrand J, Bengtsson H, Waldén M, Davison M, Khan KM, Hägglund M. Hamstring injury rates have increased during recent seasons and now constitute 24% of all injuries in men's professional football: the UEFA Elite Club Injury Study from 2001/02 to 2021/22. *Br J Sports Med*. 2022. doi: 10.1136/bjsports-2021-105407
76. Harøy J, Clarsen B, Wiger EG, Øyen MG, Serner A, Thorborg K, et al. The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 2019;53(3):150-7.
77. Maniar N, Carmichael DS, Hickey JT, Timmins RG, San Jose AJ, Dickson J, et al. Incidence and prevalence of hamstring injuries in field-based team sports: a systematic review and meta-analysis of 5952 injuries from over 7 million exposure hours. *Br J Sports Med*. 2022. doi: 10.1136/bjsports-2021-104936
78. Rhodes D, McNaughton L, Greig M. The temporal pattern of recovery in eccentric hamstring strength post-soccer specific fatigue. *Res Sports Med*. 2019;27(3):339-50.
79. Priego-Quesada JI, Catalá-Vilaplana I, Bermejo-Ruiz JL, Gandia-Soriano A, Pellicer-Chenoll MT, Encarnación-Martínez A, et al. Effect of 10 km run on lower limb skin temperature and thermal response after a cold-stress test over the following 24 h. *J Therm Biol*. 2022;105:103225.

5 CONCLUSÕES GERAIS

É possível identificar uma base teórica consistente sobre as respostas metabólicas pós-exercício e possível aumento da temperatura local decorrente da resposta inflamatória. Alguns estudos experimentais obtiveram resultados promissores, confirmando que a termografia poderia auxiliar no monitoramento da recuperação pós-exercício. Contudo, como outros estudos não encontraram efeito do exercício na T_P pós-exercício, não é possível afirmar que a termografia possa ser empregada amplamente como uma ferramenta de monitoramento de recuperação muscular e, conseqüentemente, como forma de controle de carga de treino.

O estudo experimental da tese aponta que a termografia é capaz de distinguir diferentes magnitudes de fadiga residual induzida por um protocolo de demanda física simulada de partida de futebol em jovens jogadores, tendo em vista que a resposta T_P foi dependente do volume de demanda física realizado (90 min vs. 45 min). Um protocolo simulado de 90 min de jogo induziu dano muscular, inflamação sistêmica e prejuízo na recuperação percebida, não sendo totalmente recuperado em um período de 48 h. Essa resposta foi acompanhada por um aumento na T_P da coxa no momento 48 h pós-protocolo de 90 min, especialmente na região posterior de coxa. Um quadro de maior dano muscular, inflamação e pior recuperação percebida 48 h pós-protocolo é relacionado a maiores valores de T_P . Em contrapartida, o volume de 45 min de demanda física simulada de partida de futebol não causa inflamação, induz menor magnitude de dano muscular e de prejuízo na recuperação percebida, e reduz a T_P na coxa 24 h e 48 h após o protocolo. Um menor dano muscular e melhor recuperação percebida 24 h pós-protocolo são relacionados a valores reduzidos de T_P .

APÊNDICES

Apêndice A – Declaração de autorização para realização de coletas de dados na EPCAR.

Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – para os participantes maiores de idade.

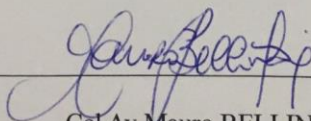
Apêndice C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – para os pais ou responsáveis.

Apêndice D – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

Apêndice A – Declaração de autorização para realização de coletas de dados na EPCAR**DECLARAÇÃO**

Declaro para os devidos fins que o estudante de doutorado Alisson Gomes da Silva, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, matrícula ES81304, está autorizado a realizar a coleta de dados do projeto de pesquisa intitulado “Termografia infravermelha como ferramenta de avaliação do status de recuperação muscular pós-exercício” nas dependências da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR), com os Alunos da EPCAR.

Barbacena, 30 de outubro de 2018.



Cel Av Mauro BELLINTANI
Comandante da Escola Preparatória de Cadetes do Ar

Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – para participantes maiores de idade.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DO PROJETO: TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DO STATUS DE RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO

COORDENADOR DA PESQUISA (Pesquisador responsável):

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins

Dep. Educação Física – UFV

Tel.: 31 38992076 – jcbouzas@ufv.br

EQUIPE DE TRABALHO:

Alisson Gomes da Silva

Dep. Educação Física – UFV

Tel.: 32 984844969 – alissonsongs@gmail.com

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DO STATUS DE RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO**, cujos objetivos são: testar a hipótese de que a temperatura da pele, mensurada por termografia infravermelha, pode ser um parâmetro fisiológico utilizado para avaliar o *status* de recuperação muscular pós-exercício; analisar o efeito de diferentes volumes de exercício na temperatura da pele no período de recuperação de 2 dias pós-exercício em jovens futebolistas, além de relacionar a resposta da temperatura da pele a diferentes volumes de exercício com parâmetros bioquímicos, psicofisiológicos e de desempenho neuromuscular. A sua participação neste estudo é **MUITO IMPORTANTE**, mas a decisão de participar é **VOLUNTÁRIA**, o que significa que você terá o direito de decidir se quer ou não participar, bem como poderá se recusar a participar de alguma parte do estudo em especial, ou ainda poderá abandonar o estudo em qualquer momento sem necessidade de se justificar. Deve ser compreendido pelas partes que os pesquisadores podem decidir sobre a exclusão dos voluntários do estudo por razões científicas, as quais serão devidamente informadas ao voluntário e aos pais ou responsáveis.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS E ANONIMATO

Garantimos que será mantida a CONFIDENCIALIDADE das informações e o ANONIMATO. Ou seja, o seu nome não será mencionado em hipótese alguma, mesmo em publicações científicas. Informamos que os resultados obtidos irão compor uma base de dados que poderão ser utilizados em outros estudos desenvolvidos pelo grupo dirigido pelo coordenador geral dessa investigação, o prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins.

PROCEDIMENTOS DA DINÂMICA DO ESTUDO.

Toda a dinâmica do estudo ocorrerá na Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR). Na primeira etapa, será realizada uma avaliação antropométrica (peso, estatura, dobras cutâneas) e uma familiarização a um teste de salto vertical. Os dados serão coletados em uma sala reservada, estando presentes somente o avaliado, o avaliador e, se necessário, mais um auxiliar. Para finalizar a etapa inicial, será registrada a sua distância total percorrida em um teste físico denominado *Yo-Yo intermittent recovery test 1*, com duração aproximada de 10 a 12 min.

Na segunda etapa você participará de 3 sessões de exercício no campo de futebol, sendo aplicada uma sessão por semana com duração de 30, 60 e 90 minutos. Você também será submetido a uma avaliação na qual será coletada uma amostra de urina, poderá ser extraído até 20 ml de sangue, serão obtidas 2 fotos térmicas de seus membros inferiores (coxa e perna), será perguntado se você possui dor muscular e o quanto recuperado se sente, e será registrado o seu desempenho no teste de salto vertical. Essa avaliação será realizada 1 dia antes de cada exercício, bem como nos 2 dias após o término de cada exercício, totalizando, portanto, 9 avaliações por participante ao longo de 3 semanas. O procedimento é rápido, sendo realizado em um tempo aproximado de 30 minutos por pessoa.

Ao concluir todas as etapas do estudo, você receberá, caso solicite neste formulário, um relatório individual contendo os resultados obtidos nas avaliações.

INFORMAÇÕES FINANCEIRAS

Os pesquisadores deixam claro que não haverá nenhuma compensação financeira por participar do estudo. Todas as despesas relacionadas ao estudo são de responsabilidade do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da UFV. Em caso de dano associado ou decorrente da pesquisa, você terá direito a indenização.

São considerados como benefícios de sua participação:

Os possíveis benefícios da pesquisa envolvem a obtenção de avaliação antropométrica, constando a classificação de seu índice de massa corporal e composição corporal, os quais oferecem informações sobre seu estado nutricional e aptidão física relacionada à saúde, respectivamente. Os resultados em testes físicos relacionados ao seu desempenho no futebol também serão conhecidos.

Com a participação no estudo, será possível obter informações sobre a demanda fisiológica imposta ao seu organismo em função da participação em jogos de futebol. O efeito dos exercícios realizados será caracterizado por meio de avaliações bioquímicas, psicológicas, fisiológicas e de desempenho físico. Os resultados obtidos nos permitirão estudar a aplicabilidade da termografia infravermelha para avaliar o processo de recuperação muscular. Dependendo dos resultados encontrados, esse processo poderá ser monitorado de maneira prática, rápida, não invasiva, com baixo custo, e com um enfoque local sobre os músculos exercitados. Portanto, você será beneficiado diretamente com a participação no estudo, pois indivíduos envolvidos em programas de treinamento necessitam de meios de monitoramento e controle das cargas de treinamento às quais são expostos regularmente, visando melhorar o desempenho esportivo e prevenir lesões.

Quanto aos riscos de participação no estudo:

Como possíveis riscos, o voluntário poderá apresentar um pequeno desconforto pelas punções sanguíneas ou hematomas também podem aparecer no local da extração de sangue, regredindo em poucos dias. A coleta não causará nenhum tipo de limitação à sua rotina diária, pois é extremamente rápida e não demanda jejum prévio. Os materiais utilizados serão novos e descartáveis para evitar qualquer tipo de contaminação. Os riscos da obtenção das amostras sanguíneas serão minimizados, já que ela será realizada por profissionais de saúde experientes e qualificados para esta tarefa.

Riscos gerais que envolvem a prática de atividades físicas devem ser considerados, como lesões musculoesqueléticas. Contudo, os protocolos de exercício utilizados no estudo são controlados e não envolvem contato físico, o que praticamente anula a possibilidade de lesão por contato. Esses exercícios têm sido utilizados em pesquisas, sem relatos prévios de lesão. Possíveis dores musculares e sensação de cansaço normais em decorrência da prática do exercício devem desaparecer entre 2 e 5 dias, caso ocorram.

A obtenção de fotos com câmeras infravermelhas é um método não-invasivo e totalmente seguro. Contudo, serão tomadas medidas preventivas quanto a privacidade do atleta, sendo a aquisição das fotos feita pelo pesquisador/professor responsável pelo treinamento dos participantes. Portanto, a avaliação termográfica não oferecerá risco à sua integridade física e saúde. Para minimizar qualquer possibilidade de constrangimento, esta avaliação será realizada em sala reservada.

A sua integridade física não será colocada em grave risco durante o teste de salto vertical. Apesar de existir a possibilidade mínima de entorse de tornozelo ou lesão muscular, os testes de saltos verticais são regularmente aplicados em pesquisas envolvendo a avaliação da força muscular de membros inferiores, sendo que os riscos associados à sua prática são similares àqueles de atividade cotidianas. Não foram encontrados relatos na literatura de lesão durante a realização do teste.

Ainda assim, caso ocorra alguma lesão durante as sessões experimentais, haverá suporte de equipe de saúde do hospital da EPCAR para atendimento aos participantes.

DÚVIDAS SOBRE O ESTUDO

Em caso de dúvida o senhor poderá entrar em contato com o Prof. Dr. JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS, orientador da pesquisa, no Departamento de Educação Física – Universidade Federal de Viçosa – DES/UFV, na Av. P.H. Hofks, ns/n – Laboratório de Performance Humana (LAPEH), ou pelo telefone (31) 3899-2076, ou ainda no e-mail: jcbouzas@ufv.br

Caso tenha interesse em receber as informações sobre seus resultados, preencha por gentileza os seguintes dados:

Não tenho interesse em receber os resultados.

Tenho interesse em receber minhas informações.

Nome: _____

Data de nascimento: ___/___/____ Sexo: _____ Nacionalidade: _____

Telefone: _____ e-mail: _____

Endereço: _____ Bairro: _____

Cidade: _____ Estado: _____ CEP.: _____

Eu....., declaro estar esclarecido(a) sobre os termos apresentados quanto aos objetivos, dinâmica do estudo, confidencialidade de meus dados, benefícios e riscos, além da possibilidade de recusar minha participação parcial do estudo, ou mesmo solicitar minha exclusão posteriormente. Também fui esclarecido de todas as dúvidas, sei que este projeto busca seguir integralmente a legislação brasileira com seres humanos, lei 466/12. Consinto em participar desta pesquisa e assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse.

Para dúvida ou queixa sobre os aspectos éticos deste estudo poderei entrar em contato com o seguinte setor:

Comitê de ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, CEP/UFV, localizada no Prédio Arthur Bernardes, ou pelo e-mail cep@ufv.br , pelo site www.cep.ufv.br ou ainda pelo telefone: (31) 3899 2492

Alisson Gomes da Silva

(Estudante de doutorado em Educação Física da UFV)

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins

(Assinatura do pesquisador responsável)

(Assinatura do participante)

Viçosa, ____ de _____ de 2019.

Apêndice C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – para os pais ou responsáveis

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO: Pais ou responsáveis

TÍTULO DO PROJETO: TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DO STATUS DE RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO

COORDENADOR DA PESQUISA (Pesquisador responsável):

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins

Dep. Educação Física – UFV

Tel.: 38992076 – jcbouzas@ufv.br

EQUIPE DE TRABALHO:

Alisson Gomes da Silva

Dep. Educação Física – UFV

Tel.: 32 984844969 – alissongs@gmail.com

Seu filho está sendo convidado a participar da pesquisa **TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DO STATUS DE RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO**, cujos objetivos são: testar a hipótese de que a temperatura da pele, mensurada por termografia infravermelha, pode ser um parâmetro fisiológico utilizado para avaliar o *status* de recuperação muscular pós-exercício; analisar o efeito de diferentes volumes de exercício na temperatura da pele no período de recuperação de 2 dias pós-exercício em jovens futebolistas, além de relacionar a resposta da temperatura da pele ao exercício com parâmetros bioquímicos, psicofisiológicos e de desempenho neuromuscular. A participação de seu filho neste estudo é **MUITO IMPORTANTE**, mas a decisão de participar é **VOLUNTÁRIA**, o que significa que o Sr(a) poderá recusar que o seu filho participe do estudo, caso seja de sua vontade ou mesmo do voluntário, bem como o mesmo poderá abandoná-lo a qualquer momento, sem necessidade de se justificar. Ele também poderá se recusar a participar de alguma parte do estudo em especial. Além disso, deve ser compreendido pelas partes que os pesquisadores podem decidir sobre a exclusão dos voluntários do estudo por razões científicas, as quais serão devidamente informadas ao voluntário e aos pais ou responsáveis.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS E ANONIMATO

Garantimos que será mantida a CONFIDENCIALIDADE das informações e o ANONIMATO. Ou seja, o nome de seu filho não será mencionado em hipótese alguma, mesmo em publicações científicas. Informamos que os resultados obtidos irão compor uma base de dados que poderão ser utilizados em outros estudos desenvolvidos pelo grupo dirigido pelo coordenador geral dessa investigação, o prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins.

PROCEDIMENTOS DA DINÂMICA DO ESTUDO.

Toda a dinâmica do estudo ocorrerá na Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR). Na primeira etapa, será realizada uma avaliação antropométrica (peso, estatura, dobras cutâneas) e uma familiarização a um teste de salto vertical. Os dados serão coletados em uma sala reservada, estando presentes somente o avaliado, o avaliador e, se necessário, mais um auxiliar. Para finalizar a etapa inicial, será registrada a distância total percorrida em um teste físico denominado *Yo-Yo intermittent recovery test 1* (Yo-Yo IRT 1), com duração aproximada de 10 a 12 min.

Na segunda etapa seu filho participará de 3 sessões de exercício no campo de futebol, sendo aplicada uma sessão por semana. Ele também será submetido a uma avaliação onde será coletada uma amostra de urina, será extraído aproximadamente 20 ml de sangue, serão obtidas 2 fotos térmicas de membros inferiores (coxa e perna), será perguntado se ele possui dor muscular e o quanto recuperado se sente, e será registrado o seu desempenho no teste de salto vertical. Essa avaliação será realizada 1 dia antes de cada exercício, bem como nos 2 dias após o término de cada exercício, totalizando, portanto, 9 avaliações por participante ao longo de 3 semanas. O procedimento é rápido, sendo realizado em um tempo aproximado de 30 minutos por pessoa, por dia de avaliação.

Ao concluir todas as etapas do estudo, você receberá, caso solicite neste formulário, um relatório individual contendo os resultados obtidos nas avaliações.

INFORMAÇÕES FINANCEIRAS

Os pesquisadores deixam claro que não haverá nenhuma compensação financeira por participar do estudo. Todas as despesas relacionadas com o estudo são de responsabilidade do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da UFV. Em caso de dano associado ou decorrente da pesquisa, haverá direito a indenização.

São considerados como benefícios de sua participação:

Os possíveis benefícios da pesquisa envolvem a obtenção de avaliação antropométrica, constando a classificação de seu índice de massa corporal e composição corporal, os quais oferecem informações sobre seu estado nutricional e aptidão física relacionada à saúde, respectivamente. Os resultados em testes físicos relacionados ao seu desempenho no futebol também serão conhecidos.

Com a participação no estudo, será possível obter informações sobre a demanda fisiológica imposta ao organismo em função da participação em jogos de futebol. O efeito dos exercícios realizados será caracterizado por meio de avaliações bioquímicas, psicológicas, fisiológicas e de desempenho físico. Os dados obtidos nos permitirão estudar a aplicabilidade da termografia infravermelha para avaliar o processo de recuperação muscular. Dependendo dos resultados encontrados, esse processo poderá ser monitorado de maneira prática, rápida, não invasiva, com baixo custo, e com um enfoque local sobre os músculos exercitados. Portanto, seu filho será beneficiado diretamente com a participação no estudo, pois indivíduos envolvidos em programas de treinamento necessitam de meios de monitoramento e controle das cargas de treino às quais são expostos regularmente, visando melhorar o desempenho físico e esportivo, bem como prevenir lesões.

Quanto aos riscos de participação no estudo:

Como possíveis riscos, o voluntário poderá apresentar um pequeno desconforto pelas punções sanguíneas. A coleta não causará nenhum tipo de limitação à rotina diária de seu filho, pois é extremamente rápida e não demanda jejum prévio. Os materiais utilizados serão novos e descartáveis para evitar qualquer tipo de contaminação. Os riscos da obtenção das amostras sanguíneas serão minimizados, já que ela será realizada por profissionais de saúde experientes e qualificados para esta tarefa.

Riscos gerais que envolvem a prática de atividades físicas devem ser considerados, como lesões musculoesqueléticas. Contudo, os protocolos de exercício utilizados no estudo são controlados e não envolvem contato físico, o que praticamente anula a possibilidade de lesão por contato. Esses exercícios têm sido utilizados em pesquisas, sem relatos prévios de lesão. Possíveis dores musculares e sensação de cansaço normais em decorrência da prática do exercício devem desaparecer entre 2 e 5 dias, caso ocorram.

A obtenção de fotos com câmeras infravermelhas é um método não-invasivo e totalmente seguro. Contudo, serão tomadas medidas preventivas quanto a privacidade do atleta, sendo a aquisição das fotos feita pelo pesquisador/professor responsável pelo treinamento dos participantes. Portanto, a avaliação termográfica não oferecerá risco à integridade física e saúde de seu filho. Para minimizar qualquer possibilidade de constrangimento, esta avaliação será realizada em sala reservada.

A integridade física de seu filho não será colocada em grave risco durante o teste de salto vertical. Apesar de existir a possibilidade mínima de entorse de tornozelo ou lesão muscular, os testes de saltos verticais são regularmente aplicados em pesquisas envolvendo a avaliação da força muscular de membros inferiores, sendo que os riscos associados à sua prática são similares àqueles de atividade cotidianas. Não foram encontrados relatos na literatura de lesão durante a realização do teste.

Ainda assim, caso ocorra alguma lesão ou qualquer tipo de problema durante as sessões experimentais, haverá suporte de equipe de saúde do hospital da EPCAR para atendimento aos participantes.

DÚVIDAS SOBRE O ESTUDO

Em caso de dúvida o senhor poderá entrar em contato com o Prof. Dr. JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS, orientador da pesquisa, no Departamento de Educação Física – Universidade Federal de Viçosa – DES/UFV, na Av. P.H.Holfs, ns/n – Laboratório de Performance Humana (LAPEH), ou pelo telefone (31) 3899-2076, ou ainda no e-mail: jcbouzas@ufv.br

Caso tenha interesse em receber as informações sobre os resultados obtidos na pesquisa, preencha por gentileza os seguintes dados:

Não tenho interesse em receber os resultados.

Tenho interesse em receber minhas informações.

Nome: _____

Data de nascimento: ___/___/_____ Sexo: _____ Nacionalidade: _____

Telefone: _____ e-mail: _____

Endereço: _____ Bairro: _____
Cidade: _____ Estado: _____ CEP.: _____

Eu....., declaro estar esclarecido(a) sobre os termos apresentados quanto aos objetivos, dinâmica do estudo, confidencialidade dos dados, benefícios e riscos, além da possibilidade de recusar a participação, total ou parcial, de meu filho ou menor pelo qual sou responsável no estudo, ou mesmo solicitar a exclusão posteriormente. Também fui esclarecido sobre minhas dúvidas, sei que este projeto busca seguir integralmente a legislação brasileira com seres humanos, lei 466/12. Consinto por minha livre e espontânea vontade que meu filho participe desta pesquisa e assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse.

Para dúvida ou queixa sobre os aspectos éticos deste estudo poderei entrar em contato com o seguinte setor:

Comitê de ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, CEP/UFV, localizada no Prédio Arthur Bernardes, ou pelo e-mail cep@ufv.br, pelo site www.cep.ufv.br ou ainda pelo telefone: (31) 3899 2492

Alisson Gomes da Silva

(Estudante de doutorado em Educação Física da UFV)

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins
(Assinatura do pesquisador responsável)

(Assinatura do pai ou responsável pelo voluntário)

Viçosa, ____ de _____ de 2019.

Apêndice D - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO: VOLUNTÁRIO MENOR DE IDADE

TÍTULO DO PROJETO: TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DO STATUS DE RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO

COORDENADOR DA PESQUISA (Pesquisador responsável):

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins

Dep. Educação Física – UFV

Tel.: 31 38992076 – jcbouzas@ufv.br

EQUIPE DE TRABALHO:

Alisson Gomes da Silva

Dep. Educação Física – UFV

Tel.: 32 98484-4969 – alissongs@gmail.com

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DO STATUS DE RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-EXERCÍCIO**, cujos objetivos são: testar a hipótese de que a temperatura da pele, mensurada por termografia infravermelha, pode ser um parâmetro fisiológico utilizado para avaliar o *status* de recuperação muscular pós-exercício; analisar o efeito de diferentes volumes de exercício na temperatura da pele no período de recuperação de 2 dias pós-exercício em jovens futebolistas, além de relacionar a resposta da temperatura da pele ao exercício com parâmetros bioquímicos, psicofisiológicos e de desempenho físico. A sua participação neste estudo é **MUITO IMPORTANTE**, mas a decisão de participar é **VOLUNTÁRIA**, o que significa que você terá o direito de decidir se quer ou não participar, bem como poderá se recusar a participar de alguma parte do estudo em especial, ou ainda poderá abandonar o estudo em qualquer momento sem necessidade de se justificar. Deve ser compreendido que os pesquisadores podem decidir sobre a exclusão de voluntários do estudo por razões científicas, as quais serão informadas ao voluntário e aos pais ou responsáveis.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS E ANONIMATO

Garantimos que será mantida a **CONFIDENCIALIDADE** das informações e o **ANONIMATO**. Ou seja, o seu nome não será mencionado em hipótese alguma, mesmo em publicações científicas. Informamos que os resultados obtidos irão compor uma base de dados que poderão ser utilizados em outros estudos desenvolvidos pelo grupo dirigido pelo coordenador geral dessa investigação, o prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins.

PROCEDIMENTOS DA DINÂMICA DO ESTUDO.

O estudo ocorrerá na Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR). Na primeira etapa, será realizada uma avaliação antropométrica (peso, altura, dobras cutâneas) e um teste de salto vertical. Os dados serão coletados em uma sala reservada, estando presentes somente o avaliado, o avaliador e, se necessário, mais um auxiliar. Para finalizar a etapa inicial, será registrada a sua distância total percorrida em um teste de corrida, com duração aproximada de 10 a 12 min.

Na segunda etapa você participará de 3 sessões de exercício no campo de futebol, sendo aplicada uma sessão por semana. Você também será submetido a uma avaliação onde será coletada uma amostra de urina, poderá ser extraído até 20 ml de sangue, serão obtidas 2 fotos de seus membros inferiores (coxa e perna), será perguntado se você possui dor muscular e o quanto recuperado se sente, e será aplicado o teste de salto vertical. Essa avaliação será realizada 1 dia antes de cada exercício e nos 2 dias após o término de cada exercício, totalizando, portanto, 9 avaliações por participante ao longo de 3 semanas. O procedimento é rápido, sendo realizado em um tempo aproximado de 30 minutos por pessoa, em cada dia.

Ao concluir todas as etapas do estudo, você receberá, caso solicite neste formulário, um relatório individual contendo os resultados obtidos nas avaliações.

INFORMAÇÕES FINANCEIRAS

Os pesquisadores deixam claro que não haverá nenhuma compensação financeira por participar do estudo. Todas as despesas relacionadas com o estudo são de responsabilidade do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da UFV.

São considerados como benefícios de sua participação:

Os possíveis benefícios da pesquisa envolvem inicialmente a obtenção de uma avaliação antropométrica, que oferece informações sobre seu estado nutricional e de aptidão física relacionada à saúde. Os resultados em testes físicos relacionados ao seu desempenho no futebol também serão conhecidos.

Com a participação no estudo, será possível obter informações sobre o nível de desgaste que a participação em jogos de futebol causa em seu organismo. Os dados obtidos nos permitirão estudar o uso de uma tecnologia para avaliar o processo de recuperação muscular. Dependendo dos resultados encontrados, esse processo de recuperação poderá ser monitorado de maneira prática e rápida. Portanto, você será beneficiado diretamente com a participação no estudo, pois indivíduos envolvidos em programas de treinamento necessitam de meios de monitoramento e controle de cargas de treino, visando melhorar o desempenho físico e esportivo, e prevenir lesões.

Quanto aos riscos de participação no estudo:

O participante poderá apresentar um pequeno desconforto pela coleta sanguínea, e hematomas também podem aparecer no local da colheita de sangue, regredindo em poucos dias. A coleta não causará nenhum tipo de limitação à sua rotina diária, pois é extremamente rápida e não requer jejum. Os materiais utilizados serão novos e descartáveis para evitar qualquer tipo de contaminação. Os riscos da obtenção das amostras sanguíneas serão minimizados, já que ela será realizada por profissionais de saúde experientes e qualificados para esta tarefa.

Riscos gerais que envolvem a prática de atividades físicas devem ser considerados, como lesões musculares. Contudo, os exercícios aplicados são controlados e não envolvem contato físico, o que praticamente anula a possibilidade de lesão por contato. Possíveis dores musculares e sensação de cansaço, normais com a prática de exercício, devem desaparecer entre 2 e 5 dias, caso ocorram.

A obtenção de fotos com câmeras térmicas é um método totalmente inofensivo. Contudo, serão tomadas medidas preventivas quanto a sua privacidade, sendo a obtenção das fotos feita pelo pesquisador/professor responsável pelo treinamento dos participantes. Portanto, a avaliação termográfica não oferecerá risco à sua integridade física e saúde. Para minimizar qualquer possibilidade de constrangimento, esta avaliação será realizada em sala reservada.

A sua integridade física não será colocada em grave risco durante o teste de salto vertical. Os riscos associados à sua prática são muito baixos, similares àqueles de atividade cotidianas.

Ainda assim, caso ocorra alguma lesão durante as sessões experimentais, haverá suporte de equipe de saúde do hospital da EPCAR para atendimento aos participantes.

DÚVIDAS SOBRE O ESTUDO

Em caso de dúvida o senhor poderá entrar em contato com o Prof. Dr. JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS, orientador da pesquisa, no Departamento de Educação Física – Universidade Federal de Viçosa – DES/UFV, na Av. P.H. Hofks, ns/n – Laboratório de Performance Humana (LAPEH), ou pelo telefone (31) 3899-2076, ou ainda no e-mail: jcbouzas@ufv.br

Caso tenha interesse em receber as informações sobre seus resultados, preencha por gentileza os seguintes dados:

Não tenho interesse em receber os resultados.

Tenho interesse em receber minhas informações.

Nome: _____

Data de nascimento: ___/___/_____ Sexo: _____ Nacionalidade: _____

Telefone: _____ e-mail: _____

Endereço: _____ Bairro: _____

_____ Cidade: _____ Estado: _____ CEP.: _____

Eu....., declaro estar esclarecido(a) sobre os termos apresentados quanto aos objetivos, dinâmica do estudo, confidencialidade de meus dados, benefícios e riscos, além da possibilidade de recusar minha participação parcial do estudo, ou mesmo solicitar minha exclusão posteriormente. Também fui esclarecido de todas as dúvidas, sei que este projeto busca seguir integralmente a legislação brasileira com seres humanos, lei 466/12. Consinto em participar desta pesquisa e assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse.

Para dúvida ou queixa sobre os aspectos éticos deste estudo poderei entrar em contato com o seguinte setor:

Comitê de ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, CEP/UFV, localizada no Prédio Arthur Bernardes, ou pelo e-mail cep@ufv.br, pelo site www.cep.ufv.br ou ainda pelo telefone: (31) 3899 2492

Alisson Gomes da Silva
(Estudante de doutorado em Educação Física da UFV)

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins
(Assinatura do pesquisador responsável)

(Assinatura do participante)

Viçosa, _____ de _____ de 2019.

ANEXOS

Anexo A – Artigo publicado na revista Motricidade com dados derivados da tese.

Anexo B – Artigo de revisão publicado na Revista Brasileira de Futebol.

Anexo C – Carta de Aprovação da Pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

Anexo D – Termo de Solicitação de Financiamento.

Anexo E – Ficha de produtividade das atividades desenvolvidas no curso.

Anexo A – Artigo publicado na revista Motricidade com dados derivados da tese

Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/motricidade/article/view/27133/19833>

DOI: <https://doi.org/10.6063/motricidade.27133>

ORIGINAL ARTICLE

<https://doi.org/10.6063/motricidade.27133>

Infrared thermography detects soccer-induced residual fatigue: a single-case study

Alisson Gomes da Silva^{1,2*} , Maicon Rodrigues Albuquerque³ , Hamilton Henrique Teixeira Reis¹ ,
Fabrícia Geralda Ferreira^{2,4} , João Carlos Bouzas Marins¹ 

ABSTRACT

We analysed the effect of different volumes of a soccer simulation protocol (SSP) on skin temperature (Tsk), muscle damage, and inflammation to investigate whether thermography can detect residual fatigue. We conducted this single-case study with a 17-year-old soccer player in a military boarding school. The participant performed an SSP twice with different duration (45 min and 90 min). At 24 h pre, 24 h post, and 48 h post each condition, thermograms were taken to measure Tsk overlying quadriceps, hip adductors, hamstrings, and gastrocnemius. Also, blood samples were obtained to quantify both creatine kinase (CK) and C-Reactive Protein (CRP) concentrations. Following the 90-min SSP, Tsk increased during the recovery period in all analysed regions; CK peaked after 24 h (336 U·L⁻¹) with values 273.3% higher than baseline (90 U·L⁻¹), remaining elevated 48 h post-match (185.6%) (257 U·L⁻¹); CRP increased 182.5% after 24 h (1.13 mg·L⁻¹) when compared to baseline (0.40 mg·L⁻¹) and peaked at 48 h post (432.5%) (2.13 mg·L⁻¹). However, following the 45-min SSP, there was no increase in Tsk, CRP, and the CK values did not indicate muscle damage. Thermography is capable of detecting soccer-induced residual fatigue in a young military player. Monitoring Tsk changes via thermography can be a promising non-invasive approach to monitoring muscle recovery status.

KEYWORDS: muscle fatigue; skin temperature; soccer; sports medicine.

Anexo B – Artigo de revisão publicado na Revista Brasileira de Futebol

Disponível em: <https://www.rbf.ufv.br/index.php/RBFutebol/article/view/368>



Rev Bras Futebol 2022; v. 15, n. 3, 3 – 20.

**BASES FISIOLÓGICAS DA APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA PARA CONTROLE DE CARGA NO
FUTEBOL: UMA BREVE REVISÃO**

**PHYSIOLOGICAL BASIS OF THE THERMOGRAPHY APPLICATION FOR TRAINING LOAD
CONTROL IN SOCCER. A BRIEF REVIEW**

Alisson Gomes da Silva

Escola Preparatória de Cadetes do Ar

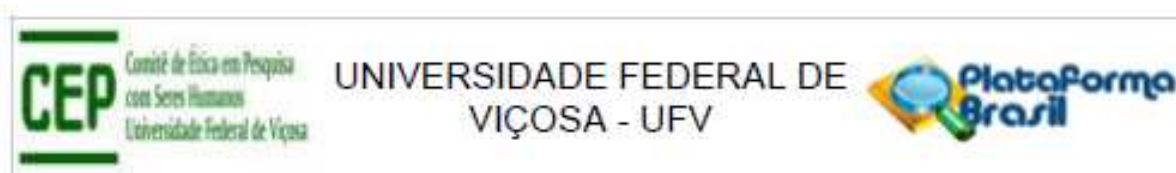
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física UFV/UFJF

Hamilton Henrique Teixeira Reis

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física UFV/UFJF

João Carlos Bouzas Marins

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física UFV/UFJF

Anexo C – Carta de Aprovação da Pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

Continuação do Parecer: 3.303.938

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 06 de Maio de 2019

Assinado por:

**Maria da Conceição Aparecida Pereira Zolnier
(Coordenador(a))**

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-900
UF: MG **Município:** VICOSA
Telefone: (31)3899-2492 **E-mail:** cep@ufv.br

ANEXO D – Termo de Solicitação de Financiamento



Termo da solicitação
Edital Nº 01/2016 - Demanda Universal

Processo:
APQ-02948-16

Situação do processo:
Em Execução

Natureza da solicitação:
Demanda Universal

Data do documento:
30/05/2019 11:50:14

Número SEI:
Não se aplica

Validador:
21E6809A-101B-485A-A304-F754CEA8B9AC

Dados pessoais do coordenador

Nome:
JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS

Data de nascimento:
23/06/1964

Naturalidade:
RIO DE JANEIRO

CPF:
785.412.717-49

Telefones de contato:
Celular: (31)9965-3195 | Residencial: 31 38914816 | Comercial: (31)3899-2249

E-mail:
jcbouzas@ufv.br

Curriculo Lattes:
<http://lattes.cnpq.br/1117204134025649>

Endereço residencial:
R. José Valentino da Cruz nº 54 D ap. 803

CEP:
36570000

Município:
VICOSA

Maior titulação:
Doutor

Curso:
Bases Fisiológicas da Nutrição

Instituição:
Universidad de Murcia

Ano de obtenção do título:
2000

Banco:
CAIXA ECONOMICA FEDERAL

Agência:
584

Conta corrente:
235274

PIS/PASEP:
10879402196

Dados profissionais do coordenador

Instituição de trabalho atual:
Universidade Federal de Viçosa

Data de admissão:
01/02/1992

Regime de trabalho:
DE

Área de conhecimento:
EDUCAÇÃO FÍSICA

Anexo E – Ficha de produtividade das atividades desenvolvidas no curso

DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

 Universidade Federal de Viçosa	 Universidade Federal de Juiz de Fora
Universidade Federal de Viçosa Departamento de Educação Física	Universidade Federal de Juiz de Fora Faculdade de Educação Física e Desportos

FOLHA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO CURSO

1. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

1. **SILVA, A. G.**; ALBUQUERQUE, M. R.; REIS, H. H. T.; FERREIRA, F. G.; MARINS, J. C. B. Infrared thermography detects soccer-induced residual fatigue: a single-case study. *Motricidade*, v. 18, n. 2, p. 191-198, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.27133>

Origem:

[x] Trabalho originário do texto da tese.

2. **SILVA, A. G.**; ALBUQUERQUE, M. R.; BRITO, C. J.; STROPPA, G. M.; OLIVEIRA, S. M. A.; SILLERO-QUINTANA, M. ; MARINS, J. C. B. Effect of Whole-, Upper-, and Lower-Body High-Intensity rowing exercise on skin temperature measured by thermography. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2022. doi: 10.1080/02701367.2021.1964696

Origem:

[x] Trabalho originário do texto da dissertação de mestrado.

3. **SILVA, A. G.**; REIS, H. H. T.; MARINS, J. C. B. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Futebol*, v. 15, p. 3-20, 2022.

Origem:

[x] Trabalho originário da revisão de literatura para a tese.

4. REIS, H. H. T.; BRITO, C. J.; **SILVA, A. G.**; SILLERO-QUINTANA, M.; REIS, V. E. T.; WERNECK, F. Z.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; CERQUEIRA, M. S.; MARINS, J. C. B. Can body mass index influence the skin temperature of adolescents? A preliminary study with the use of infrared thermography. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 2022, 24:e89769. <http://doi.org/10.1590/1980-0037.2022v24e89769>

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

5. REIS, H. H. T.; BRITO, C. J.; **SILVA, A. G.**; SILLERO-QUINTANA, M.; REIS, V. E. T.; WERNECK, F. Z.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; CERQUEIRA, M. S.; MARINS, J. C. B. Can the Body Mass Index influence the skin temperature of adolescents assessed by infrared thermography? *Journal of Thermal Biology*. 2023; 111:103424. doi:

10.1016/j.jtherbio.2022.103424. Epub 2022

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

6. REIS, H. H. T.; BRITO, C. J.; SILVA, A. G.; SILLERO-QUINTANA, M. WERNECK, F. Z.; FERNANDEZ-CUEVAS, I.; CERQUEIRA, M. S; MARINS, J. C. B. Influencia de los parámetros antropométricos y de la composición corporal en las imágenes termográficas. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 2022.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

7. NOGUEIRA, C. J.; SILVA, A. G.; BRANDÃO, P. P.; VALE, R. G. S.; APOSTOLOPOULOS, N. C.; DANTAS, E. H. M. Acute inflammatory responses induced by flexibility training with two different intensities. *Motricidade*, v. 18, n. 2, p. 246-253, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.27698>

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

8. MARINHO, J. P. R.; CERQUEIRA, M. S.; REIS, H. H. T.; BARA FILHO, M. G.; SILVA, A. G.; REZENDE, C. M.; MARINS, J. C. B. Caracterização térmica em atletas profissionais de voleibol. *Motricidade*, v. 18, n. 2, p. 254-261, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.27700>

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

9. PEDROSA, I.; LUCIA, C. M. D.; SILVA, A. G.; RODRIGUES, P. H. S.; DIAS, F. A. M.; BARBOSA, P. F.; MARINS, J. C. B. Creatine improves anaerobic performance and promotes anthropometric changes in Brazilian college soccer players. *Archivos de Medicina del Deporte*, v. 39, n. 4, p. 204-212, 2022. doi: 10.18176/archmeddeporte.00092

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

10. PEDROSA, I.; SILVA, A. G.; MARINS, J. C. B. Suplementação de creatina. Fundamentos teóricos para o seu consumo no futebol como estratégia ergogênica nutricional. *Revista Brasileira de Futebol*, v. 14, p. 3-19, 2021.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

11. NOGUEIRA, P. H. R; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, S. A. F.; SILLERO-QUINTANA, M.; MARINS, J. C. B. Impact of airflow on body cooling in exercise: an exploratory study. *Archivos de Medicina del Deporte*, v. 38, p. 261, 2021.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

12. NOGUEIRA, C. J.; SILVA, A. G.; ENCARNAÇÃO, S. G. A.; FIGUEIRÊDO, D. L.; DANTAS, E. H. M. Recomendações para a prática do treinamento de resistência muscular em idosos durante a pandemia do COVID-19. *Educación Física y Ciencia*, v. 23, p. e195, 2021.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

13. DIAS, F. A. M.; MARINS, J. C. B.; VIEIRA, S. G.; SILVA, A. G.; NOGUEIRA, C. J. Comportamento da temperatura da pele no exercício por meio da termografia infravermelha: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 29, p. 1, 2021.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

14. REZENDE, C. M.; **SILVA, A. G.**; ENCARNAÇÃO, S. G. A.; CARNEIRO JÚNIOR, M. A.; MARINS, J. C. B. Análise da simetria térmica em atletas de natação de alto rendimento. *Pan American Journal of Medical Thermology*, v. 6, p. 21-29, 2021.

Origem:

[x] Trabalho originário de disciplina do doutorado.

15. VIEIRA, S. G.; SILLERO-QUINTANA, M.; **SILVA, A. G.**; MARINS, K. O.; MARINS, J. C. B. Thermographic response resulting from strength training: a preliminary study. *Apunts Sports Medicine*, v. 55, p. 120-127, 2020.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

16. ALMEIDA JR, H.; KARASAWA, E. K.; RODRIGUES, T. M. A.; **SILVA, A. G.**; BASTOS, A. A.; ALMEIDA, M. B.; BRAGANCA, M. M. V.; NASCIMENTO, R. C.; HAIACHI, M. C. Quality of life in tai chi chuan practitioners in regions of Brazil. *Scientia Plena*, v. 16, p. 1-7, 2020.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

17. NOGUEIRA, C. J.; SAMPAIO, A. O.; **SILVA, A. G.**; SENNA, G. W.; CONCEIÇÃO, M. C. S. C.; BRANDÃO, P. P.; DANTAS, E. H. M. Amplitude de movimento de militares submetidos a 12 semanas de alongamento com diferentes intensidades. *Educación Física y Ciencia*, v. 22, p. e135, 2020.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

18. ALMEIDA JR, H.; BASTOS, A. A.; MARTINS, F. J. A.; SOUZA, R. F.; MARTINS, C. O. D.; **SILVA, A. G.**; SOUSA, T. A.; REGI, R. P. Comparison of the thermal profile of judokas and Brazilian jiu-jitsu athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, v. 19, p. 3-7, 2019.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

19. ALMEIDA JR, H.; BASTOS, A. B.; MARTINS, F. J. A.; SOUZA, R. F.; MARTINS, C. O. D.; **SILVA, A. G.**; SOUSA, T. A.; REGI, R. P. Effect of the Global Active Stretching (SGA®) for restoring the normal values of thermal asymmetry. *Journal of Physical Education and Sport*, v. 19, p. 1453, 2019.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

2. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS ACEITOS EM PERIÓDICOS

DIAS, F. A. M.; **SILVA, A. G.**; MARINS, J. C. B.

TÍTULO: Perfil térmico de membros inferiores de futebolistas: uma comparação entre jovens atletas e profissionais.

REVISTA: Revista Brasileira de Educação Física e Esportes.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

3. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS

Todos os artigos submetidos foram publicados ou aceitos.

4. LIVROS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

Não há.

5. PARTICIPAÇÃO EM CAPÍTULO DE LIVROS PUBLICADOS

Não há.

6. PARTICIPAÇÃO EM JORNAIS DE NOTÍCIAS OU REVISTAS

Não há.

7. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS, SEMINÁRIOS, CURSOS, SIMPÓSIOS COMO PALESTRANTE

Evento: Semana Acadêmica da Educação Física

Título: Aplicações da termografia infravermelha no esporte.

Data: 2 de novembro de 2019.

Local: Viçosa - MG.

Órgão promotor: Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa.

Público estimado: Não contabilizado.

8. RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS

Resumos derivados de dados da tese:

SILVA, A. G.; ALBUQUERQUE, M. R.; REIS, H. H. T.; FERREIRA, F. G.; MARINS, JOÃO CARLOS BOUZAS. Efeito de diferentes volumes de uma partida simulada de futebol na temperatura da pele de jovens jogadores. In: 9º Soccer Experience, 2021, Viçosa. Anais do 9º Soccer Experience, 2021. v. 14. p. 1-51. **(PREMIADO ENTRE OS MELHORES RESUMOS).**

SILVA, A. G.; MARINS, J. C. B.; REIS, H. H. T.; FERREIRA, F. G.; ALBUQUERQUE, M. R. Termografia infravermelha detecta fadiga residual induzida pelo futebol: um estudo de caso. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2021, Viçosa. Anais do Simpósio de Integração Acadêmica, 2021.

DIAS, F. A. M.; SILVA, A. G.; REIS, H. H. T.; FERREIRA, F. G.; MARINS, J. C. B. Resposta psicofisiológica de jovens jogadores a um protocolo de simulação da demanda física do futebol. In: 9º Soccer Experience, 2021, Viçosa. Anais do 9º Soccer Experience, 2021. v. 14. p. 1-21.

REIS, H. H. T.; SILVA, A. G.; FERREIRA, F. G.; REZENDE, C. M.; MARINS, J. C. B. Capacidade de marcadores psicofisiológicos e de desempenho de identificar fadiga residual após jogo simulado de futebol em jovens jogadores. In: XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019, Rio de Janeiro. XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019. v. 88. **(PREMIADO COMO MELHOR RESUMO DO SIMPÓSIO).**

SILVA, A. G.; REIS, H. H. T.; FERREIRA, F. G.; REZENDE, C. M.; MARINS, J. C. B. Termografia infravermelha como ferramenta de monitoramento da recuperação muscular pós-jogo de futebol em jovens jogadores. In: XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da

EsEFEx, 2019, Rio de Janeiro. Anais do XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019. v. 88.

Resumos derivados de outras parcerias:

SANTOS, A. L. C. M.; FERREIRA, P. F.; SENA, M. A. B.; BALBINO, A. S.; ROSA, S. E.; SILVA, A. T. B.; SOUZA, L. L. P. T. S.; DOIMO, L. A.; CARVALHO, A. J.; **SILVA, A. G.**; FERREIRA, F. G. Efeito de 12 semanas de treinamento cross operacional no tecido adiposo visceral de militares do exército brasileiro. In: XX Simpósio Internacional de Atividades Físicas, 2021, Rio de Janeiro. Anais do XX Simpósio Internacional de Atividades Físicas, 2022.

NOGUEIRA, C. J.; **SILVA, A. G.**; BRANDAO, P. P.; VALE, R. G. S.; DANTAS, E. H. M. Acute inflammatory response induced by flexibility training. IX Scientific Meeting of the Laboratory of Biosciences of Human Motricity and 1st International Congress of Internal and Physical Exercise. European Academic Research, vol. X, Issue 6.1, conference volume, September 2022.

DIAS, F. A. M.; **SILVA, A. G.**; MARINS, J. C. B. Perfil termográfico de membros inferiores de jovens jogadores de futebol. In: III Simpósio de Pesquisa em Educação Física, 2020, Montes Claros. Anais do III Simpósio de Pesquisa em Educação Física, v. 3, n. 3, p. 14, 2020. (**PREMIADO ENTRE OS MELHORES RESUMOS**).

DIAS, F. A. M.; **SILVA, A. G.**; MARINS, J. C. B. Mapeamento termográfico da região do joelho de jovens jogadores de futebol. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2021, Viçosa. Anais do Simpósio de Integração Acadêmica, 2020.

SILVA, A. G.; MARINS, J. C. B.; DIAS, F. A. M. Comparação da temperatura irradiada da pele e nível de simetria térmica contralateral da região patelar entre jovens futebolistas de base e profissionais. In: 1^o Simpósio Mineiro de Futebol de Base, 2020, Florestal. Anais do 1^o Simpósio Mineiro de Futebol de Base e Iniciação Científica. Viçosa: Rev Bras Futebol, 2020. v. 13. p. 84.

DIAS, F. A. M.; **SILVA, A. G.**; MARINS, J. C. B. O perfil térmico de membros inferiores de jogadores de futebol profissional é diferente de jogadores sub-20? In: 1^o Simpósio Mineiro de Futebol de Base, 2020, Florestal. Anais do 1^o Simpósio Mineiro de Futebol de Base e Iniciação Científica. Viçosa: Rev Bras Futebol, 2020. v. 13. p. 80.

DIAS, F. A. M.; **SILVA, A. G.**; MARINS, J. C. B. Comparação das diferenças térmicas contralaterais de membros inferiores entre futebolistas da categoria sub-20 e profissionais. In: 1^o Simpósio Mineiro de Futebol de Base, 2020, Florestal. Anais do 1^o Simpósio Mineiro de Futebol de Base e Iniciação Científica. Viçosa: Rev Bras Futebol, 2020. v. 13. p. 82.

REIS, H. H. T.; MARINS, J. C. B.; **SILVA, A. G.**; CERQUEIRA, M. S. Influência do índice de massa corporal na temperatura irradiada da pele: um estudo preliminar. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2020, Viçosa. Anais do Simpósio de Integração Acadêmica, 2020.

MARINHO, J. P. R.; MARINS, J. C. B.; **SILVA, A. G.**; REIS, H. H. T.; CERQUEIRA, M. S.; BARA FILHO, M. G. Caracterização Térmica em Atletas Profissionais de Voleibol. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2020, Viçosa. Anais do Simpósio de Integração Acadêmica, 2020.

PEDROSA, I.; MARINS, J. C. B.; LUCIA, C. M. D.; **SILVA, A. G.**; DIAS, F. A. M.; RODRIGUES, P. H. S. Efeitos da suplementação de creatina na composição corporal e desempenho de jogadores de futebol. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2020, Viçosa. Anais do Simpósio de Integração Acadêmica, 2020.

BRANDAO, P. P.; NOGUEIRA, C. J.; **SILVA, A. G.**; CONCEICAO, M. C.; SENNA, G. W.; DANTAS, E. H. M. Effects of two Different Stretching Methods Program on Range of Motion in

Militaries. In: Annual Meeting, World Congress on Exercise is Medicine® and World Congress on the Basic Science of Exercise, Circadian Rhythms and Sleep, 2019, Orlando. Anais do 66º Encontro Anual do Colégio Americano de Medicina do Esporte, 2019. v. 9. p. 647.

FERREIRA, F. G.; SILVA, A. G. Estado de Hidratação de jovens jogadores antes de partida de futebol em competição militar. In: XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019, Rio de Janeiro. Anais do XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019. v. 88.

KAVGIAS, G. O.; RUSSO, L. Z.; SILVA, A. G.; COUTINHO, A. B. B; MARSON, R. A; GUINDANE, G. Influência do condicionamento aeróbico na precisão de tiro em militares da Força Aérea Brasileira. In: XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019, Rio de Janeiro. Anais do XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019. v. 88.

NOGUEIRA, C. J.; SILVA, A. G.; BRANDAO, P. P.; DANTAS, E. H. M. Efeitos do treinamento físico militar sobre o percentual de gordura e índice de massa corporal de pré-cadetes. In: 4º Congresso Internacional de Atividade Física, Nutrição e Saúde - CIAFIS, 2018, Aracajú. Anais do 4º Congresso Internacional de Atividade Física, Nutrição e Saúde - CIAFIS, 2018. p. 33.

9. VISITAS TÉCNICAS, INTERCÂMBIOS OU ESTÁGIOS

Não há.

10. ORIENTAÇÕES

Não há.

11. PARTICIPAÇÃO EM BANCAS

Não há.

12. AULAS MINISTRADAS DE GRADUAÇÃO NA UFV OU UFJF

Nome da disciplina: Fisiologia Aplicada ao Esporte (EFI 319)

Carga horária: 3 h