

FELIPE AUGUSTO MATTOS DIAS

**EFEITO DE UM PROTOCOLO DE SPRINTS REPETIDOS NA TEMPERATURA
IRRADIADA DA PELE, MARCADORES DE DANO MUSCULAR E DE ESTADO DE
FADIGA**

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

Orientador: João Carlos Bouzas Marins

Coorientador: Alisson Gomes da Silva

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

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

T

D541e
2024

Dias, Felipe Augusto Mattos, 1998-
Efeito de um protocolo de sprints repetidos na temperatura irradiada da pele, marcadores de dano muscular e de estado de fadiga / Felipe Augusto Mattos Dias. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (164 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Orientador: João Carlos Bouzas Marins.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Educação Física, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.548>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Temperatura corporal. 2. Medicina esportiva. 3. Atletas universitários. 4. Futebol - Treinamento técnico. 5. Futsal - Treinamento técnico. 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. 612.01446

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB-6/2523


FELIPE AUGUSTO MATTOS DIAS

EFEITO DE UM PROTOCOLO DE SPRINTS REPETIDOS NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE, MARCADORES DE DANO MUSCULAR E DE ESTADO DE FADIGA


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

APROVADA: 21 de agosto de 2024.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente:
 FELIPE AUGUSTO MATTOS DIAS
Data: 29/08/2024 16:18:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Felipe Augusto Mattos Dias
Autor

Documento assinado digitalmente:
 JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS
Data: 29/08/2024 14:42:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

João Carlos Bouzas Marins
Orientador

Aos meus pais e a minha avó.

AGRADECIMENTOS

À medida que concluo esta dissertação, é com imensa gratidão que gostaria de reconhecer todos aqueles que contribuíram de alguma forma para esta jornada, direta ou indiretamente todos vocês foram essenciais durante esta trajetória.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado saúde, sabedoria, força e amparo ao longo de todo caminho.

À minha avó, que com muita sabedoria, carinho, esforço e amor incondicional me forneceu a base necessária para alcançar este marco e me inspirou ao longo de todo o processo. Sua presença na minha vida é um dos meus maiores tesouros. Aos meus pais, pelo apoio e dedicação, vocês sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidava de mim mesmo, e por isso, serei eternamente grato. Às minhas tias Marcela e Débora, por todo o suporte emocional, ajuda financeira e incentivo que tanto me ajudaram a seguir em frente.

À minha namorada, minha parceira de todas as horas, que me deu forças nos momentos mais difíceis e celebrou comigo cada pequena conquista, minha eterna gratidão. Serei eternamente grato por seu amor, cuidado, dedicação, paciência e compreensão. Você esteve ao meu lado nos momentos mais desafiadores, oferecendo apoio inabalável, uma palavra de aconchego e me incentivando a continuar.

A todos meus amigos/irmãos de república (Zi, Huguinho, Valentin, Goleiro e Toninho), que se tornaram uma família durante essa trajetória. Compartilhamos muitas risadas, dias difíceis, desafios e vitórias, a convivência diária com vocês tornou os anos de estudo mais leves e cheios de momentos inesquecíveis. Aos amigos que conheci ao longo dessa trajetória, agradeço pela amizade, companheirismo e apoio em todas as fases deste percurso, cada um de vocês deixou ficarão marcados na minha vida. Suas diferentes perspectivas e experiências enriqueceram minha visão de mundo e tornaram esta caminhada mais significativa.

Aos colegas e membros do Laboratório de Performance Humana, pelas trocas e contribuições ao longo desta jornada. A toda equipe de voluntários (Iasmin, Hugo, Belluco, Ana Luiza, Isis, Dudinha, Carol e Geysa) que colaboraram durante a coleta de dados.

Aos voluntários e colegas que colaboraram na pesquisa, o meu muito obrigado pela disposição, disponibilidade, confiança, paciência e valiosas contribuições, sem as quais este trabalho não teria sido possível. A dedicação e o empenho de vocês foram fundamentais para o desenvolvimento e sucesso deste projeto.

Aos atletas e comissão técnica do futsal da LUVÉ, agradeço por se dedicarem e confiarem em mim e no meu trabalho durante todos esses anos, enriquecendo enormemente a minha formação profissional e pessoal.

Ao Alisson, pela coorientação, disponibilidade, dedicação, responsabilidade, paciência e valiosa colaboração na construção deste trabalho, deixo aqui meu sincero agradecimento. Ter você como coorientador foi fundamental. Jamais esquecerei de todos os conselhos, ensinamentos e dicas de vida.

Por fim, ao João, que foi mais que um orientador, meu eterno reconhecimento e agradecimento. Sua orientação foi essencial não só academicamente e profissionalmente, mas também pessoalmente, guiando-me com muita paciência, motivação e sabedoria. Sem você, este trabalho certamente não teria alcançado a mesma qualidade e profundidade. Serei eternamente grato por todas as suas contribuições em minha vida. Guardarei para sempre todas as dicas, momentos, oportunidades, puxões de orelha e experiências. Obrigado por todo conhecimento compartilhado, apoio, dedicação e empenho.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Educação Física e ao Laboratório de Performance Humana pela oportunidade de realizar a pós-graduação e pela estrutura fornecida.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Carrefour/Sitawe, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos, meu mais sincero muito obrigado. Esta dissertação é, em muitos aspectos, um trabalho coletivo, e sou imensamente grato por cada um de vocês ter feito parte desta jornada.

“Nunca considere os estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade para penetrar no belo e maravilhoso mundo do saber”.

(Albert Einstein)

“A vida é uma oportunidade, aproveite-a. A vida é beleza, admire-a. A vida é um sonho, realize-o”.

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

DIAS, Felipe Augusto Mattos Dias, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2024. **Efeito de um protocolo de sprints repetidos na temperatura irradiada da pele, marcadores de dano muscular e de estado de fadiga.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientador: Alisson Gomes da Silva.

Essa dissertação teve o objetivo de analisar os impactos de um protocolo de sprints repetidos na temperatura irradiada da pele (TIP) e na resposta de indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromuscular em futebolistas, salonistas e em indivíduos sedentários. Para isso, foram desenvolvidos três estudos. No primeiro, foi apresentado, por meio de uma revisão narrativa, as ferramentas mais utilizadas no futebol e no futsal para avaliar o dano muscular, o estado de fadiga e a recuperação. O conteúdo tomou como referência uma busca na base de dados *Pubmed* e foi estruturado em seis tópicos: a) Biomarcadores sanguíneos; b) Circunferência dos membros c) Escalas psicométricas; d) Performance em Testes físicos; e) Termografia Infravermelha (TI) f) Variabilidade da Frequência cardíaca (VFC). Ao longo de cada tópico, foram debatidos a fundamentação teórica, o momento de avaliação e os valores de referência de cada um dos parâmetros. Os resultados nos permitem concluir que a avaliação de um conjunto de indicadores ajuda a caracterizar o dano muscular, a fadiga e qualidade de recuperação de forma mais abrangente, pois cada sintoma se relaciona a algum marcador fisiológico específico. Além disso, foi observado que algumas ferramentas apresentadas já possuem um certo nível de evidência, o que torna sua aplicação no contexto prático bem estabelecida, como é caso de grande parte dos biomarcadores, da TI, do salto com contramovimento e da VFC. No entanto, outros parâmetros, como a análise da circunferência dos membros, alguns biomarcadores, como a relação testosterona/cortisol, e até mesmo alguns testes de desempenho físico como o sprint, exigem um maior nível de evidência científica, garantindo assim um maior grau de confiabilidade e assertividade das avaliações realizadas. No segundo estudo, o objetivo foi caracterizar o perfil termográfico de jovens universitários sedentários, bem como de futebolistas e salonistas universitários, auxiliando na investigação de como variações do perfil térmico podem estar associadas ou não a prática de atividades esportivas em nível recreativo. A amostra foi composta por 30 universitários homens divididos em três grupos, sendo eles, futebolistas, salonistas e sedentários. Através do software ThermoHuman® a TIP de 14 regiões corporais de interesse (RCI) localizadas nos membros inferiores foi analisada. Os valores médios de TIP de cada RCI foram utilizados na análise estatística. A anova *two-way* e o post-hoc de Bonferroni foram utilizados para verificar o efeito

da dominância podal e do grupo nos valores de TIP de cada RCI. Para estabelecer um referencial de perfil térmico, foi proposta uma curva percentil com os percentis 5, 15, 50, 85 e 95. Os resultados indicam que não houve diferença significativa nos valores de TIP entre os lados dominante e não dominante em todas as RCI analisadas. Além disso, não foi observada interação significativa entre dominância e grupo. Foi observado efeito do fator grupo apenas para a RCI do gastrocnêmio externo; a análise de post-hoc mostrou que o grupo de salonista apresentou valor significativamente maior de TIP nesta RCI em comparação ao grupo futebolistas. Assim, pode-se concluir que os universitários avaliados apresentam respostas térmicas similares em repouso. Os níveis de simetria térmica contralateral são $<0,4^{\circ}\text{C}$. O nível de atividade física, a especificidade do treinamento e a dominância não influenciaram as respostas termográficas. No terceiro estudo, analisou-se os impactos de um protocolo de sprints repetidos na TIP e na resposta de indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromuscular em futebolistas, salonistas e em indivíduos sedentários. A amostra foi composta por 30 universitários homens divididos em três grupos, sendo eles, futebolistas, salonistas e sedentários. Os participantes realizaram um protocolo de intervenção constituído por 15 sprints máximos de 30m, com intervalo de recuperação de 1' entre sprints (15x30m/1'). Tanto 48 horas e imediatamente antes da intervenção, quanto 24h e 48h após a intervenção, os avaliados passaram pelos seguintes procedimentos: avaliações termográficas de membros inferiores, coleta de biomarcadores sanguíneos (Creatina Quinase (CK), Proteína C reativa (PCR-us), e Ácido Úrico (AU)), classificação da percepção subjetiva da dor e estado de fadiga, avaliação do desempenho neuromuscular (CMJ) e análise da circunferência da coxa e da perna. Os valores médios de TIP de cada RCI foram utilizados na análise estatística. A anova de medidas repetidas de dois fatores (3 grupos vs. 4 momentos) com post hoc de Bonferroni, com ajuste para comparações múltiplas, foi utilizada para comparar a TIP, respostas bioquímicas, circunferência dos membros, CMJ, estado de fadiga e nível de dolorimento entre os grupos nos diferentes momentos analisados. Os resultados mostram que não foi observado um efeito significativo do fator grupo para nenhuma das variáveis analisadas. Com relação às análises do fator tempo, os resultados indicam que o protocolo de sprints repetidos ocasionou dano muscular e processo inflamatório, que pode ser observado através das respostas de CMJ, CK, AU, PCR-us, QTR, Dor, Circunferências e na TIP do tibial medial. Em conclusão, o protocolo 15x30m/1' provocou dano muscular nos universitários avaliados. Os resultados nos permitem concluir que o nível de atividade física e a especificidade do treinamento não influenciaram as respostas dos marcadores avaliados, com exceção da QTR. Por fim, com relação à TI, os achados mostram que a TIP não foi um indicador sensível para detectar o dano muscular

induzido pelo protocolo de sprints repetidos em atletas universitários de futebol e futsal, bem como, universitários sedentários.

Palavras-chave: Temperatura Cutânea. Medicina Esportiva. Atletas universitários. Futebol. Futsal.

ABSTRACT

DIAS, Felipe Augusto Mattos Dias, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2024. **Effect of a repeated sprint protocol on radiated skin temperature and markers of muscle damage and fatigue state.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-advisers: Alisson Gomes da Silva.

This dissertation aimed to analyze the impacts of a repeated sprints protocol on skin irradiated temperature (SIT) and the response of indicators of muscle damage, fatigue status, and neuromuscular performance in soccer players, futsal players, and sedentary individuals. To achieve this, three studies were conducted. In the first study, a narrative review presented the most commonly used tools in soccer and futsal to assess muscle damage, fatigue status, and recovery. The content was based on a search in the PubMed database and structured into six topics: a) Blood biomarkers; b) Limb circumference; c) Psychometric scales; d) Performance in physical tests; e) Infrared Thermography (IT); f) Heart Rate Variability (HRV). Throughout each topic, the theoretical foundation, evaluation timing, and reference values for each parameter were discussed. The results allow us to conclude that assessing a set of indicators helps to more comprehensively characterize muscle damage, fatigue, and recovery quality, as each symptom relates to a specific physiological marker. Additionally, it was observed that some of the tools presented already have a certain level of evidence, which makes their application in practical contexts well established, such as most biomarkers, IT, countermovement jump, and HRV. However, other parameters, such as limb circumference analysis, some biomarkers like the testosterone/cortisol ratio, and even some physical performance tests like sprints, require a higher level of scientific evidence to ensure greater reliability and accuracy of the assessments conducted. In the second study, the objective was to characterize the thermographic profile of sedentary university students, as well as university soccer and futsal players, aiding in the investigation of how variations in the thermal profile may or may not be associated with recreational sports activities. The sample consisted of 30 male university students divided into three groups: soccer players, futsal players, and sedentary individuals. Using ThermoHuman® software, the SIT of 14 regions of interest (ROI) located on the lower limbs was analyzed. The average SIT values of each ROI were used in the statistical analysis. Two-way ANOVA and Bonferroni post-hoc tests were employed to verify the effect of foot dominance and group on the SIT values of each ROI. To establish a thermal profile reference, a percentile curve was proposed with the 5th, 15th, 50th, 85th, and 95th percentiles. The results indicate that there was no significant difference in SIT values between the dominant and non-dominant sides in all analyzed ROIs. Furthermore, no significant interaction between dominance and group was observed. A group effect was observed only for

the external gastrocnemius ROI; the post-hoc analysis showed that the futsal group had a significantly higher SIT value in this ROI compared to the soccer group. Thus, it can be concluded that the university students evaluated exhibit similar thermal responses at rest. The levels of contralateral thermal symmetry are $<0.4^{\circ}\text{C}$. The level of physical activity, training specificity, and dominance did not influence the thermographic responses. In the third study, the impacts of a repeated sprints protocol on SIT and the response of indicators of muscle damage, fatigue status, and neuromuscular performance in soccer players, futsal players, and sedentary individuals were analyzed. The sample consisted of 30 male university students divided into three groups: soccer players, futsal players, and sedentary individuals. The participants underwent an intervention protocol consisting of 15 maximal 30m sprints, with a 1-minute recovery interval between sprints (15x30m/1'). Evaluations were conducted 48 hours and immediately before the intervention, as well as 24h and 48h after the intervention. The procedures included thermographic evaluations of the lower limbs, blood biomarker collection (Creatine Kinase (CK), C-reactive protein (CRP-us), and Uric Acid (UA)), subjective pain perception and fatigue status classification, neuromuscular performance evaluation (CMJ), and thigh and leg circumference analysis. The average SIT values of each ROI were used in the statistical analysis. A two-way repeated measures ANOVA (3 groups vs. 4 time points) with Bonferroni post-hoc, adjusted for multiple comparisons, was used to compare SIT, biochemical responses, limb circumference, CMJ, fatigue status, and pain level between groups at different time points. The results show that no significant group effect was observed for any of the analyzed variables. However, regarding the time factor, the results indicate that the repeated sprints protocol caused muscle damage and triggered an inflammatory process, which can be observed through the responses of CMJ, CK, UA, CRP-us, SIT, Pain, Circumference, and SIT of the medial tibia. No significant effect was observed in the other analyzed ROIs. In conclusion, the 15x30m/1' protocol caused muscle damage in the university students evaluated. The results allow us to conclude that the level of physical activity and training specificity did not influence the responses of the evaluated markers, except for SIT. Finally, regarding IT, the findings show that SIT was not a sensitive indicator for detecting muscle damage induced by the repeated sprints protocol in university soccer and futsal athletes, as well as sedentary university students.

Keywords: Skin Temperature. Sports Medicine. University Athletes. Soccer. Futsal.

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1	34
Figura 1. Mensuração da circunferência da coxa (A) e da perna (B).....	44
Figura 2. Execução do teste de salto com contramovimento.....	51
Figura 3. Imagem termográfica das faces anterior (A) e posterior (B) com normalidades térmicas.....	54
Figura 4. Imagem termográfica das faces anterior (A) e posterior (B) com assimetrias térmicas localizadas.....	55
Artigo 2	77
Figura 1. Ambiente de coleta dos termogramas.....	84
Figura 2. Termogramas dos membros inferiores, vista anterior (A) e posterior (B), destacando as RCI para avaliação da temperatura da pele.....	85
Figura 3. Bloxplots para os percentis 5, 15, 50, 85 e 90 de temperatura irradiada da pele de universitários atletas e não atletas.....	90
Figura 4. Bloxplots para os percentis 5, 15, 50, 85 e 90 de temperatura irradiada da pele do gastrocnêmio externo de futebolistas, salonistas e universitários sedentários.....	91
Figura 5. Bloxplots para os percentis 5, 15, 50, 85 e 90 do perfil de assimetria térmica de universitários atletas e não atletas.....	91
Artigo 3	104
Figura 1. Esquematização do desenho experimental do estudo.....	114
Figura 2. Ambiente de coleta dos termogramas.....	117
Figura 3. Termogramas dos membros inferiores, vista anterior (A) e posterior (B), destacando as RCI para avaliação da temperatura da pele.....	118
Figura 4. Distribuição dos valores absolutos individuais dos biomarcadores para cada momento analisado.....	127

LISTA DE QUADROS

Artigo 1	34
Quadro 1. Escala de bem-estar geral proposta por Hooper.....	46
Quadro 2. Escala de qualidade total de recuperação proposta por Kenttä e Hassmén.....	47
Quadro 3. Escala de avaliação do estado físico proposta por Morandi et al.....	48
Quadro 4. Quadro de níveis de atenção para avaliação das respostas psicométricas.....	49
Quadro 5. Escala normativa de nível de atenção de assimetrias térmicas contralaterais proposta por Marins et al.....	59
Quadro 6. Ferramentas de análise do dano muscular estado de fadiga e qualidade de recuperação aplicadas no contexto esportivo de alto rendimento do futebol e do futsal.....	63
Artigo 3	104
Quadro 1. Desempenho dos avaliados ao longo do protocolo de intervenção.....	122
Quadro 2. Frequência de casos em que os biomarcadores superaram os valores de normalidade.....	125

LISTA DE TABELAS

Artigo 1	34
Tabela 1. Faixas normalidade de alguns biomarcadores utilizados no contexto esportivo*.....	43
Artigo 2	76
Tabela 1. Valores médios de temperatura irradiada da pele (°C) dos membros inferiores na vista anterior de futebolistas, salonistas e universitários sedentários.....	87
Tabela 2. Valores médios de temperatura irradiada da pele (°C) dos membros inferiores na vista posterior de futebolistas, salonistas e universitários sedentários.....	88
Tabela 3. Comparação dos valores médios de simetria térmica bilateral (°C) dos membros inferiores entre futebolistas, salonistas e universitários sedentários.....	89
Artigo 3	104
Tabela 1. Dados antropométrico dos participantes.....	112
Tabela 2. Velocidade média e ponto de corte de 80%.....	115
Tabela 3. Faixas de normalidade dos biomarcadores analisados*.....	116
Tabela 4. Respostas neuromusculares, bioquímicas, psicométricas e de perimetria, para cada grupos nos diferentes momentos analisados.....	123
Tabela 5. Respostas de temperatura irradiada da pele das regiões corporais de interesse para cada grupo nos diferentes momentos analisados.....	124
Tabela 6. Valores de f e p da análise de variância.....	125
Tabela 7. Respostas neuromusculares, bioquímicas, psicométricas, perimétricas e de temperatura irradiada da pele de acordo com o fator tempo.....	126

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de variância
ADU ANT – Adutor anterior
ADU POST – Adutor posterior
AU – Ácido úrico
CAE – Ciclo de alongamento-encurtamento
CK – Creatina quinase
CM – Centímetros
CMJ – Salto com contramovimento
CX POST EX – Coxa posterior externa
CX POST INT – Coxa posterior interna
D – Lado dominante
DMIE – Dano muscular induzido pelo exercício
DMIT – Dor muscular de início tardio
DP – Desvio Padrão
EAEF – Escala de avaliação do esforço físico
FC – Frequência cardíaca
FE – Femoral
GE – Gastrocnêmio externo
GI – Gastrocnêmio interno
HF – Picos de alta frequência
IC – Intervalo de confiança
IH – Índice de Hooper
IMC – Índice de massa corporal
IPAQ – Questionário internacional de atividade física
JOA – Joelho Anterior
JOP – Joelho Posterior
LF – Picos de baixa frequência
ND – Lado não dominante
PAR-Q – Questionário de prontidão para atividade física
PCR-us – Proteína C reativa ultrasensível
PSF – Protocolo simulado de futebol
QTR – Qualidade total de recuperação
RCI – Região corporal de interesse

RELAÇÃO T/C – Relação Testosterona e Cortisol

RF – Reto femoral

rMSSD – Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre os intervalos

RR normais adjacentes

RTP – Return to play

SCM – Salto com contramovimento

TI – Termografia infravermelha

TIP – Temperatura irradiada da pele

TL – Tibial lateral

TM – Tibial medial

UA – Unidade arbitrária

VFC – Variabilidade da frequência cardíaca

VL – Vasto lateral

VM – Vasto medial

%G – Percentual de gordura corporal

ΔT – Diferença de temperatura

°C – Graus Celsius

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	20
2.	Objetivos.....	24
2.2	Objetivo Geral	24
2.3	Objetivos Específicos	24
3.	Hipóteses.....	25
4.	Referências	26
5.	ARTIGO 1 – QUAIS ESTRATÉGIAS PODEM SER USADAS PARA AVALIAR O DANO MUSCULAR, ESTADO DE FADIGA E QUALIDADE DA RECUPERAÇÃO DE ATLETAS DE FUTEBOL E FUTSAL?*	35
5.1	Resumo	36
5.2	Abstract.....	37
5.3	Introdução.....	38
5.4	Metodologia.....	39
5.5	Métodos de avaliação do dano muscular, estado de fadiga e recuperação.....	40
5.5.1	Biomarcadores Sanguíneos.....	40
5.5.1.1	<i>Momentos de análise</i>	42
5.5.1.2	<i>Valores de referência</i>	43
5.5.2	Circunferência dos Membros.....	44
5.5.2.1	<i>Momentos de análise</i>	45
5.5.2.2	<i>Valores de referência</i>	46
5.5.3	Escalas Psicométricas	46
5.5.3.1	<i>Momentos de análise</i>	49
5.5.3.2	<i>Valores de referência</i>	50
5.5.4	Performance em Testes Físicos	51
5.5.4.1	<i>Momentos de análise</i>	53
5.5.4.2	<i>Valores de referência</i>	54
5.5.5	Termografia Infravermelha.....	55
5.5.5.1	<i>Momentos de análise</i>	58
5.5.5.2	<i>Valores de referência</i>	59
2.5.6	Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	60
2.5.6.1	<i>Momentos de análise</i>	61
5.5.6.2	<i>Valores de referência</i>	62
5.6	Implicações Práticas	63
5.7	Conclusões.....	64
5.8	Agradecimentos	65

5.9 Referências	66
6. ARTIGO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL TÉRMICO DE JOVENS SEDENTÁRIOS E DE SALONISTAS E FUTEBOLISTAS DE NÍVEL UNIVERSITÁRIO 78	
6.1 Resumo	79
6.1 Abstract.....	80
6.3 Introdução.....	81
6.4 Metodologia.....	83
6.4.1 Amostra	83
6.4.2 Procedimentos	84
6.4.3 Análise Estatística	86
6.5 Resultados.....	87
6.6 Discussão.....	93
6.7 Agradecimentos	98
6.8 Referências	99
7. ARTIGO 3 – EFEITO DE UM PROTOCOLO DE SPRINTS REPETIDOS NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE E EM INDICADORES BIOQUÍMICOS, PSICOFISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES EM FUTEBOLISTAS, SALONISTAS E INDIVÍDUOS SEDENTÁRIOS	105
7.1 Resumo	106
7.2 Abstract.....	108
7.3 Introdução.....	110
7.4 Metodologia.....	112
7.4.1 Amostra	112
7.4.2 Procedimentos	114
7.4.2.1 Teste de velocidade linear 30 metros	115
7.4.2.2 Análises de biomarcadores sanguíneos	116
7.4.2.3 Imagens Termográficas	117
7.4.2.4 Avaliação subjetiva de dolorimento muscular e do estado de fadiga.....	119
7.4.2.5 Avaliação do desempenho neuromuscular	120
7.4.2.6 Medição da circunferência dos membros inferiores.....	120
7.4.2.7 Protocolo de sprints repetidos.....	121
7.4.3 Análise Estatística	122
7.5 Resultados.....	122
4.5.1 Análise dos Post-hocs.....	126
7.5.1.1 Marcadores Bioquímicos.....	126
7.5.1.1.1 Creatina Quinase (CK)	129

7.5.1.1.2 Ácido Úrico (AU).....	129
7.5.1.1.3 Proteína C Reativa Ultrassensível (PCR-us)	129
7.5.1.2 Parâmetros Subjetivos	130
7.5.1.2.1 Qualidade Total da Recuperação (QTR)	130
7.5.1.2.2 Nível de dolorimento muscular	130
7.5.1.3 Desempenho neuromuscular	131
7.5.1.4 Análise da Circunferência dos Membros Inferiores	131
7.5.1.4.1 Circunferência da Coxa	131
7.5.1.4.2 Circunferência da Perna.....	131
7.5.1.5 Imagens termográficas.....	132
7.6 Discussão	132
7.7 Agradecimentos.....	137
7.8 Referências	138
8. CONCLUSÕES GERAIS	148
ANEXOS	149
Anexo A – Declaração de autorização para realização de coleta de dados utilizando os atletas da LUVE.....	150
Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	151
Anexo C – Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	157
Anexo D – Ficha de aquecimento pré-intervenção	158
Anexo E – Escalas Utilizadas	159
Anexo F – Folha de produtividade	162

1. INTRODUÇÃO GERAL

O futebol¹⁻⁷ e o futsal⁸⁻¹² são modalidades acíclicas, de elevada exigência física e fisiológica, constituídos por estímulos intermitentes que combinam participação aeróbica de moderada e/ou baixa intensidade alternando com atividades anaeróbicas de curta duração e alta intensidade, como acelerações, sprints e mudanças de direção. Ambas modalidades apresentam uma alta exigência musculoesquelética, ocasionada principalmente em função da uma elevada sobrecarga excêntrica^{4,10,13,14} aparentemente decorrente do amplo volume de ações de desacelerações e frenagens bruscas, observadas ao final das ações de sprints, acelerações curtas de alta intensidade e mudanças de direção^{4,15}.

Está claro na literatura que exercícios de alta intensidade com desacelerações abruptas potencializam as contrações mecânicas excêntricas¹⁵, que, por sua vez, desencadeiam um dano muscular induzido pelo exercício^{6,16-20} (DMIE). Esse dano pode provocar rupturas de fibras musculares, prejuízos a membrana celular, desorganização dos miofilamentos, danos estruturais aos sarcômeros e as estruturas osteomioligamentares²¹⁻²⁴. Assim, após a realização de atividades com elevada demanda excêntrica, como os sprints, espera-se que os atletas apresentem uma resposta inflamatória aguda, com sinais importantes como vermelhidão, dor, inchaço²⁴⁻²⁶ uma elevada fadiga neuromuscular²⁷, e aumento do fluxo sanguíneo e da temperatura local²⁸.

Visando potencializar a condição física e a performance esportiva dos atletas, além de minimizar o risco de lesão e outras adaptações negativas, é de grande importância monitorar as respostas ocasionadas pelos estímulos de jogos e treinamento, e verificar o estado de recuperação/prontidão dos atletas para novos estímulos²⁹⁻³². O estado de recuperação é usualmente monitorado através de métodos diretos e indiretos que visam avaliar as respostas psicofisiológicas dos atletas. Exemplos incluem a análise de biomarcadores de dano muscular e/ou inflamação^{18,29,30,33-38}, através das respostas da frequência cardíaca^{33,39} e/ou de escalas subjetivas de bem-estar^{29,35-37,40,41}, dor^{30,35-37,40,41} e recuperação percebida^{29-31,35,37,40,41}, por meio do desempenho em testes físicos como o salto com contramovimento^{27,37,38,42,43}, ou utilizando a termografia infravermelha (TI), uma ferramenta auxiliar que vem sendo muito utilizada nos últimos anos⁴⁴⁻⁴⁷.

A TI é uma técnica que registra o calor radiante do corpo por meio de uma câmera infravermelha, que realiza a captura das imagens em uma faixa do espectro imperceptível a olho nu⁴⁵, sendo registrado assim a temperatura irradiada da pele (TIP). É um método não

invasivo, com baixo custo e não necessita do contato físico direto entre avaliador, equipamento e avaliado.

Devido a essas vantagens, a TI passou a ser utilizada por profissionais da área médica⁴⁸ com propósito de auxiliar na identificação de patologias cardiovasculares e neurológicas⁴⁵, na avaliação da gravidade de queimaduras⁴⁹ e na complementação do diagnóstico do câncer de mama⁵⁰. Atualmente, vem sendo utilizada na medicina esportiva⁵¹, auxiliando atletas⁵², fisioterapeutas⁵³ e a comissão técnica⁵², especialmente como ferramenta para auxiliar na prevenção de lesões^{46,54-56}.

Nos últimos anos, estudos publicados têm demonstrado que a temperatura obtida através de uma imagem térmica com alta resolução; pode fornecer informações valiosas sobre o complexo sistema termorregulatório humano⁵⁷. Dado que certos distúrbios fisiológicos podem influenciar as trocas de calor, a utilização da TI no âmbito esportivo pode trazer benefícios significativos, como ajudar a prevenir lesões osteomioarticulares⁴⁴ e colaborar no processo de controle e monitoramento das cargas de treinamento, especialmente no processo de avaliação da recuperação pós jogos ou treinamentos^{30,35,37,38,41,46,58-63}.

No âmbito esportivo, já existe um consenso acerca da utilização da TI como uma ferramenta que auxilia o diagnóstico preventivo de lesões^{44,46,54,55}, disponibilizando informações importantes acerca da normalidade térmica do atleta e dos efeitos dos treinamentos e competições. Isso é feito por meio da identificação de distúrbios musculoesqueléticos, detectados pela variação de TIP no local lesionado em resposta ao aumento ou diminuição do fluxo sanguíneo local⁶⁰. Devido à variação da atividade vascular e ao aumento da produção de calor gerado pela atividade muscular, foi proposto que a mensuração da TIP utilizando as imagens termográficas, poderia ser um bom indicativo de lesão muscular⁴⁷. Isso ocorre porque as variações térmicas geram perturbações no organismo, as quais resultam em mudanças do perfil bilateral de simetria corporal normal, criando uma diferença de temperatura entre as partes, denominada assimetria térmica^{45-47,52}. Estudos apontam que variações superiores a 0,5 °C são indicativas de alterações fisiológicas e metabólicas que podem ser consideradas situações clinicamente importantes^{51,64}.

Como dito anteriormente, a utilização da TI como diagnóstico preventivo de lesões, por meio da análise de simetrias bilaterais, já é bem aceita por alguns autores^{41-43,53,54}. No entanto, no ambiente prático de alto rendimento, o uso da técnica como ferramenta de controle e avaliação do DMIE ainda não possui um consenso^{43,44,50,51,65,56}. O fundamento teórico para essa possibilidade baseia-se no fato de que a resposta inflamatória é um processo fisiológico que ocasiona uma maior vasodilatação muscular, aumentando o fluxo sanguíneo e o metabolismo

muscular⁴⁴, o que, por sua vez, eleva a temperatura local. Alguns estudos sugerem que a resposta inflamatória subsequente ao DMIE poderia aumentar a TIP sobrejacente ao grupo muscular exercitado devido à maior produção de calor local associada à inflamação, podendo assim ser captada pelas câmeras termográficas que possuem uma alta sensibilidade para identificar alterações térmicas⁴³⁻⁴⁵.

A TI é uma ferramenta que demonstra um enorme potencial no âmbito esportivo, tanto para auxiliar os atletas, como para toda a equipe técnica de profissionais do clube. Ela fornece informações rápidas e objetivas sobre as condições físicas dos atletas, além de identificar possíveis evidências de lesões ou sobrecargas, que podem prejudicar o desempenho futuro e a saúde do atleta, impactar o planejamento da equipe e gerar custos econômico para o clube^{54,55,65}.

A implementação da TI na rotina diária em atletas permite que seja realizada uma avaliação rápida de maneira qualitativa e quantitativa⁴⁵. O monitoramento periódico dos atletas permite que seja elaborado um perfil térmico do indivíduo e até mesmo um perfil específico para cada modalidade esportiva⁶⁶⁻⁶⁸. Ou seja, o acompanhamento diário possibilita que seja criado um mapa, contendo as características de normalidade térmica para cada RCI⁴⁵. Assim, qualquer aumento ou diminuição anormal da temperatura de uma RCI específica pode ser relacionado com um processo inflamatório, evidenciado por uma hipertermia local, ou até mesmo um processo degenerativo, ocasionando uma hipotermia local⁵⁶. Além disso, o mapeamento térmico é considerado um parâmetro que permite avaliar a normalidade térmica específica de cada modalidade. Em esportes com movimentação cíclica, como o ciclismo, espera-se uma igualdade térmica entre os membros inferiores. Já em modalidades acíclicas, como o futebol e futsal é possível que a perna dominante tenha uma assimetria térmica em relação à perna não dominante, gerando um perfil térmico para cada modalidade.

A utilização da TI no âmbito da medicina esportiva impulsionou estudos sobre a aplicação da técnica. Um dos primeiros trabalhos que envolveu a TI associada a uma modalidade esportiva, foi desenvolvido por Clark et al.⁶⁹, que analisaram as respostas térmicas do atleta após uma corrida de 75 minutos e intensidade contínua. Posteriormente, outros estudos relacionando a aplicação da TI em outras modalidades, como no futebol^{30,35,37,38,41,46,52,58-63,70-73} na natação⁷⁴⁻⁷⁸, na corrida^{69,79-85}, no ciclismo⁸⁶⁻⁹², no voleibol⁹³ e no judô⁹⁴.

No entanto, cabe destacar que são raros os trabalhos que buscaram avaliar a eficiência da implementação da termografia no processo de controle e monitoramento da carga de treinamento, bem como associar as respostas da TIP a respostas obtidas através de outros parâmetros de recuperação já utilizados no contexto de alto rendimento, como os parâmetros bioquímicos, salto contramovimento (SCM) e algumas escalas de avaliação da qualidade de

recuperação e do nível de dor muscular. Além disso, deve-se considerar que os ajustes termorregulatórios agudos e crônicos são extremamente complexos, e possui um aspecto intraindividual^{95,96}, podendo ser influenciados por diversos fatores internos e externos^{96,97}, como o nível de condicionamento físico, o nível de atividade/exercício físico diário, características antropométricas e especificidade da modalidade/exercício realizado.

Desta forma, este estudo busca, de maneira pioneira investigar essas questões específicas. Essas informações são importantes para verificar se TI possui potencial para auxiliar o processo de controle de carga de treinamento e na prevenção de lesões, junto às demais ferramentas otimizando performance esportiva e reduzindo os riscos de lesões, bem como, para auxiliar na interpretação dos termogramas de atletas por parte do corpo técnico. Desta maneira, o presente estudo tem como objetivo esclarecer essa lacuna sobre o assunto.

2. Objetivos

2.2 Objetivo Geral

Analisar os impactos de um protocolo de sprints repetidos na temperatura irradiada da pele e na resposta de indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromuscular em futebolistas, salonistas e em indivíduos sedentários.

2.3 Objetivos Específicos

- Apresentar as ferramentas mais utilizadas no processo de avaliação do dano muscular, estado de fadiga e recuperação, especialmente no futebol e no futsal.
- Caracterizar o perfil termográfico de jovens universitários sedentários, bem como de futebolistas e salonistas universitários, auxiliando na investigação de como variações do perfil térmico podem estar associadas ou não a prática de atividades esportivas em nível recreativo.

3. Hipóteses

Hipótese Nula

A fadiga induzida pelo protocolo de sprint repetido não aumentará a TIP e não afetará as respostas dos demais parâmetros avaliados. Além disso, espera-se que os valores de TIP dos indivíduos sedentários sejam similares aos valores dos futebolistas e salonistas e que a modalidade esportiva não influencie o perfil térmico, trazendo respostas similares para todos os avaliados.

Hipótese Alternativa

A fadiga induzida pelo protocolo de sprint repetido aumentará a TIP e afetará as respostas dos demais parâmetros avaliados. Além disso, espera-se que os valores de TIP dos indivíduos sedentários sejam superiores aos valores dos futebolistas e salonistas e que a modalidade esportiva influencie o perfil térmico, trazendo respostas similares para todos os avaliados

4. Referências

1. Bangsbo J. The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiol Scand Suppl.** 1994; 619:1-155.
2. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. Metabolic response and fatigue in soccer. **Int J Sports Physiol Perform.** 2(2):111-27, 2007. doi: 10.1123/ijssp.2.2.111. PMID: 19124899.
3. Akenhead R, Harley JA, Twedde SP. Examining the external training load of an english premier league football team with special reference to acceleration. **J Strength Cond Res.** 30: 2424–32, 2016.
4. Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. **J Strength Cond Res.** 24: 2343–2351, 2010.
5. Casamichana D, Castellano J, Castagna C. Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. **J Strength Cond Res.** 26: 837–843, 2012.
6. Nédélec 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.** 1;42(12):997-1015, 2012. doi: 10.2165/11635270-000000000-00000.
7. Caldwell BP, Peters DM. Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. **J Strength Cond Res.** 23(5):1370-7, 2009. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a4e82f.
8. Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. **J Sports Sci.** 26(1):63-73, 2008. doi: 10.1080/02640410701287289.
9. Lima CA, Souza LMV, Santos JL, Araújo SS, Santos PMF, Estevam CS, et al. Correlation between aerobic fitness and oxidative stress biomarker in futsal players. **R Bras Prescrição e Fisiol Exerc.** 12; 79(2): 1010-16, 2018.
10. Naser N, Ajmol A, Macadam P. Physical and physiological demands of futsal. **J Exerc Sci Fit.** 15 (2): 76-80, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.09.001>.
11. Torres-Torrel J, Rodríguez-Rosell D, Mora-Custodio R, Pareja-Blanco F, Yañez-García JM, González-Badillo JJ. Effects of resistance training and combined training program on repeated sprint ability in futsal players. **Int J Sports Med.** 39(7):517-526, 2018. doi: 10.1055/a-0596-7497.

12. Amani-Shalamzari S, Khoshghadam E, Donyaie A, Parnow A, Bayati M, Clemente FM. Generic vs. small-sided game training in futsal: Effects on aerobic capacity, anaerobic power and agility. **Physiol Behav.** 15(204):347-354, 2019. doi: 10.1016/j.physbeh.2019.03.017.
13. Souza CT, Medeiros C, Silva LA, Silveira TC, Silveira PC, Pinho CA, et al. Avaliação sérica de danos musculares e oxidativos em atletas após partida de futsal. **Rev bras cineantropom desempenho hum.** 12(4):269–74, 2010. doi: <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2010V12N4P269>.
14. Mendiguchia J, Conceição F, Edouard P, Fonseca M, Pereira R, Lopes H, et al. Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. **PLoS One.** 11;15(2):e0228283, 2020. doi: 10.1371/journal.pone.0228283.
15. Chaabene H, Prieske O, Negra Y, Granacher U. Change of direction speed: toward a strength training approach with accentuated eccentric muscle actions. **Sports Med.** 48(8):1773-1779, 2020. doi: 10.1007/s40279-018-0907-3.
16. Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Douroudos II, Nikolaidis MG, Kyparos A, Margonis K, et al. Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. **J Strength Cond Res.** 24: 3278–3286, 2010.
17. 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.** 18: 423–431, 2008.
18. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Álvarez JC, Castagna C, Douroudos I, et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **Eur J Appl Physiol.** 116: 179–193, 2016.
19. Papapanagiotou A, Gissis I, Papadopoulos C, Souglis A, Bogdanis GC, Giosos I, et al. Changes in homocysteine and 8-iso-PGF(2a) levels in football and hockey players after a match. **Res Sports Med.** 19: 118–128, 2011.
20. Thorpe R, Sunderland C. Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. **J Strength Cond Res.** 26: 2783–2790, 2012.
21. Hyldahl RD, Hubal MJ. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. **Muscle Nerve.** 49:155-170, 2013.
22. Nédélec M, Halson S, Abaidia AE, Ahmaidi S, Dupont G. Stress, Sleep and Recovery in Elite Soccer: A Critical Review of the Literature. **Sports Med.** 45(10):1387-400, 2015. doi: 10.1007/s40279-015-0358-z.

23. Pimenta EM, Coelho DB, Cruz IR, Morandi RF, Veneroso CE, de Azambuja GP, et al. The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training. **Eur J Appl Physiol.** 112(4):1495-503, 2012. doi: 10.1007/s00421-011-2109-7.
24. Tidball JG, Villalta AS. Regulatory interactions between muscle and the immune system during muscle regeneration. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.** 298(5):R1173–R1187, 2010.
25. 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 Ver.** 18(1):42–97, 2012.
26. Page P. Pathophysiology of acute exercise-induced muscular injury: clinical implications. **J Athl Train.** 30(1):29–34, 1995.
27. Robineau J, Jouaux T, Lacroix M, Babault N. Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. **J Strength Cond Res.** 26(2):555-62, 2012. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220dda0.
28. Kotas ME, Medzhitov R. Homeostasis, Inflammation, and Disease Susceptibility. **Cell,** 160(5): 816–27, 2015.
29. Matta L, Rhea M, Maior AS. Physiological evaluation post-match as implications to prevent injury in elite soccer players. **Arch Med Deporte.**36(4):220-226, 2019.
30. Silva AG, Albuquerque MR, Reis HHT, Ferreira FG, Marins JCB. Infrared thermography detects soccer-induced residual fatigue: a single-case study. *Motricidade.* 18(2): 191-8, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.27133>
31. Clemente FM, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. Dose-Response Relationship Between External Load Variables, Body Composition, and Fitness Variables in Professional Soccer Players. **Front Physiol.** 17(10):443, 2019. doi: 10.3389/fphys.2019.00443.
32. Mateus N, Gonçalves B, Felipe JL, Sánchez-Sánchez J, Garcia-Unanue J, Weldon A, et al. In-season training responses and perceived wellbeing and recovery status in professional soccer players. **PLoS One.** 14;16(7):e0254655, 2021. doi: 10.1371/journal.pone.0254655.
33. Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. **Physiol Behav.** 1(181):86-94, 2017. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.09.004.
34. Owen AL, Wong del P, Dunlop G, Groussard C, Keksi W, Dellal A, et al. High-Intensity training and salivary immunoglobulin a responses in professional top-level soccer players:

- Effect of training intensity. **J Strength Cond Res.** 30(9):2460-9, 2016. doi: 10.1519/JSC.0000000000000380.
35. Carvalho G, Girasol CE, Goncalves LGC, Guirro ECO, Guirro RRJ. Correlation between skin temperature in the lower limbs and biochemical marker, performance data, and clinical recovery scales. **PLoS ONE.** 16(3): e0248653, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248653>.
36. Saidi K, Zouhal H, Boullosa D, Dupont G, Hackney AC, Bideau B, et al. Biochemical markers and wellness status during a congested match play period in elite soccer players. **Int J Sports Physiol Perform.** 1;17(4):605-620, 2022. doi: 10.1123/ijsp.2020-0914.
37. Santana PVA, Alvarez PD, Sena AFC, Serpa TK, Assis MG, Pimenta EM, et al. Relationship between infrared thermography and muscle damage markers in physically active men after plyometric exercise. **J Therm Biol.** 104:103187, 2022. doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103187.
38. Júnior JLR, 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.** 99:102919, 2021. doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.102919.
39. Dellal A, Silva CD, Hill-Haas S, Wong del P, Natali AJ, De Lima JR, et al. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. **J Strength Cond Res.** 1;36(10):e105, 2022. doi: 10.1519/JSC.0000000000004343.
40. Gastin PB, Meyer D, Robinson D. Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite Australian football. **J Strength Cond Res.** 27(9):2518–26, 2013.
41. Nobari H, Alves AR, Haghighi H, Clemente FM, Carlos-Vivas J, Pérez-Gómez J, et al. Association between training load and well-being measures in young soccer players during a season. **Int. J. Environ. Res. Public Health.** 18, 4451, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094451>.
42. Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **J Sci Med Sport.** 20(4):397-402, 2017. doi: 10.1016/j.jsams.2016.08.011.
43. Gathercole R, Sporer B, Stellingwerff T, Sleivert G. Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. **Int J Sports Physiol Perform.** 10(1):84-92, 2015. doi: 10.1123/ijsp.2013-0413.

44. Hildebrandt C, Zeilberger K, Ring EFJ, Raschner C. The application of medical infrared thermography in sports medicine. **An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury**. 257- 74, 2012.
45. Marins JCB, Fernández-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Applications of Infrared Thermography in Sports. A Review. **Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte**. 15 (60): 805-24, 2015.
46. Afonso ASF, Dias FAM, Marins JCB. A termografia aplicada ao futebol. **Rev Bras Futebol**. 15 (5), 3 – 16, 2022.
47. Silva AG, Reis HHT, Marins JCB. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: Uma breve revisão. **Rev Bras Futebol**. 15 (3), 3 – 20, 2022.
48. Childs C. Body temperature and clinical thermometry. **Hand. Clinical Neurol**. 157(3):467-482, 2018.
49. Singer AJ, Relan P, Beto L, Jones-Koliski L, Sandoval S, Clark RA. Infrared thermal imaging has the potential to reduce unnecessary surgery and delays to necessary surgery in burn patients. **J Burn Care Res**. 37(6):350-355, 2016. doi: 10.1097/BCR.0000000000000330.
50. Kandlikar SG, Perez-Raya I, Raghupathi PA, Gonzalez-Hernandez JL, Dabydeen D, Medeiros L, et al. Infrared imaging technology for breast cancer detection – Current status, protocols and new directions. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 108, p. 2303–2320, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.01.086>.
51. Marins JCB, Cazal MM. Nutrição & suplementação para o ganho de desempenho físico e esportivo. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora rubio, 1, 512, 2023.
52. Maior AS, Leporace G, Tannure M, Marocolo M. Profile of infrared thermography in elite soccer players. **Motriz: Rev. Educ. Fis**. 23(2):e101654, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1980-6574201700020013>.
53. Rodríguez-Sanz D, Losa-Iglesias ME, López-López D, Calvo-Lobo C, Palomo-López P, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R. Infrared thermography applied to lower limb muscles in elite soccer players with functional ankle equinus and non-equinus condition. **PeerJ**. 25;5:e3388, 2017. doi: 10.7717/peerj.3388
54. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Quintana MS, Arnaiz-Lastras J, Navanda A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. **J Sport Rehabil**. 29(8) 1222-27, 2020. doi: 10.1123/jsr.2019-0056.
55. Côte AC, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, Hernandez AJ. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries:

- pilot study. **BMJ Open Sport & Exerc Med.** 5:e000431, 2019. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000431.
56. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors (Basel).** 10(5):4700-15, 2010. doi: 10.3390/s100504700.
57. Pascoe DD, Mercer JB, De Weerd L. Physiology of thermal signals. In *Medical Devices and Systems*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2006.
58. Santos TM, Bunn PS, Aidar FJ, Mello DB, Neves EB. Correlation between creatine kinase (CK) and thermography: a systematic review with meta-analysis. **Motricidade.** 18(3): 467-78, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.26751>.
59. 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.** 13, 635-43, 2017. doi:10.1007/s11332-017-0394-1.
60. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. **J Exerc Rehabil.** 30;13(3):330-334, 2017. doi: 10.12965/jer.1734934.467.
61. da Silva W, Machado AS, Souza MA, Kunzler MR, Priego-Quesada JI, Carpes FP. Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature? **Physiol Meas.** 30;39(10):104007, 2018. doi: 10.1088/1361-6579/aae6df.
62. 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.** 9;42(3), 2021. doi: 10.1088/1361-6579/abe9fe.
63. Vieira SG, Sillero-Quintana M, Silva AG, Marins KO, Marins JCB. Thermographic response resulting from strength training: A preliminary study. **Apunts Sports Medicine.** 55(208): 120-7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.08.003>.
64. Marins JC, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, da Silva FS, Costa CM, et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). **J Therm Biol.** 42:1-8, 2014. doi: 10.1016/j.jtherbio.2014.02.020.
65. 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.** 22;(59):3551, 2012. doi: 10.3791/3551.
66. Fernandez-Cuevas I. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. **New Studies in Athletics.** 29: 57-71, 2014.

67. Dias FAM, Campos MG, Lisboa LAA, Casseiro HA. Perfil térmico dos membros inferiores de jogadores de futsal universitário. **Rev Bras Futebol.** 15(5) 17 – 28, 2022.
68. Dias FAM, Silva AG, Marins JCB. Perfil térmico dos membros inferiores de futebolistas: uma comparação entre jovens atletas e profissionais. *RBEFE.* 37: e37189306, 2023. <https://doi.org/10.11606/issn.1981-4690.2023e37189306>.
69. Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG. Skin temperature during running--a study using infra-red colour thermography. **J Physiol.** 267(1):53-62, 1977. doi: 10.1113/jphysiol.1977.sp011800.
70. 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.** 8(5), 2017.
71. Marins JCB, Fernandes AA, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Pimenta EM, et al. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. **Rev Andal Med Deport.** 7(1): 1-6, 2014. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(14\)70053-X](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70053-X).
72. Stroppa GM, Silva AG, Moreira DG, Cerqueira MS, Fernandes AA, Marins JCB. Analysis of the skin temperature in knees of women professional soccer players. **Rev Bras Futebol.** 8(2), 36–42, 2017.
73. Bandeira F, Moura MAM, Souza MA, Nohama P, Neves EB. Can thermography aid in the diagnosis of muscle injuries in soccer athletes? Locomotor apparatus in exercise and sports. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 18(4), 2012.
74. Novotny J, Rybarova S, Zacha D, Novotny JJ, Bernacikova M, Ramadan W. Thermographic evaluation of muscle activity after front crawl swimming in young men. **Acta Bioeng Biomech.** 19(4):109-16, 2017.
75. Novotny J, Rybarova S, Zacha D, Bernacikova M, Ramadan WA. The influence of breast-stroke swimming on the muscle activity of young men in thermographic imaging. **Acta Bioeng Biomech.** 17(2):121-9, 2015.
76. Zaïdi H, Taïar R, Fohanno S, Polidori G. The influence of swimming type on the skin-temperature maps of a competitive swimmer from infrared thermography. **Acta Bioeng Biomech.** 9(1):47-51, 2007.
77. Wade CE, Veghte JH. Thermographic evaluation of the relative heat loss by area in man after swimming. **Aviation, Space and Environmental Medicine.** 1977.
78. Rezende CM, da Silva AG, Encarnação SGA, Júnior MAC, Marins JCB. Análise da simetria térmica em atletas de natação de alto rendimento. **Pan Am J Med Thermol.** 6:21-9, 2021.

79. 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. Medicina.** 65(4), 601-7, 2017. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v65n4.60638>.
80. Priego Quesada JI, Gil-Calvo M, Jimenez-Perez I, Lucas-Cuevas ÁG, Pérez-Soriano P. Relationship between foot eversion and thermographic foot skin temperature after running. **Appl Opt.** 1;56(19):5559-65, 2017. doi: 10.1364/AO.56.005559.
81. James CA, Richardson AJ, Watt PW, Maxwell NS. Reliability and validity of skin temperature measurement by telemetry thermistors and a thermal camera during exercise in the heat. **J Therm Biol.** 45:141-9, 2017. doi: 10.1016/j.jtherbio.2014.08.010.
82. Jensen MM, Poulsen MK, Alldieck T, Larsen RG, Gade R, Moeslund TB, et al. Estimation of energy expenditure during treadmill exercise via thermal imaging. **Med Sci Sports Exerc.**48(12):2571-9, 2016. doi: 10.1249/MSS.0000000000001013.
83. Tanda G. Skin temperature measurements by infrared thermography during running exercise. **Exp. Therm. Fluid Sci.** 71: 103–13, 2016.
84. Hadžić V, Širok B, Malneršič A, Čoh M. Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? A case study. **J Sport Health Sci.** 8(1):89-92, 2019. doi: 10.1016/j.jshs.2015.08.002.
85. Tumilty S, Adhia DB, Smoliga JM, Gisselman AS. Thermal profiles over the Achilles tendon in a cohort of non-injured collegiate athletes over the course of a cross country season. **Phys Ther Sport.** 36:110-15, 2019.
86. Quesada JIP, Martínez N, Palmer RS, Psikuta A, Anaheim S, Rossi RM, et al. Effects of the cycling workload on core and local skin temperatures. **Exp. Therm. Fluid Sci.** 77: 91-9, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016.04.008>.
87. Legrand FD, Bertucci WM, Arfaoui A. Relationships between facial temperature changes, end-exercise affect and during-exercise changes in affect: a preliminary study. **Eur J Sport Sci.** 15(2):161-6, 2015. doi: 10.1080/17461391.2014.948077.
88. Ludwig N, Trecroci A, Gargano M, Formenti D, Bosio A, Rampinini E, et al. Thermography for skin temperature evaluation during dynamic exercise: a case study on an incremental maximal test in elite male cyclists. **Appl Opt.** 1;55(34):D126-30, 2016. doi: 10.1364/AO.55.00D126.
89. Quesada JIP, Guillamón NM, Anda RMCO, Psikuta A, Anaheim S, Rossi RM, et al. Effect of perspiration on skin temperature measurements by infrared thermography and contact thermometry during aerobic cycling. **Infrared Phys.Tech.** 72:68-76, 2015.

- <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.07.008>.
90. Quesada JIP, Carpes FP, Bini RR, Palmer RS, Pérez-Soriano P, Anda RMCO. Relationship between skin temperature and muscle activation during incremental cycle exercise. **J Therm Biol.** 48:28-35, 2015. doi: 10.1016/j.jtherbio.2014.12.005.
 91. Abate M, Di Carlo L, Di Donato L, Romani GL, Merla A. Comparison of cutaneous thermic response to a standardised warm up in trained and untrained individuals. **J Sports Med Phys Fitness.** 53(2):209-15, 2013.
 92. Balci GA, Basaran T, Colakoglu M. Analysing visual pattern of skin temperature during submaximal and maximal exercises. **Infrared Phys Technol.** 74:57-62, 2016.
 93. Morais NA, Araújo VA, Carvalho LS, Sousa PAC, Santa Cruz RAR. Respostas termográficas dos esforços em atletas de voleibol. **Corpoconsciência**, 21(2), 8–14, 2017.
 94. Brito CJ, Moreira DG, Ferreira JJ, Díaz-de-Durana AL, Miarka B, Marins JCB, et al. Immune Response Related With Skin Thermal Pattern in Judokas: A New Application for Infrared Thermography? **J Strength Cond Res.** 34(10):2886-2894, 2020. doi: 10.1519/JSC.0000000000002672.
 95. Akimov EB, Andreev RS, Kalenov IuN, Kirdin AA, Son'kin VD, Tonevitskiĭ AG. Human temperature portrait and its relations with aerobic working capacity and the level of blood lactate. **Fiziol Cheloveka.** 36(4):89-101, 2010.
 96. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Lastras JA; Carmona PMG; Cano SP, García-Concepción MA, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Phys Technol.** 71: 28-55, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>.
 97. Falk B, Dotan. R. Temperature regulation and elite young athletes. **Med Sport Sci.** 56:126-49, 2011. doi: 10.1159/000320645.

5. ARTIGO 1 – QUAIS ESTRATÉGIAS PODEM SER USADAS PARA AVALIAR O DANO MUSCULAR, ESTADO DE FADIGA E QUALIDADE DA RECUPERAÇÃO DE ATLETAS DE FUTEBOL E FUTSAL?*

Quais estratégias podem ser usadas para avaliar o dano muscular, estado de fadiga e qualidade da recuperação de atletas de futebol e futsal?

What strategies can be used to assess muscle damage, fatigue state and quality of recovery in football and futsal athletes?

Felipe Augusto Mattos Dias¹, Alisson Gomes da Silva², João Carlos Bouzas Marins¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Educação Física, Programa de Pós-Graduação em Educação Física UFV/UFJF, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Carmo de Minas, Minas Gerais, Brasil

* Artigo Publicado na Revista Brasileira de Futebol: <https://periodicos.ufv.br/rbf/article/view/19181>

Qualis CAPES 2017-2020: B2

5.1 Resumo

TÍTULO: Quais estratégias podem ser usadas para avaliar o dano muscular, estado de fadiga e qualidade da recuperação de atletas de futebol e futsal?

Introdução: A avaliação da recuperação dos atletas fornece informações valiosas sobre o estado de prontidão para realizar um novo estímulo, possibilitando o gerenciamento das cargas de treinamento, otimização e individualização do treinamento, redução dos riscos de lesões, detecção precoce de *overreaching* e minimização da possibilidade de *overtraining*. O estudo de ferramentas de avaliação das respostas fisiológicas e de métodos de prevenção de lesão sempre despertou interesse, tanto para atletas, quanto para cientistas do esporte que buscam aprimorar o rendimento esportivo e garantir a manutenção da saúde do atleta.

Objetivo: Apresentar por meio de uma revisão narrativa as ferramentas mais utilizadas no futebol e no futsal para avaliar o dano muscular, estado de fadiga e recuperação.

Metodologia: O conteúdo tomou como referência uma busca na base de dados *Pubmed*. O conteúdo foi estruturado em 6 tópicos, sendo eles: a) Biomarcadores sanguíneos; b) Circunferência dos membros c) Escalas psicométricas; d) Performance em Testes físicos; e) Termografia Infravermelha f) Variabilidade da Frequência cardíaca. Ao longo de cada tópico foram debatidos a fundamentação teórica, bem como, o momento de avaliação e os valores de referência de cada um dos parâmetros.

Conclusão: Os achados nos permitem concluir que a avaliação de um conjunto de indicadores ajuda a caracterizar o dano muscular, a fadiga e qualidade de recuperação de forma mais abrangente, pois cada sintoma relaciona-se a algum marcador fisiológico específico. Além disso, foi observado que algumas ferramentas apresentadas já possuem um certo nível de evidência e por isso sua aplicação no contexto prático já está bem estabelecida, como é caso de grande parte dos biomarcadores, da termografia, do salto com contramovimento e da variabilidade da frequência cardíaca. No entanto, outros parâmetros como a análise da circunferência dos membros, alguns biomarcadores como a relação testosterona/cortisol e até mesmo alguns testes de desempenho físico como o sprint, exigem um maior nível de evidência científica, garantindo assim um maior grau de confiabilidade e assertividade das avaliações realizadas.

Palavras- Chave: Dano muscular. Fadiga. Recuperação.

5.2 Abstract

TITLE: What strategies can be used to assess muscle damage, fatigue state and quality of recovery in football and futsal athletes?

Introduction: Assessing athletes' recovery provides valuable information about their readiness to undertake new stimuli, allowing for better management of training loads, optimization and individualization of training, reduction of injury risks, early detection of overreaching, and minimization of the possibility of overtraining. The study of tools for evaluating physiological responses and injury prevention methods has always been of interest to both athletes and sports scientists who aim to enhance sports performance and ensure the maintenance of athletes' health.

Objective: To present, through a narrative review, the most commonly used tools in soccer and futsal for evaluating muscle damage, fatigue state, and recovery.

Methodology: The content was based on a search in the Pubmed database. The content was structured into six topics: a) Blood biomarkers; b) Limb circumference; c) Psychometric scales; d) Performance in physical tests; e) Infrared thermography; f) Heart rate variability. Throughout each topic, the theoretical foundation, the timing of evaluation, and the reference values for each parameter were discussed.

Conclusion: The findings allow us to conclude that evaluating a set of indicators helps to more comprehensively characterize muscle damage, fatigue, and recovery quality, as each symptom is related to a specific physiological marker. Additionally, it was observed that some of the presented tools already have a certain level of evidence, and their application in practical contexts is well established. This is the case for most biomarkers, thermography, countermovement jump, and heart rate variability. However, other parameters, such as the analysis of limb circumference, some biomarkers like the testosterone/cortisol ratio, and even some physical performance tests like sprinting, require a higher level of scientific evidence, ensuring a greater degree of reliability and accuracy in the assessments conducted.

Keywords: Muscle Damage. Fatigue. Recovery.

5.3 Introdução

O futebol e futsal são modalidades intermitentes constituídas por ações de elevada demanda física, fisiológica e biomecânica¹⁻¹². O processo de treinamento destas modalidades consiste na exposição do atleta a atividades sistematizadas, que visam desenvolver o conjunto de habilidades e demandas específicas da modalidade, promovendo adaptações metabólicas, funcionais e morfológicas que em conjunto com outros aspectos possibilitam a potencialização do desempenho¹³⁻¹⁵. No entanto, a prescrição inadequada, especialmente com uma sobrecarga de treinamento associada à uma recuperação insuficiente, pode retardar temporariamente a performance atlética, ocasionando um declínio no desempenho conhecido como fadiga¹⁶⁻¹⁹.

Na literatura, a fadiga é considerada como qualquer declínio no desempenho, determinado por uma combinação de fatores centrais e periféricos^{3,20-23}. No caso de algumas modalidades coletivas, como o futebol e futsal, a fadiga é multifatorial³. Imediatamente após um treinamento e/ou competição o atleta apresenta uma fadiga transitória caracterizada por uma fase catabólica com depleção energética e hídrica, dano tecidual e prejuízos cognitivos²³. Já na fase de recuperação, após cessar os estímulos físicos, os atletas podem permanecer com um quadro de fadiga residual, em função da magnitude da carga de treino anterior, sugerindo que não houve uma recuperação completa. A recuperação entre sessões de treinamento ou competição é ocasionada pelos processos restaurativos, gerando ressíntese energética especialmente a restauração do glicogênio muscular, hidratação intracelular, remoção de metabólitos, aumento de síntese proteica muscular e o desencadeamento de uma resposta inflamatória que irá atuar na reparação de microlesões e na regeneração da musculatura esquelética e de todas as organelas e enzimas que atuam no processo de contração muscular²³.

O processo de recuperação dos mecanismos de fadiga é altamente variável e complexo, pois depende de diversos fatores de confusão^{3,23}. No futebol, por exemplo, Nédélec et al.³ citam existem alguns fatores extrínsecos e intrínsecos que podem influenciar na magnitude da fadiga, e conseqüentemente, na cinética de recuperação dos atletas, como é o caso do resultado da partida, do local da partida, função tática do atleta, da qualidade do adversário, das condições ambientais no momento do jogo, do estado de treinamento do atleta, da idade, do sexo e até mesmo de fatores genéticos. Fatores como a abordagem nutricional, o emprego de recursos ergogênicos nutricionais, o nível de hidratação, a utilização de estratégias fisioterápicas e a qualidade e quantidade do sono, também são fatores determinantes nessa recuperação²⁴.

A avaliação da recuperação dos atletas fornece informações valiosas sobre o estado de prontidão para realizar um novo estímulo²⁵, possibilitando o gerenciamento das cargas de

treinamento, otimização e individualização do treinamento, redução dos riscos de lesões, detecção precoce de *overreaching* e minimização da possibilidade de *overtraining*^{5,13,23,25,26}. Com base nisso, o monitoramento do treinamento e da recuperação passou a ser investigado e implementando na rotina de treinamento de atletas de alto rendimento.

O estudo de ferramentas de avaliação das respostas fisiológicas e de métodos de prevenção de lesão sempre despertou interesse, tanto para atletas, quanto para cientistas do esporte que buscam aprimorar o rendimento esportivo e garantir a manutenção da saúde do atleta. Em paralelo, os avanços tecnológicos têm proporcionado avaliações cada vez mais profundas e aprimoradas das respostas fisiológicas e neuromusculares. A recuperação, por exemplo, pode ser avaliada por diversas ferramentas objetivas e subjetivas, como por meio de escalas subjetivas de bem-estar^{5,17,23,27-30}, dor^{17,23,25,27-30}, e recuperação percebida^{5,13,17,23,25,27-30}, desempenho em testes físicos como o salto com contramovimento^{22,23,30-33}, análise de biomarcadores sanguíneos de inflamação e/ou dano muscular^{5,17,25,28,30,33-39} e através da termografia infravermelha^{25,38-30,33,37-39}.

No entanto, cada método possui alguma limitação, por isso novas alternativas de monitoramento de recuperação e prevenção de lesões continuam sendo pesquisadas. Visando minimizar essas limitações e proporcionar uma avaliação integral e assertiva dessas respostas físicas, fisiológicas, bioquímicas, psicométricas, neuromusculares e biomecânicas é importante combinar esses indicadores, entender a interação entre eles e principalmente como os mesmos devem ser avaliados e interpretados.

Neste sentido, este estudo visa colaborar com a prática diária no ambiente esportivo, especialmente de cientistas do esporte, preparadores físicos, fisiologistas, médicos e/ou fisioterapeutas. Portanto, o objetivo desta revisão é apresentar as ferramentas mais utilizadas no processo de avaliação do dano muscular, estado de fadiga e recuperação, especialmente no futebol e no futsal.

5.4 Metodologia

Trata-se de uma revisão narrativa estruturada em 6 tópicos, sendo eles: a) Biomarcadores sanguíneos; b) Circunferência dos membros c) Escalas psicométricas; d) Performance em Testes físicos; e) Termografia Infravermelha f) Variabilidade da Frequência cardíaca. O conteúdo tomou como referência uma busca na base de dados *Pubmed*, utilizando os descritores “soccer” e/ou “futsal” associado a outros descritos, como por exemplo, “load

control”, “*training load monitoring*”, “*fatigue monitoring*”, “*fadigue*”, “*recovery*”, “*recovery monitoring*”, compreendendo um período de busca de estudos publicados entre janeiro de 2010 e janeiro de 2024. Além disso, com intuito de complementar as buscas, a partir da identificação e leitura dos artigos selecionados, suas referências bibliográficas foram rastreadas em busca de novos trabalhos potencialmente úteis que pudessem contribuir com esta revisão.

5.5 Métodos de avaliação do dano muscular, estado de fadiga e recuperação

5.5.1 Biomarcadores Sanguíneos

A realização de exercícios intensos e extenuantes, como por exemplo os sprints, acelerações, desacelerações, pode ocasionar danos à estrutura muscular, promover microlesões e prejuízos às estruturas musculares, aumentar a permeabilidade da membrana sarcoplasmática e elevar a quantidade de proteínas intramusculares na corrente sanguínea^{2,3,10,23,40-46}. Atualmente, diversos estudos têm mostrado que os níveis séricos de algumas enzimas ou proteínas podem ser utilizados como marcadores de estado funcional, bem como, indicadores de dano muscular, inflamação e qualidade de recuperação de atletas^{5,17,23,25,28,30,33-39}.

Visando avaliar a qualidade da recuperação e o nível de prontidão dos atletas, diferentes tipos de marcadores bioquímicos têm sido estudados e vem sendo implementados na rotina de monitoramento de carga de futebolistas e salonistas^{23,34}. O monitoramento da recuperação e da fadiga por biomarcadores permite a obtenção de resultados precoces e possibilita um rastreamento fisiológico generalizado⁴⁷⁻⁴⁹. Níveis aumentados desses biomarcadores podem indicar uma alteração da permeabilidade da membrana, maior resposta oxidativa e/ou até mesmo o surgimento de um processo inflamatório ou prejuízos imunológicos^{23,34,47-49}.

Dentro da rotina de monitoramento do nível de prontidão dos atletas diversos biomarcadores são utilizados, como lactato desidrogenase, mioglobina, ácido úrico, aspartato aminotransferase, interleucina-6, glóbulos brancos, testosterona, cortisol, etc^{23,34}. De todos os biomarcadores utilizados, a creatina quinase (CK) é a mais utilizada e parece ser um dos melhores indicadores de dano muscular^{34,47-49}, pois é marcador que mais apresenta variações pré e pós estímulos, principalmente após exercícios com grande participação excêntrica, como as ações que constituem o futebol e o futsal.

Por mais que os biomarcadores sejam parâmetros eficientes e confiáveis para monitorar o dano muscular, nível de fadiga e recuperação dos atletas, é importante destacar que eles

apresentam algumas limitações^{34,48,49}. Primeiramente, deve-se ressaltar que essa estratégia de monitoramento apresenta um elevado custo, necessita de contato direto entre avaliador e avaliado, é invasiva e não possibilita uma coleta rápida quando se considera o coletivo da equipe já que a amostra tem de ser individual, não permitindo a avaliação de vários atletas ao mesmo tempo. Além disso, é válido citar que os resultados obtidos através da análise de biomarcadores não sinalizam o local e nem qual é o exato problema, sendo assim, sugere-se que os mesmos sejam utilizados em conjunto com outras ferramentas para otimizar o processo de controle de carga e proporcionar tomadas de decisões mais assertivas. Por fim, há uma alta variabilidade intraindividual na resposta de biomarcadores sanguíneos ao DMIE.

Creatina Quinase (CK)

A CK é uma enzima intramuscular que assim como diversos outros biomarcadores é analisada através da coleta sanguínea^{34,47-52}. Pela facilidade de avaliação e coleta, sensibilidade, confiabilidade, baixo custo e por se correlacionar com diversos outros parâmetros a CK é considerada um biomarcador mais aplicável para monitoramento de jogadores de futebol e futsal^{34,47-52}. Os estudos sugerem que o uso da CK no monitoramento da carga possibilita a obtenção de informações acerca da magnitude de dano muscular, e conseqüentemente, do nível de prontidão do atleta para realizar um treinamento, onde altos níveis de CK em indivíduos aparentemente saudáveis pode indicar uma possível lesão ou aumentar a probabilidade que a mesma ocorra⁴⁷⁻⁵². De acordo com a literatura, geralmente após a realização de exercícios intensos os níveis de CK começam a aumentar gradativamente e atingem um pico entre 12 a 24 horas após o estímulo, e normalmente, retornam aos valores basais após 48 horas de recuperação, a depender de aspectos como qualidade da recuperação, qualidade do sono e da magnitude da carga realizada⁴⁹⁻⁵².

Proteína C reativa (PCR)

A PCR uma proteína pró-inflamatória, produzida no fígado, liberada na corrente sanguínea em condições de inflamação e infecção (patológicas), bem como em condições de DMIE⁴⁹. Como a prática de exercícios físicos pode afetar o estado imunológico, o monitoramento da PCR vem sendo indicado objetivando auxiliar o processo de detecção da fadiga e do overtraining^{34,49}. Os estudos mostram que a PCR é um marcador inflamatório, que

quando elevado pode indicar que o atleta apresenta um baixo nível de prontidão para treinamento ou até mesmo que atleta apresenta algum problema fisiopatológico, como por exemplo, uma lesão^{34,49}. De acordo com literatura, os níveis de PCR começam a aumentar gradativamente de 6 a 12 horas após a prática de atividade de alta intensidade e/ou de longa duração, alcançando um pico entre 24 a 48 horas após o estímulo, e normalmente, retornam aos valores basais após 72 horas de recuperação, a depender de aspectos como a carga de treinamento realizada e qualidade da recuperação⁴⁹⁻⁵².

Relação Testosterona e Cortisol (Relação T/C)

A testosterona e o cortisol são biomarcadores frequentemente utilizados para avaliar as variações do catabolismo e do anabolismo proteico^{48,49,53,54}. A relação T/C pode ser implementada no monitoramento para avaliar o nível de bem-estar e recuperação, e consequentemente, prevenir o overtraining^{34,48,49,55}. Uma redução na relação T/C poderia ser relacionada a uma diminuição no desempenho atlético durante os jogos e treinamentos^{34,49}. No entanto, os estudos analisados pela revisão sistemática publicada por Santana⁵⁴ sinalizam que a redução no desempenho de futebolistas não está associada a maiores níveis de cortisol na corrente sanguínea e a redução da relação T/C. São poucos os estudos que analisaram esta relação, por isso ainda não existe um consenso sobre sua utilização e nem mesmo acerca dessas respostas em jogadores de futebol e principalmente de futsal.

5.5.1.1 Momentos de análise

Normalmente, os parâmetros bioquímicos não são analisados diariamente, fato este que pode ser justificado pelo alto custo das coletas e insumos necessários, além do fato de ser um parâmetro invasivo, o que pode ocasionar um desconforto ao atleta. Dentro de uma rotina de monitoramento da recuperação e de prevenções de lesões, a maioria dos profissionais optam por avaliar as respostas dos biomarcadores em momentos específicos, como por exemplo, após jogos oficiais, partidas amistosas ou após treinamentos de maior intensidade que exigiram maior carga física e fisiológica dos atletas. No entanto, esses momentos de avaliações podem ser influenciados por alguns fatores, como por exemplo, local onde o jogo foi disputado e até mesmo pelo próprio calendário competitivo, que as vezes pode prejudicar a logística de viagens e reapresentação dos atletas, aumentando a dificuldade de coleta desses parâmetros.

Na maioria dos casos as coletas são realizadas 24, 36 ou 48 horas após os momentos específicos citados anteriormente. Entretanto, em alguns casos isolados pode acontecer de um ou outro atleta realizar essas avaliações como maior frequência, como é um caso de um atleta que após 24 horas de recuperação foi avaliado e apresentou um resultado muito elevado em algum dos biomarcadores analisados e em outras avaliações. Sendo assim, os profissionais que atuam no departamento de *performance* que trabalham junto deste atleta, podem achar pertinente que o mesmo seja reavaliado no dia seguinte, objetivando garantir a qualidade total da recuperação deste atleta e identificar o nível real de prontidão do mesmo para realizar o treinamento planejado de forma segura. Além desta, outra condição na qual é comum observar uma frequência maior de avaliações ocorre em casos onde existe um ou mais atleta que apresenta uma maior probabilidade de lesão, exigindo assim de um maior nível de atenção e cuidado por parte do corpo técnico.

5.5.1.2 Valores de referência

Na tabela 1 são expostos os valores de referência adotados para interpretação de exames bioquímicos de indivíduos adultos saudáveis não atletas do sexo masculino. Em função da especificidade e rotina de treinamento dos atletas de futebol e de futsal, é comum observar níveis ligeiramente mais elevados quando comparados aos valores obtidos em indivíduos não atletas saudáveis. A CK por exemplo, segundo Coelho et al⁴⁶ pode-se observar valores médios entre 350 e 400 U/L ao longo da temporada. Vale ressaltar, que nestes casos em específico normalmente essas variações não são clinicamente importantes, especialmente se não houver nenhum outro sintoma associado. Além disso, cabe destacar que essas respostas podem variar de acordo com o momento de avaliação, bem como, em função dos fatores individuais intrínsecos e extrínsecos dos atletas e até mesmo por conta de aspectos externos. Por fim, cabe destacar que estes parâmetros podem se manter alterados por até 12, 24 e/ ou 36 horas após uma partida, como é o caso da CK e do AU, ou até mesmo após 48 horas de recuperação, como é caso da PCR.

Tabela 1 - Faixas normalidade de alguns biomarcadores utilizados no contexto esportivo*

Biomarcador	Valor mínimo	Valor máximo
Creatina quinase (CK)	24 u/L	189 u/L
Ácido úrico (AU)	2,5 mg/dL	7 mg/dL
Proteína C reativa ultrasensível (PCR)	1 mg/L	5 mg/L

* Dados normativos adotados conforme informações dos exames laboratoriais

Alguns autores destacam que os valores de referência dos biomarcadores são extremamente frágeis e por isso devem ser analisados com cautela e se possível em conjunto com outros marcadores. Na prática, alguns profissionais recomendam que os atletas sejam comparados com eles mesmos, para isso, normalmente, no início da temporada quando o atleta está totalmente descansado, os profissionais do corpo técnico realizam as dosagens basais deste atleta para os diferentes marcadores. Com base nestes dados iniciais do atleta é possível analisar as variações que ocorrem ao longo da temporada e identificar aumentos expressivos que requerem um maior nível de atenção.

5.5.2 Circunferência dos Membros

Partindo do conceito biológico de que a prática de exercícios intensos, principalmente aqueles com maior predominância excêntrica, induz dano muscular, é esperado o surgimento de algumas respostas fisiológicas em função do aumento das ações inflamatórias, das quais podemos destacar o inchaço ocasionado pelo aumento da espessura muscular^{3,35,46,57-63}. Sendo assim, a avaliação da circunferência das regiões ativas, como a coxa e a perna no caso do futebol e do futsal, pode auxiliar na identificação de mudanças significativas que pode indicar inflamação, edema ou outros problemas musculares⁶²⁻⁶⁸.

A avaliação da circunferência do membro é uma ferramenta útil e validada para avaliar o desenvolvimento muscular e compor uma avaliação antropométrica⁶⁷, e recentemente vem sendo proposta, em alguns casos, como uma possível técnica que pode auxiliar o processo de monitoramento e identificação do dano muscular⁶²⁻⁶⁸. Por se tratar de um método rápido, não invasivo, seguro, de baixo custo e de fácil avaliação a análise das circunferências vem sendo implementada na rotina de monitoramento do dano muscular por alguns profissionais da medicina esportiva^{66,68}. No entanto, os estudos ressaltam que essa ferramenta deve ser parte de uma abordagem mais abrangente, devendo ser utilizada em conjunto com outras ferramentas clínicas que podem complementar o monitoramento da saúde muscular do atleta, como por

exemplo o uso de dispositivos de imagens, como a termografia infravermelha e a ultrassonografia^{34,68}.

A medida da circunferência pode ser realizada de forma simples utilizando apenas uma fita métrica antropométrica⁶⁷. Os estudos sugerem que para garantir uma maior confiabilidade dos dados é de extrema importância que a avaliação seja realizada por um profissional capacitado treinado em técnicas antropométricas⁶⁷. É válido destacar que esta estratégia também apresenta algumas limitações, como a influência de fatores ambientais que podem aumentar a retenção hídrica e conseqüentemente ocasionar um inchaço local, necessidade de padronização exata da região corporal onde será feita a medida e o fato de necessitar de contato físico direto entre o avaliador e o avaliado, podendo causar alguns constrangimentos durante a avaliação^{66,68}. A figura 1 ilustra como são realizadas as mensurações de circunferência da coxa (A) e da perna (B).

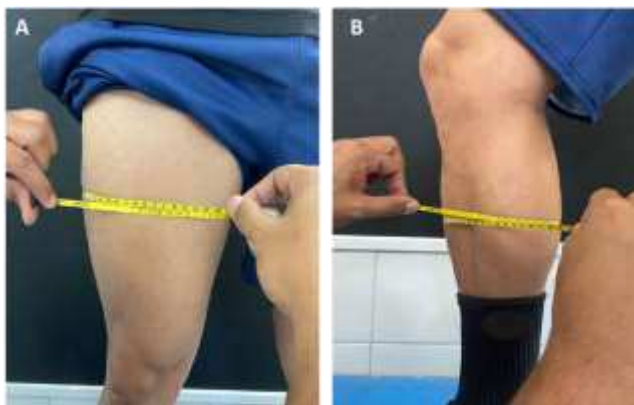


Figura 1: Mensuração da circunferência da coxa (A) e da perna (B).

5.5.2.1 Momentos de análise

Dentro de uma rotina de monitoramento da recuperação e de prevenções de lesões, a maioria dos profissionais optam por avaliar as circunferências em momentos específicos, como por exemplo, durante o período de recuperação após jogos oficiais, partidas amistosas ou após treinamentos de maior intensidade que exigiram maior carga física e fisiológica dos atletas. No entanto, por se tratar de um método de avaliação de baixo custo, rápida, prático e que independe de um local específico, as análises de circunferência dos membros podem ser realizadas com maior frequência ao longo de um microciclo.

Assim como a maioria dos outros parâmetros, normalmente as mensurações de circunferência dos membros são realizadas 24, 36 ou 48 horas após os jogos oficiais, partidas amistosas ou após treinamentos de maior intensidade. Entretanto, alguns profissionais podem

optar por avaliar com uma maior frequência atletas que apresentam um maior risco de lesão e carecem de maior nível de atenção, como exemplo, atletas que apresentam histórico de lesões frequentes, atletas mais velhos ou até mesmo atletas que estão retornando após uma lesão recente. Nestes casos é comum que os atletas sejam avaliados 2 ou até 3 vezes ao longo de uma mesma semana, assim dando mais segurança e assertividade ao processo de tomada de decisão por parte do corpo técnico.

5.5.2.2 Valores de referência

Os valores de referência podem facilitar comparações e auxiliar a tomada de decisão do corpo técnico. No entanto, a análise das circunferências ainda não possui valores de referência bem estabelecidos, dificultando o processo de monitoramento da recuperação utilizando essa ferramenta. Uma possível justificativa para isso é fato de se tratar de uma medida que sofre muita influência dos fatores individuais intrínsecos e extrínsecos, como por exemplo os aspectos morfológicos e antropométricos dos próprios indivíduos. Sendo assim, é interessante que sejam realizando estudos futuros objetivando desenvolver faixas normativas de circunferência dos membros para futebolistas e salonistas de diferentes idades, níveis competitivos e gêneros, além disso, em paralelo, é sugerido que cada profissional construa suas próprias faixas de normalidade específicas para seu grupo de atletas, assim auxiliando e melhorando o processo de identificação de respostas adversas e do grau de prontidão dos atletas por meio da análise das circunferência dos membros.

Além disso, se indica que os valores basais de repouso sejam estabelecidos quando o indivíduo estiver saudável, totalmente descansado e sem lesões, assim, as futuras avaliações podem ser comparadas a essa linha de base para identificar quaisquer anormalidades e colaborar de forma precisa com o processo de prevenção de lesões e monitoramento da prontidão dos atletas. Por fim, por se tratar de uma medida que varia muito em função de adaptações morfofisiológicas como a hipertrofia muscular, é indicado que sejam feitas atualizações frequentes desses valores basais de repouso.

5.5.3 Escalas Psicométricas

A fim de maximizar a recuperação, prevenir lesões e potencializar o desempenho, o monitoramento do estado subjetivo de estresse, fadiga, dolorimento e recuperação dos atletas

está se tornando cada vez mais comum no futebol^{3,23,29,71} e no futsal^{8,10}. O monitoramento da recuperação e da fadiga através das escalas psicométricas permite a detecção dos sinais precoces de fadiga, auxiliando que treinadores e demais membros do staff da equipe programem e adaptem adequadamente as cargas de treinamento, reduzindo os riscos de lesões, maximizando as adaptações positivas e minimizando os riscos de overtraining e overreaching^{3,5,23,26,29,69-71}.

A literatura tem considerado que as escalas psicométricas são sensíveis para monitorar os efeitos das cargas de treinamento, conseguem detectar os sinais e sintomas de pré-fadiga e monitorar a recuperação psicofisiológica dos atletas^{3,70,71}. Dentre as várias escalas utilizadas e citadas na literatura, a escala de bem-estar geral, também conhecida como índice de Hooper (IH)⁷², e a escala de avaliação da qualidade total de recuperação (QTR)⁷³, são as ferramentas de maior destaque no contexto prática e científico do futebol e do futsal. O IH é medido através de subescalas de autoavaliação do bem-estar geral relacionado ao estado atual do atleta que avaliam escores psicofisiológicos relacionados a qualidade do sono da noite anterior, estresse geral, nível de fadiga e a dor muscular de início tardio (DMIT)⁷². Essas variáveis são mensuradas pré-treino e/ou pré-jogo usando escalas de 1 a 7, e posteriormente, o IH pode ser calculado através da soma das pontuações obtidas nessas 4 subescalas subjetivas. Os trabalhos recentes tem considerado o IH como um dos marcadores mais interessantes e sensíveis para obter informações sobre estado psicofisiológico de jogadores de especificamente de futebol^{69,72}. O quadro 1 apresenta uma tradução da escala proposta por Hooper⁷².

Quadro 1: Escala de bem-estar geral proposta por Hooper⁷².

SONO		STRESS		FADIGA		DOR MUSCULAR	
1	Muito, muito bom	1	Muito, muito baixo	1	Muito, muito baixa	1	Muito, muito baixa
2	Muito bom	2	Muito baixo	2	Muito baixa	2	Muito baixa
3	Bom	3	Baixo	3	Baixa	3	Baixa
4	Médio	4	Médio	4	Média	4	Média
5	Mau	5	Alto	5	Alta	5	Alta
6	Muito mau	6	Muito alto	6	Muito alta	6	Muito alta
7	Muito, muito mau	7	Muito, muito alto	7	Muito, muito alta	7	Muito, muito alta

Outra escala apresentada na literatura que também atua como ferramenta para auxiliar o processo de controle de carga de treinamento é a QTR⁷³, que tem como principal objetivo prevenir e identificar o aparecimento de fadiga e buscar um equilíbrio entre os estímulos de jogos e treinamento e a recuperação⁷³. A QTR é uma medida geral de percepção de recuperação

realizada pré-treinamentos e/ou jogos utilizando uma escala de 6 a 20 pontos, estimando a percepção subjetiva de recuperação, e conseqüentemente, auxiliando na identificação do nível de prontidão dos atletas. Assim como o IH, a QTR é um instrumento psicométrico validado⁷³ e muito bem aceito pelos profissionais do futebol e do futsal. Ambos os métodos podem ser úteis e utilizados em conjunto para verificar a prontidão dos atletas durante todas as fases da periodização, além disso, são ferramentas não invasivas, com baixo custo, não fatigantes, de simples aplicação, sensíveis e eficazes^{23,26,69-74}. O quadro 2 apresenta a configuração traduzida da escala QTR proposta por Kenttä e Hassmén⁷³.

Quadro 2: Escala de qualidade total de recuperação proposta por Kenttä e Hassmén⁷³.

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 recuperado

Além da QTR e do IH, a escala de avaliação do estado físico (EAEF) validada recentemente por Morandi et al⁶⁹. vem sendo utilizada no contexto prático por diversos profissionais no futebol e no futsal. Para além dos pontos positivos já citados anteriormente, a EAEF apresenta como principal diferencial frente as demais ferramentas citadas sua configuração semelhante com a escala de PSE também proposta por Morandi et al.⁶⁹, o que segundo os autores, facilita a familiarização e interpretação do atleta, favorece a comparação com a intensidade subjetiva e possibilita a correlação dos resultados com outras métricas utilizadas para monitorar a carga de treinamento, como por exemplo, carga de treino, monotonia, strain e razão agudo/crônico. O quadro 3 apresenta a EAEF proposta por Morandi et al.⁶⁹.

Quadro 3: Escala de avaliação do estado físico proposta por Morandi et al.⁶⁹.

ÍNDICE	DESCRITOR
0	
1	Descansado
2	
3	Normal
4	
5	Cansado
6	
7	Muito Cansado
8	
9	Exausto
10	

Objetivando garantir a confiabilidade e evitar classificações inadequadas que podem prejudicar o controle de carga, é necessário que alguns cuidados sejam tomados previamente durante as avaliações utilizando as escalas subjetivas. Primeiramente, o avaliador deve garantir que os atletas estão familiarizados com as escalas utilizadas e explicar para os mesmo a importância de ser o mais honesto possível em suas respostas, evitando superestimar ou subestimar os resultados, o que pode mascarar as reais respostas e prejudicando a tomada de decisão. Além disso, por se tratar de medidas utilizadas para detectar mudanças intraindividuais, a literatura sugere que os atletas respondam as escalas a sós com o avaliador, evitando classificações inadequadas em função da influência da resposta de outros atletas ou até mesmo reduzindo os riscos de possíveis constrangimentos durante a resposta^{23,69-73}.

5.5.3.1 Momentos de análise

Atualmente existem diversos aplicativos móveis que permitem que o próprio atleta faça o registro de suas respostas psicofisiológicas em seu próprio celular, garantindo assim a privacidade dos resultados, bem como, otimizando tempo de coleta e reduzindo os custos da avaliação. Em função desta praticidade e facilidade de coleta os profissionais da medicina do esporte optam por realizar avaliações diárias da qualidade de sono, nível de recuperação, estado bem-estar e do nível de dolorimento de seus atletas. Diante dos demais parâmetros, normalmente as escalas psicométricas são as únicas que são utilizadas diariamente pelo corpo

técnico, por isso, possuem importância significativa para o processo de tomada de decisão acerca do nível de prontidão e recuperação dos atletas.

5.5.3.2 Valores de referência

A identificação de respostas adversas é uma ação fundamental para o processo de controle e monitoramento da carga e prevenção de lesões em atletas. Diante disso, a determinação de valores de referência é primordial e possibilita que o corpo técnico tome decisões mais assertivas. Em função da grande variabilidade das respostas psicométricas é complexo que sejam criadas tabelas normativas que atendam a um grande público, por isso, é interessante que cada profissional estabeleça suas próprias tabelas normativas levando em consideração aspectos como sua filosofia de trabalho, histórico de lesão dos atletas, nível de condicionamento e qualidade da recuperação dos atletas, entre outros fatores.

Abaixo é apresentado uma ilustração de um quadro de tomada de decisão proposta pelos próprios autores deste trabalho. Cabe destacar que é uma proposta pioneira que deve levar em consideração todos os aspectos que foram citados ao longo deste artigo. Além disso, é recomendado que a mesma seja utilizada em conjunto com outros parâmetros de análise e que a tomada de decisão não seja baseada na resposta única e isolada dos dados obtidos por meio desta tabela.

Quadro 4: Quadro de níveis de atenção para avaliação das respostas psicométricas.

Parâmetros Nível de atenção	ESCALA DE BEM-ESTAR GERAL					QTR	EAEF
	SONO	FADIGA	ESTRESSE	DOR MUSCULAR	IH		
NORMAL	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 8	≥ 16	≤ 3
RISCO MÍNIMO/ OBSERVAÇÃO	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4	9 a 15	13 a 15	4 ou 5
RISCO MODERADO/ ATENÇÃO	5 ou 6	5 ou 6	5 ou 6	5 ou 6	16 a 24	10 a 12	6 ou 7
RISCO ELEVADO/ ALERTA MÁXIMA	7	7	7	7	≥ 25	≥ 9	≥ 8

Os dados normativos propostos acima poderiam ser utilizados da seguinte forma: quando um atleta relatar valores considerados “Normais”, o mesmo aparentemente estaria apto para realizar as atividades prescritas de acordo sua avaliação psicométrica de recuperação e

prontidão; já no caso de identificar respostas que se enquadram dentro do “Risco mínimo/Observação” é recomendado que o corpo técnico converse com o atleta buscando entender as respostas relatadas, além disso neste nível é indicado uma maior atenção às respostas nos dias seguintes. No caso do “Risco moderado/Atenção” é recomendável que os atletas realizem alguma outra avaliação complementar e caso necessário inicie um programa de ações e atividades preventivas, como por exemplo, uma possível redução da carga de treinamento proposta para sessão e/ou realização de intervenções fisioterápicas. Por fim, no caso do “Risco elevado/Alerta máximo” é esperado que os demais parâmetros também já tenham sinalizado alguma alteração importante, frente a isso, é interessante que o atleta tenha uma redução considerável da carga de treinamento ou até mesmo não realize os trabalhos previstos para a sessão. Em paralelo a isso, é sugerido que seja realizado intervenções as intervenções médicas e/ou fisioterápicas necessárias.

5.5.4 Performance em Testes Físicos

O futebol e futsal são modalidades que apresentam uma elevada exposição a esforços do tipo explosivo, como sprints, saltos, chutes e mudanças de direções, que consiste em estímulos que exigem que a musculatura desempenhe o mais alto nível de força no menor tempo possível, combinando ações excêntrica-concêntrica, denominada ciclo de alongamento-encurtamento (CAE)¹⁻⁴. Já é claro na literatura que atividades com alta demanda muscular excêntricas pode induzir danos musculares e fadiga^{3,22,23,30,74-76}, evidenciando respostas, como desorganização das estruturas das fibras musculares, micro rupturas do tecido musculoesquelético, bem como rupturas de células musculares envolvidas no alongamento-encurtamento dos sarcômeros, ocasionando uma redução das ligações funcionais de actina-miosina, conseqüentemente, induzindo reduções na geração de força muscular e de amplitude de movimento e prejudicando o desempenho durante os esforços explosivos^{3,22,23,30,76-81}.

Dentro os vários métodos de avaliação do desempenho neuromuscular, o salto com contramovimento (CMJ) tem sido um dos protocolos mais utilizados na prática e investigados pela literatura, pois se assemelha às ações motoras típicas observadas no futebol e no futsal, uma vez que o CMJ também envolve o CAE^{22,23,30,31,32,33,82,83}. Vários pesquisadores tem destacado que o CMJ é um marcador objetivo de fadiga muito popular e atraente, pois é eficaz, prático, requer familiarização mínima, apresenta baixo esforço fisiológico e não prejudica a

performance nas atividades seguintes^{22,23,30,31,32,33,82,83}. A figura 5 ilustra a execução do teste de CMJ.

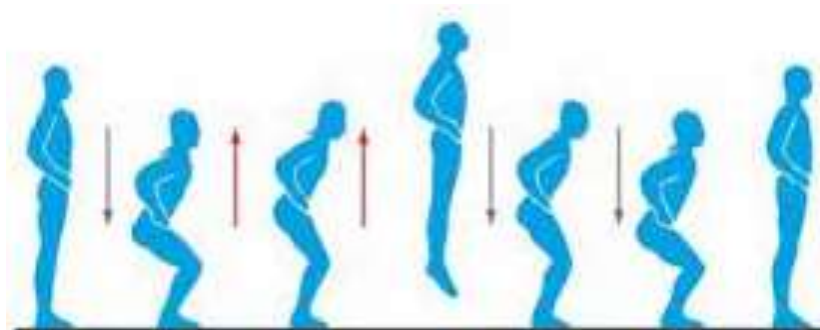


Figura 2: Execução do teste de salto com contramovimento.

Baseando-se na teoria de que as alterações morfofisiológicas ocasionadas pela desorganização do sarcômero prejudicam a contração, e conseqüentemente a capacidade de geração de força e potência, o CMJ surge como uma ferramenta valiosa para avaliar as capacidades neuromusculares e o estado de prontidão dos atletas^{22,30,31,32,33,82,83}. Segundo Claudino et al.³¹ a altura média do CMJ é uma das variáveis mais apropriadas e sensíveis para monitorar o estado neuromuscular, esses achados sugerem que o CMJ é um método adequado e não invasivo que pode colaborar com o monitoramento da fadiga e do estado de recuperação dos atletas^{22,23,31}. No entanto, é válido destacar que por mais que se assemelha à outras ações que constituem o futebol e o futsal²³, o emprego do CMJ apresenta limitações como dificuldade de avaliação de atletas lesionados, risco de avaliação de atletas muito fadigados ou em *return to play* (RTP) e de ser de fácil manipulação e/ou omissão dos resultados reais por parte dos atletas que podem autossabotar o desempenho no teste²³.

Além do CMJ, outro teste de desempenho neuromuscular muito utilizado no contexto esportivo de alto rendimento dos atletas de futebol e futsal, é a capacidade de realizar um ou mais sprints^{21,23,84-98}. Normalmente, são adotadas distâncias de aproximadamente 30 metros para avaliação da capacidade de sprint. Entretanto, caso o objetivo seja avaliar a capacidade de realizar sprints repetidos é indicado que os atletas repitam essa tarefa por 5 séries, com intervalo de aproximadamente 25 s entre as séries²³. No entanto, essa técnica é menos aceita, pois expõe os atletas a uma elevada demanda fisiológica desencadeada principalmente durante a fase de desaceleração desses estímulos. Em função disso, essas técnicas não são tão seguras e eficientes quanto o CMJ, mas apresentam como pontos positivos a praticidade, baixo custo, sensibilidade, familiarização mínima e assim como o CMJ, apresenta alta reprodutibilidade e especificidade,

pois as ações motoras apresentam o CAE e podem ser observadas em diversos momentos durante as partidas de futebol e/ou futsal^{23,84-98}.

Para a avaliação da capacidade de sprint linear, é sugerido que seja utilizado o tempo médio de deslocamento observado em 3 tentativas, garantindo assim uma maior confiabilidade dos resultados obtidos, e conseqüente, maior assertividade na tomada de decisão²³. Já com relação ao teste de sprints repetidos, diversos profissionais envolvidos na prática desportiva do futebol e do futsal, bem como cientistas do esporte, tem utilizado as variáveis de potência e/ou velocidade máxima, potência e/ou velocidade média e o índice de fadiga, como parâmetros para auxiliar na avaliação do desempenho neuromuscular, estado de fadiga e prontidão dos atletas²³. Assim como o CMJ, o teste de sprint linear e/ou o teste de capacidade de sprints repetidos apresentam limitações como dificuldade de avaliação de atletas lesionados, risco de avaliação de atletas muito fadigados ou em RTP e fácil manipulação e/ou omissão dos resultados reais, pois os atletas podem autossabotar o desempenho no teste²³.

5.5.4.1 Momentos de análise

Por se tratar de um método de avaliação que pode expor os atletas a uma elevada exigência fisiológica, normalmente os testes de desempenho não são analisados diariamente. Dentro de um processo de monitoramento da recuperação e de avaliação do nível de prontidão dos atletas a maioria dos profissionais optam por avaliar as respostas neuromusculares após partidas oficiais ou amistosas ou durante o período de recuperação após a realização de sessões de treinamentos de maior intensidade e que demandaram maior desempenho físico, neuromuscular e fisiológico dos atletas.

Assim como a coleta dos parâmetros bioquímicos, as avaliações através de testes de desempenho podem ser prejudicadas por fatores em função do local onde a partida foi disputada e até mesmo pelo próprio calendário competitivo que pode influenciar a logística de viagens e reapresentação dos atletas. No entanto, diferente da coleta dos parâmetros bioquímicos, esses problemas logísticos podem ser evitados através do uso de aplicativos, como por exemplo o My Jump®, que podem ser instalados em celulares ou tabletes, possibilitando avaliações rápidas, práticas e com baixo custo, ou até mesmo pelo uso de plataformas de avaliação que são portáteis e de fácil transporte.

Na maioria dos casos as coletas são realizadas 24, 36 ou 48 horas após os jogos oficiais ou partidas amistosas. Entretanto, em alguns casos pode acontecer de um ou outro atleta realizar

essas avaliações como maior frequência, como é um caso de um atleta que não estava totalmente recuperado 24 horas após um jogo e necessitará de uma reavaliação no dia seguinte, visando acompanhar e garantir a qualidade total da recuperação deste atleta e monitorar o nível de prontidão do mesmo para executar o treinamento planejado de forma segura.

Uma outra condição na qual talvez seja válido realizar as avaliações por meio dos testes de desempenho com maior, ou até mesmo menor frequência dependendo do caso, ocorre quando existe um ou mais atleta que apresentam uma maior probabilidade de lesão, carecendo assim de um maior nível de atenção e cuidado por parte do corpo técnico ou até mesmo em condições onde o atleta ficou muito tempo afastado por conta de lesões ou quaisquer outros problemas de saúde física ou ortopédica.

5.5.4.2 Valores de referência

A manutenção do nível de desempenho neuromuscular avaliado através dos testes de performance pode ser decisiva e determinante garantindo altos níveis de desempenho dos atletas e prevenindo lesões ou quedas de performance ocasionado por quadros de acúmulo excessivo de fadiga. Por isso, é interessante que sejam adotados valores de referência específicos para cada modalidade, sexo, nível competitivo, idade, tipo de treinamento, entre outros aspectos. Tendo em vista que os resultados obtidos através dos testes de performance podem ser influenciados por aspectos intrínsecos e extrínsecos, como nível de condicionamento, função táctica e massa corporal, é interessante que os profissionais que compõem os departamentos de saúde e performance que acompanham os atletas de futebol e futsal criem tabelas normativas e avaliem os resultados de seus atletas de maneira individual e específica. Desta forma, medidas simples, como a altura do salto e o tempo de deslocamento nos sprints, poderão auxiliar no controle e prescrição dos programas de treinamento.

Assim como em outros parâmetros, o uso dos dados normativos visa apresentar valores típicos de desempenho e estabelecer faixas de flutuação normais bem como pontos de corte que visam guiar as tomadas de decisões do corpo técnico. Não foram encontradas tabelas ou valores de classificação para performance no CMJ ou para os demais testes de desempenho aplicados em atletas de futebol ou futsal. Visando proporcionar um diagnóstico mais assertivo e seguro é interessante que os estudos futuros possam trazer à tona essas faixas de normalidade específica para as diferentes modalidades esportivas, estabelecendo faixas de flutuação normal e/ou perdas

aceitáveis de performance e determinando pontos de corte para diferentes momentos de avaliação.

A análise dos dados individuais do desempenho dos atletas nos testes de desempenho tem sido um desafio para treinadores e profissionais da medicina do esporte. No entanto, Claudino et al.⁹⁹ sugere que o uso de uma variável estatística denominada mínima diferença individual tem surgido como uma ferramenta potencial e pode fornecer uma resposta mais sensível para detectar o desempenho real do atleta durante a avaliação no CMJ, assim colaborando para processo de controle e rastreamento da fadiga e do nível de prontidão dos atletas.

5.5.5 Termografia Infravermelha

A termografia infravermelha (TI) é uma técnica que mensura a temperatura irradiada da pele (TIP) por meio de uma câmera infravermelha que capta as imagens em uma faixa do espectro imperceptível a olho nu¹⁰⁰⁻¹⁰². O resultado de um termograma é dado por meio de uma imagem digital onde é possível visualizar a distribuição de calor das regiões de interesse (RCI) analisadas, permitindo a identificação de zonas de maior e menor TIP^{100,101}. A figura 6 apresenta um exemplo de imagem termográfica das faces anterior (A) e posterior (B) com normalidades térmicas.

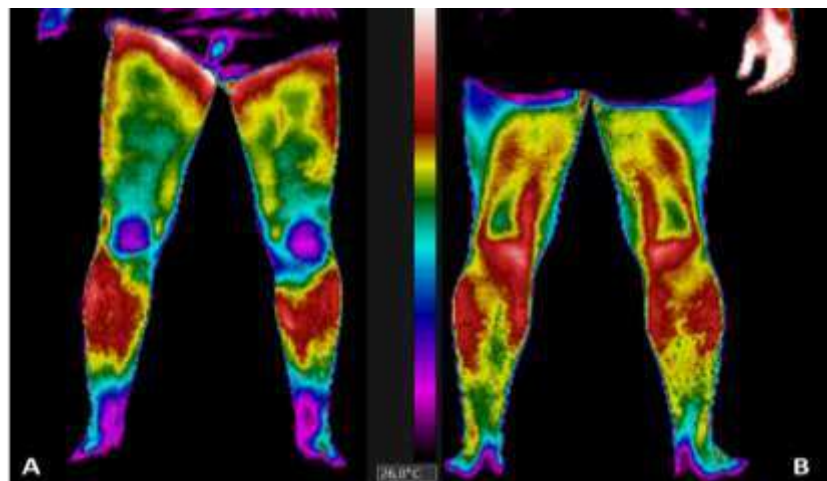


Figura 3: Imagem termográfica das faces anterior (A) e posterior (B) com normalidades térmicas.

A TI é um método seguro, não invasivo, inócuo, rápido, com baixo custo e não necessita do contato físico direto entre avaliador e avaliado²⁴. Recentemente, estudos publicados na literatura têm demonstrado que a temperatura obtida através de uma imagem térmica com alta resolução, pode fornecer informações interessantes sobre o complexo sistema termorregulatório humano¹⁰³. Como alguns distúrbios fisiológicos podem influenciar as trocas de calor, a utilização da TI no âmbito esportivo é promissora e pode trazer benefícios importantes, como por exemplo, auxiliar a prevenção de lesões osteomioarticulares^{100,101,104-06} e contribuir com o processo de controle e monitoramento das cargas de treinamento auxiliando principalmente o processo de avaliação da recuperação pós jogos ou treinamentos^{25,28-30,33,37-39, 104,108-10}.

No âmbito prático desportivo de alto rendimento, já existe um consenso acerca da utilização da TI como uma ferramenta que auxilia o diagnóstico preventivo de lesões, por meio da análise de simetrias térmicas bilaterais que usualmente devem ser inferiores a $0,5^{\circ}\text{C}$ ^{100,101,105,106}. A figura 7 apresenta exemplos de assimetrias térmicas localizadas com diferenças bilaterais superiores a $0,5^{\circ}\text{C}$, tanto na face anterior (A) como na posterior (B).

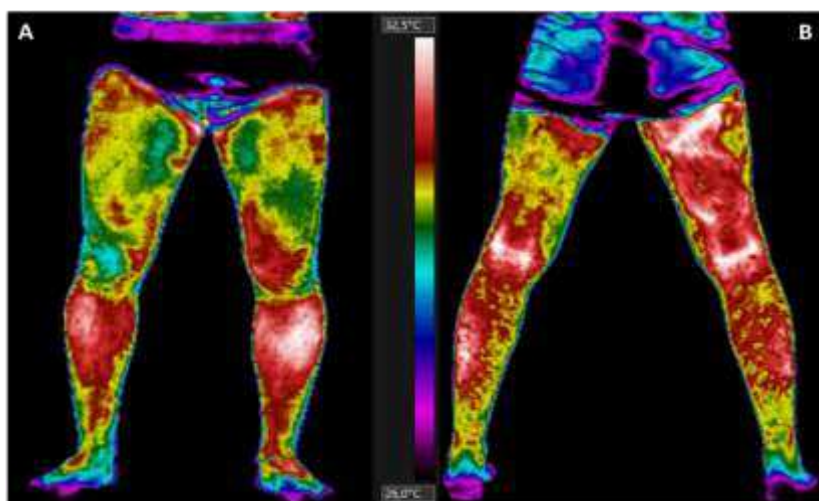


Figura 4: Imagem termográfica das faces anterior (A) e posterior (B) com assimetrias térmicas localizadas.

No entanto, o uso da técnica como ferramenta de controle e avaliação do DMIE ainda não possui um consenso^{104,107-9,111,112}. O fundamento teórico que apoia essa possibilidade de utilização da TI baseia-se no fato da resposta inflamatória ser um processo fisiológico que gera uma maior vasodilatação cutânea, aumentando o fluxo sanguíneo e o metabolismo muscular¹⁰⁷. Isso, associado à outras ações anabólicas, poderia aumentar a TIP sobrejacente ao grupo muscular exercitado devido a maior produção de calor local que acompanha a inflamação,

podendo assim ser captado pelas câmeras termográficas que possuem uma alta sensibilidade para identificar alterações térmicas¹⁰⁷. Assim, possibilitando o monitoramento do momento em que a recuperação estivesse concluída, permitindo, considerar um retorno à normalidade térmica da região exercitada como um indicativo para aplicação de uma nova carga de treino^{104,107}.

Dentro deste contexto, a realização de um monitoramento periódico dos atletas é fundamental pois permite que seja elaborado um perfil de normalidade térmica do indivíduo e até mesmo um perfil específico para cada modalidade esportiva^{102,113,114}. Ou seja, o acompanhamento diário possibilita que seja criado um mapa, contendo as características de normalidade térmica para cada RCI¹⁰¹. Desta forma, qualquer aumento ou diminuição anormal da TIP de uma RCI específica, pode ser relacionado com um processo inflamatório, evidenciado por uma hipertermia local, ou até mesmo um processo degenerativo, ocasionando uma hipotermia local^{106,114}. Além disso, o mapeamento térmico é considerado um parâmetro que permite avaliar a normalidade térmica específica de cada modalidade²⁴. Em esportes com movimentação cíclica como o ciclismo, se espera uma igualdade térmica entre os membros inferiores. Já em modalidades acíclicas como o futebol e futsal é possível que a perna dominante tenha uma assimetria térmica se comparado ao não dominante, o que gera um perfil térmico para cada modalidade.

A TI é uma técnica que vem sendo utilizada por diversos profissionais da medicina esportiva e da ciência do desporto envolvidos no contexto do futebol e/ou do futsal. No entanto, é importante destacar que a TI é uma ferramenta auxiliar, ou seja, seus resultados devem ser analisados com cautela e em conjunto com outros marcadores¹⁰⁴⁻⁰⁷. Como principal vantagem a TI permite identificar a parte exata onde provavelmente existe algum problema, encaminhando o atleta para um exame de imagem mais elaborado como a ressonância magnética, tomografia ou ultrassom, recurso este que o resultado de outros parâmetros como a CK ou a PCr, por exemplo, não são capazes de indicar.

Visando garantir a qualidade, precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos, é fundamental seguir as normas de padronização metodológica conforme indicado por Moreira et al.¹¹⁵. Por fim, vale destacar que técnica apresenta algumas limitações, como a necessidade de uma sala equipada com ar condicionado que permita o controle das condições ambientais, que não tenha janelas com entrada de radiação solar, que tenha pisos emborrachados (tatame) e/ou estruturas de madeira no chão para que os participantes não troquem calor com o solo através da condução. Além desta, um elevado investimento financeiro inicial, o qual deve ser destinado para compra do equipamento adequado, capacitação ou contratação de profissionais

treinados e se possível para obtenção de um software validado que realize as avaliações de forma automatizada, o que minimiza erros no registro dos dados.

5.5.4.1 Momentos de análise

Em uma rotina de prevenção de lesão, monitoramento da recuperação e de avaliação do nível de prontidão dos atletas, na maioria dos casos as avaliações termográficas são realizadas 24 horas após os jogos e/ou partidas amistosas ou até mesmo após sessões de treino que demandaram maior desempenho físico e fisiológica dos atletas. No entanto, por se tratar de uma ferramenta que proporciona uma avaliação rápida, não invasiva e segura, alguns profissionais podem optar por realizar as avaliações termográficas com maior frequência para otimizar o monitoramento. Por exemplo, é muito comum observar casos onde os atletas apresentam alguma resposta anormal identificada através de um parâmetro que é monitorado diariamente, como por exemplo as respostas psicométricas de recuperação e dolorimento, e posteriormente, o fisiologista ou profissional responsável pode optar por realizar uma avaliação termográfica para avaliar melhor este atleta e complementar as informações oferecendo um diagnóstico preventivo.

Na maioria dos casos as avaliações termográficas são realizadas 24, 36 ou 48 horas após os jogos oficiais ou partidas amistosas. Na literatura, os estudos publicados por Fernandes et al.^{38,39} concluíram que a participação em uma ou mais partidas de futebol profissional pode induzir um aumento significativo da TIP medida pela TI 24 horas após a partida e não retornando aos valores basais após 48 horas de recuperação. Por isso, é recomendável que sejam avaliadas as respostas térmicas nesses momentos específicos citados anteriormente. Entretanto, existem condições na qual um atleta necessita de mais atenção, controle e cuidado do corpo técnico, como é o caso dos atletas que apresentam uma maior probabilidade de lesão e/ou estão realizando um processo de retorno ao jogo após uma lesão. Nesses casos, é viável que se realize avaliações mais frequentes para acompanhar de perto este atleta, garantindo assim, que este possa realizar os treinos de forma segura e que mantenha os seus melhores níveis de desempenho possível. No entanto, por se tratar de uma avaliação que necessita de um local específico para coleta e que contenha equipamento para controle das condições ambientais, as avaliações podem ser prejudicadas pela rotina de jogos e competições, pois em alguns jogos fora de casa talvez não seja possível realizar as coletas em função da falta de infraestrutura adequada.

5.5.4.2 Valores de referência

Identificar uma anormalidade térmica é uma ação fundamental no processo de controle de carga e prevenção de lesões em atletas de alto rendimento. Um dos primeiros passos para realização de avaliação termográfica confiável é a criação dos dados de perfil térmico específicos para cada modalidade, bem como para cada atleta. Quando bem definido, esse dado normativo do atleta em repouso, saudável e preferencialmente no início da temporada, possibilita a identificação de possíveis alterações no decorrer do macrociclo.

Dados normativos podem otimizar a interpretação e avaliação dos dados e identificar de forma rápida e assertiva um desequilíbrio térmico contralateral ou analisar se a região RCI apresenta um estado de hiper ou hipotermia, indicando assim, a necessidade de monitorar mais detalhadamente através de outros parâmetros para confirmar essa condição e identificar o motivo dessa anormalidade térmica. Neste sentido, existem no mercado alguns softwares de análise e monitoramento automatizado da TIP, como por exemplo ThermoHuman®, Kelvin Plus® e o Apollo®, que permitem a rápida identificação dessas anormalidades comparando longitudinalmente a RCI com ela mesma ou até mesmo as diferenças contralaterais.

Nesse mesmo sentido, Dias et al.^{113,114} estabelece faixas de percentis 85, 50 e 15, que surgem como ferramenta estatística que pode auxiliar esse mesmo tipo de interpretação proposto pelos softwares citados anteriormente, pois, durante o monitoramento longitudinal de um atleta quando for identificado valores de TIP acima do percentil 85 ou abaixo do percentil 15, podem ser sugestivos de possíveis quadros hipertermia e hipotérmica, respectivamente.

Ainda com que diz respeito ao perfil térmico, alguns autores destacam que existem alguns padrões térmicos esperados em função de aspectos morfológicos e anatômicos, como é caso da região anterior e posterior dos joelhos^{100,116}. Em condições normais, é esperado que a região anterior do joelho apresente TIP inferior à obtida na região posterior do joelho, quando esse padrão térmico não é observado é importante que o corpo técnico avalie a região com mais detalhes. Essa referência normativa de desequilíbrio térmico entre a região anterior e posterior do joelho é importante e deve ser adotada para analisar a normalidade térmica desta articulação. Os estudos trazem que ao comparar essas duas RCI são esperadas diferenças de aproximadamente 1°C, em jogadoras de futebol¹¹⁶. Contudo, em trabalhos ainda não publicados foram obtidos valores ainda maiores quando comparadas a face anterior e posterior dos joelhos de atletas olímpicos de alto nível.

Com relação à avaliação das assimetrias térmicas contralaterais, um estudo publicado por Marins et al.¹⁰¹ estabelece algumas faixas de referência que podem ser aplicadas no contexto

prático do futebol, do futsal e de diversas outras modalidades. As faixas de referência proposta pelos autores são muito práticas, pois estabelece diferentes níveis de atenção para algumas faixas de assimetria (Figura 8). Na prática é recomendável que o corpo técnico já tenha pré-definido algumas ações de intervenção e/ou ajuste para cada um dos níveis de atenção. Por exemplo, ao se avaliar um atleta e identificar uma assimetria superior de $0,8^{\circ}\text{C}$ poderia se recomendar que o mesmo inicie ações fisioterápicas preventivas, bem como tenha uma redução e maior controle dos estímulos durante a sessão de treino e/ou jogo.

Quadro 5: Escala normativa de nível de atenção de assimetrias térmicas contralaterais proposta por Marins et al.¹⁰¹.

DIFERENÇA DE TEMPERATURA	NÍVEL DE ATENÇÃO
$\leq 0,4^{\circ}\text{C}$	Normal
$0,4^{\circ}\text{C} - 0,7^{\circ}\text{C}$	Monitoramento
$0,8^{\circ}\text{C} - 1,0^{\circ}\text{C}$	Prevenção
$1,1^{\circ}\text{C} - 1,5^{\circ}\text{C}$	Alarme
$\geq 1,6^{\circ}\text{C}$	Alto risco

2.5.6 Variabilidade da Frequência Cardíaca

A frequência cardíaca (FC) é um dos parâmetros fisiológicos mais utilizados no futebol e no futsal, pois é uma métrica validada como um excelente indicador de carga de trabalho e que pode ser aplicado em diferentes tipos e sessões de treinamento^{117,118}, bem como durante os jogos¹¹⁹. A FC é uma métrica que vem sendo utilizada há muitos anos no contexto desportivo, principalmente para monitorar a carga interna de treinamento e avaliar o comportamento cardíaco no período de repouso^{23,34}. Mais recentemente, a técnica vem sendo proposta como uma possível ferramenta que pode auxiliar o processo de monitoramento do estado de fadiga e recuperação de atletas por meio da variabilidade da FC em repouso (VFC)^{23,34,120-125}.

A VFC em repouso é uma medida objetiva que caracteriza a atuação parassimpática e simpática do sistema nervoso autônomo no nó sinusal, registrando os intervalos da FC batimento a batimento³⁴. A variável é medida em repouso e o atleta deve se manter o mais tranquilo e imóvel possível por aproximadamente 5 minutos. O registro é realizado através de equipamentos específicos de monitoramento da FC, sendo o sistema da Polar® um dos mais empregados.

Os estudos recentes indicam que a raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes (rMSSD) é o índice usual relacionado à atividade parassimpática cardíaca mais confiável obtida através da VFC^{34,122,126}. Os altos níveis de rMSSD têm sido associados com uma alta percepção de fadiga, baixa qualidade de recuperação e baixa prontidão para treinamento/jogos^{127,128}. Além deste, outros índices como a proporção de picos de potência de alta frequência (HF)¹¹⁷, representando pela contribuição parassimpática, e de picos de potência de baixa frequência (LF)¹²⁹, indicando a contribuição dos sistemas simpáticos e parassimpáticos, são utilizados na prática pelos profissionais da medicina esportiva que realizam a avaliação da VFC³⁴. A proporção LF:HF é uma alternativa que reflete a reatividade autonômica, onde os valores mais altos dessa proporção refletem uma dominância simpática e sugere que o atleta pode estar fadiga e apresenta baixa prontidão para o treinamento^{34,131}.

Segundo os profissionais que utilizam a VFC como ferramenta de controle de carga de treinamento e de acordo com estudos publicados na literatura^{34,117-19}, a avaliação da VFC é um método útil, confiável, prático, relativamente rápido, seguro e bem aceito no processo de monitoramento da fadiga e qualidade de recuperação de futebolistas³⁴. No entanto, é importante se atentar às limitações desta variável. Além de ser uma ferramenta que necessita de um equipamento caro, ela sofre influência de diversos aspectos, como o estado emocional, condições ambientais, período da temporada, ritmo circadiano, idade, horário de avaliação, qualidade de sono, entre outros fatores^{34,127,131,132}. Portanto, com intuito de realizar uma análise adequada e confiável é fundamental ter cautela na interpretação dos resultados da VFC.

2.5.6.1 Momentos de análise

Normalmente, as avaliações da VFC não são realizadas diariamente, mas por se tratar de uma variável que permite avaliações relativamente rápidas e não invasivas, alguns profissionais optam por realizar 2 ou até mesmo 3 avaliações semanais. Dentro de uma rotina de monitoramento da recuperação e avaliação do nível de prontidão, a maioria dos profissionais optam por avaliar as respostas da VFC em momentos específicos, como após jogos oficiais, partidas amistosas ou após viagens e competições que podem prejudicar a qualidade de sono e recuperação dos atletas.

Na maioria dos casos as coletas são realizadas em até no máximo 24 horas após os momentos específicos citados anteriormente. Entretanto, em alguns casos pode acontecer de

um ou outro atleta realizar essas avaliações como maior frequência, como é um caso de um atleta que relatou através das escalas psicométricas uma baixa qualidade de sono e/ou alto nível de estresse. Nestes casos, o fisiologista ou profissional responsável pode optar realizar outras avaliações, como por exemplo a VFC, para complementar a avaliação do atleta, possibilitando uma tomada de decisão mais assertiva.

Além disso, pode existir atletas que apresentam esse mesmo problema de forma crônica, ou seja, possui algum distúrbio de sono ou vem passando por alguns problemas pessoais internos ou externos ao clube, que conseqüentemente pode deixar o atleta mais estressado, prejudicar o ciclo vigília sono e influenciar negativamente na sua recuperação e desempenho. Frente a condições semelhantes a esta, o atleta carece de um maior nível de atenção e cuidado por parte do corpo técnico, e conseqüentemente, pode realizar com maior frequência as avaliações de VFC podendo ser avaliado diariamente, se for o caso.

5.5.6.2 Valores de referência

Tendo em vista que os resultados da VFC podem ser influenciados por aspectos intrínsecos e extrínsecos, como nível de condicionamento, carga de treinamento, respostas metabólicas e hormonais, idade, dieta, gênero, estresse, ritmo circadiano, entre outros, é interessante que os profissionais que compõem os departamentos de saúde e performance que acompanham os atletas de futebol e futsal utilizem tabelas normativas e avaliem os resultados de seus atletas de maneira individual e específica. Desta forma, as avaliações da VFC poderão auxiliar no controle e prescrição dos programas de treinamento de forma mais assertiva e confiável.

Assim como em outros parâmetros, não foram encontradas tabelas ou valores de classificação das respostas de VFC para atletas de futebol ou futsal. Visando guiar a tomada de decisão na prática profissional do alto rendimento é interessante que os estudos futuros possam trazer à tona esses dados normativos específicos para os atletas de diferentes modalidades esportivas levando em consideração os diversos fatores perturbadores citados anteriormente, assim estabelecendo faixas de flutuação normal e/ou determinando pontos de corte que podem servir de referência para os profissionais do esporte que trabalham com o controle e monitoramento da carga de treinamento dos atletas.

Em atletas, é esperado que essas respostas sejam diferentes das obtidas em indivíduos normais, em função de aspectos como a rotina de treinamento e o nível de condicionamento

físico. Objetivando preencher essa lacuna, alguns profissionais da medicina esportiva realizam a avaliação e interpretação dos dados da VFC através da mínima diferença individual, que é uma variável estatística frequentemente utilizada para análise de parâmetros individuais como a VFC e o CMJ. Trata-se de uma ferramenta potencial e confiável que pode fornecer uma resposta mais sensível para detectar o desempenho real do atleta durante a avaliação da VFC, assim contribuindo para processo de controle e rastreamento da fadiga e do nível de prontidão dos atletas.

5.6 Implicações Práticas

No contexto desportivo de alto rendimento, o monitoramento da restauração energética e hídrica, bem como do DMIE e das respostas inflamatórias associadas auxilia a identificar o grau de recuperação do atleta frente a um treino/competição auxiliando o monitoramento da carga de treinamento, podendo melhorar a recuperação muscular, potencializar o desempenho atlético e conseqüentemente aprimorar os resultados competitivos, minimizar adaptações negativas, além de reduzir os riscos de lesões^{23,34}.

É importante ressaltar que todos os métodos apresentam pontos positivos, negativos e limitações, por isso devem ser analisados com cautela e sempre que possível em conjunto. A tomada de decisão baseada na resposta de apenas um marcador pode ser equivocada e prejudicar o processo de monitoramento, sendo importante buscar correlacionar diferentes marcadores. Por último, é importante padronizar a coleta e motivar a participação ativa dos atletas envolvidos, garantindo que eles estejam familiarizados e conscientes, especialmente nos parâmetros subjetivos pois isso pode influenciar diretamente nos resultados obtidos durante as avaliações.

Além disso, objetivando colaborar com o processo de tomada de decisão do corpo técnico, é recomendável que seja utilizado faixas normativas de referência. Os valores de referência dos diferentes marcadores são estabelecidos para proporcionar uma base de comparação e ajudar os profissionais a interpretar os resultados e tomar decisão. Esses valores representam faixas normais e aceitáveis para grupos e condições específicas, assim, auxiliando e otimizando o processo de identificação de respostas adversas e do grau de prontidão dos atletas.

Por fim, com base nos conteúdos apresentados e discutidos ao longo deste trabalho é apresentado abaixo um quadro resumo que busca facilitar a tomada de decisão e a escolha das

melhores ferramentas para serem utilizadas durante a rotina de prevenção de lesões, monitoramento e controle de carga de treinamento de atletas de futsal e futebol.

Quadro 6: Ferramentas de análise do dano muscular estado de fadiga e qualidade de recuperação aplicadas no contexto esportivo de alto rendimento do futebol e do futsal

PARÂMETRO	FOCO	VALIDADE	PERIODICIDADE	MOMENTO DA COLETA	VALORES NORMATIVOS
Creatina Quinase	Bioquímico Inflamatório	Bem estabelecida	Semanal	24h, 36h e/ou 48h pós jogo	Possui alguns registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futebol, porém não apresenta registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futsal
Proteína C reativa	Bioquímico Imunológico	Bem estabelecida	Semanal	24h, 36h e/ou 48h pós jogo	Sem registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futebol e/ou futsal
Relação Testosterona/ Cortisol	Bioquímico Metabólico	Bem estabelecida	Semanal	24h, 36h e/ou 48h pós jogo	Sem registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futebol e/ou futsal
Circunferência dos membros	Antropométrico	Sem consenso	Semanal	24h, 36h e/ou 48h pós jogo	Sem registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futebol e/ou futsal
Escala Psicométrica	Psicológico	Bem estabelecida	Diário	Todos os dias pré-treino	Sem registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futebol e/ou futsal
Performance em testes físicos	Físico	Bem estabelecida	Semanal	24h, 36h e/ou 48h pós jogo	Sem registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futebol e/ou futsal
Termografia Infravermelha	Fisiológico	Bem estabelecida em partes	Semanal	24h, 36h e/ou 48h pós jogo	Possui registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futebol e/ou futsal
Variabilidade da Frequência Cardíaca	Fisiológico	Bem estabelecida	Semanal	24h, 36h e/ou 48h pós jogo	Sem registros padrões pré-estabelecidos para atletas de futebol e/ou futsal

5.7 Conclusões

A avaliação de um conjunto de indicadores ajuda a caracterizar o dano muscular, a fadiga e qualidade de recuperação de forma mais abrangente, pois cada sintoma relaciona-se a algum marcador fisiológico específico. Sendo assim, é sugerido que seja utilizado diferentes métodos de avaliação do dano muscular, estado de fadiga e recuperação dos atletas. Dessa forma, o processo de monitoramento e controle da carga pode ser mais assertivo e eficiente, potencializando as adaptações positivas e identificando e prevenindo precocemente as adaptações negativas.

Algumas ferramentas apresentadas já possuem um certo nível de evidência científica e por isso sua aplicação no contexto prático já está bem estabelecida, como é caso de grande parte dos biomarcadores, da TI, do CMJ e da VFC. No entanto, outros parâmetros como a análise da circunferência dos membros, alguns biomarcadores como a relação T/C e até mesmo alguns testes de desempenho físico como o sprint, exigem um maior nível de evidência científica com mais estudos experimentais, garantindo assim um maior grau de confiabilidade e assertividade das avaliações realizadas.

5.8 Agradecimentos

Carrefour/ Sitawe – Pagamento da bolsa do aluno mestrando

ThermoHuman – Disponibilização do software para análises termográficas

FAPEMIG/CAPES – Disponibilização de fundos para compra dos materiais utilizados na coleta

5.9 Referências

1. Bangsbo J. The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiol Scand Suppl.** 619:1-155, 1994.
2. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. Metabolic response and fatigue in soccer. **Int J Sports Physiol Perform.** 2(2):111-27, 2007. doi: 10.1123/ijssp.2.2.111. PMID: 19124899.
3. Nédélec 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.** 1;42(12):997-1015, 2012. doi: 10.2165/11635270-000000000-00000.
4. Caldwell BP, Peters DM. Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. **J Strength Cond Res.** 23(5):1370-7, 2009. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a4e82f.
5. Matta L, Rhea M, Maior AS. Physiological evaluation post-match as implications to prevent injury in elite soccer players. **Arch Med Deporte.**36(4):220-226, 2019.
6. Akenhead R, Harley JA, Twedde SP. Examining the external training load of an english premier league football team with special reference to acceleration. **J Strength Cond Res.** 30: 2424–32, 2016.
7. Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. **J Strength Cond Res.** 24: 2343–2351, 2010.
8. Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. **J Sports Sci.** 26(1):63-73, 2008. doi: 10.1080/02640410701287289.
9. Lima CA, Souza LMV, Santos JL, Araújo SS, Santos PMF, Estevam CS, et al. Correlation between aerobic fitness and oxidative stress biomarker in futsal players. **R Bras Prescrição e Fisiol Exerc.** 12; 79(2): 1010-16, 2018.
10. Naser N, Ajmol A, Macadam P. Physical and physiological demands of futsal. **J Exerc Sci Fit.** 15 (2): 76-80, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.09.001>.
11. Torres-Torrel J, Rodríguez-Rosell D, Mora-Custodio R, Pareja-Blanco F, Yañez-García JM, González-Badillo JJ. Effects of resistance training and combined training program on repeated sprint ability in futsal players. **Int J Sports Med.** 39(7):517-526, 2018. doi: 10.1055/a-0596-7497.

12. Amani-Shalamzari S, Khoshghadam E, Donyaeei A, Parnow A, Bayati M, Clemente FM. Generic vs. small-sided game training in futsal: Effects on aerobic capacity, anaerobic power and agility. **Physiol Behav.** 15(204):347-354, 2019. doi: 10.1016/j.physbeh.2019.03.017.
13. Clemente FM, Nikolaidis PT, Rosemann T, Knechtle B. Dose-Response Relationship Between External Load Variables, Body Composition, and Fitness Variables in Professional Soccer Players. **Front Physiol.** 17(10):443, 2019. doi: 10.3389/fphys.2019.00443.
14. Casamichana D, Castellano J, Calleja-Gonzalez J, San Román J, Castagna C. Relationship between indicators of training load in soccer players. **J Strength Cond Res.** 27(2):369-74, 2013.
15. Taylor JM, Macpherson TW, McLaren SJ, Spears I, Weston M. Two weeks of repeated-sprint training in soccer: To turn or not to turn? **Int J Sports Physiol Perform.** 11(8):998-1004, 2016.
16. Bishop PA, Jones E, Woods AK. Recovery from training: a brief review: brief review. **J Strength Cond Res.** 22(3):1015-24, 2008. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816eb518.
17. Saidi K, Zouhal H, Boullousa D, Dupont G, Hackney AC, Bideau B, et al. Biochemical markers and wellness status during a congested match play period in elite soccer players. **Int J Sports Physiol Perform.** 1;17(4):605-620, 2022. doi: 10.1123/ijssp.2020-0914.
18. Rabelo FN, Pasquarelli BN, Gonçalves B, Matzenbacher F, Campos FA, Sampaio J, et al. Monitoring the intended and perceived training load of a professional futsal team over 45 weeks: A case study. **J Strength Cond Res.** 30(1):134-40, 2016. doi: 10.1519/JSC.0000000000001090.
19. Wilke CF, Ramos GP, Pacheco DA, Santos WH, Diniz MS, Gonçalves GG, et al. Metabolic demand and internal training load in technical-tactical training sessions of professional futsal players. **J Strength Cond Res.** 30(8):2330-40, 2016. doi: 10.1519/JSC.0000000000001321.
20. Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. **Physiol Rev.** 88(1):287-332, 2008. doi: 10.1152/physrev.00015.2007.
21. Rampinini E, Bosio A, Ferraresi I, Petruolo A, Morelli A, Sassi A. Match-related fatigue in soccer players. **Med Sci Sports Exerc.** 43(11):2161-70, 2011. doi: 10.1249/MSS.0b013e31821e9c5c.

22. Robineau J, Jouaux T, Lacroix M, Babault N. Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. **J Strength Cond Res.** 26(2):555-62, 2012. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220dda0.
23. Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and residual soccer matchrelated fatigue: a systematic review and meta-analysis. **Sports Med.** 48(3):539-83, 2018.
24. Marins JCB, Cazal MM. *Nutrição & suplementação para o ganho de desempenho físico e esportivo.* 1. ed. Rio de Janeiro: Editora rubio, 1, 512, 2023.
25. Silva AG, Albuquerque MR, Reis HHT, Ferreira FG, Marins JCB. Infrared thermography detects soccer-induced residual fatigue: a single-case study. *Motricidade.* 18(2): 191-8, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.27133>.
26. Mateus N, Gonçalves B, Felipe JL, Sánchez-Sánchez J, Garcia-Unanue J, Weldon A, et al. In-season training responses and perceived wellbeing and recovery status in professional soccer players. **PLoS One.** 14;16(7):e0254655, 2021. doi: 10.1371/journal.pone.0254655.
27. Gastin PB, Meyer D, Robinson D. Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite Australian football. **J Strength Cond Res.** 27(9):2518–26, 2013.
28. Carvalho G, Girasol CE, Goncalves LGC, Guirro ECO, Guirro RRJ. Correlation between skin temperature in the lower limbs and biochemical marker, performance data, and clinical recovery scales. **PLoS ONE.** 16(3): e0248653, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248653>.
29. Nobari H, Alves AR, Haghighi H, Clemente FM, Carlos-Vivas J, Pérez-Gómez J, et al. Association between training load and well-being measures in young soccer players during a season. **Int. J. Environ. Res. Public Health.** 18, 4451, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094451>.
30. Santana PVA, Alvarez PD, Sena AFC, Serpa TK, Assis MG, Pimenta EM, et al. Relationship between infrared thermography and muscle damage markers in physically active men after plyometric exercise. **J Therm Biol.** 104:103187, 2022. doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103187.
31. Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **J Sci Med Sport.** 20(4):397-402, 2017. doi: 10.1016/j.jsams.2016.08.011.

32. Gathercole R, Sporer B, Stellingwerff T, Sleivert G. Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. **Int J Sports Physiol Perform.** 10(1):84-92, 2015. doi: 10.1123/ijsspp.2013-0413.
33. Júnior JLR, 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.** 99:102919, 2021. doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.102919.
34. Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. **Physiol Behav.** 1(181):86-94, 2017. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.09.004.
35. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Álvarez JC, Castagna C, Douroudos I, et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **Eur J Appl Physiol.** 116: 179–193, 2016.
36. Owen AL, Wong del P, Dunlop G, Groussard C, Keksi W, Dellal A, et al. High-Intensity training and salivary immunoglobulin a responses in professional top-level soccer players: Effect of training intensity. **J Strength Cond Res.** 30(9):2460-9, 2016. doi: 10.1519/JSC.0000000000000380.
37. Santos TM, Bunn PS, Aidar FJ, Mello DB, Neves EB. Correlation between creatine kinase (CK) and thermography: a systematic review with meta-analysis. **Motricidade.** 18(3): 467-78, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.26751>.
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.** 13, 635-43, 2017. doi:10.1007/s11332-017-0394-1.
39. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. **J Exerc Rehabil.** 30;13(3):330-334, 2017. doi: 10.12965/jer.1734934.467.
40. Nogueira FRD, Chacon-Mikahil MPT, Vechin FC, Berton RPB, Cavaglieri CR, Libardi CA. Dor muscular e atividade de creatina quinase após ações excêntricas: uma análise de cluster. **Rev Bras Med Esporte.** 20(4):257–61, 2014. <https://doi.org/10.1590/1517-86922014200401786>.
41. Nogueira FR, Libardi CA, Nosaka K, Vechin FC, Cavaglieri CR, Chacon-Mikahil MP. Comparison in responses to maximal eccentric exercise between elbow flexors and knee extensors of older adults. **J Sci Med Sport.** 17(1):91-5, 2014.

42. Conceição MS, Libardi CA, Nogueira FR, Bonganha V, Gáspari AF, Chacon-Mikahil MP, et al. Effects of eccentric exercise on systemic concentrations of pro- and anti-inflammatory cytokines and prostaglandin (E2): comparison between young and postmenopausal women. **Eur J Appl Physiol.** 112(9):3205-13, 2012.
43. Yu JG, Carlsson L, Thornell LE. Evidence for myofibril remodeling as opposed to myofibril damage in human muscles with DOMS: an ultrastructural and immunoelectron microscopic study. **Histochem Cell Biol.** 121(3):219-27, 2004.
44. Shepstone TN, Tang JE, Dallaire S, Schuenke MD, Staron RS, Phillips SM. Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. **J Appl Physiol.** 98(5):1768-76, 2005.
45. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. **Am J Phys Med Rehabil.** 81(11):S52-69, 2002.
46. Coelho DB, Morandi RF, Melo MAA, Silami-Garcia E. Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. **Rev. Bras. Cineantropometria & Desempenho Hum.** 13(3), 189–94, 2011. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2011v13n3p189>
47. Mello NF, Vichetti JC, Vendrusculo AP. Marcadores bioquímicos no diagnóstico da lesão muscular. **Fisioter. Bras.** 17(4):375-83, 2016.
48. Barbosa DC. Determinação da frequência genotípica do ACTN3 e da sua relação com o desempenho físico, respostas hormonais e indicadores do dano muscular em jogadores de futebol. Dissertação, UFMG. 2011.
49. Meyer T, Meister S. Routine blood parameters in elite soccer players. **Int. J. Sports Med.** 32 (11) 875-81, 2011.
50. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **Br J Sports Med.** 41(10):674-8, 2007. doi: 10.1136/bjism.2006.034041.
51. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli F. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **Brit. Med. Bull.** 81: 209–30, 2007.
52. Lazarim FL, Antunes-Neto JM, Silva FO, Nunes LA, Bassini-Cameron A, Cameron LC, et al. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. **J Sci Med Sport.** 12(1):85-90, 2009. doi: 10.1016/j.jsams.2007.10.004.

53. Uchida MC, Bacurau RFP, Navarro F, Pontes Jr. FL, Tessuti VD, Moreau RL, et al. Alteração da relação testosterona: cortisol induzida pelo treinamento de força em mulheres. **Rev Bras Med Esporte.** 10(3):165–8, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000300005>.
54. Santana SH. Relação cortisol / testosterona em atletas de futebol: um estudo de revisão sistemática. **Rev Bras Futsal e Futebol.** 7(26), 435-40, 2016.
55. Wade C; Stanford TP; Stein J; Greenleaf E. Intensive exercise training suppresses testosterone during bed rest. **J Appl Physiol.** 99: 59–63, 2005.
56. Simões HG, Marconi F, Campbell CSG, Oliveira F, Rosa LFBPC, Baldissera V. Resposta da razão testosterona/cortisol durante o treinamento de corredores velocistas e fundistas. **Rev Bras Educ Fís Esporte.** 18(1):31-46, 2004.
57. Chaabene H, Prieske O, Negra Y, Granacher U. Change of direction speed: toward a strength training approach with accentuated eccentric muscle actions. **Sports Med.** 48(8):1773-1779, 2020. doi: 10.1007/s40279-018-0907-3.
58. Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Douroudos II, Nikolaidis MG, Kyparos A, Margonis K, et al. Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. **J Strength Cond Res.** 24: 3278–3286, 2010.
59. 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.** 18: 423–431, 2008.
60. Papapanagiotou A, Gissis I, Papadopoulos C, Souglis A, Bogdanis GC, Giosos I, et al. Changes in homocysteine and 8-iso-PGF(2a) levels in football and hockey players after a match. **Res Sports Med.** 19: 118–128, 2011.
61. Thorpe R, Sunderland C. Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. **J Strength Cond Res.** 26: 2783–2790, 2012.
62. DeVore GL, Hamilton GF. Volume measuring of the severely injured hand. **Am J Occup Ther.** 22(1):16-8, 1968.
63. Stern EB. Volumetric comparison of seated and standing test postures. **Am J Occup Ther.** 45(9):801-5, 1991. doi: 10.5014/ajot.45.9.801.
64. Brijker F, Heijdra YF, Van Den Elshout FJJ, Bosch FH, Folgering HTM. Volumetric measurements of peripheral oedema in clinical conditions. **Clin Physiol.** 20: 56-61, 2000.
65. Pani SP, Vanamail P, Yuvaraj J. Limb circumference measurement for recording edema volume in patients with filarial lymphedema. **Lymphology.** 28: 57-63, 1995.

66. Perrin M, Guex JJ. Edema and leg volume: methods of assessment. **Angiology**.51: 9-12, 2000.
67. Casley-Smith JR. Measuring and representing peripheral oedema and its alterations. **Lymphology**. 27: 56-70, 1994.
68. Oliveira ABC, Lara CPO, Lins SS, Cunha-Filho IT. Comparação entre as medidas inferenciais de edema de membros inferiores utilizando o leg-o-meter e o deslocador de água. **Rev bras fisioter**. 10(1):43-9, 2006.
69. Morandi RF, Pimenta EM, Andrade AGP, Serpa TKF, Penna EM, Costa CO, Júnior MNSO, et al. Preliminary validation of mirrored scales for monitoring professional soccer training sessions. **J Hum Kinet**. 31;72:265-78, 2020. doi: 10.2478/hukin-2019-0112.
70. Ouergui I, Franchini E, Selmi O, Levitt DE, Chtourou H, Bouhlel E, et al. Relationship between perceived training load, well-being indices, recovery state and physical enjoyment during judo-specific training. **Int J Environ Res Public Health**. 11;17(20):7400, 2020. doi: 10.3390/ijerph17207400.
71. Selmi O, Ouergui I, Muscella A, My G, Marsigliante S, Nobari H, et al. Monitoring psychometric states of recovery to improve performance in soccer players: A brief review. **Int J Environ Res Public Health**. 31;19(15):9385, 2022. doi: 10.3390/ijerph19159385.
72. Hooper SL, Mackinnon LT, Howard A, Gordon RD, Bachmann AW. Markers for monitoring overtraining and recovery. **Med Sci Sports Exerc**. 27(1):106-12, 1995.
73. Kenttä G, Hassmén P. Overtraining and recovery a conceptual model. **Sports Med**. 26(1):1-16, 1998.
74. Arazi H, Eston R, Asadi A, Roozbeh B, Saati Zarei A. Type of ground surface during plyometric training affects the severity of exercise-induced muscle damage. **Sports**. 1;4(1):15, 2016. doi: 10.3390/sports4010015.
75. Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Gourgoulis V, Avloniti A, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, et al. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. **J Strength Cond Res**. 24(5):1389-98, 2010. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d1d318.
76. Tofas T. Plyometric exercise increases serum indices of muscle damage and collagen breakdown. **J. Strength Condit Res**. 22(2):490-6, 2008, 10.1519/JSC.0b013e31816605a0
77. Hody S, Croisier JL, Bury T, Rogister B, Leprince P. Eccentric muscle contractions: risks and benefits. **Front Physiol**. 3(10):536, 2019. doi: 10.3389/fphys.2019.00536.
78. Kendall B, Eston R. Exercise-induced muscle damage and the potential protective role of estrogen. **Sports Med**.,32 (2): 103-23, 2002. doi: 10.2165/00007256-200232020-00003.

79. Berton R, Lixandrão ME, Silva CMP, Tricoli V. Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta-analysis. **J Sports Sci.** 36(18):2038-44, 2018. doi: 10.1080/02640414.2018.1434746.
80. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. **Clin. Chem. Lab. Med.** 48 (6):757-67, 2010. doi: 10.1515/CCLM.2010.179.
81. Fehrenbach E, Schneider ME. Trauma-induced systemic inflammatory response versus exercise-induced immunomodulatory effects. **Sports Med.** 36(5):373-84, 2006. doi:10.2165/00007256-200636050-00001.
82. Rodrigues ME, Marins JCB. Counter movement e squat jump: análise metodológica e dados normativos em atletas. **Rev. bras Ci e Mov.** 19(4):108-19, 2011.
83. Mc Mahon JJ, Suchomel TJ, Lake JP, Comfort P. Understanding the key phases of the countermovement jump force-time curve. **Strength Cond J.** 40(4):96-106, 2018. doi: 10.1519/SSC.0000000000000375.
84. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer: part II—recovery strategies. **Sports Med.** 43(1):9–22, 2013.
85. Silva JR, Ascensao A, Marques F, Seabra A, Rebelo A, Magalhaes J. Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. **Eur J Appl Physiol.** 113(9):2193–201, 2013.
86. Andersson H, Raastad T, Nilsson J, Paulsen G, Garthe I, Kadi F. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. **Med Sci Sports Exerc.** 40(2):372-80, 2008. doi: 10.1249/mss.0b013e31815b8497.
87. Stone KJ, Hughes MG, Stembridge MR, Meyers RW, Newcombe DJ, Oliver JL. The influence of playing surface on physiological and performance responses during and after soccer simulation. **Eur J Sport Sci.** 16(1):42–9, 2016.
88. Nedelec M, Wisloff U, McCall A, Berthoin S, Dupont G. Recovery after an intermittent test. **Int J Sports Med.** 34(6):554-8, 2013. doi: 10.1055/s-0032-1316364.
89. 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.** 28(6):1517-23, 2014. doi: 10.1519/JSC.0000000000000293.
90. Naclerio F, Larumbe-Zabala E, Cooper R, Allgrove J, Earnest CP. A multi-ingredient containing carbohydrate, proteins L-glutamine and L-carnitine attenuates fatigue perception with no effect on performance, muscle damage or immunity in soccer players. **PLoS One.** 10(4):e0125188, 2015.

91. Jamurtas AZ, Douroudos II, Deli CK, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Mohr M, et al. Iron status markers are only transiently affected by a football game. **J Sports Sci.** 33(20):2088-99, 2015. doi: 10.1080/02640414.2015.1064154.
92. 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.** 31(5):529–36, 2013.
93. Nagahara R, Morin JB, Koido M. Impairment of sprint mechanical properties in an actual soccer match: A pilot study. **Int J Sports Physiol Perform.** 11(7):893-8, 2016. doi: 10.1123/ijsp.2015-0567.
94. Hughes MG, Birdsey L, Meyers R, Newcombe D, Oliver JL, Smith PM, et al. Effects of playing surface on physiological responses and performance variables in a controlled football simulation. **J Sports Sci.** 31(8):878-86, 2013. doi: 10.1080/02640414.2012.757340.
95. Edholm P, Krstrup P, Randers MB. Half-time re-warm up increases performance capacity in male elite soccer players. **Scand J Med Sci Sports.** 2014 doi: 10.1111/sms.12236.
96. Krstrup P, Zebis M, Jensen JM, Mohr M. Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. **J Strength Cond Res.** 24(2):437–41, 2010.
97. Krstrup P, Ortenblad N, Nielsen J, Nybo L, Gunnarsson TP, Iaia FM, et al. Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. **Eur J Appl Physiol.** 111(12):2987-95, 2011. doi: 10.1007/s00421-011-1919-y.
98. Mohr M, Mujika I, Santisteban J, Randers MB, Bischoff R, Solano R, et al. Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. **Scand J Med Sci Sports.** 20(3):125-32, 2010. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01217.x.
99. Claudino JG, Cronin JB, Amadio AC, Serrão JC. How can the Training Load be Adjusted Individually in Athletes with an Applied Statistical Approach?. **J Athl Enhanc.** 5:6, 2016. doi:10.4172/2324-9080.1000242.
100. Hildebrandt C, Zeilberger K, Ring EFJ, Raschner C. The application of medical infrared thermography in sports medicine. **An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury.** 257- 74, 2012.
101. Marins JCB, Fernández-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Applications of Infrared Thermography in Sports. A Review. **Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte.** 15 (60): 805-24, 2015.

102. Fernandez-Cuevas I. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. **New Studies in Athletics**. 29: 57-71, 2014.
103. Pascoe DD, Mercer JB, De Weerd L. Physiology of thermal signals. In *Medical Devices and Systems*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2006.
104. Afonso ASF, Dias FAM, Marins JCB. A termografia aplicada ao futebol. **Rev Bras Futebol**. 15 (5), 3 – 16, 2022.
105. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Quintana MS, Arnaiz-Lastras J, Navanda A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. **J Sport Rehabil**. 29(8) 1222-27, 2020. doi: 10.1123/jsr.2019-0056.
106. Côrte AC, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, Hernandez AJ. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. **BMJ Open Sport & Exerc Med**. 5:e000431, 2019. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000431.
107. Silva AG, Reis HHT, Marins JCB. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: Uma breve revisão. **Rev Bras Futebol**. 15 (3), 3 – 20, 2022.
108. da Silva W, Machado AS, Souza MA, Kunzler MR, Priego-Quesada JI, Carpes FP. Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature? **Physiol Meas**. 30;39(10):104007, 2018. doi: 10.1088/1361-6579/aae6df.
109. 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**. 9;42(3), 2021. doi: 10.1088/1361-6579/abe9fe.
110. Vieira SG, Sillero-Quintana M, Silva AG, Marins KO, Marins JCB. Thermographic response resulting from strength training: A preliminary study. **Apunts Sports Medicine**. 55(208): 120-7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.08.003>.
111. Silva YA, Santos BH, Andrade PR, Santos HH, Moreira DG, Sillero-Quintana M, et al. Skin temperature changes after exercise and cold water immersion. **Sport Sci Health**. 13, 195–202, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11332-017-0353-x>.
112. 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**. 93(4):702-9, 2022. doi: 10.1080/02701367.2021.1909693.
113. Dias FAM, Campos MG, Lisboa LAA, Casseiro HA. Perfil térmico dos membros inferiores de jogadores de futsal universitário. **Rev Bras Futebol**. 15(5) 17 – 28, 2022.

114. Dias FAM, Silva AG, Marins JCB. Perfil térmico dos membros inferiores de futebolistas: uma comparação entre jovens atletas e profissionais. *RBEFE*. 37: e37189306, 2023. <https://doi.org/10.11606/issn.1981-4690.2023e37189306>.
115. 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*. 69:155-62, 2017. doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.07.006.
116. Stroppa GM, Silva AG, Moreira DG, Cerqueira MS, Fernandes AA, Marins JCB. Analysis of the skin temperature in knees of women professional soccer players. *Rev Bras Futebol*. 8(2), 36–42, 2017.
117. Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*. 10;213(4504):220-2, 1981. doi: 10.1126/science.6166045.
118. Castagna C. Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study. *J. Strength Cond. Res*. 25(1): 66-71, 2011.
119. Esposito F, Impellizzeri FM, Margonato V, Vanni R, Pizzini G, Veicsteinas A. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *Eur J Appl Physiol*. 93(1-2):167-72, 2004. doi: 10.1007/s00421-004-1192-4.
120. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*. 33: 517-38, 2003.
121. Dellal A, Silva CD, Hill-Haas S, Wong del P, Natali AJ, De Lima JR, et al. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res*. 1;36(10):e105, 2022. doi: 10.1519/JSC.0000000000004343.
122. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.*, 35 (6): 501-36, 2005.
123. Buchheit M, Voss SC, Nybo L, Mohr M, Racinais S. Physiological and performance adaptations to an in-season soccer camp in the heat: associations with heart rate and heart rate variability. *Scand J Med Sci Sports*. 21(6):e477-85, 2011. doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01378.x.
124. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med*. 43(9):773-81, 2013. doi: 10.1007/s40279-013-0071-8.

125. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? **Front. Physiol.** 5: 73, 2014. doi: 10.3389/fphys.2014.00073.
126. Al Haddad H, Laursen PB, Chollet D, Ahmaidi S, Buchheit M. Reliability of resting and postexercise heart rate measures. **Int J Sports Med.** 32(8):598-605, 2011. doi: 10.1055/s-0031-1275356.
127. Schmitt L, Regnard J, Millet GP. Monitoring fatigue status with HRV measures in elite athletes: an avenue beyond RMSSD?. **Front. Physiol.** 19(6): 343, 2015. doi: 10.3389/fphys.2015.00343.
128. Thorpe RT, Strudwick AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Monitoring fatigue during the in-season competitive phase in elite soccer players. **Int J Sports Physiol Perform.** 10(8):958-64, 2015. doi: 10.1123/ijsp.2015-0004.
129. Bernardi L, Leuzzi S, Radaelli A, Passino C, Johnston JA, Sleight P. Low-frequency spontaneous fluctuations of R-R interval and blood pressure in conscious humans: a baroreceptor or central phenomenon? **Clin Sci.** 87(6):649-54, 1994. doi: 10.1042/cs0870649.
130. Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. **Circ Res.** 59(2):178-93, 1986. doi: 10.1161/01.res.59.2.178.
131. Blasquez JCC, Font GR, Ortis LC. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. **Psicothema**, 21: 531-6, 2009.
132. Thorpe RT, Strudwick AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Tracking morning fatigue status across in-season training weeks in elite soccer players. **Int J Sports Physiol Perform.** 11(7):947-52, 2016. doi: 10.1123/ijsp.2015-0490.

6. ARTIGO 2 – CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL TÉRMICO DE JOVENS SEDENTÁRIOS E DE SALONISTAS E FUTEBOLISTAS DE NÍVEL UNIVERSITÁRIO

Caracterização do perfil térmico de jovens sedentários e de salonistas e futebolistas de nível universitário

Characterization of the thermal profile of sedentary young people and university-level salonists and footballers

Felipe Augusto Mattos Dias^{1,2}, Hugo de Assis Cassemiro¹, Rafael Belluco Cerqueira¹, Alisson Gomes da Silva³, João Carlos Bouzas Marins^{1,2}

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Educação Física, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Educação Física UFV/UFJF, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Carmo de Minas, Minas Gerais, Brasil

Revista-Alvo: Revista Andaluza de Medicina Del Deporte

Qualis CAPES 2017-2020: B1

6.1 Resumo

TÍTULO: Caracterização do perfil térmico de jovens sedentários e de salonistas e futebolistas de nível universitário

Objetivo: Caracterizar o perfil termográfico de membros inferiores de jovens sedentários, bem como de futebolistas e salonistas universitários.

Métodos: A amostra foi composta por 30 universitários homens divididos em três grupos: futebolistas, salonistas e sedentários. Analisou-se através do software ThermoHuman® a temperatura irradiada da pele (TIP) de 14 regiões corporais de interesse (RCI), sendo elas: vasto medial, vasto lateral, reto femoral, coxa posterior interna e externa, femoral, adutores de quadril na visão anterior e posterior, joelhos na visão anterior e posterior, tibial lateral e medial, gastrocnêmio interno e externo. Os valores médios de TIP de cada RCI foram utilizados na análise estatística. A anova *two-way* e o post-hoc de Bonferroni foram utilizados para verificar o efeito da dominância podal e do grupo nos valores de TIP de cada RCI. Para se estabelecer um referencial de perfil térmico, foi proposta uma curva percentil com os percentis 5, 15, 50, 85 e 95.

Resultados: Não houve diferença significativa nos valores de TIP entre os lados dominante e não dominante em todas as RCIs analisadas. Também não foi observada interação significativa entre dominância e grupo. Foi observado efeito do fator grupo apenas para a RCI gastrocnêmio externo; a análise de post-hoc revelou que o grupo futsal apresentou valor significativamente maior de TIP nesta RCI em comparação ao grupo futebol.

Conclusão: Futebolistas e salonistas universitários, assim como jovens sedentários apresentam respostas térmicas similares em repouso. Os níveis de simetria térmica contralateral são $< 0,4^{\circ}\text{C}$. O nível de atividade física, a especificidade do treinamento e a dominância não influenciaram as respostas termográficas.

Palavras-chave: Temperatura cutânea. Medicina esportiva. Atletas universitários

6.1 Abstract

TITLE: Characterization of the thermal profile of sedentary young people and university-level salonists and footballers

Objective: To characterize the thermographic profile of the lower limbs of sedentary young people, as well as football players and university salon players.

Methods: The sample consisted of 30 male university students divided into three groups: soccer players, futsal players, and sedentary individuals. The skin irradiated temperature (SIT) of 14 regions of interest (ROI) was analyzed using the ThermoHuman® software, including the vastus medialis, vastus lateralis, rectus femoris, inner and outer posterior thigh, femoral, hip adductors from anterior and posterior views, knees from anterior and posterior views, lateral and medial tibia, and internal and external gastrocnemius. The average SIT values of each ROI were used in the statistical analysis. A two-way ANOVA and Bonferroni post-hoc tests were employed to verify the effect of foot dominance and group on the SIT values of each ROI. To establish a thermal profile reference, a percentile curve with the 5th, 15th, 50th, 85th, and 95th percentiles was proposed.

Results: There was no significant difference in SIT values between the dominant and non-dominant sides in all analyzed ROIs. No significant interaction was observed between dominance and group either. A group effect was observed only for the external gastrocnemius ROI; the post-hoc analysis revealed that the futsal group had a significantly higher SIT value in this ROI compared to the soccer group.

Conclusion: University soccer and futsal players, as well as sedentary youth, exhibit similar thermal responses at rest. The levels of contralateral thermal symmetry are $< 0.4^{\circ}\text{C}$. The level of physical activity, training specificity, and dominance did not influence the thermographic responses.

Keywords: Skin temperature. Sports medicine. University athletes

6.3 Introdução

A termografia infravermelha (TI) é um método de avaliação aplicado no âmbito esportivo que permite uma análise não invasiva, rápida, segura, com baixo custo e sem contato direto entre avaliador, equipamento e avaliado¹⁻⁴. Essa técnica permite o monitoramento da temperatura irradiada da pele (TIP), por meio de um termovisor infravermelho que capta as imagens em um espectro que é imperceptível à olho nu¹. O resultado de um termograma é uma imagem digital que revela a distribuição de calor das regiões corporais de interesse (RCI) analisadas, permitindo a identificação de zonas de maior e menor temperatura, associadas a quadros de hiper ou hipotermia, respectivamente²⁻⁵.

O controle das alterações térmicas no âmbito esportivo pode trazer benefícios importantes, otimizando o processo de prescrição de treinamento e auxiliando na prevenção de lesões através da avaliação de diferenças térmicas bilaterais^{2,3,6-7} e/ou por meio da criação de faixas de normalidade identificando regiões hipo ou hiper radiadas^{8,9}. Diversos estudos têm demonstrado a eficiência da ferramenta no contexto esportivo^{6,7,10,11}. No entanto, para possibilitar uma avaliação mais assertiva e otimizada dos dados termográficos, especialmente no controle de carga, é importante definir um perfil térmico normal para atletas de diferentes modalidades. Esses resultados permitirão avaliar a normalidade de diferentes segmentos corporais, identificando aumentos ou reduções anormais de temperatura e observando alterações bilaterais clinicamente importantes.

Atualmente, na literatura há estudos estabelecendo o perfil térmico de indivíduos não atletas como grupos populacionais de brasileiros¹², chineses¹³, tailandeses¹⁴, finlandeses¹⁵, portugueses¹⁶ e crianças mexicanas¹⁷, além de atletas de futebol de base^{18,19} e/ou profissional^{9,20}, nadadores²¹, ciclistas²² e universitários corredores de cross country²³. Recentemente, alguns estudos analisaram o perfil térmico através da criação de zonas de normalidade, otimizando a interpretação dos termogramas e auxiliando na identificação de zonas hiper e hipo radiadas^{8,9}. No entanto, são poucos os estudos que traçaram o perfil térmico de atletas futebolistas e salonistas de nível universitário.

Compreender o comportamento térmico normal de um atleta, mesmo em nível universitário, é fundamental para aprimorar o desempenho e reduzir os riscos de lesões. Assim, este estudo oferece uma abordagem inovadora e atualizada na ciência do esporte, que pode colaborar com o planejamento e prescrição de treinamento, potencializando o desempenho atlético e prevenindo lesões nas práticas de ambas as modalidades. Além disso, a comparação entre as duas modalidades esportivas proporcionará *insights* valiosos sobre as demandas

específicas de cada uma, contribuindo com treinadores, atletas, cientistas do esporte e demais profissionais da saúde na busca pela excelência esportiva e pela manutenção da qualidade de vida e saúde dos atletas.

Visando explorar e entender como diferentes níveis de atividade/condicionamento e a especificidade da prática de exercícios influenciam as respostas de TIP, é importante realizar estudos que comparem as respostas térmicas de indivíduos com diferentes níveis de atividade/condicionamento e praticantes de modalidades distintas. A literatura apresenta alguns estudos²⁴⁻²⁷ que compararam a TIP de indivíduos treinados e não treinados, no entanto, todos esses estudos fizeram essa comparação em situações de exercício. De modo geral, foi identificado que os indivíduos com maior nível de condicionamento possuem uma maior capacidade de controlar a TIP em condição de exercício²⁸. Alguns autores justificam que essa diferença ocorre pois os indivíduos treinados possuem um maior fluxo sanguíneo cutâneo^{27,28}, além de outras alterações fisiológicas induzidas pelo exercício, como o aumento da massa muscular, da densidade dos capilares e da velocidade da condução nervosa²⁴. Isto abre um campo de estudo interessante, pois atletas altamente treinados podem ter uma TIP diferente de sujeito normais. No entanto, entre os estudos encontrados apenas um realizou essa comparação em estado de repouso²⁹, não sendo encontrado nenhum estudo com atletas universitários de futebol e, em especial, salonistas universitários.

Deste modo, este estudo tem como objetivo caracterizar o perfil termográfico dos membros inferiores de jovens universitários sedentários, bem como o de futebolistas e salonistas universitários, auxiliando na investigação de como variações do perfil térmico podem estar associadas a prática de atividades esportivas em nível recreativo. A hipótese é de que os valores de TIP dos indivíduos sedentários serão inferiores aos valores de futebolistas e salonistas. Além disso, espera-se que a modalidade esportiva possa influenciar o perfil térmico, resultando em respostas específicas, como os salonistas apresentando TIP inferior aos futebolistas. No entanto, com relação às análises de assimetrias térmicas, espera-se que todos os indivíduos analisados apresentem simetria térmica contralateral nas RCIs e que não haja diferenças significativas entre os grupos analisados.

6.4 Metodologia

6.4.1 Amostra

A amostra deste estudo foi composta por 30 avaliados do sexo masculino, divididos em três grupos de 10 cada. O primeiro grupo (G1) foi formado por atletas universitários de futebol (idade: $22 \pm 1,8$ anos; massa corporal: $76,2 \pm 8,7$ kg; estatura: $1,77 \pm 0,04$ m; IMC: $23,7 \pm 2,6$ kg/m²; gordura corporal: $12,3 \pm 4,5$ %), o segundo grupo (G2) por atletas de futsal (idade: $21 \pm 2,9$ anos; massa corporal: $76,9 \pm 7,6$ kg; estatura: $1,75 \pm 0,05$ m; IMC: $24,5 \pm 1,6$ kg/m²; gordura corporal: $13,9 \pm 4,3$ %), respectivamente, e o terceiro grupo, foi constituído por indivíduos sedentários (G3) (idade: $22 \pm 2,7$ anos; massa corporal: $73,7 \pm 9,6$ kg; estatura: $1,74 \pm 0,04$ m; IMC: $23,6 \pm 3,2$ kg/m²; gordura corporal: $15,2 \pm 6,3$ %). O cálculo do tamanho amostral foi estimado por meio do software G*Power 3.1³⁰. Foram introduzidas as seguintes informações: teste estatístico anova, tamanho de efeito (d) de Cohen = 0,5; erro $\alpha = 0,05$; poder do teste = 0,80 para um grupo com quatro medidas; coeficiente de correlação entre medidas repetidas = 0,5; e correção a não esfericidade = 1. O tamanho da amostra foi calculado em 30 participantes para o estudo.

Todos os avaliados participaram do estudo voluntariamente e atenderam ao critério geral de inclusão de ter idade entre 18 e 30 anos. Além disso, foram atendidos os critérios de inclusão específicos do G1 e do G2, que eram: estar participando de um programa de treinamento de uma das modalidades há, no mínimo, 6 meses contínuos, com frequência igual ou superior à 3 vezes por semana, atuando em qualquer posição de jogo, exceto como goleiro. Para compor o grupo de sedentários, os avaliados foram caracterizados e selecionados com base nos resultados obtidos no Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)³¹.

Não foram incluídos no estudo indivíduos que fossem, fumantes, com históricos de lesão osteomioarticular nos últimos 6 meses, apresentassem alergia cutânea, distúrbio do sono, quadro febril recente, ou que tivessem realizado tratamento médico ou fisioterápico utilizando cremes, pomadas ou loções nas RCIs horas antes da coleta, além de uso de antitérmicos e/ou diuréticos, ou qualquer suplemento alimentar passível de ocasionar mudanças na homeostase hídrica ou na temperatura corporal nos últimos 15 dias e houvesse consumido medicamentos anti-inflamatórios recentemente³². Além disso, foram considerados critérios de exclusão a incapacidade de completar todas as etapas do estudo, a não apresentação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) preenchido, e a presença de problemas cardíacos ou osteomioarticular identificados pelos questionários iniciais.

Os voluntários foram informados sobre os procedimentos em todas as etapas do estudo e assinaram o TCLE antes do início da coleta de dados. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos, com registro 69887623.9.0000.5153, seguindo os critérios exigidos pela legislação brasileira para estudos com seres humanos, de acordo com o número 446/12 do Conselho Nacional de Saúde do Governo Brasileiro.

6.4.2 Procedimentos

Os procedimentos do estudo foram realizados nas instalações do Laboratório de Performance Humana (LAPEH), no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa. Inicialmente, os participantes preencheram a anamnese padrão LAPEH e o questionário de prontidão para a atividade física (PAR-Q)³³, ambos disponíveis no software Avaesporte® (Esportes e Sistemas, MG, Brasil), bem como o IPAQ³¹.

Posteriormente, foram realizadas as avaliações antropométricas para caracterização da amostra, conduzidas por um profissional treinado e seguindo as recomendações da ISAK “International Society for Advancement in Kinanthropometry”³⁴, em que foram mensurados: massa corporal (Kg) (Balança Marte Max® modelo LC 200), estatura (cm) (estadiômetro Sanny®), dobras cutâneas (mm) (Plicômetro Científico Lange®). A técnica de três dobras propostas por Jackson e Pollock³⁵ para calcular a densidade corporal, sendo elas as dobras cutâneas do peitoral, abdominal e coxa medial. Com essas informações, utilizou-se a fórmula proposta por Siri (1961)³⁶ para predizer o percentual de gordura corporal (%G). Utilizando os dados de massa corporal e estatura, foi calculado o IMC (Kg/m²) dos avaliados. Todas as coletas foram feitas pela manhã, pelo mesmo pesquisador, treinado para essa coleta de dados.

As avaliações termográficas foram padronizadas de acordo com as recomendações recentes proposta por um consenso de experts para obtenção de termogramas na área de atividade física e esportes³⁷. A coleta de dados foi realizada em uma sala equipada com ar condicionado (Split Elgin® Eco Power 9000) que possibilita o controle das condições ambientais. Também foram colocados pisos emborrachados (tatame) no chão para que os participantes não troquem calor com o solo através da condução. A figura 1 apresenta o ambiente de coleta das imagens termográficas.



Figura 1: Ambiente de coleta dos termogramas.

Objetivando controlar e minimizar os efeitos do ritmo circadiano na TIP^{32,38}, todos os termogramas foram obtidos na parte da manhã, antes da realização de qualquer exercício físico, e com intervalo mínimo de 24 horas relacionado ao período do treinamento anterior. A temperatura da sala foi mantida em $20,2 \pm 0,7$ °C, e a umidade relativa, em $57 \pm 5\%$, ambos foram mensurados por um termohigrômetro (HT – 208, Ligth[®]). O período de aclimação dos atletas foi fixado em 12 minutos, superando o período mínimo de 10 minutos recomendado por Marins et al.³⁹. Além disso, antes e durante o procedimento, os avaliados foram orientados a não realizar qualquer movimento repentino e intenso, ou friccionar, arranhar, cruzar suas pernas e/ou encostar-se a outros objetos ou outros participantes nas RCI. Os avaliados posicionaram-se em frente de um tecido preto para evitar a captação da radiação emitida pela parede no equipamento. Não houve ventilação do ar condicionado direcionada para o local de aquisição das imagens. Foram obtidas duas imagens termográficas, uma da vista anterior e outra da vista posterior dos membros inferiores, para análise das RCI.

Para a obtenção dos termogramas, foi utilizada uma câmera infravermelha modelo T420 (Flir Systems[®], Estocolmo, Suécia) com uma faixa de detecção entre -20°C e $+120^{\circ}\text{C}$, uma precisão de 2%, uma sensibilidade de $\leq 0,05$ °C, banda espectral infravermelho de $7,5\mu\text{m}$ a $13\mu\text{m}$, uma taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de 320×240 pixels. A câmera foi posicionada a uma distância de 2,30 m dos avaliados, com altura individualizada por voluntário objetivando encontrar o melhor enquadramento dos termogramas, sempre perpendicular às RCI. Com intuito de obter condições suficientes para uma boa qualidade dos termogramas, a câmera foi ligada com 30 minutos de antecedência, visando permitir a

calibração do instrumento e seguindo as exigências propostas pela literatura³⁷. Além disso, foi considerada emissividade de 0,98, conforme sugerido por Moreira et al³⁷.

Os termogramas da região anterior e posterior dos membros inferiores foram analisados no software ThermoHuman[®], versão 2.21 (PEMA THERMO GROUP S.L., Madrid, Espanha), que foi previamente validado⁴⁰⁻⁴² e utilizado em anteriores trabalhos científicos^{6,43-46}. O software permite delimitar automaticamente e quantificar a TIP média de diferentes RCI. Neste estudo foram avaliados a TIP das seguintes RCI: coxa anterior (vastos medial, lateral e reto femoral), coxa posterior (bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso), adutor de quadril (na visão anterior e posterior), joelho (na visão anterior e posterior) perna anterior (tibial lateral e medial) e perna posterior (gastrocnêmio medial e lateral). A Figura 2 destaca os termogramas com as RCI analisadas.

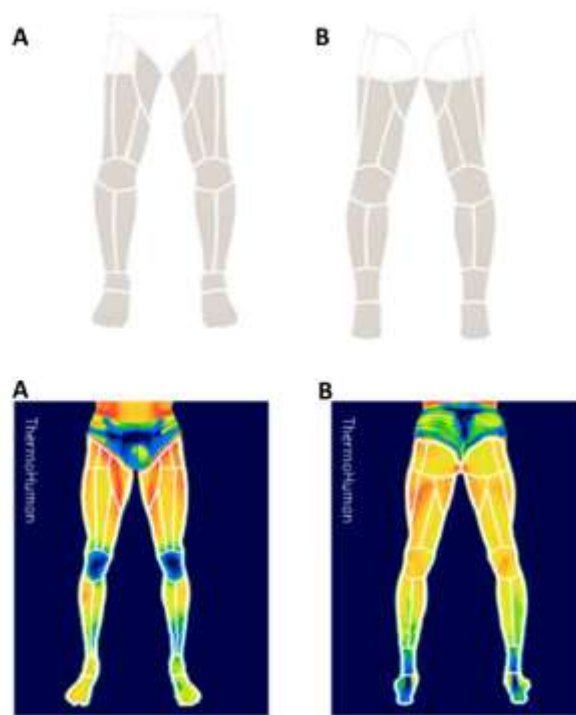


Figura 2: Termogramas dos membros inferiores, vista anterior (A) e posterior (B), destacando as RCI para avaliação da temperatura da pele.

6.4.3 Análise Estatística

Inicialmente, para caracterização da amostra quanto à idade e o perfil antropométrico (massa corporal, estatura, IMC, percentual de gordura), foi realizado um tratamento estatístico

descritivo, com média e desvio padrão. A comparação entre os grupos foi realizada por meio de análise de variância *one-way*.

Foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para analisar a normalidade dos dados e o teste de Levene para analisar a homogeneidade de variância. Como os dados apresentaram ou normalidade ou homogeneidade de variância, optou-se por aplicar testes paramétricos. Uma anova *two-way* foi utilizada para verificar o efeito da dominância podal (lado dominante vs. lado não dominante) e efeito do grupo (futebol vs. futsal vs. controle) nos valores de TIP de cada RCI. Além disso, foi analisado o efeito da interação dominância vs. grupo. Para comparar a assimetria térmica bilateral de cada RCI entre os grupos, foi utilizada uma análise de variância *one-way*. Para análises post-hoc, foi utilizado o teste de Bonferroni. Os resultados foram apresentados como média, desvio padrão (DP) e intervalo de confiança de 95% (IC 95%).

O software SPSS, versão 23.0 foi utilizado para análise dos dados, e um nível de significância de $p < 0,05$ foi adotado. Além dos testes de hipótese, para se estabelecer um referencial de perfil térmico, foi proposta uma curva percentil com os percentis 5, 15, 50, 85 e 95, podendo caracterizar uma área de alto risco hipotérmica (temperatura inferior ao percentil 5), uma área de risco hipotérmica (temperatura superior ao percentil 5 e inferior ao percentil 15), uma área de normalidade térmica (temperatura superior ao percentil 15 e inferior ao percentil 85), uma área de risco hipertérmica (temperatura superior ao percentil 85 e inferior ao percentil 95) e uma área de alto risco hipertérmico (temperatura superior ao percentil 95).

6.5 Resultados

Não houve diferença significativa nos valores de TIP entre os lados dominante e não dominante em todas as RCI analisadas. Além disso, não foi observada interação significativa entre dominância e grupo, o que a modalidade praticada não influenciou os valores de TIP do lado dominante e não dominante. Porém, foi observado efeito do fator grupo apenas para a RCI gastrocnêmio externo; a análise de post-hoc revelou que o grupo futsal apresentou valor significativamente maior de TIP nesta RCI em comparação ao grupo futebol ($p = 0,029$) [$27,5 \pm 0,8$ °C vs $26,9 \pm 0,8$ °C; diferença média $0,67$ °C (IC 95% $0,05 - 1,3$)]. Não houve diferença significativa entre o grupo futsal e o grupo controle. Nas demais RCI, não houve diferença significativa considerando o fator grupo. As tabelas 1 e 2 apresentam os resultados referentes à análise de variância de dois fatores.

Tabela 1.: Valores médios de temperatura irradiada da pele (°C) dos membros inferiores na vista anterior de futebolistas, salonistas e universitários sedentários.

Temperatura Irradiada da Pele (°C)							
		FUTEBOL (n=10)	FUTSAL (n=10)	Sedentários (n=10)	ANOVA		
RCI	LADO	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	Dominância (F; p)	Grupo (F; p)	Dominância x Grupo (F; p)
VL	D	26,64 ± 0,73	26,47 ± 0,90	26,99 ± 0,75	0,20; 0,66	1,23; 0,30	0,16; 0,86
	ND	26,54 ± 0,78	26,52 ± 0,76	26,76 ± 0,86			
RF	D	26,76 ± 0,62	26,50 ± 0,82	26,81 ± 1,02	0,00; 0,96	0,58; 0,57	0,09; 0,92
	ND	26,65 ± 0,60	26,61 ± 0,66	26,85 ± 1,00			
ADU ANT	D	27,35 ± 0,81	27,18 ± 0,88	27,29 ± 1,25	0,01; 0,94	0,18; 0,84	0,03; 0,97
	ND	27,42 ± 0,81	27,24 ± 0,84	27,22 ± 1,25			
VM	D	26,75 ± 0,76	26,64 ± 0,71	26,83 ± 1,18	0,00; 0,97	0,32; 0,73	0,09; 0,92
	ND	26,61 ± 0,77	26,68 ± 0,68	26,91 ± 1,13			
JOA	D	25,24 ± 0,69	25,50 ± 1,01	25,54 ± 0,99	0,06; 0,81	1,19; 0,31	0,07; 0,93
	ND	25,07 ± 0,73	25,46 ± 0,84	25,57 ± 0,95			
TL	D	26,55 ± 0,82	27,13 ± 1,08	27,02 ± 0,78	0,42; 0,52	2,25; 0,12	0,28; 0,76
	ND	26,53 ± 0,78	27,10 ± 0,91	26,65 ± 0,74			
TM	D	26,41 ± 0,96	27,06 ± 0,92	26,65 ± 0,74	0,03; 0,86	2,81; 0,07	0,02; 0,98
	ND	26,39 ± 0,96	27,06 ± 0,96	26,54 ± 0,88			

ADU ANT = Adutor Anterior; D = Dominante; DP = Desvio-Padrão; JOA = Joelho anterior; ND = Não Dominante; RCI = Região corporal de interesse; RF = Reto Femoral; TL = Tibial Lateral; TM = Tibial Medial; VL = Vasto Lateral; VM = Vasto Medial; ΔT: Diferença de temperatura

Tabela 2.: Valores médios de temperatura irradiada da pele (°C) dos membros inferiores na vista posterior de futebolistas, salonistas e universitários sedentários.

Temperatura Irradiada da Pele (°C)							
		FUTEBOL (n=10)	FUTSAL (n=10)	Sedentários (n=10)	ANOVA		
RCI	LADO	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	Dominância (F; p)	Grupo (F; p)	Dominância x Grupo (F; p)
CX POST EX	D	26,60 ± 1,15	26,57 ± 1,10	26,60 ± 1,10	0,03; 0,87	0,01; 0,99	0,00; 1,00
	ND	26,63 ± 1,13	26,60 ± 0,93	26,68 ± 0,90			
FE	D	27,08 ± 0,95	27,30 ± 0,97	27,14 ± 0,95	0,09; 0,77	0,30; 0,74	0,01; 0,99
	ND	27,18 ± 0,91	27,37 ± 0,80	27,18 ± 0,93			
ADU POST	D	27,42 ± 1,05	27,59 ± 1,02	27,54 ± 1,09	0,04; 0,85	0,09; 0,92	0,02; 0,98
	ND	27,54 ± 1,06	27,65 ± 0,96	27,52 ± 1,22			
CX POST INT	D	27,40 ± 0,75	27,62 ± 0,85	27,40 ± 0,92	0,01; 0,94	0,52; 0,60	0,02; 0,98
	ND	27,45 ± 0,84	27,66 ± 0,79	27,35 ± 0,99			
JOP	D	27,75 ± 0,64	27,87 ± 0,69	27,80 ± 0,77	0,01; 0,91	0,17; 0,84	0,04; 0,96
	ND	27,81 ± 0,76	27,92 ± 0,71	27,75 ± 0,78			
GE	D	26,87 ± 0,76	27,60 ± 0,72	27,18 ± 0,80	0,05; 0,83	3,63; 0,03*	0,02; 0,98
	ND	26,86 ± 0,86	27,50 ± 0,80	27,13 ± 0,71			
GI	D	27,06 ± 0,88	27,71 ± 0,88	27,41 ± 0,89	0,09; 0,77	2,35; 0,11	0,02; 0,98
	ND	27,03 ± 1,10	27,67 ± 0,99	27,27 ± 0,85			

ADU POST = Adutor Posterior; CX POST EX = Coxa Posterior Externa; CX POST INT = Coxa Posterior Interna; D = Dominante; DP = Desvio-Padrão; FE = Femoral; GE = Gastrocnêmio Externo; GI = Gastrocnêmio interno; JOP = Joelho posterior; ND = Não Dominante; RCI = Região corporal de interesse; ΔT: Diferença de temperatura; * = Diferença significativa Futebol x Futsal

Com relação à comparação dos níveis de simetria térmica contralateral, não foi observada diferença significativa entre os grupos (Tabela 3), demonstrando assim que os níveis de simetria térmica entre os grupos analisados foram similares. Além disso, é importante destacar que as diferenças bilaterais em todas as RCI analisadas foram inferiores a 0,4°C.

Tabela 3.: Comparação dos valores médios de simetria térmica bilateral (°C) dos membros inferiores entre futebolistas, salonistas e universitários sedentários.

RCI	Simetria térmica bilateral (°C)			ANOVA	
	FUTEBOL	FUTSAL	SEDENTÁRIOS	F	p
	Média ± DP (IC 95%)	Média ± DP (IC 95%)	Média ± DP (IC 95%)		
VL	0,10 ± 0,23 (-0,07; 0,26)	-0,05 ± 0,35 (-0,30; 0,20)	0,23 ± 0,28 (0,03; 0,43)	0,05	0,95
RF	0,10 ± 0,17 (-0,02; 0,22)	-0,10 ± 0,26 (-0,30; 0,09)	-0,04 ± 0,24 (-0,21; 0,13)	0,19	0,83
ADU ANT	-0,07 ± 0,10 (-0,14; 0,00)	-0,05 ± 0,25 (-0,24; 0,13)	0,07 ± 0,18 (-0,06; 0,19)	0,41	0,67
VM	0,14 ± 0,16 (0,03; 0,26)	-0,04 ± 0,37 (-0,31; 0,23)	-0,08 ± 0,27 (-0,28; 0,12)	0,14	0,87
JOA	0,17 ± 0,29 (-0,04; 0,38)	0,04 ± 0,33 (-0,19; 0,27)	-0,04 ± 0,43 (-0,35; 0,27)	0,04	0,96
TL	0,01 ± 0,45 (-0,31; 0,33)	0,04 ± 0,39 (-0,24; 0,32)	0,38 ± 0,38 (0,10; 0,65)	1,92	0,17
TM	0,02 ± 0,27 (-0,18; 0,21)	0 ± 0,21 (-0,15; 0,15)	0,11 ± 0,17 (-0,01; 0,23)	1,80	0,18
CX POST EX	-0,03 ± 0,38 (-0,30; 0,24)	-0,03 ± 0,29 (-0,23; 0,18)	-0,08 ± 0,35 (-0,33; 0,18)	0,26	0,78
FE	-0,10 ± 0,33 (-0,34; 0,14)	-0,07 ± 0,23 (-0,23; 0,10)	-0,04 ± 0,27 (-0,23; 0,15)	0,52	0,60
ADU POST	-0,12 ± 0,22 (-0,27; 0,04)	-0,07 ± 0,32 (-0,30; 0,17)	0,02 ± 0,26 (-0,16; 0,20)	0,58	0,57
CX POST INT	-0,06 ± 0,29 (-0,26; 0,15)	-0,04 ± 0,26 (-0,22; 0,15)	0,05 ± 0,40 (-0,24; 0,34)	0,87	0,43
JOP	-0,06 ± 0,31 (-0,28; 0,16)	-0,05 ± 0,12 (-0,14; 0,03)	0,05 ± 0,20 (-0,09; 0,19)	0,17	0,84
GE	-0,01 ± 0,41 (-0,30; 0,28)	0,10 ± 0,18 (-0,03; 0,23)	0,05 ± 0,03 (-0,12; 0,21)	1,94	0,16
GI	0,03 ± 0,37 (-0,24; 0,30)	0,04 ± 0,28 (-0,16; 0,24)	0,14 ± 0,22 (-0,01; 0,30)	1,34	0,28

ADU ANT = Adutor Anterior; ADU POST = Adutor Posterior; CX POST EX = Coxa Posterior Externa; CX POST INT = Coxa Posterior Interna; D = Dominante; DP = Desvio-Padrão; FE = Femoral; GE = Gastrocnêmio Externo; GI = Gastrocnêmio interno; JOA = Joelho anterior; JOP = Joelho posterior; ND = Não Dominante; RCI = Região corporal de interesse; RF = Reto Femoral; TL = Tibial Lateral; TM = Tibial Medial; VL = Vasto Lateral; VM = Vasto Medial; A = Futebol; B = Futsal; C = Sedentários.

A figura 3 apresenta os boxplots que exibem os pontos de corte dos percentis 15, 50 e 85 retratados na caixa central pela linha de limite inferior, linha central e linha de limite superior, respectivamente, obtidos em 13 RCI da face anterior e posterior dos membros inferiores. Ademais, também são apresentados os valores de percentil 5 e 95 de TIP média dos avaliados analisados para cada uma das RCI, respectivamente ilustrados pelas extremidades das linhas verticais. Os dados apresentados têm o objetivo de auxiliar para a construção de um referencial de perfil térmico, oferecendo informações que facilitarão o acompanhamento longitudinal e na identificação de possíveis quadros de hipertermia ou hipotermia local.

Como o efeito do fator grupo foi observado apenas para a RCI GE, os valores desta região foram reportados separadamente para cada um dos grupos (Figura 4), destacando que houve diferença significativa apenas na comparação entre os grupos de futebolistas e salonistas universitários. Além disso, a figura 5 ilustra a distribuição percentil dos valores de assimetria térmica contralateral dos avaliados.

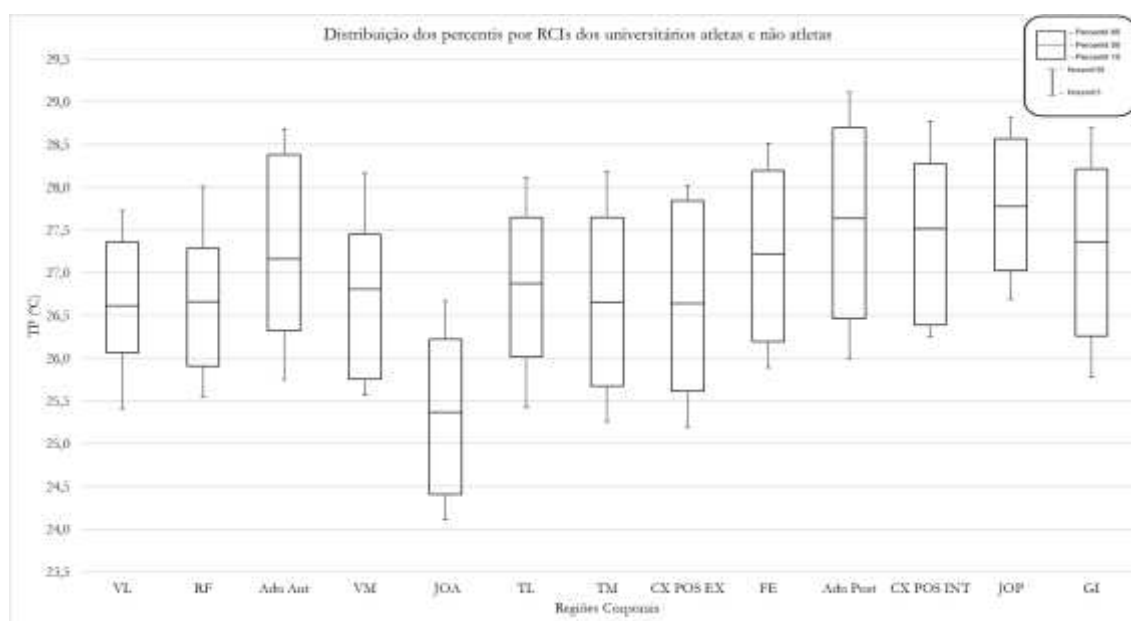


Figura 3 - Bloxplots para os percentis 5, 15, 50, 85 e 90 de temperatura da pele de universitários atletas e não atletas.

ADU ANT = Adutor Anterior; ADU POST = Adutor Posterior; CX POST EX = Coxa Posterior Externa; CX POST INT = Coxa Posterior Interna; FE = Femoral; GI = Gastrocnêmio interno; JOA = Joelho anterior; JOP = Joelho posterior; RCI = Região corporal de interesse; RF = Reto Femoral; TL = Tibial Lateral; TM = Tibial Medial; VL = Vasto Lateral; VM = Vasto Medial.

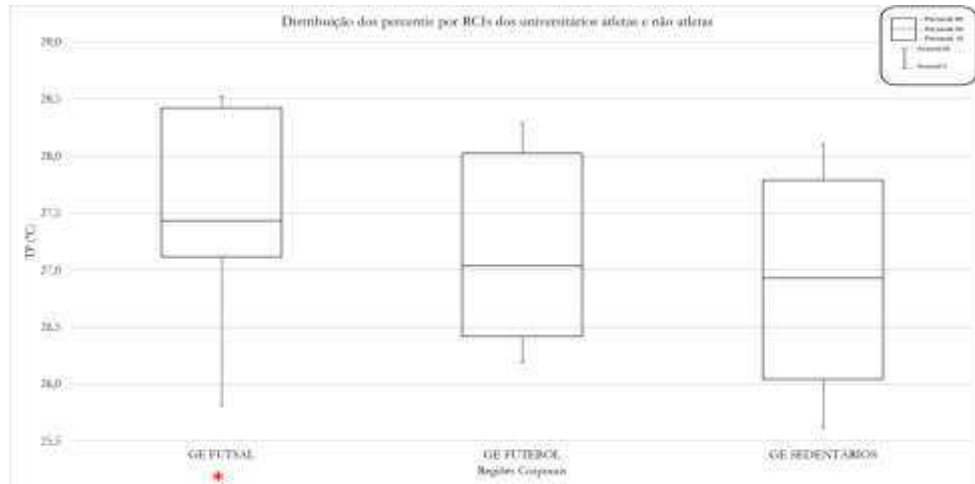


Figura 4 - Bloxplots para os percentis 5, 15, 50, 85 e 90 de temperatura da pele do gastrocnêmio externo de futebolistas, salonistas e universitários sedentários.
GE = Gastrocnêmio Externo; * = Diferença estatística significativa Futsal vs Futebol

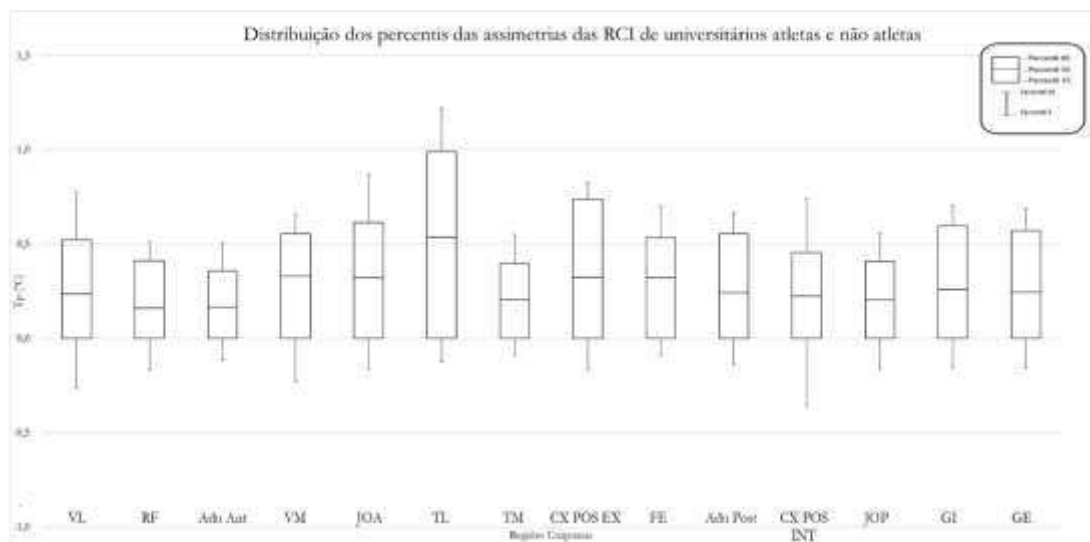


Figura 5 - Bloxplots para os percentis 5, 15, 50, 85 e 90 do perfil de assimetria térmica de universitários atletas e não atletas.

ADU ANT = Adutor Anterior; ADU POST = Adutor Posterior; CX POST EX = Coxa Posterior Externa; CX POST INT = Coxa Posterior Interna; FE = Femoral; GE = Gastrocnêmio Externo; GI = Gastrocnêmio interno; JOA = Joelho anterior; JOP = Joelho posterior; RCI = Região corporal de interesse; RF = Reto Femoral; TL = Tibial Lateral; TM = Tibial Medial; VL = Vasto Lateral; VM = Vasto Medial.

6.6 Discussão

O presente estudo estabeleceu e comparou o perfil termográfico e os níveis de simetria térmica contralateral dos membros inferiores de jovens universitários sedentários, bem como o de futebolistas e salonistas universitários, utilizando a termografia infravermelha. Inicialmente, esperava-se que a prática de atividade física pudesse influenciar as respostas térmicas, gerando diferenças específicas para cada modalidade. No entanto, os resultados deste estudo indicaram essa diferença em apenas 1 das 14 RCI analisadas, sendo a RCI do gastrocnêmio externo dos atletas de futsal, em comparação aos futebolistas, a única a apresentar uma diferença estatística significativa. Nas demais RCI, não foi observada nenhuma diferença significativa considerando o fator grupo.

Em relação às análises de assimetrias térmicas, a hipótese inicial foi confirmada, visto que todos os indivíduos analisados apresentaram simetria térmica contralateral nas RCI, sem nenhuma diferença estatística significativa entre os grupos analisados.

O perfil térmico observado em todos os grupos avaliados indica uma simetria bilateral média com valores inferiores a 0,4 °C (Tabela 3) em todas as RCI analisadas. Este é um resultado importante, pois estudos anteriores sinalizaram baixo risco de lesão quando a diferença térmica bilateral é de $\leq 0,4$ °C². Além disso, esses achados corroboram e reforçam os resultados de outros estudos anteriores envolvendo atletas de diferentes modalidades, como jogadores de futebol de base^{9,10,18} e profissionais^{9,11,19,20}, salonistas universitários⁸ e nadadores²¹, bem como estudos populacionais envolvendo adultos de diferentes nacionalidades¹²⁻¹⁶, e crianças mexicanas¹⁷. De modo geral, as assimetrias térmicas observadas nesses estudos foram inferiores a 0,5°C. Desta forma, existe um forte nível de evidencia de que uma normalidade térmica entre os dimídios corporais deverá ser igual ou inferior aos 0,4°C, independentemente do grupo populacional avaliado.

Por outro lado, Hildebrandt et al.⁴⁷ sugerem uma margem superior, indicando que assimetrias térmicas bilaterais são clinicamente aceitáveis até 0,7°C, em atletas de alto rendimento. Para populações de não atletas, esses valores podem variar de 0,3 °C⁴⁸, 0,4 °C⁴⁹ e 0,5 °C⁵⁰, dependendo do referencial utilizado e da população avaliada. Independentemente dos valores de referência adotados para tolerância de assimetria, os jogadores avaliados no presente trabalho estavam em perfeito estado de simetria térmica bilateral. Considerando que todos os indivíduos avaliados estavam saudáveis e não indicaram nenhum quadro lesivo, os resultados obtidos reforçam que, em condições normais e com um padrão de referência estabelecido para avaliações termográficas de jovens sedentários, bem como de futebolistas e salonistas

universitários, é esperado haver simetria térmica entre os dimídios contralaterais de membros inferiores. Por fim, a comparação dos níveis de simetria térmica contralateral entre os grupos não revelou diferenças estatísticas significativas (Tabela 3), sinalizando que diferentes níveis de atividade/condicionamento e a especificidade da prática de exercício não afeta o comportamento térmico bilateral. Este é um critério importante a ser considerado e discutido em estudos futuros, com atletas de nível profissional de ambas as modalidades.

Detectar uma anormalidade térmica é essencial para a prevenção de lesões no contexto de alto rendimento. Como problemas inflamatórios podem desencadear o aumento da TIP, enquanto condições degenerativas podem reduzir o fluxo sanguíneo na região afetada, sinalizando quadros de hipertermia e hipotermia⁵¹, respectivamente, recomenda-se a inclusão das avaliações termográficas na rotina de monitoramento e controle da carga de treinamento de esportistas de diferentes modalidades. O monitoramento térmico de atletas seriado ao longo dos diferentes períodos da temporada permitirá estabelecer o perfil térmico específico da modalidade e atleta, possibilitando identificar se a assimetria é ocasionada por uma área mais quente ou mais fria, e conseqüentemente, tomar as decisões apropriadas para cada situação.

Os valores absolutos de TIP média obtidos neste estudo estão dentro da faixa normal de flutuação indicada em outros estudos que avaliaram adultos saudáveis¹²⁻¹⁶. Dados normativos podem ser úteis para avaliação, identificando possíveis desequilíbrios térmicos entre as áreas contralaterais, e contribuindo para identificação de áreas hiper e/ou hiporradiadas. Isso reforça a necessidade de um processo contínuo e criterioso de investigação, controle e monitoramento para confirmar essas condições e identificar os possíveis agentes causadores deste comportamento térmico cutâneo anormal. Dentro desta perspectiva, as figuras 3, 4 e 5 apresentam as faixas dos percentis 5, 15, 50, 85 e 90 para cada uma das RCI avaliadas, oferecendo uma ferramenta potencial para essas avaliações. Essas informações podem facilitar o acompanhamento longitudinal e identificação de possíveis quadros de hipertermia ou hipotermia local. Na prática, recomenda-se que as comissões técnicas já tenham pré-estabelecidos algumas ações de intervenção e/ou controle para cada um dos percentis. Por exemplo, se durante a avaliação de um atleta for identificado que a TIP dos isquiotibiais está acima do percentil 85 (área de risco hipertérmico), poderia ser recomendado iniciar ações fisioterápicas preventivas, e reduzir/controlar os estímulos durante a sessão de treino e/ou jogo.

Um resultado importante deste estudo foi a observação de que atletas universitários de futsal e futebol possuem valores médios de TIP similares aos observados nas RCI de membros inferiores de universitários sedentários (Tabelas 1 e 2), com exceção apenas da RCI do gastrocnêmio externo dos salonistas, que diferiu em comparação com os futebolistas (Figura

4). Estudos anteriores sugerem que indivíduos com maior nível de condicionamento possuem uma maior capacidade de controlar a TIP em condição de exercício²⁴⁻²⁹. De acordo com a literatura, essa diferença ocorre pois os indivíduos treinados possuem um maior fluxo sanguíneo cutâneo^{27,28}, além de outras alterações fisiológicas induzidas pelo exercício, como o aumento da massa muscular, da densidade dos capilares e da velocidade da condução nervosa, também aparecem como uma possível justificativa para essa diferença²⁴. No entanto, nossos achados não corroboram com a literatura, e uma possível justificativa para isso pode ser a homogeneidade amostral no que diz respeito aos dados antropométricos dos avaliados.

É válido destacar que apenas um dos estudos encontrados realizou essa comparação em estado de repouso²⁹, indicando que a literatura ainda é escassa sobre a relação entre o nível de condicionamento físico e a TIP em repouso, necessitando de uma investigação mais aprofundada acerca do tema. Desta forma, por meio das respostas termográficas, não foram identificadas diferenças térmicas em estado de repouso entre sujeitos sedentários e jogadores de futebol e/ou futsal de nível universitário. Essa ausência de diferença pode ser atribuída à magnitude insuficiente da atividade física diária de treinamento realizado pelos atletas avaliados neste estudo, o que pode não ter sido suficiente para produzir alterações termorreguladoras significativas em estado de repouso, ao contrário do que ocorre com atletas profissionais, que podem ter uma carga física, assim se beneficiando dessas adaptações.

Outro achado importante deste estudo diz respeito à comparação das assimetrias bilaterais em função da dominância do membro. Não é comum em estudos de perfil térmico se observar o impacto da dominância corporal sobre as diferenças bilaterais^{2,8-21,47-50}. Os resultados obtidos nas Tabelas 1 e 2 apontam claramente que a dominância não foi um fator determinante na resposta térmica das 14 RCI analisadas, para os grupos populacionais avaliados.

Contudo, alguns estudos sugerem que pequenas assimetrias podem ser justificadas pela dominância de um dos membros³². É importante destacar essa dominância, pois em algumas modalidades que possuem um padrão de movimentos unilateral repetitivos e predominantes, como o tênis e o judô, podem ocasionar essa assimetria normal¹². No entanto, esse perfil não é esperado em modalidades como o ciclismo e a natação, que possuem um padrão de movimento onde se espera que tenha um equilíbrio na utilização dos membros contralaterais¹². Em nosso estudo, não foi observada nenhuma diferença estatística significativa ao comparar os resultados bilaterais intra e entre grupos, levando em consideração a dominância, o que pode ser um indicador de que os indivíduos avaliados apresentam um perfil térmico normal.

Ainda com relação à dominância dos membros, no contexto da avaliação termográfica de atletas de modalidades acíclicas intermitentes, como o futebol e o futsal, Gómez-Carmona⁵² observou valores mais elevados de TIP na perna dominante de atletas profissionais de futebol, possivelmente devido à maior carga física neste membro. No entanto, conforme mencionado anteriormente, os atletas universitários avaliados neste estudo não apresentaram diferença estatística significativa nos resultados bilaterais considerando a dominância. Esse resultado pode ser explicado pela baixa frequência semanal de treinamento quando comparado aos atletas avaliados no estudo de Gómez-Carmona⁵².

Além da dominância, outros padrões de assimetria térmica normal ocasionado por aspectos morfológicos e anatômicos podem ser observados, como é o caso da região anterior e posterior dos joelhos^{47,50}. Em condições normais, espera-se que a região patelar apresente TIP inferior à obtida na região posterior dos joelhos, pois o osso patelar atua como um escudo frio, sendo um obstáculo rígido para transferência de calor, reduzindo a temperatura da região anterior⁵⁰. Esse comportamento é claramente observado na figura 3, onde a RCI JOA é a mais fria de todas as 14 regiões monitoradas. Por outro lado, a região da fossa poplíteia, por ser altamente vascularizada, apresenta uma temperatura local mais elevada em função de um maior fluxo sanguíneo¹, tornando esta região 1, 2 ou até 3°C mais quente quando comparada à região anterior^{8,9,20,53}. Estabelecer este referencial de desequilíbrio térmico entre a região anterior e posterior do joelho é primordial para se considerar um estado de normalidade dessa articulação, uma das mais propensas a lesões no futsal⁵⁴ quanto no futebol⁵⁵.

A análise dos termogramas, levando em consideração os padrões térmicos específicos de cada indivíduo e específico da modalidade, é extremamente importante. Essa análise pode evitar interpretações equivocadas, auxiliar a prevenção de lesões e fornecer direcionamento assertivos para prescrição de treinamentos². Alguns estudos destacam que a especialização de um indivíduo em uma modalidade pode gerar algumas assimetrias específicas, consideradas normais, como é o caso do antebraço dos tenistas⁵⁶, do tibial anterior dos futebolistas⁵², do braço dos jogadores de voleibol e handebol⁵⁷⁻⁵⁹ e o antebraço da preensão de um judoca⁶⁰.

Assim como já aplicada em outras modalidades, como no voleibol⁶¹, no basquetebol⁶², no handebol⁶³ e na natação²¹, a TI possibilita a criação de um histórico de avaliações termográficas dos atletas, colaborando para o acompanhamento das respostas térmicas durante toda a temporada. Isso possibilita a identificação precoce de anormalidades na TIP com maior precisão e assertividade, já que cada indivíduo seria comparado consigo mesmo. Desta forma, as avaliações termográficas tornam mais eficiente o processo de controle e monitoramento da

carga, colaborando principalmente para redução da incidência de lesões, e conseqüentemente, reduzindo os gastos financeiros do clube e garantindo a saúde musculoesquelética dos atletas^{6,7}.

É importante destacar que este estudo possui algumas limitações, como por exemplo, o fato dos avaliados serem caracterizados e selecionados conforme os resultados obtidos no IPAQ. Embora seja um questionário validado e reconhecido mundialmente, seria mais interessante avaliar o nível de atividade física e sedentarismo utilizando outras ferramentas em conjunto, como um teste de capacidade cardiorrespiratória. Além disso, vale mencionar o nível dos atletas monitorados neste estudo. Sendo uma amostra de atletas de nível universitário, é esperado que atletas profissionais, devido a uma maior carga de treino e competições apresentem um perfil térmico diferente, com maiores valores de TIP.

Como sugestões de estudos futuros, é importante desenvolver trabalhos visando verificar se a TIP, mensurada através da termografia infravermelha, pode ser um parâmetro fisiológico utilizado para avaliar o status de recuperação muscular e prevenir lesões no futsal, bem como, realizar estudos de perfil térmico objetivando analisar e comparar o perfil termográfico de membros inferiores de atletas profissionais de diversas modalidades em diferentes momentos da temporada competitiva, auxiliando o processo de prescrição de treinamento, possibilitando um melhor entendimento destas respostas, e conseqüentemente, auxiliando no dimensionamento da carga ideal de treinamento e prevenindo lesões.

Como implicações práticas, durante uma avaliação termográfica dos membros inferiores de jovens universitários sedentários, bem como de futebolistas e salonistas universitários, espera-se observar respostas térmicas similares, com exceção da região do gastrocnêmio. Além disso, em relação às respostas bilaterais, são esperadas diferenças térmicas bilaterais inferiores a $0,4^{\circ}\text{C}$, independente do grupo e da dominância do avaliado. No que diz respeito aos joelhos, é esperado uma diferença $> 1^{\circ}\text{C}$ quando analisadas regiões anteriores e posteriores. Por fim, destaca-se que os valores de percentis 5, 15, 50, 85 e 90 para cada uma das regiões avaliadas podem ser utilizados para uma avaliação mais aprofundada, auxiliando na identificação de condições de hiporradiação e hiperradiação, e, conseqüentemente, fornecendo informações que facilitarão o acompanhamento longitudinal e apoiarão a tomada de decisão do corpo técnico.

Em conclusão, futebolistas e salonistas universitários, bem como jovens sedentários, apresentam respostas térmicas similares em repouso. Além disso, os níveis de simetria térmica contralateral são inferiores a $0,4^{\circ}\text{C}$, indicando que os indivíduos avaliados apresentam um perfil térmico normal e estão aparentemente saudáveis do ponto de vista osteomioarticular. Por fim, observou-se que o nível de atividade física, a especificidade do treinamento e a dominância não

influenciaram as respostas termográficas dos membros inferiores dos avaliados, com exceção da região dos gastrocnêmios, devendo esta diferença ser investigada em estudos futuros.

6.7 Agradecimentos

Carrefour/ Sitawe – Pagamento da bolsa do aluno mestrando

ThermoHuman – Disponibilização do software para análises termográficas

FAPEMIG/CAPES – Disponibilização de fundos para compra dos materiais utilizados na coleta

6.8 Referências

1. Hildebrandt C, Zeilberger K, Ring EFJ, Raschner C. The application of medical infrared thermography in sports medicine. **An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury**. 257- 74, 2012.
2. Marins JCB, Fernández-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Applications of Infrared Thermography in Sports. A Review. **Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte**. 15 (60): 805-24, 2015.
3. Afonso ASF, Dias FAM, Marins JCB. A termografia aplicada ao futebol. **Rev Bras Futebol**. 15 (5), 3 – 16, 2022.
4. Fernandez-Cuevas I. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. **New Studies in Athletics**. 29: 57-71, 2014.
5. Silva AG, Reis HHT, Marins JCB. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: Uma breve revisão. **Rev Bras Futebol**. 15 (3), 3 – 20, 2022.
6. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Quintana MS, Arnaiz-Lastras J, Navanda A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. **J Sport Rehabil**. 29(8) 1222-27, 2020. doi: 10.1123/jsr.2019-0056
7. Côrte AC, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, Hernandez AJ. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. **BMJ Open Sport & Exerc Med**. 5:e000431, 2019. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000431.
8. Dias FAM, Campos MG, Lisboa LAA, Cassemiro HA. Perfil térmico dos membros inferiores de jogadores de futsal universitário. **Rev Bras Futebol**. 15(5) 17 – 28, 2022.
9. Dias FAM, Silva AG, Marins JCB. Perfil térmico dos membros inferiores de futebolistas: uma comparação entre jovens atletas e profissionais. *RBEFE*. 37: e37189306, 2023. <https://doi.org/10.11606/issn.1981-4690.2023e37189306>.
10. 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**. 13, 635-43, 2017. doi:10.1007/s11332-017-0394-1.
11. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. **J Exerc Rehabil**. 30;13(3):330-334, 2017. doi: 10.12965/jer.1734934.467.

12. Marins JC, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, da Silva FS, Costa CM, et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). **J Therm Biol.** 42:1-8, 2014. doi: 10.1016/j.jtherbio.2014.02.020.
13. Zhu WP, Xin XR. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. **Ann NY Acad Sci.** 888:300-13, 1999.
14. Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, et al. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. **Zhonghua Yi Xue Za Zhi.** 64(8):459-68, 2001.
15. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Närhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. **Physiol Meas.**29:515-24, 2008.
16. Vardasca, R. Thermal symmetry of the limbs in healthy subjects. **Thermol. Int.** 21: 146, 2011.
17. Kolosovas-Machuca ES, González FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. **Skin Res and Technol.** 22:1-6, 2011.
18. Côgo WT, Nogueira PHR, da Silva AG, Marins JCB. Perfil térmico de membros inferiores de jogadores de futebol de categoria de base. **Rev Bras de Futebol.** 10:4-24, 2017.
19. Marins JCB, Fernandes AA, Moreira DG, Silva FS, Costa CMA, Pimenta EM, et al. Thermographic profile of soccer players' lower limbs. **Rev Andal Med Deport.** 7(1): 1-6, 2014. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(14\)70053-X](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70053-X).
20. Stroppa GM, Silva AG, Moreira DG, Cerqueira MS, Fernandes AA, Marins JCB. Analysis of the skin temperature in knees of women professional soccer players. **Rev Bras Futebol.** 8(2), 36–42, 2017.
21. Rezende CM, da Silva AG, Encarnação SGA, Júnior MAC, Marins JCB. Análise da simetria térmica em atletas de natação de alto rendimento. **Pan Am J Med Thermol.** 6:21-9, 2021.
22. Balci GA, Basaran T, Colakoglu M. Analysing visual pattern of skin temperature during submaximal and maximal exercises. **Infrared Phys Technol.** 74:57-62, 2016.
23. Tumilty S, Adhia DB, Smoliga JM, Gisselman AS. Thermal profiles over the Achilles tendon in a cohort of non-injured collegiate athletes over the course of a cross country season. **Phys Ther Sport.** 36:110-15, 2019.
24. Abate M, Di Carlo L, Di Donato L, Romani GL, Merla A. Comparison of cutaneous termic response to a standardised warm up in trained and untrained individuals. **J Sports Med Phys Fitness.** 53(2):209-15, 2013.

25. 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.** 41(4):863-71, 2013. doi: 10.1007/s10439-012-0718-x.
26. Bonnett P, Hare DB, Carl DJ, Ring EFJ, Hare CJ. Some preliminary observations of the effects of sports massage on heat distribution of lower limb muscles during a graded exercise test. **Thermology Int.** 16:143-9, 2006.
27. Fritzsche RG, Coyle EF. Cutaneous blood flow during exercise is higher in endurance-trained humans. **J Appl Physiol.** 88(2):738-44, 2000. doi: 10.1152/jappl.2000.88.2.738.
28. Merla A, Iodice P, Tangherlini A, De Michele G, Di Romualdo S, Saggini R, et al. Monitoring skin temperature in trained and untrained subjects throughout thermal video. **Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.** 2005:1684-6, 2005. doi: 10.1109/IEMBS.2005.1616767.
29. Akimov EB, Andreev RS, Arkov VV, Kiridin AA, Saryanc VV, Sonkin VD, et al. Thermal “portrait” of sportsmen with different aerobic capacity. **Acta Kin Univers Tartuensis.** 14:7- 16, 2009.
30. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behav Res Methods.** 39(2):175-91, 2007. doi: 10.3758/bf03193146.
31. Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC, et al. Questionário internacional de atividade física (ipaq): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Rev. Bras. Ativ. Fís. Saúde.** 6(2):5-18, 2012.
32. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Lastras JA; Carmona PMG; Cano SP, García-Concepción MA, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Phys Technol.** 71: 28-55, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>.
33. Schwartz J, Oh P, Takito MY, Saunders B, Dolan E, Franchini E, et al. Translation, cultural adaptation, and reproducibility of the physical activity readiness questionnaire for everyone (PAR-Q+): The brazilian portuguese version. **Front Cardiovasc Med.** 26:8:712696, 2021. doi: 10.3389/fcvm.2021.712696.
34. Silva VS, Vieira MFS. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist. **Rev Bras Cineantropom Hum.** 22:e70517, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e70517>.

35. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutrition.** 40: 497-504, 1978.
36. Siri WE. Body composition from fluid space and density: analysis of method in: Brozek J, Henschel A. Techniques for measuring body composition. Washington: National Academy of Sciences; 1961.
37. 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.** 69:155-62, 2017. doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.07.006.
38. Costa CM, Sillero-Quintana M, Piñonosa Cano S, Moreira DG, Brito CJ, Fernandes AA, et al. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. **J R Army Med Corps.** 162(5):335-42, 2016. doi: 10.1136/jramc-2015-000462.
39. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Sillero-Quintana M, Soares DD, Fernandes AA, et al. Time required to stabilize thermographic images at rest. **Infrared Phys Tech.** 65:30-35, 2014 doi: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2014.02.008>.
40. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Carmona PG, García-Concepción MA, Lastras JA, Sillero-Quintana M. Reliability and reproducibility of skin temperature of overweight subjects by an Infrared Thermography software designed for human beings. **Thermology Inter.** 22: 130-7, 2012.
41. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Carmona PG, Lastras JA, Sillero-Quintana M. Validity, Reliability, and Reproducibility of Skin Temperature in Healthy Subjects Using Infrared Thermography. In: **Humbert, P., Fanian, F., Maibach, H., Agache, P. (eds) Agache's Measuring the Skin. Springer, Cham.** 2017; 10.1007/978-3-319-32383-1_74.
42. Requena-Bueno L, Priego-Quesada JJ, Jimenez-Perez I, Gil-Calvo M, Pérez-Soriano P. Validation of ThermoHuman automatic thermographic software for assessing foot temperature before and after running. **J Therm Biol.** 92:102639, 2020. doi: 10.1016/j.jtherbio.2020.102639.
43. Majano C, Garcia-Unanue J, Fernández-Cuevas I, Escamilla-Galindo V, Alonso-Callejo A, Sanchez-Sanchez J, et al. Association between physical demands, skin temperature and wellbeing status in elite football players. **Sci Rep.** 23;13(1):13780, 2023. doi: 10.1038/s41598-023-40396-y.
44. Reis HHT, Brito CJ, Sillero-Quintana M, Silva AG, Fernández-Cuevas I, Cerqueira MS, et al. Can adipose tissue influence the evaluation of thermographic images in adolescents? **Int J Environ Res Public Health.** 1;20(5):4405, 2023. doi: 10.3390/ijerph20054405.

45. Reis HHT, Brito CJ, Sillero-Quintana M, Silva AGD, Fernández-Cuevas I, Cerqueira MS, et al. Can the body mass index influence the skin temperature of adolescents assessed by infrared thermography? **J Therm Biol.** 111:103424, 2023. doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103424.
46. Sillero-Quintana M, Jones-Rando J, Refoyo I, Marins JCB, Seixas A. Effects of resistance training on skin temperature and its relationship with central nervous system (CNS) activation. **Healthcare.** 10(2):207, 2022. doi: 10.3390/healthcare10020207.
47. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors.** 10(5):4700-15, 2010. doi: 10.3390/s100504700.
48. Brioschi ML, Cherem AJ, Ruiz RC, João J. The use of infrared thermography in evaluating returns to work in an extended rehabilitation program. **Acta Fisiátrica.** 16:87-92, 2009.
49. Pichot, C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. **Rev Soc Española Dolor.** 8:43-7, 2001.
50. Selfe J, Whitaker J, Hardaker N. A narrative literature review identifying the minimum clinically important difference for skin temperature asymmetry at the knee. **Thermol Int.** 18:41-4, 2008.
51. Bach AJE, Stewart IB, Minett GM, Costello JT. Does the technique employed for skin temperature assessment alter outcomes? A systematic review. **Physiol Meas.** 36:27-51, 2015.
52. Carmona PMG. Influencia de la información termográfica infrarroja en el protocolo de prevención de lesiones de un equipo de fútbol profesional español, in: Sports Department, Faculty of Sciences for Physical Activity and Sport (INEF), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2012.
53. Marinho JPR, Cerqueira MS, Reis HHT, Filho MGB, Silva AG, Rezende CM, et al. Thermal characterization in professional volleyball athletes. **Rev Motricidade.** 18(2):254-61, 2022. doi: <https://doi.org/10.6063/motricidade.27700>.
54. Serrano JM, Shahidian S, Voser RC, Leite N. Incidência e fatores de risco de lesões em jogadores de futsal portugueses. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 19(2): 123-9, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000200011>.
55. Pfirmann D, Herbst M, Ingelfinger P, Simon P, Tug S. Analysis of injury incidences in male professional adult and elite youth soccer players: A systematic review. **J Athl Train.** 51(5):410-24, 2016. doi: 10.4085/1062-6050-51.6.03.

56. Smith BL, Bandler MK, Goodman PH. Dominant forearm hyperthermia: A study of fifteen athletes. **Thermology**. 2: 25-8, 1986
57. Chudecka M, Lubkowska A. The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature. **Human Movement**. 13:33-9, 2012.
58. Chudecka M, Lubkowska A. Temperature changes of selected body's surfaces of handball players in the course of training estimated by thermovision, and the study of the impact of physiological and morphological factors on the skin temperature. **J Therm Biol**. 35(8): 379-85, 2010.
59. Chudecka M, Szczepanowska E, Kempinska A. Changes of thermoemission of upper extremities in female handball players - the preliminary study. **Sport Med**. 12: 99-102, 2008.
60. Lastras AJ, Fernandez- Cuevas I, Sillero-Quintana M, Carmona PG, García-Concepción MA. Pilot study to determinate thermal asymmetries in judocas, **16th Annual Congress of the European College of Sport Sciences**. 107, 2011.
61. Kuniszyk-J żkowiak W, Jaszczuk J, Czaplick A. Changes in electromyographic signals and skin temperature during standardised effort in volleyball players. **Acta Bioeng Biomech**. 20: 115-22, 2018.
62. Della Corte J, Pereira WLM, Correa EELS, Oliveira JGM, Lima BLP, Castro JBP, et al. Influence of power and maximal strength training on thermal reaction and vertical jump performance in Brazilian basketball players: A preliminary study. **Biomed. Hum. Kinet**. 12: 91-100, 2020.
63. Della Corte J, Souza RA, Neves EB, Silva JB, Vignoli FA, Torres JPB, et al. Thermal responses of the thighs of university handball players after a resistance training session using leg extension exercises. **J PhysEduc Sport**. 20: 2829-38, 2020.

7. ARTIGO 3 – EFEITO DE UM PROTOCOLO DE SPRINTS REPETIDOS NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE E EM INDICADORES BIOQUÍMICOS, PSICOFISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES EM FUTEBOLISTAS, SALONISTAS E INDIVÍDUOS SEDENTÁRIOS

Efeito de um protocolo de sprints repetidos na temperatura irradiada da pele e em indicadores bioquímicos, psicofisiológicos e neuromusculares em futebolistas, salonistas e indivíduos sedentários

Effect of a repeated sprint protocol on radiated skin temperature and biochemical, psychophysiological and neuromuscular indicators in footballers, salonists and sedentary individuals

Felipe Augusto Mattos Dias^{1,2}, Alisson Gomes da Silva³, Ana Luiza Zandonade⁴, Ana Caroline Moreira⁴, Eduarda de Paula Mendes⁴, Hugo de Assis Cassemiro¹, Iasmin Cristina da Paz e Figueiredo⁵, Isis Milani de Sousa Teixeira⁴, Rafael Belluco Cerqueira¹, João Carlos Bouzas Marins^{1,2}

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Educação Física, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Educação Física UFV/UFJF, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Carmo de Minas, Minas Gerais, Brasil

⁴ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Medicina e Enfermagem, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

⁵ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Revista-Alvo: Journal of Thermal Biology

Qualis CAPES 2017-2020: A1

7.1 Resumo

TÍTULO: Efeito de um protocolo de sprints repetidos na temperatura irradiada da pele e em indicadores bioquímicos, psicofisiológicos e neuromusculares em futebolistas, salonistas e indivíduos sedentários

Introdução: Para assegurar a saúde e a performance do atleta, é importante avaliar o dano muscular, o estado de fadiga e fornecer informações sobre seu estado de recuperação. Entre as diversas ferramentas utilizadas, a termografia infravermelha (TI) tem se destacado, pois as sobrecargas musculoesqueléticas podem alterar o perfil térmico da superfície corporal. A TI é uma ferramenta de grande potencial que permite analisar o comportamento da temperatura irradiada da pele (TIP) de diversas regiões corporais de interesse (RCI) possibilitando o registro de anormalidades térmicas que podem ser sugestivas de lesões.

Objetivo: Analisar os impactos de um protocolo de sprints repetidos na TIP e na resposta de indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromuscular em futebolistas, salonistas e em indivíduos sedentários.

Metodologia: A amostra foi composta por 30 universitários homens, divididos em três grupos: futebolistas, salonistas e sedentários. Os participantes realizaram um protocolo de intervenção constituído por 15 sprints máximos de 30m, com intervalo de REC de 1' entre sprints. As avaliações ocorreram 48 horas e imediatamente antes da intervenção, 24h e 48h após a intervenção. Os procedimentos incluíram avaliações termográficas dos membros inferiores, coleta de biomarcadores sanguíneos (Creatina Quinase, Proteína C reativa e Ácido Úrico), classificação da percepção subjetiva da dor e do estado de fadiga, avaliação do desempenho neuromuscular (CMJ) e análise da circunferência da coxa e da perna. Os valores médios de TIP de cada RCI foram utilizados na análise estatística. A anova de medidas repetidas de dois fatores (3 grupos vs. 4 momentos) com post hoc de Bonferroni, ajustado para comparações múltiplas, foi utilizada para comparar a TIP, respostas bioquímicas, circunferência dos membros, CMJ, estado de fadiga e nível de dolorimento entre os grupos nos diferentes momentos analisados.

Resultados: Não foi observado um efeito significativo do fator grupo para nenhuma das variáveis analisadas. No entanto, em relação ao fator tempo, os resultados indicam que o protocolo de sprints repetidos ocasionou um dano muscular e desencadeou um processo inflamatório, evidenciado pelas respostas das variáveis CMJ, CK, AU, PCR-us, QTR, Dor, Circunferências e na TIP do tibial medial. Não foi observado efeito significativo nas demais RCI analisadas.

Conclusão: O protocolo de intervenção ocasionou dano muscular nos futebolistas e salonistas universitários, bem como nos jovens sedentários. Além disso, os resultados nos permitem concluir que o nível de atividade física e a especificidade do treinamento não influenciaram as respostas dos diferentes marcadores avaliados, com exceção da QTR. Por fim, com relação a TI, os achados mostram que a TIP não foi um indicador sensível para detectar o dano muscular induzido pelo protocolo de sprints repetidos.

Palavras- Chave: Fadiga. Recuperação. Atletas Universitários.

7.2 Abstract

TITLE: Effect of a repeated sprint protocol on radiated skin temperature and biochemical, psychophysiological and neuromuscular indicators in footballers, salonists and sedentary individuals

Introduction: To ensure the health and performance of athletes, it is important to assess muscle damage, fatigue status, and provide information about their recovery state. Among the various tools used, infrared thermography (IT) has stood out, as musculoskeletal overloads can alter the thermal profile of the body's surface. IT is a powerful tool that allows for the analysis of the behavior of skin irradiated temperature (SIT) in various regions of interest (ROI) of the body, enabling the detection of thermal abnormalities that may be suggestive of injuries.

Objective: To analyze the impacts of a repeated sprint protocol on RST and the response of indicators of muscle damage, fatigue state, and neuromuscular performance in soccer players, futsal players, and sedentary individuals.

Methodology: The sample consisted of 30 male university students, divided into three groups: soccer players, futsal players, and sedentary individuals. The participants underwent an intervention protocol consisting of 15 maximal 30-meter sprints, with a 1-minute recovery interval between sprints. The evaluations took place 48 hours and immediately before the intervention, as well as 24 hours and 48 hours after the intervention. The procedures included thermographic evaluations of the lower limbs, blood biomarker collection (Creatine Kinase, C-reactive Protein, and Uric Acid), subjective pain perception and fatigue status classification, neuromuscular performance evaluation (CMJ), and thigh and leg circumference analysis. The average SIT values of each ROI were used in the statistical analysis. A two-way repeated measures ANOVA (3 groups vs. 4 time points) with Bonferroni post hoc, adjusted for multiple comparisons, was used to compare SIT, biochemical responses, limb circumference, CMJ, fatigue status, and pain level between groups at different time points.

Results: No significant group effect was observed for any of the analyzed variables. However, regarding the time factor, the results indicate that the repeated sprints protocol caused muscle damage and triggered an inflammatory process, evidenced by the responses of the CMJ, CK, UA, CRP-us, SIT, Pain, Circumference, and SIT of the medial tibia variables. No significant effect was observed in the other analyzed ROI.

Conclusion: The intervention protocol caused muscle damage in university soccer players, futsal players, and sedentary individuals. Additionally, the results allow us to conclude that the

level of physical activity and training specificity did not influence the responses of the different markers evaluated, with the exception of SIT. Finally, regarding IT, the findings show that SIT was not a sensitive indicator for detecting muscle damage induced by the repeated sprints protocol.

Keywords: Fatigue. Recovery. University Athletes.

7.3 Introdução

O futebol¹⁻⁵ e o futsal⁶⁻¹⁰ são modalidades intermitentes, acíclicas e fisicamente exigentes por conter esforços de curta duração e alta intensidade, como acelerações, desacelerações, sprints, mudanças de direção, saltos, desarmes, dribles e chutes, alternando com ações de baixa intensidade e curtos períodos de descanso. Ambas modalidades apresentam uma alta exigência musculoesquelética devido à elevada demanda mecânica excêntrica^{4,8,11,12}, ocasionada principalmente pelo grande volume de ações de desaceleração e frenagem, observadas durante os sprints e as acelerações curtas de alta intensidade^{4,13}.

Está bem estabelecido que exercícios de alta intensidade com desacelerações abruptas envolvem muitas contrações mecânicas excêntricas¹³, que por sua vez, têm demonstrado ser um estímulo desencadeador de dano muscular induzido por exercício¹⁴⁻¹⁹ (DMIE). Esse processo pode causar rupturas de fibras musculares, danos à membrana celular, desorganização dos miofilamentos, prejuízos estruturais aos sarcômeros e danos das estruturas osteomioligamentares^{17,20-23}. Assim, após a exposição a estímulos com elevada demanda excêntrica, espera-se que os atletas apresentem uma elevada fadiga neuromuscular²⁴, bem como uma resposta inflamatória aguda, com sinais importantes como calor, dor e inchaço^{23,25,26}.

Visando assegurar a saúde e a performance do atleta, é essencial contar com tecnologias e/ou estratégias que visam avaliar o dano muscular, o estado de fadiga e fornecer informações sobre o processo de recuperação. Atualmente, diversos equipamentos e métodos são utilizados para controlar a carga de treinamento, avaliar o dano muscular, analisar o estado de fadiga e a qualidade de recuperação dos atletas, bem como prevenir lesões. Destacam-se entre esses métodos: parâmetros oriundos da frequência cardíaca^{27,28}, os marcadores bioquímicos salivares e/ou sanguíneos^{16,27,29-35}, análise do status neuromuscular^{24,32,35-37} e as escalas subjetivas de bem-estar^{30,31-34,38-40}.

Recentemente, a temperatura irradiada da pele (TIP) avaliada através da termografia infravermelha (TI) tem sido proposta como um método promissor para analisar indiretamente o nível de dano muscular em ambientes de exercício⁴¹⁻⁴⁴. A TI é uma técnica não invasiva, inócua e de baixo custo, que permite a visualização da distribuição do calor irradiado pela pele de forma rápida e segura^{41,42,45,46}. Tendo em vista que o DMIE envolve diversos processos fisiológicos, a TI tem sido utilizada como uma possível ferramenta para auxiliar no processo de controle de carga de treinamento, contribuindo principalmente para avaliação do processo de recuperação muscular^{30,32-35,39,43,47-52}.

A utilização da TI como diagnóstico preventivo de lesões, por meio da análise de simetrias bilaterais, que usualmente deve ser $\leq 0,5^{\circ}\text{C}$, já é bem aceita por alguns autores^{41-43,53,54}. No entanto, no ambiente prático de alto rendimento, o uso da técnica como ferramenta de controle e avaliação do DMIE ainda não possui um consenso^{43,44,50,51,65,56}. O fundamento teórico para essa possibilidade baseia-se no fato de que a resposta inflamatória é um processo fisiológico que ocasiona uma maior vasodilatação muscular, aumentando o fluxo sanguíneo e o metabolismo muscular⁴⁴, o que, por sua vez, eleva a temperatura local. Alguns estudos sugerem que a resposta inflamatória subsequente ao DMIE poderia aumentar a TIP sobrejacente ao grupo muscular exercitado devido à maior produção de calor local associada à inflamação, podendo assim ser captada pelas câmeras termográficas que possuem uma alta sensibilidade para identificar alterações térmicas⁴³⁻⁴⁵.

Alguns estudos anteriores usaram a TI para investigar a relação entre a resposta térmica da pele e o DMIE^{45,50-52}. Especialmente no futebol, Fernandes et al.⁴⁸ compararam a TIP nas vistas anteriores e posteriores das coxas e das pernas de jogadores de futebol sub-20 que participaram de duas partidas consecutivas realizadas com intervalo de 3 dias entre uma e outra. Os autores observaram um aumento da TIP de todas as regiões corporais de interesse (RCI) analisadas 24 horas após as partidas, com uma redução destas após 48 horas de recuperação, retornando aos valores baseline em algumas RCI. De forma parecida, Fernandes et al.⁴⁹ examinaram a resposta da TIP dos membros inferiores de um futebolista profissional após uma partida oficial de futebol. Os resultados qualitativos e quantitativos mostraram um aumento da TIP 24 horas após a partida, com algumas RCI não totalmente recuperadas após 48 horas de recuperação.

Assim como os estudos citados anteriormente, Silva et al.³⁴ ao examinarem o efeito de diferentes volumes de um protocolo simulado de futebol (PSF) na TIP de membros inferiores e em marcadores de dano muscular e inflamação, observaram um aumento da TIP, da PCR e CK 24 horas após realizar o PSF de 90 minutos. No entanto, não identificaram diferenças após executar o PSF com duração de 45 minutos. Já no trabalho de Vieira et al.⁵² os autores observaram que o treinamento de força aplicado não alterou a TIP 20 minutos após o término do exercício nas RCI analisadas. Contudo, 24h após o treino, o perfil térmico dos homens avaliados apresentou TIP significativamente elevada na parte superior das costas, enquanto nas mulheres, o quadríceps apresentou um aumento significativo da TIP em comparação aos valores basais. Por outro lado, estudos como Da Silva et al.,⁵⁰ Ferreira Júnior et al.⁵¹ e Barboza et al.⁵⁶ investigaram a TIP em diferentes condições de exercício, não observaram diferenças 24 e 48

horas após os estímulos. Essa discordância de resultados deixa em aberto a linha de pesquisa sobre o tema.

A avaliação das respostas fisiológicas e do estado de recuperação de atletas envolvidos em um programa de treinamento é importante e auxilia na prescrição de treinos. Isso possibilita um melhor entendimento destas respostas, aprimorando as adaptações positivas e a performance atlética, além de prevenir lesões e as outras adaptações negativas decorrentes do processo de treinamento^{57,58}. Nesse contexto, analisar o efeito de demandas específicas, como sprints repetidos, na TIP e a sua relação com marcadores de recuperação pode aumentar as possibilidades de monitoramento rápido, prático e com enfoque local das regiões exercitadas. Essas informações valiosas ajudam atletas, treinadores, cientistas do esporte, preparadores físicos e outros profissionais da medicina esportiva a avaliar o estado de prontidão dos atletas, auxiliando no dimensionamento da carga ideal de treinamento e evitar a prescrição de estímulos que possam prejudicar a saúde, o desempenho e aumentar o risco de lesões.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar e comparar os impactos de um protocolo de sprints repetidos na temperatura da pele e em indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromusculares em futebolistas, salonistas e indivíduos sedentários. A hipótese que o protocolo de sprint repetidos causará dano muscular e processo inflamatório, evidenciado pelas respostas de TIP e pelos demais parâmetros avaliados. Além disso, espera-se que o nível de aptidão/treinamento influencie as respostas obtidas, com indivíduos sedentários sendo mais impactados pelo protocolo em comparação aos atletas.

7.4 Metodologia

7.4.1 Amostra

Participaram deste estudo 30 indivíduos do sexo masculino, divididos em três grupos de 10 avaliados. O primeiro (G1) foi composto por atletas universitários de futebol, o segundo (G2) por atletas universitários de futsal (G2), e o terceiro grupo por indivíduos sedentários (G3). O cálculo do tamanho amostral foi estimado por meio do software G*Power 3.1⁵⁹. Foram introduzidas as seguintes informações: teste estatístico anova com medidas repetidas intragrupos, tamanho de efeito (d) de Cohen = 0,5; erro α = 0,05; poder do teste = 0,80 para um grupo com quatro medidas; coeficiente de correlação entre medidas repetidas = 0,5; e correção a não esfericidade = 1. O tamanho da amostra foi calculado em 30 participantes para a

intervenção. A tabela 1 apresenta os dados de caracterização dos participantes, não havendo diferenças estatísticas entre os grupos para nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 1: Dados de caracterização dos participantes.

Variável	FUTEBOL	FUTSAL	SEDENTÁRIOS	ANOVA
	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	(F; p)
Idade (anos)	22 ± 1,8	21 ± 2,9	22 ± 2,7	1,078; 0,355
MC (Kg)	76,2 ± 8,7	76,9 ± 7,6	73,7 ± 9,6	0,280; 0,758
Estatura (m)	1,77 ± 0,04	1,75 ± 0,05	1,74 ± 0,04	2,123; 0,139
IMC (kg/m²)	23,7 ± 2,6	24,5 ± 1,6	23,6 ± 3,2	0,755; 0,480
%G	12,3 ± 4,5	13,9 ± 4,3	15,2 ± 6,3	0,894; 0,421

IMC: Índice de Massa Corporal; %G: Percentual de Gordura Corporal

Todos os participantes foram voluntários e atenderam ao critério geral de inclusão, que era ter idade entre 18 e 30 anos. Além deste, os critérios específicos para G1 e G2 incluíam: participação em um programa de treinamento de futebol e futsal por, no mínimo, os últimos 6 meses consecutivos, com frequência semanal igual ou superior a 3 dias, atuando em qualquer posição de jogo, exceto como goleiro. Para compor o grupo de sedentários G3, os participantes foram selecionados conforme os resultados obtidos no IPAQ⁶⁰.

Foram excluídos da amostra os indivíduos: fumantes, com históricos de lesão osteomioarticular nos últimos 6 meses, com alergia cutânea, com distúrbio do sono, com quadro febril recente, que realizou tratamento médico ou fisioterápico utilizando cremes, pomadas ou loções nas regiões corporais de interesse (RCI) horas antes da coleta, assim como uso de antitérmicos e/ou diuréticos, ou algum suplemento alimentar passível de ocasionar mudanças na homeostase hídrica ou na temperatura corporal nos últimos 15 dias e houvesse consumido medicamentos anti-inflamatórios recentemente⁶¹. Além disso, foram excluídos os avaliados que não conseguiram completar todas as etapas do estudo; bem como aqueles que não apresentaram previamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido preenchido e/ou apresentaram algum problema cardíaco ou osteomioarticulares identificados pelos questionários iniciais.

Os voluntários foram informados sobre os procedimentos em todas as etapas do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início da coleta de dados. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos, com registro 69887623.9.0000.5153, seguindo os critérios exigidos pela legislação brasileira para estudos com seres humanos, de acordo com o número 446/12 do Conselho Nacional de Saúde do Governo Brasileiro.

7.4.2 Procedimentos

Os procedimentos do estudo foram realizados nas instalações do Laboratório de Performance Humana (LAPEH), e no ginásio poliesportivo do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa. Na primeira visita ao laboratório, os participantes preencheram a anamnese padrão LAPEH e o questionário de prontidão para a atividade física (PAR-Q)⁶², ambos disponíveis no software Avaesporte® (Esportes e Sistemas, MG, Brasil), bem como o questionário internacional de atividade física (IPAQ)⁶⁰.

Posteriormente, foram realizadas avaliações antropométricas para caracterização da amostra, conduzidas por um profissional treinado e seguindo as recomendações da ISAK “International Society for Advancement in Kinanthropometry”⁶³. Foram mensurados: massa corporal (Kg)(Balança Marte Max® modelo LC 200), estatura (cm) (estadiômetro Sanny®), dobras cutâneas (mm) (Plicômetro Científico Lange®). A técnica de três dobras propostas por Jackson e Pollock (1978)⁶⁴ foi empregada, medindo as dobras cutâneas do peitoral, abdominal e coxa medial. Com essas informações, foi utilizada a equação proposta por Siri (1961)⁶⁵ para estimar o percentual de gordura (%G). Além disso, os dados de massa corporal e estatura foram utilizados para calcular o IMC (Kg/m²) dos avaliados. Essas coletas foram feitas pela manhã, pelo mesmo pesquisador, treinado para esse procedimento. Para finalizar o primeiro contato, os avaliados foram submetidos a avaliações de parâmetros de dano muscular e do estado de recuperação psicofisiológica e neuromuscular, através da coleta dos seguintes parâmetros: biomarcadores sanguíneos, termografia, autoclassificação subjetiva do estado de recuperação e dolorimento, conforme já realizado por outros estudos^{30,31-34,38-40}, salto contramovimento (SCM) seguindo as orientações de Claudino et al.³⁶ e de Rodrigues e Marins⁶⁶, avaliação da circunferência dos membros e um teste de velocidade linear. Mais adiante será detalhada cada uma dessas abordagens.

Após 72 horas do primeiro contato, os avaliados retornaram ao laboratório, onde foram reavaliados os parâmetros de dano muscular e estado de recuperação psicofisiológica e neuromuscular, utilizando os mesmos protocolos e ferramentas previamente mencionados. É importante destacar que os dados oriundos da primeira coleta foram utilizados como parâmetros de controle, enquanto os resultados desta reavaliação foram utilizados para confirmar que os voluntários estavam plenamente recuperados dos estímulos físicos realizados durante o teste de velocidade, garantindo, assim, que estivessem aptos para realizar o protocolo de intervenção com máxima eficiência. Por fim, após todas as reavaliações, para finalizar este segundo contato, os voluntários foram submetidos ao protocolo de intervenção.

Nos terceiro e quarto dias, os avaliados realizaram a coleta de sangue, as avaliações termográficas de membros inferiores, bem como a classificação da percepção subjetiva da dor e de estado de fadiga, avaliação do desempenho neuromuscular e a análise da circunferência da coxa e da perna nos seguintes momentos: 24 e 48 horas pós intervenção. Os procedimentos e materiais utilizados na dinâmica da coleta de dados serão descritos detalhadamente a seguir. A figura 1 ilustra o desenho experimental do estudo.


DIAS	1	2	3	4
PROCEDIMENTOS	Caracterização	Baseline/ Controle	Intervenção	Período de Recuperação
	48h pré-intervenção	Pré-intervenção	15 x 30m/1' REC	Pós 24 e 48h
	Formulários Antropometria Análise bioquímica TI Escalas subjetivas SCM Circunferências Teste de velocidade linear	Análise bioquímica TI Escalas subjetivas SCM Circunferências		Análise bioquímica TI Escalas subjetivas SCM Circunferências

Figura 1: Esquematisação do desenho experimental do estudo.

TI: Termografia infravermelha; SCM: Salto contramovimento

7.4.2.1 Teste de velocidade linear 30 metros

A velocidade de deslocamento foi avaliada a partir de um teste de velocidade linear, no qual o avaliado percorreu, na máxima velocidade, um percurso de 30 metros. Após o primeiro sprint, o avaliado realizou 3 minutos de recuperação ativa caminhando continuamente e, em seguida, retornou ao ponto de partida para realizar o segundo sprint. A marca de menor tempo, entre as duas tentativas foi utilizada para o cálculo do ponto de corte durante o protocolo de intervenção. O intervalo de recuperação foi considerado suficiente para recuperação do sistema anaeróbico alático, conforme apontado por Foss et al.⁶⁷.

Para demarcar os locais de partida e chegada, bem como de controlar o tempo de deslocamento, foi utilizado um conjunto de cones e fotocélulas (Multisprint Hidrofit®, Modelo PTL-BM4SK-D, Belo Horizonte, Brasil) conectadas a um computador com o software MultiSprint Full versão 3.5.7 (Multisprint Hidrofit®, Belo Horizonte, Brasil) nas extremidades do percurso. Além disso, uma zona de 5 metros para desaceleração foi adicionada ao final dos 30 metros. Para evitar o acionamento prematuro do sistema de temporização, os participantes foram posicionados 30 cm atrás da linha de partida e iniciaram o deslocamento após a autorização do avaliador.

Assim como no dia da intervenção, as coletas foram realizadas em um ginásio poliesportivo. Cada participante realizou um aquecimento prévio padronizado, prescrito pelo avaliador, com duração aproximada de 10 minutos, constituído por 5 minutos de movimentos de ativação muscular e atividades de intensidade moderada sem bola (corridas, trotes, mudanças de direção, acelerações curtas e desacelerações).

Esse protocolo foi utilizado como referência para a etapa de intervenção, que constituiu 15 sprints de 30 metros, onde o participante deveria superar 80% do melhor tempo obtido no teste inicial. A tabela 2 apresenta os valores de velocidade média e as médias dos pontos de corte de 80% da velocidade média. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas na comparação entre os grupos, conforme análise de variância.

Tabela 2: Velocidade média e ponto de corte de 80%.

Variável	FUTEBOL	FUTSAL	SEDENTÁRIOS
	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$
Velocidade Média (s)	4,66 ± 0,4	4,48 ± 0,3	4,73 ± 0,2
Ponto de Corte de 80% (s)	5,47 ± 0,3	5,38 ± 0,3	5,68 ± 0,3

7.4.2.2 Análises de biomarcadores sanguíneos

A coleta sanguínea foi realizada nas instalações do LAPEH com auxílio de quatro profissionais da saúde especializados e experientes em técnica de punctura. Cada avaliado foi submetido a um total de quatro coletas (Caracterização, Pré-intervenção, 24 h e 48 h pós-teste). Em cada sessão, foi realizada uma punção venosa em uma veia da fossa cubital para extração de 6 ml de sangue de cada voluntário, com os participantes em repouso e sentados. Os braços punçados foram alternados nos diferentes dias de coleta. O sangue foi transferido para tubos soro gel para a dosagem de creatina quinase (CK), ácido úrico (AU) e da proteína C reativa ultrasensível (PCR-us) (2 tubos com 3 ml). Após armazenamento, o sangue foi imediatamente encaminhado para um laboratório de análises clínicas, onde foram realizadas as análises da CK, AU e PCR-us. Posteriormente, todo material empregado foi descartado em um recipiente específico para lixo hospitalar.

As amostras para CK, PCR e AU foram centrifugadas a 3600 rpm por 10 minutos em temperatura ambiente (Centrífuga Baby® I 206-BL, FANEM, São Paulo, Brasil). As amostras de soro obtidas foram separadas dos concentrados de hemácias e colocadas em micro tubos que foram armazenados e conservados a -10 °C para posterior análise. Os níveis de PCR-us foram

determinados através do método quantitativo de imunoturbidimetria (BS200, Mindray, China). Os níveis de CK e AU foram dosados pelo método cinético (BS200, Mindray, China). Todas as amostras foram medidas em duplicidade. A tabela 3 apresenta as faixas de normalidade adotadas para cada um dos parâmetros analisados*.

Tabela 3: Faixas normalidade dos biomarcadores analisados*.

Biomarcador	Valor mínimo	Valor máximo
Creatina quinase (CK)	24 u/L	189 u/L
Ácido úrico (AU)	2,5 mg/dL	7 mg/dL
Proteína C reativa ultrasensível (PCR-us)	1 mg/L	5 mg/L

* Dados normativos adotados conforme informações dos exames laboratoriais

Após a coleta da amostra sanguínea, os avaliados foram direcionados para uma sala onde, na seguinte ordem, foram realizadas as imagens termográficas, a classificação da percepção subjetiva de dor muscular e do estado de recuperação, e a avaliação da circunferência dos membros inferiores, além do SCM.

7.4.2.3 Imagens Termográficas

As avaliações termográficas foram padronizadas de acordo com as recomendações recentes proposta por um consenso de experts para obtenção de termogramas na área de atividade física e esportes⁶⁸. As coletas de dados foram realizadas em uma sala equipada com ar condicionado (Split Elgin® Eco Power 9000) que possibilita o controle das condições ambientais. Além disso, foram colocados pisos emborrachados (tatame) no chão para minimizar a troca de calor dos participantes com o solo através da condução.

Para controlar e minimizar os efeitos do ritmo circadiano na TIP^{61,69}, todos os termogramas foram obtidos na parte da manhã, antes da realização de qualquer exercício físico, e com intervalo mínimo de 24 horas relacionado ao período do treinamento anterior. A temperatura da sala foi mantida em $20,3 \pm 0,15$ °C (Baseline: $20,2 \pm 0,7$ °C; Pré-intervenção: $20,3 \pm 1,0$ °C; 24h recuperação: $19,8 \pm 1,0$ °C; 48H recuperação: $20,3 \pm 1,1$ °C) e a umidade relativa em $54,5 \pm 1,6\%$ (Baseline: $57 \pm 5\%$; Pré-intervenção: $58 \pm 5,8\%$; 24h recuperação: $52 \pm 2,9\%$; 48H recuperação: $52 \pm 2,9\%$), ambos mensurados por meio de um termohigrômetro (HT – 208, Ligth®); o período de aclimação dos atletas foi fixado em 12 minutos, superando o período mínimo de 10 minutos recomendado por Marins et al.⁷⁰. Além disso, antes e durante

o procedimento, os avaliados foram orientados a não realizar qualquer movimento repentino e intenso, ou friccionar, arranhar, cruzar suas pernas e/ou encostar-se a outros objetos ou outros participantes nas RCI. Não houve ventilação do ar condicionado direcionada para o local de coleta dos termogramas. Os avaliados posicionaram-se em frente de um tecido preto para evitar a captação da radiação emitida pela parede no equipamento. Foram obtidas duas imagens termográficas, uma da vista anterior e outra da vista posterior dos membros inferiores, para análise das RCI. A figura 2 ilustra o ambiente de coleta.



Figura 2: Ambiente de coleta dos termogramas

Para a obtenção dos termogramas, foi utilizada uma câmera infravermelha modelo T420 (Flir Systems[®], Estocolmo, Suécia) com uma faixa de detecção entre -20°C e $+120^{\circ}\text{C}$, uma precisão de 2%, uma sensibilidade de $\leq 0,05^{\circ}\text{C}$, banda espectral infravermelho de $7,5\mu\text{m}$ a $13\mu\text{m}$, uma taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de 320×240 pixels. A câmera foi posicionada a uma distância de 2,30m dos avaliados, com altura individualizada por voluntário objetivando encontrar o melhor enquadramento dos termogramas, sempre perpendicular às RCI. Para garantir a qualidade dos termogramas, a câmera foi ligada 30 minutos antes, permitindo uma maior calibração do instrumento, seguindo as recomendações propostas pela literatura⁶⁸. Além disso, foi adotado a emissividade de 0,98, conforme sugerido por Moreira et al⁶⁸.

Os termogramas da região anterior e posterior dos membros inferiores foram analisados no software ThermoHuman[®] versão 2.21 (PEMA THERMO GROUP S.L., Madrid, Espanha), o qual foi previamente validado⁷¹⁻⁷³ e utilizado em anteriores trabalhos científicos^{53,74-77}. O software permite delimitar e quantificar automaticamente a TIP média de diferentes RCI. Neste

estudo, foram avaliados a TIP das seguintes RCI: coxa anterior (vastos medial, lateral e reto femoral), coxa posterior (bíceps femoral, semitendinoso e semimembranoso), adutor de quadril (na visão anterior e posterior), joelho (na visão anterior e posterior) perna anterior (tibial lateral e medial), perna posterior (gastrocnêmio medial e lateral) e tornozelo (na visão anterior e posterior). A Figura 3 destaca os termogramas com as RCI analisadas.

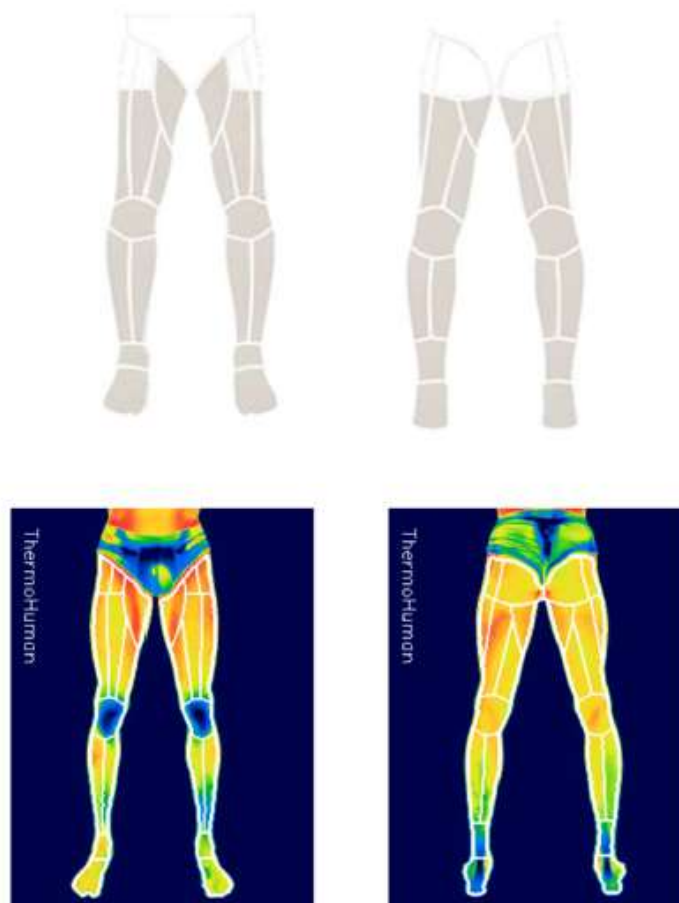


Figura 3: Termogramas dos membros inferiores, vista anterior (A) e posterior (B), destacando as RCI para avaliação da temperatura da pele.

7.4.2.4 Avaliação subjetiva de dolorimento muscular e do estado de fadiga

Imediatamente após a obtenção das imagens termográficas, cada participante classificou sua percepção subjetiva de dor muscular utilizando uma escala análoga visual de 10 pontos (0: ausência de dor; 10: dor muito intensa), conforme aplicado em estudos prévios⁷⁸. Além da classificação de dor percebida, foi fornecida um diagrama da localização da dor para que cada avaliado pudesse indicar as áreas exatas de desconforto muscular.

Para avaliar o estado de recuperação psicofisiológica, cada participante respondeu a escala de qualidade total de recuperação (QTR) proposta por Kenttä e Hassmén⁷⁹, com o questionamento: “*como você se sente em relação à sua recuperação?*”. A escala utilizada varia de 6 a 20 pontos, onde 6 representa “em nada recuperado” e 20 “totalmente bem recuperado”.

7.4.2.5 Avaliação do desempenho neuromuscular

O desempenho neuromuscular foi avaliado por meio do teste de SCM, realizado sobre uma plataforma de contato (Jump System NewFit, Cefise[®]), e analisado no software Jump System 1.0 (Cefise[®]). A profundidade do contra movimento foi auto selecionada e representou a profundidade ideal de cada avaliado para executar o salto máximo, conforme já aplicado previamente em outro estudo⁷⁴. Esta avaliação foi incluída devido à sua ampla aplicação em esportes de alto rendimento, como o futebol e o futsal, sendo considerado um marcador apropriado de recuperação neuromuscular^{17,32,35-37,66,80}.

Durante a execução do teste, o participante iniciou-se de pé (calçado com tênis), posicionado entre duas barras emissoras do equipamento, com o peso distribuído igualmente sobre ambos os pés. As mãos foram mantidas sobre os quadris durante todo o teste. O avaliado agachou-se flexionando os joelhos imediatamente antes de saltar verticalmente o mais alto possível. O joelho foi mantido em extensão durante todo o voo, e ambos os pés tocaram a superfície simultaneamente⁶⁶. Cada participante realizou 3 saltos máximos com intervalo de 30 s, sem realizar aquecimento prévio para as avaliações pré e após 24 e 48 horas de recuperação. A altura média (cm) das três tentativas foi considerada para análise.

7.4.2.6 Medição da circunferência dos membros inferiores

O edema foi avaliado indiretamente através da medida de circunferência da coxa e da perna, ambos do lado direito, utilizando uma trena antropométrica (Cescorf[®]), conforme descrito em outros estudos^{81,82}. A medição foi realizada por um profissional treinado, seguindo as recomendações propostas pela ISAK⁶³, e foi feita pelo mesmo avaliador em todos os momentos. Para garantir a consistência das medições em todos os dias da avaliação, o avaliado foi marcado com marcador permanente. A média de duas medições em cada local foi usada para as análises.

7.4.2.7 Protocolo de sprints repetidos

O protocolo de intervenção consistiu na realização de um protocolo de 15 sprints máximos de 30 metros, com um intervalo de recuperação de 60 segundos entre as repetições^{81,82}. Para demarcar os locais de partida e chegada de cada sprint, e controlar o tempo de deslocamento, foram utilizados cones e fotocélulas (Multisprint Hidrofit®, Modelo PTL-BM4SK-D, Belo Horizonte, Brasil) conectadas a um computador com o software MultiSprint Full versão 3.5.7 (Multisprint Hidrofit®, Belo Horizonte, Brasil). Uma zona de 5 metros para desaceleração foi adicionada ao final dos 30 metros.

Cada avaliado realizou um aquecimento padronizado e prescrito pelo avaliador, com duração de aproximadamente 10 minutos, composto por 5 minutos de movimentos de ativação muscular e 5 minutos de atividades de moderada intensidade sem bola (corridas, trotes, mudanças de direção, acelerações curtas e desacelerações). Para minimizar os efeitos de variáveis ambientais e padronizar o local da intervenção, todos os avaliados realizaram o protocolo em um ginásio poliesportivo com piso plano e utilizando tênis esportivo de futsal ou de corrida.

Com intuito de amenizar as variações ocasionadas pelo ritmo circadiano, todas as avaliações foram realizadas no período da manhã entre 07:30h e 10:30h. Ademais, os avaliados realizaram o protocolo tendo estímulo verbal padronizado executado apenas pelo avaliador principal.

Para evitar o acionamento prematuro do sistema de temporização, os participantes iniciaram o deslocamento a partir de 30 cm atrás da linha de partida, após a autorização do avaliador que cronometrava o tempo de recuperação entre as repetições. Os avaliados foram instruídos a correr na máxima velocidade entre cones e desacelerar de forma brusca dentro da zona destinada para desaceleração. O tempo de recuperação foi contado a partir da desaceleração total, e os avaliados realizaram a recuperação de forma ativa, caminhando lentamente em direção ao ponto de partida.

Objetivando garantir a máxima velocidade de sprint dos atletas, adotou-se um ponto de corte, sendo este o tempo máximo aceito para se deslocar durante o sprint mais lento⁸³. Assim, cada avaliado poderia ter um acréscimo de até 20% no seu tempo de deslocamento, calculado com base nos resultados obtidos no teste de velocidade linear realizado no primeiro dia. Caso tempo de deslocamento excedesse esse limite, os dados seriam excluídos e o avaliado deveria realizar uma nova coleta em um outro momento.

7.4.3 Análise Estatística

Inicialmente, foi verificado por meio do teste de Shapiro-Wilk que todos os dados apresentaram distribuição normal. Para caracterizar a amostra em relação à idade e o perfil antropométrico (massa corporal, estatura, IMC, percentual de gordura), foi realizado um tratamento estatístico descritivo, calculando a média e desvio padrão. Foi utilizado uma anova one-way com post hoc de Bonferroni para comparar o desempenho no protocolo de intervenção, entre os grupos, considerando o tempo total obtido para realizar todos os sprints, bem como para comparar os dados de caracterização.

A anova de medidas repetidas de dois fatores (3 grupos vs. 4 momentos) com post hoc de Bonferroni, com ajuste para comparações múltiplas, foi utilizada para comparar a TIP, respostas bioquímicas, circunferência dos membros, SCM, estado de fadiga e nível de dolorimento entre os grupos. A esfericidade foi avaliada pelo teste de Mauchly, e a correção de Greenhouse Geisser foi utilizada para reportar os valores de p e F em caso de esfericidade não assumida. É importante destacar que os valores de TIP foram analisados considerando o valor médio obtido entre o lado direito e esquerdo para cada RCI, para isso utilizou-se o teste t de Student para amostras independentes. Como não houve diferença estatística significativa entre as áreas contralaterais, a TIP média das duas áreas foi considerada para as comparações estatísticas citadas anteriormente. O SPSS 23.0 foi utilizado no tratamento dos dados. Foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

7.5 Resultados

O quadro 1 apresenta os valores médios em segundos e os desvios padrão do desempenho dos grupos avaliados em cada um dos 15 sprints realizados ao longo do processo de intervenção, bem como a média e o desvio padrão do tempo total de estímulo de cada grupo. Foi observada uma diferença significativa entre os grupos no desempenho da intervenção ($F=4,465$; $p=0,021$). A análise de post-hoc revelou que o grupo de sedentários apresentou um desempenho inferior no protocolo de intervenção em comparação com o grupo de salonistas ($p=0,019$) (Quadro 1).

Quadro 1: Desempenho dos avaliados ao longo do protocolo de intervenção ($\bar{x} \pm DP$)

Grupo	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	TT (s)
Futsal	4,5	4,4	4,2	4,3	4,2	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	65,4
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	3,5
Seden- tários	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5	4,7	4,7	4,6	4,7	4,7	4,6	4,6	4,8	4,7	69,4
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	4,2*
Fute- bol	4,5	4,5	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,4	67,1
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	2,6

TT = Tempo total de sprint; * Diferença estatística significativa sedentários vs futsal.

A tabela 4 apresenta os resultados referentes às respostas neuromusculares, bioquímicas, psicométricas e de perimetria para cada grupo nos diferentes momentos analisados. A tabela 5 mostra os resultados referentes às respostas térmicas dos avaliados.

A tabela 6 apresenta os valores de F e p da análise de variância. Para o fator grupo, não foi observado um efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas. Em relação ao fator tempo, foi observado um efeito significativo nas variáveis CMJ, CK, AU, PCR-us, QTR, Dor, circunferência da coxa e da perna, e na TIP do tibial medial. Por fim, foi observada uma interação significativa apenas para os dados de QTR, indicando que as respostas da QTR diferiram entre os grupos ao longo dos momentos analisados.

Tabela 4: Respostas neuromusculares, bioquímicas, psicométricas e de perimetria, para cada grupos nos diferentes momentos analisados.

Variáveis	FUTEBOL (n=10)				FUTSAL (n=10)				SEDENTÁRIOS (n=10)			
	Baseline	Pré	24H REC	48H REC	Baseline	Pré	24H REC	48H REC	Baseline	Pré	24H REC	48H REC
	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)
CMJ (cm)	32,8 ± 5,4 (28,9; 36,7)	34,0 ± 5,8 (29,8; 38,1)	31,4 ± 4,4 (28,3; 34,6)	32,9 ± 5,5 (29,0; 36,8)	36,5 ± 4,8 (33,1; 39,9)	36,9 ± 5,2 (33,1; 40,6)	33,3 ± 5,3 (29,5; 37,1)	34,3 ± 4,2 (31,3; 37,3)	33,3 ± 4,9 (29,8; 36,8)	34,3 ± 5,6 (30,3; 38,3)	30,2 ± 3,7 (27,5; 32,8)	31,9 ± 3,0 (29,7; 34,0)
CK (u/L)	88,8 ± 37,2 (62,2; 115,4)	64,4 ± 21,0 (49,3; 79,4)	342,3 ± 468,2 (7,4; 677,2)	278,8 ± 448,9 (42,3; 599,9)	91,1 ± 68,0 (42,4; 139,7)	67,1 ± 45,0 (34,9; 99,3)	173,6 ± 97,6 (103,8; 243,4)	113,7 ± 68,4 (64,7; 162,7)	61,7 ± 36,0 (36,0; 87,4)	57,3 ± 34,9 (32,4; 82,2)	217,8 ± 148,4 (111,6; 324,0)	150,7 ± 75,3 (96,8; 204,6)
AU (mg/dL)	4,4 ± 0,7 (3,9; 4,9)	4,2 ± 0,8 (3,6; 4,8)	5,2 ± 1,2 (4,3; 6,0)	4,7 ± 0,9 (4,1; 5,3)	4,1 ± 0,5 (3,8; 4,5)	4,1 ± 0,5 (3,7; 4,5)	5,0 ± 0,8 (4,4; 5,5)	4,5 ± 0,5 (4,2; 4,9)	4,3 ± 0,9 (3,6; 5,0)	4,3 ± 0,7 (3,8; 4,8)	5,1 ± 0,7 (4,6; 5,6)	4,8 ± 1,0 (4,1; 5,5)
PCR (mg/L)	1,0 ± 0,7 (0,5; 1,5)	0,9 ± 0,6 (0,5; 1,4)	2,3 ± 2,6 (0,5; 4,2)	2,9 ± 4,7 (-0,5; 6,2)	1,1 ± 1,2 (0,3; 1,9)	0,9 ± 1,1 (0,1; 1,7)	2,4 ± 1,8 (1,1; 3,7)	1,9 ± 1,8 (0,6; 3,2)	0,4 ± 0,5 (0; 0,8)	0,5 ± 0,5 (0,1; 0,8)	0,9 ± 0,7 (0,4; 1,4)	0,9 ± 0,6 (0,5; 1,3)
QTR (UA)	15,2 ± 0,6 (14,7; 15,6)	15,9 ± 1,0 (15,2; 16,6)	13,6 ± 2,0 (12,2; 15,0)	13,4 ± 4,3 (11,9; 14,9)	15,7 ± 2,1 (14,2; 17,2)	16,7 ± 1,8 (15,4; 18,0)	13,4 ± 2,9 (11,3; 15,5)	13,8 ± 3,5 (11,3; 16,3)	17,8 ± 3,7 (16,4; 19,2)	17,6 ± 2,1 (16,1; 19,1)	12,1 ± 2,6 (10,2; 14,0)	13,5 ± 3,8 (12,1; 14,9)
Dor (UA)	0,3 ± 0,7 (-0,2; 0,8)	0,2 ± 0,6 (-0,2; 0,6)	3,1 ± 1,4 (2,1; 4,1)	2,9 ± 2,4 (1,2; 4,6)	0,7 ± 0,8 (0,1; 1,3)	0,5 ± 0,8 (-0,1; 1,1)	2,6 ± 1,6 (1,4; 3,8)	3,4 ± 2,2 (1,8; 4,9)	0,3 ± 0,9 (-0,4; 1,0)	0,2 ± 0,4 (-0,1; 0,5)	4,3 ± 2,3 (2,3; 5,9)	3,7 ± 1,8 (2,4; 5,0)
Cir. Coxa (cm)	55,1 ± 5,5 (51,5; 59,0)	56,1 ± 4,7 (52,7; 59,4)	57,1 ± 4,2 (54,1; 60,1)	56,5 ± 4,5 (53,3; 59,7)	56,6 ± 4,0 (53,7; 59,5)	56,6 ± 4,0 (53,7; 59,4)	57,4 ± 4,2 (54,4; 60,4)	57,0 ± 4,0 (54,1; 59,9)	55,3 ± 5,3 (51,5; 59,0)	55,5 ± 5,1 (51,9; 59,2)	56,4 ± 5,1 (52,7; 60,1)	56,0 ± 5,1 (52,3; 59,6)
Cir. Perna (cm)	36,6 ± 2,5 (34,8; 38,4)	36,5 ± 2,4 (34,7; 38,2)	37,2 ± 2,4 (35,5; 38,8)	36,8 ± 2,3 (35,2; 38,5)	36,9 ± 2,5 (35,1; 38,7)	36,8 ± 2,5 (35,1; 38,6)	37,4 ± 2,5 (35,5; 39,2)	37,0 ± 2,5 (35,2; 38,8)	36,8 ± 2,1 (35,3; 38,4)	36,8 ± 2,1 (35,3; 38,3)	37,2 ± 2,1 (35,7; 38,)	36,8 ± 2, (35,3; 38,)

AU = Ácido Úrico; Circ. Coxa = Circunferência da Coxa; Circ. Perna = Circunferência da Perna; CK = Creatina Quinase; cm = Centímetros; CMJ = Salto com contramovimento; PCR = Proteína C Reativa Ultrassensível; QTR = Qualidade Total de Recuperação; UA = Unidades arbitrárias; 24H REC = 24 Horas de Recuperação; 48H REC = 48 Horas de Recuperação; u/L = Microlitro; mg/Dl = Miligramas por decilitro; mg/L = Miligramas por Litro; °C = Graus celsius;

Tabela 5: Respostas de temperatura irradiada da pele das regiões corporais de interesse para cada grupo nos diferentes momentos analisados.

Variáveis	FUTEBOL (n=10)				FUTSAL (n=10)				SEDENTÁRIOS (n=10)			
	Baseline	Pré	24H REC	48H REC	Baseline	Pré	24H REC	48H REC	Baseline	Pré	24H REC	48H REC
	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	$\bar{x} \pm DP$ (IC95%)
VL (°C)	26,59 ± 0,75 (26,06; 27,12)	27,05 ± 0,59 (26,63; 27,47)	26,86 ± 0,75 (26,32; 27,39)	26,93 ± 0,90 (26,28; 27,57)	26,49 ± 0,82 (25,91; 27,08)	26,85 ± 0,70 (26,34; 27,35)	26,87 ± 0,73 (26,26; 27,48)	26,86 ± 0,75 (26,33; 27,40)	26,87 ± 0,79 (26,30; 27,44)	27,21 ± 0,70 (26,71; 27,70)	26,70 ± 0,97 (26,01; 27,39)	26,53 ± 0,86 (25,91; 27,14)
RF (°C)	26,70 ± 0,60 (26,27; 27,14)	27,08 ± 0,62 (26,64; 27,52)	26,88 ± 0,78 (26,32; 27,44)	27,04 ± 0,76 (26,42; 27,67)	26,56 ± 0,73 (26,03; 27,08)	26,78 ± 0,73 (26,26; 27,30)	26,89 ± 0,73 (26,37; 27,41)	26,84 ± 0,60 (26,42; 27,27)	26,83 ± 1,00 (26,11; 27,55)	27,19 ± 0,79 (26,62; 27,75)	26,65 ± 0,99 (25,94; 27,36)	26,45 ± 1,04 (25,71; 27,20)
Adu Ant (°C)	27,40 ± 0,81 (26,81; 27,97)	27,75 ± 0,82 (27,16; 28,33)	27,46 ± 0,75 (26,84; 28,08)	27,68 ± 1,15 (26,86; 28,51)	27,21 ± 0,85 (26,60; 27,82)	27,36 ± 0,73 (26,84; 27,88)	27,37 ± 0,51 (26,99; 27,73)	27,40 ± 0,72 (26,89; 27,92)	27,26 ± 1,25 (26,37; 28,15)	27,63 ± 1,22 (26,75; 28,50)	27,12 ± 1,25 (26,23; 28,01)	26,93 ± 1,22 (26,06; 27,80)
VM (°C)	26,68 ± 0,76 (26,14; 27,23)	27,13 ± 0,71 (26,62; 27,64)	26,95 ± 0,96 (26,27; 27,63)	27,13 ± 1,03 (26,39; 27,86)	26,66 ± 0,67 (26,18; 27,14)	26,83 ± 0,70 (26,33; 27,33)	26,98 ± 0,82 (26,40; 27,57)	26,85 ± 0,60 (26,42; 27,28)	26,87 ± 1,15 (26,05; 27,69)	27,23 ± 0,69 (26,74; 27,72)	26,75 ± 0,97 (26,05; 27,44)	26,48 ± 1,22 (25,61; 27,35)
JOA (°C)	25,16 ± 0,69 (24,66; 25,65)	25,90 ± 0,91 (25,25; 26,55)	25,73 ± 0,81 (25,15; 26,31)	25,73 ± 0,85 (25,12; 26,37)	25,48 ± 0,91 (24,83; 26,13)	25,62 ± 0,84 (25,02; 26,22)	25,68 ± 1,28 (24,77; 26,60)	25,79 ± 1,02 (25,05; 26,51)	25,56 ± 0,94 (24,88; 26,23)	26,22 ± 0,64 (25,76; 26,67)	25,65 ± 1,27 (24,74; 26,56)	25,43 ± 0,76 (24,89; 25,98)
TL (°C)	26,54 ± 0,77 (25,99; 27,09)	27,02 ± 0,82 (26,38; 27,67)	26,86 ± 0,52 (26,49; 27,23)	26,90 ± 0,71 (26,39; 27,41)	27,12 ± 0,98 (26,42; 27,82)	27,46 ± 0,81 (26,88; 28,03)	27,42 ± 1,04 (26,68; 28,16)	27,63 ± 0,99 (26,92; 28,37)	26,84 ± 0,73 (26,31; 27,36)	27,31 ± 0,83 (26,72; 27,91)	26,76 ± 0,91 (26,11; 27,41)	26,98 ± 0,81 (26,39; 27,56)
TM (°C)	26,40 ± 0,95 (25,73; 27,08)	26,95 ± 1,02 (26,22; 27,68)	26,67 ± 0,69 (26,18; 27,17)	26,73 ± 0,87 (26,11; 27,35)	27,06 ± 0,94 (26,39; 27,73)	27,32 ± 0,78 (26,76; 27,88)	27,22 ± 1,04 (26,48; 27,96)	27,29 ± 1,10 (26,50; 28,07)	26,60 ± 0,81 (26,02; 27,18)	27,13 ± 0,80 (26,55; 27,70)	26,48 ± 0,92 (25,82; 27,14)	26,50 ± 0,92 (25,84; 27,15)
CX POST EXT (°C)	26,62 ± 1,12 (25,82; 27,42)	27,32 ± 1,02 (26,59; 28,05)	26,60 ± 0,88 (25,97; 27,23)	26,92 ± 1,14 (26,10; 27,74)	26,59 ± 1,01 (25,86; 27,31)	26,69 ± 0,94 (26,02; 27,36)	26,72 ± 0,76 (26,18; 27,27)	26,77 ± 0,64 (26,31; 27,23)	26,64 ± 0,99 (25,93; 27,35)	26,65 ± 0,87 (26,03; 27,27)	26,78 ± 0,98 (26,08; 27,48)	26,54 ± 1,14 (25,73; 27,36)
FE (°C)	27,13 ± 0,91 (26,47; 27,78)	27,71 ± 0,81 (27,14; 27,29)	27,13 ± 0,68 (26,64; 27,61)	27,32 ± 0,90 (26,67; 27,97)	27,34 ± 0,88 (26,71; 27,97)	27,36 ± 0,89 (26,72; 27,99)	27,33 ± 0,89 (26,70; 27,97)	27,48 ± 0,69 (26,99; 27,97)	27,16 ± 0,93 (26,49; 27,83)	27,18 ± 0,90 (26,53; 27,82)	27,12 ± 0,85 (26,51; 27,72)	26,99 ± 1,02 (26,26; 27,72)
Adu Post (°C)	27,48 ± 1,05 (26,72; 28,23)	28,31 ± 0,90 (27,67; 28,95)	27,58 ± 0,87 (26,96; 28,20)	27,72 ± 1,03 (26,98; 28,46)	27,62 ± 0,98 (26,92; 28,32)	27,64 ± 1,03 (26,90; 28,37)	27,57 ± 0,82 (26,98; 28,15)	27,73 ± 0,97 (27,04; 28,42)	27,53 ± 1,15 (26,71; 28,35)	27,30 ± 1,11 (26,51; 28,09)	27,48 ± 1,02 (26,74; 28,21)	27,34 ± 1,11 (26,55; 28,13)
CX POST INT (°C)	27,42 ± 0,78 (26,86; 27,98)	27,92 ± 0,90 (27,27; 28,56)	27,45 ± 0,57 (27,05; 27,86)	27,59 ± 0,75 (27,06; 28,13)	27,64 ± 0,81 (27,06; 28,21)	27,63 ± 0,86 (27,01; 28,24)	27,57 ± 0,88 (26,94; 28,19)	27,78 ± 0,86 (27,16; 28,39)	27,38 ± 0,94 (26,71; 28,05)	27,37 ± 0,81 (26,80; 27,95)	27,39 ± 0,82 (26,80; 27,98)	27,14 ± 0,92 (26,49; 27,80)
JOP (°C)	27,78 ± 0,68 (27,29; 28,27)	28,19 ± 0,76 (27,64; 28,73)	27,81 ± 0,42 (27,51; 28,11)	27,89 ± 0,87 (27,27; 28,51)	27,90 ± 0,70 (27,40; 28,40)	27,94 ± 0,87 (27,31; 28,56)	27,95 ± 0,84 (27,35; 28,56)	28,14 ± 0,66 (27,66; 28,61)	27,78 ± 0,77 (27,23; 28,33)	27,92 ± 0,75 (27,38; 28,45)	27,96 ± 0,78 (27,40; 28,52)	27,68 ± 0,79 (27,12; 28,25)
GE (°C)	26,87 ± 0,79 (26,31; 27,43)	27,55 ± 0,97 (26,86; 28,24)	27,22 ± 0,62 (26,78; 27,66)	27,23 ± 0,86 (26,61; 27,85)	27,55 ± 0,82 (26,96; 28,13)	27,69 ± 1,19 (26,84; 28,54)	27,60 ± 1,09 (26,83; 28,38)	27,72 ± 1,01 (26,99; 28,44)	27,16 ± 0,74 (26,62; 27,69)	27,06 ± 0,71 (26,55; 27,57)	27,06 ± 0,70 (26,56; 27,56)	27,70 ± 0,87 (26,38; 27,63)
GI (°C)	27,04 ± 0,99 (26,34; 27,75)	27,70 ± 0,97 (27,00; 28,40)	27,33 ± 0,76 (26,79; 27,88)	27,34 ± 0,94 (26,69; 28,02)	27,69 ± 0,95 (27,01; 28,38)	27,78 ± 1,26 (26,87; 28,68)	27,68 ± 1,12 (26,87; 28,48)	27,91 ± 1,08 (27,13; 28,68)	27,34 ± 0,87 (26,72; 27,96)	27,17 ± 0,80 (26,59; 27,74)	27,28 ± 0,78 (26,72; 27,84)	27,14 ± 0,96 (26,45; 27,82)

Adu Ant = Adutor Anterior; Adu Post = Adutor Posterior; CX POST EXT = Coxa Posterior Externa; CX POST INT = Coxa Posterior Interna; FE = Femoral; GE = Gastrocnêmio Externo; GI = Gastrocnêmio Interno; JOA = Joelho Anterior; JOP = Joelho Posterior; RF = Reto Femoral; TM = Tibial Medial; TL = Tibial Lateral; VL = Vasto Lateral; VM = Vasto Medial; °C = Graus Celsius; 24H REC = 24 Horas de Recuperação; 48H REC = 48 Horas de Recuperação

Tabela 6: Valores de f e p da análise de variância

Variável	Tempo (F; p)	Grupo (F; p)	Tempo x Grupo (F; p)
Salto com contramovimento (cm)	17,41; 0,00	1,13; 0,34	0,88; 0,51
Creatina Quinase (u/L)	8,90; 0,01	0,96; 0,40	1,00; 0,39
Ácido Úrico (mg/dL)	28,95; 0,00	0,26; 0,78	0,19; 0,94
Proteína C Reativa Ultrassensível (mg/L)	6,49; 0,01	1,77; 0,19	0,87; 0,45
Qualidade Total de Recuperação (UA)	34,38; 0,00	0,53; 0,60	3,09; 0,03
Dor (UA)	53,94; 0,00	0,65; 0,53	1,52; 0,22
Circunferência da Coxa (cm)	10,05; 0,00	0,15; 0,86	0,77; 0,50
Circunferência da Perna (cm)	22,25; 0,00	0,04; 0,97	0,98; 0,42
Vasto Lateral (°C)	2,69; 0,05	0,05; 0,95	1,39; 0,23
Reto Femoral (°C)	1,86; 0,14	0,19; 0,83	1,57; 0,17
Adutor Anterior (°C)	1,72; 0,17	0,41; 0,67	1,10; 0,37
Vasto Medial (°C)	1,58; 0,20	0,14; 0,87	1,39; 0,23
Joelho Anterior (°C)	2,75; 0,05	0,04; 0,96	1,12; 0,36
Tibial Lateral (°C)	2,78; 0,05	1,92; 0,17	0,71; 0,64
Tibial Medial (°C)	2,89; 0,04	1,80; 0,18	0,64; 0,70
Coxa Posterior Externa (°C)	0,65; 0,58	0,26; 0,78	0,77; 0,60
Femoral (°C)	0,63; 0,60	0,52; 0,60	0,57; 0,75
Adutor Posterior (°C)	0,48; 0,70	0,58; 0,57	1,05; 0,40
Coxa Posterior Interna (°C)	0,43; 0,74	0,87; 0,43	0,62; 0,71
Joelho Posterior (°C)	0,56; 0,64	0,17; 0,84	0,63; 0,71
Gastrocnêmio Externo (°C)	0,70; 0,55	1,94; 0,16	0,67; 0,67
Gastrocnêmio Interno (°C)	0,39; 0,76	1,34; 0,28	0,77; 0,59

cm = Centímetros; UA = Unidades arbitrárias; u/L = Microlitro; mg/dL = Miligramas por decilitro; mg/L = Miligrama por Litro; °C = Graus celsius.

4.5.1 Análise dos Post-hocs

A tabela 7 apresenta as médias, desvios padrão, intervalos de confiança e as diferenças significativas para os post-hocs de todas as variáveis dependentes monitoradas neste estudo.

7.5.1.1 Marcadores Bioquímicos

A tabela 4 apresenta os valores absolutos de CK, PCR-us e AU para cada grupo nos diferentes momentos analisados. O quadro 2 mostra a frequência com que os valores absolutos de cada marcador superaram os limites de normalidade em diferentes momentos da avaliação. A figura 4 apresenta a distribuição dos valores absolutos individual dos biomarcadores para cada momento analisado.

Quadro 2: Frequência de casos em que os biomarcadores superaram os valores de normalidade

BIOMARCADOR	FUTEBOL (n=10)				FUTSAL (n=10)				SEDENTÁRIOS (n=10)			
	BL	PRÉ	24H REC	48H REC	BL	PRÉ	24H REC	48H REC	BL	PRÉ	24H REC	48H REC
Creatina Quinase	0	0	5	3	1	0	4	2	0	0	4	2
Ácido Úrico	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Proteína C reativa ultrassensível	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0

Tabela 7: Respostas neuromusculares, bioquímicas, psicométricas, perimétricas e de temperatura da pele de acordo com o fator tempo.

Variável	Baseline $\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	Pré-intervenção $\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	24H PÓS $\bar{x} \pm DP$ (IC95%)	48H PÓS $\bar{x} \pm DP$ (IC95%)
Salto com contramovimento (cm)	34,2 ± 5,1 (32,3; 36,1)	35,0 ± 5,5 (33,0; 37,1)	31,6 ± 4,5 (29,9; 33,1) ^{a,b}	33,0 ± 4,3 (31,4; 34,7) ^{b,c}
Creatina Quinase (u/L)	80,5 ± 49,5 (62,1; 99,0)	62,9 ± 34,1 (49,8; 76,1) ^a	244,6 ± 288,3 (136,3; 352,9) ^{a,b}	181,1 ± 266,3 (81,5; 280,6) ^c
Ácido Úrico (mg/dL)	4,3 ± 0,7 (4,0; 4,5)	4,2 ± 0,7 (4,0; 4,5)	5,1 ± 0,9 (4,8; 5,4) ^{a,b}	4,7 ± 0,8 (4,4; 5,0) ^{a,b,c}
Proteína C Reativa Ultrassensível (mg/L)	0,9 ± 0,9 (0,5; 1,2)	0,8 ± 0,8 (0,5; 1,1)	1,9 ± 1,9 (1,2; 2,6) ^{a,b}	1,9 ± 2,9 (0,8; 3,0)
Qualidade Total de Recuperação (UA)	16,2 ± 2,0 (15,6; 16,9)	16,7 ± 1,8 (16,1; 17,4)	13,0 ± 2,5 (12,1; 14,0) ^{a,b}	13,6 ± 2,5 (12,6; 14,6) ^{a,b}
Dor (UA)	0,4 ± 0,8 (0,1; 0,7)	0,3 ± 0,7 (0,1; 0,6)	3,3 ± 1,9 (2,7; 4,0) ^{a,b}	3,3 ± 2,1 (2,5; 4,1) ^{a,b}
Circunferência da Coxa (cm)	55,7 ± 4,9 (53,8; 57,5)	56,1 ± 4,5 (54,3; 57,8)	57,0 ± 4,4 (55,3; 58,7) ^{a,b}	56,5 ± 4,4 (54,8; 58,2) ^{b,c}
Circunferência da Perna (cm)	36,8 ± 2,3 (35,9; 37,7)	36,7 ± 2,3 (35,8; 37,6)	37,2 ± 2,3 (36,4; 38,1) ^{a,b}	36,9 ± 2,3 (36,0; 37,8) ^{b,c}
Vasto Lateral (°C)	26,7 ± 0,8 (26,4; 27,0)	27,0 ± 0,7 (26,8; 27,3)	26,8 ± 0,8 (26,5; 27,1)	26,8 ± 0,8 (26,5; 27,1)
Reto Femoral (°C)	26,7 ± 0,8 (26,4; 27,0)	27,0 ± 0,7 (26,7; 27,3)	26,8 ± 0,8 (26,5; 27,1)	26,8 ± 0,9 (26,5; 27,1)
Adutor Anterior (°C)	27,3 ± 1,0 (26,9; 27,7)	27,6 ± 0,9 (27,2; 27,9)	27,3 ± 0,9 (27,0; 27,7)	27,3 ± 1,1 (26,9; 27,2)
Vasto Medial (°C)	26,7 ± 0,9 (26,4; 27,1)	27,1 ± 0,7 (26,8; 27,3)	26,9 ± 0,9 (26,6; 27,2)	26,8 ± 1,0 (26,5; 27,2)
Joelho Anterior (°C)	25,4 ± 0,9 (25,1; 25,7)	25,9 ± 0,8 (25,6; 26,2)	25,7 ± 1,1 (25,3; 26,1)	25,7 ± 0,9 (25,3; 26,0)
Tibial Lateral (°C)	26,8 ± 0,8 (26,5; 27,1)	27,3 ± 0,8 (27,0; 27,6)	27,0 ± 0,9 (26,7; 27,3)	27,1 ± 0,9 (26,8; 27,4)
Tibial Medial (°C)	26,7 ± 0,9 (26,4; 27,0)	27,1 ± 0,9 (26,8; 27,5)	26,8 ± 0,9 (26,5; 27,1)	26,8 ± 1,0 (26,5; 27,2)
Coxa Posterior Externa (°C)	26,6 ± 1,0 (26,2; 27,0)	26,9 ± 1,0 (26,5; 27,2)	26,7 ± 0,9 (26,4; 27,0)	26,7 ± 1,0 (26,4; 27,1)
Femoral (°C)	27,2 ± 0,9 (26,9; 27,6)	27,4 ± 0,9 (27,1; 27,7)	27,2 ± 0,8 (26,9; 27,5)	27,3 ± 0,9 (26,9; 27,6)
Adutor Posterior (°C)	27,5 ± 1,0 (27,2; 27,9)	27,8 ± 1,1 (27,4; 28,1)	27,5 ± 0,9 (27,2; 27,9)	27,6 ± 1,0 (27,2; 28,0)
Coxa Posterior Interna (°C)	27,5 ± 0,8 (27,2; 27,8)	27,6 ± 0,9 (27,3; 28,1)	27,5 ± 0,7 (27,2; 27,8)	27,5 ± 0,9 (27,2; 27,8)
Joelho Posterior (°C)	27,8 ± 0,7 (27,6; 28,1)	28,0 ± 0,8 (27,7; 28,3)	27,9 ± 0,7 (27,6; 28,2)	27,9 ± 0,8 (27,6; 28,2)
Gastrocnêmio Externo (°C)	27,2 ± 0,8 (26,9; 27,5)	27,4 ± 1,0 (27,1; 27,8)	27,3 ± 0,8 (27,0; 27,8)	27,3 ± 0,9 (27,0; 27,7)
Gastrocnêmio Interno (°C)	27,4 ± 0,9 (27,0; 27,7)	27,6 ± 1,0 (27,2; 27,9)	27,4 ± 0,9 (27,1; 27,8)	27,5 ± 1,0 (27,1; 27,8)

a= Diferença significativa em comparação ao momento baseline; b= Diferença significativa em comparação ao momento pré-intervenção; c= Diferença significativa em comparação ao momento 24h pós intervenção;

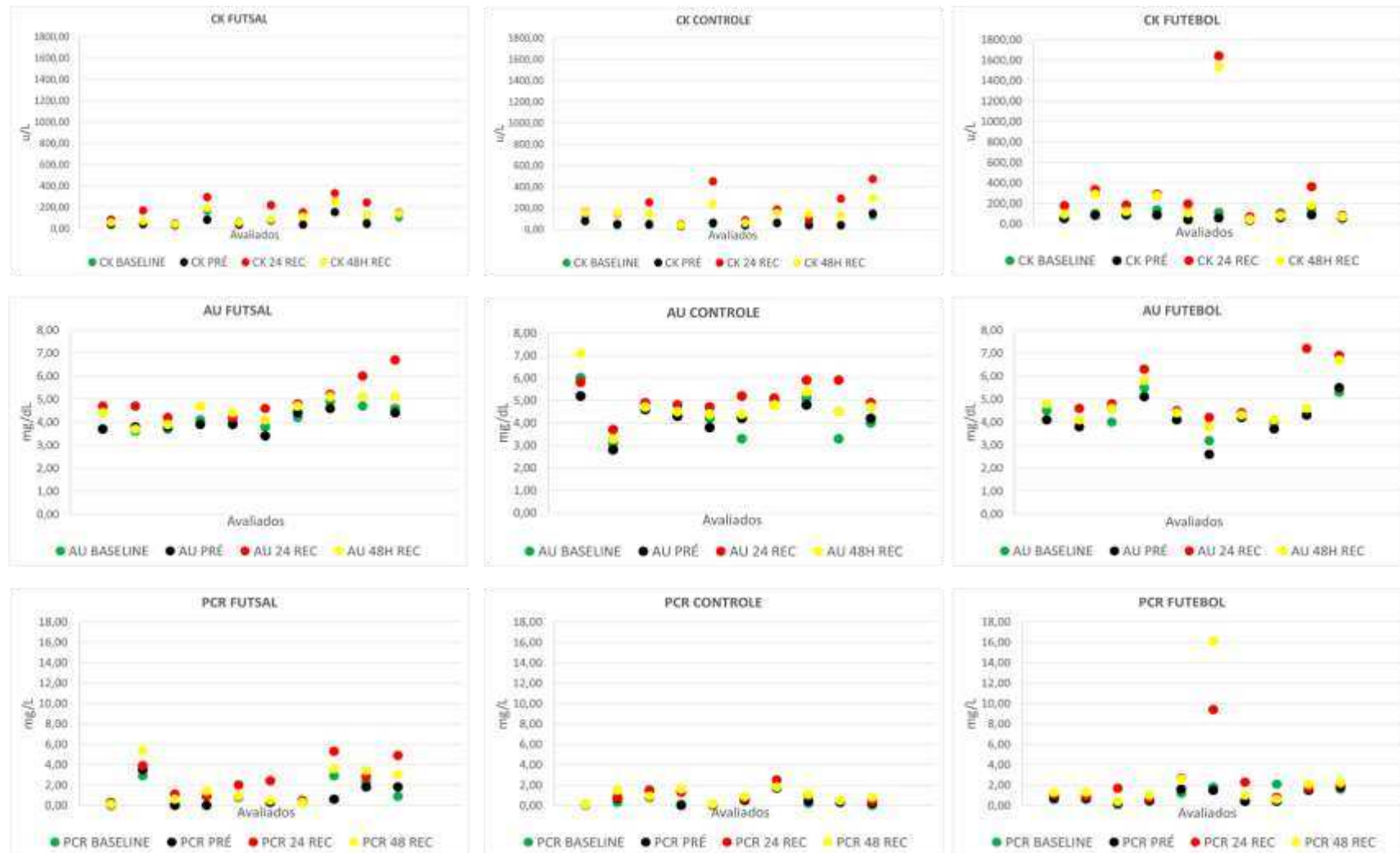


Figura 4: Distribuição dos valores absolutos individuais dos biomarcadores para cada momento analisado.

7.5.1.1.1 Creatina Quinase (CK)

Houve diferenças significativas entre os momentos baseline e pré-intervenção, com valores menores no momento pré-intervenção em comparação ao baseline ($\Delta = 17,6$ u/L [IC95% 1,9 u/L – 33,3 u/L]; $p=0,02$). Os valores de CK aumentaram significativamente 24h após a intervenção quando comparado aos valores baseline ($\Delta = 164,0$ u/L [IC95% -308,5 u/L – -19,6 u/L]; $p=0,02$) e pré-intervenção ($\Delta = 181,6$ u/L [IC95% -329,2 u/L – -34,1 u/L]; $p=0,01$). Após 48 horas de recuperação, os níveis de CK retornaram aos valores basais (baseline vs 48h: $\Delta = 100,5$ u/L [IC95% -233,6 u/L – 32,5 u/L], $p=0,24$; pré-intervenção vs 48h $\Delta = 118,1$ u/L [IC95% -254,5 u/L – 18,2 u/L], $p=0,12$).

7.5.1.1.2 Ácido Úrico (AU)

Não houve diferenças significativas entre os momentos baseline e pré-intervenção ($p=1,0$). Os valores de AU atingiram um pico 24 h após a intervenção quando comparado aos valores baseline (baseline vs 24h pós: $\Delta = 0,8$ mg/dL [IC95% -1,2 mg/dL – -0,4 mg/dL]; $p<0,001$) e pré-intervenção (baseline vs pré-intervenção: $\Delta = 0,9$ mg/dL [IC95% -1,2 mg/dL – -0,6 mg/dL]; $p<0,001$) e permaneceram elevados 48h pós-intervenção (baseline vs 48h: $\Delta = 0,4$ mg/dL [IC95% -0,6 mg/dL – -0,2 mg/dL], $p<0,001$; pré-intervenção vs 48h $\Delta = 0,5$ mg/dL [IC95% -0,7 mg/dL – -0,2 mg/dL], $p<0,001$).

7.5.1.1.3 Proteína C Reativa Ultrassensível (PCR-us)

Não houve diferenças significativas entre os momentos baseline e pré-intervenção ($p=1,0$). Os valores de PCR-us aumentaram significativamente 24h após a intervenção quando comparado aos valores baseline (baseline vs 24h pós: $\Delta = 1,0$ mg/L [IC95% -1,8 mg/L – -0,2 mg/L]; $p=0,008$) e pré-intervenção (pré-intervenção vs 24h pós: $\Delta = 1,1$ mg/L [IC95% -2,0 mg/L – -0,3 mg/L]; $p=0,005$). Já 48 horas após a intervenção, os níveis de PCR retornaram aos valores basais (baseline vs 48h: $\Delta = 1,1$ mg/L [IC95% -2,4 mg/L – -0,3 mg/L], $p=0,2$; pré-intervenção vs 48h $\Delta = 1,1$ mg/L [IC95% -2,5 mg/L – 0,2 mg/L], $p=0,2$).

7.5.1.2 Parâmetros Subjetivos

7.5.1.2.1 Qualidade Total da Recuperação (QTR)

As análises de post-hocs para a interação tempo vs grupo mostraram que os valores de QTR não foram alterados ao longo do tempo no grupo de futebolistas. Já para o grupo de sedentários, foi observada uma redução da QTR nos momentos 24 e 48 horas pós-intervenção comparado aos valores dos momentos baseline (baseline vs 24h pós: $\Delta = 5,7$ UA [IC95% 3,2 UA – 8,2 UA], $p < 0,001$; baseline vs 48h pós: $\Delta = 4,3$ UA [IC95% 2,0 UA – 6,6 UA], $p < 0,001$) e pré-intervenção (pré-intervenção vs 24h pós: $\Delta = 5,5$ UA [IC95% 2,9 UA – 8,1 UA], $p < 0,001$; pré-intervenção vs 48h pós: $\Delta = 4,1$ UA [IC95% 1,6 UA – 6,6 UA], $p = 0,001$). Por fim, para o grupo de salonistas, a QTR reduziu significativamente 24 e 48 horas pós-intervenção comparado aos valores pré-intervenção (pré-intervenção vs 24h pós: $\Delta = 3,3$ UA [IC95% 0,7 UA – 5,9 UA], $p = 0,008$; pré-intervenção vs 48h pós: $\Delta = 2,9$ UA [IC95% 0,4 UA – 5,4 UA], $p = 0,018$) (Tabela 4).

Com relação à comparação entre grupos, não houve diferença significativa nos valores de QTR pós-intervenção, tanto 24 como 48 horas após. Contudo, no baseline, o valor de QTR no grupo de sedentários foi superior em relação ao grupo de futebolistas ($\Delta = 2,6$ UA [IC95% 0,7 UA – 2,5 UA]; $p = 0,005$) e de salonistas ($\Delta = 2,1$ UA [IC95% 0,2 UA – 4,0 UA]; $p = 0,027$).

7.5.1.2.2 Nível de dolorimento muscular

Não houve diferenças significativas entre os momentos baseline e pré-intervenção ($p = 1,0$). Foi observado um pico de dor 24h após a intervenção quando comparado aos valores baseline (baseline vs 24h pós: $\Delta = 2,9$ UA [IC95% -3,9 UA – -2,1 UA]; $p < 0,001$) e pré-intervenção (pré-intervenção vs 24h pós: $\Delta = 3,0$ UA [IC95% -4,0 UA – -2,1 UA]; $p < 0,001$) e valores similares 48h pós-intervenção (baseline vs 48h: $\Delta = 2,9$ UA [IC95% -4,0 UA – -1,8 UA], $p < 0,001$; pré-intervenção vs 48h $\Delta = 3,0$ UA [IC95% -4,2 UA – -1,9 UA], $p < 0,001$).

7.5.1.3 Desempenho neuromuscular

Não houve diferenças significativas entre os momentos baseline e pré-intervenção ($p=0,18$). Os valores de CMJ reduziram 24h pós-intervenção (baseline vs 24h: $\Delta = 2,6$ cm [IC95% 1,0 cm – 4,2 cm], $p<0,001$; pré-intervenção vs 24h $\Delta = 3,4$ cm [IC95% 1,7 cm – 5,2 cm], $p<0,001$) e 48 horas pós-intervenção (pré-intervenção vs 48h $\Delta = 2,0$ cm [IC95% 0,6 cm – 3,5 cm], $p=0,003$), com maior magnitude no momento 24h pós (24h vs 48h: $\Delta = 1,4$ cm [IC95% -2,8 cm – 0 cm], $p=0,04$). Após 48 horas de recuperação, foi observado que o desempenho de salto retornou aos valores baseline (baseline vs 48h: $\Delta = 1,2$ cm [IC95% -0,1 cm – 2,5 cm], $p=0,09$).

7.5.1.4 Análise da Circunferência dos Membros Inferiores

7.5.1.4.1 Circunferência da Coxa

Não houve diferenças significativas entre os momentos baseline e pré-intervenção ($p=1,0$). A circunferências da coxa aumentou 24 e 48 horas pós-intervenção (baseline vs 24h: $\Delta = 1,3$ cm [IC95% -2,3 cm – -0,3 cm], $p=0,005$; pré-intervenção vs 24h $\Delta = 0,9$ cm [IC95% -1,3 cm – -0,6 cm], $p<0,001$), com maior magnitude após 24h de recuperação (24h vs 48h: $\Delta = 0,5$ cm [IC95% 0,2 cm – 0,8 cm], $p=0,001$). 48 horas após a intervenção, foi observada uma redução da circunferência da coxa, retornando aos valores baseline (baseline vs 48h: $\Delta = 0,9$ cm [IC95% -1,8 cm – 0,1 cm], $p=0,13$), porém se manteve elevada quando comparada aos valores pré-intervenção (pré-intervenção vs 48h $\Delta = 0,4$ cm [IC95% -0,7 cm – -0,1 cm], $p=0,002$).

7.5.1.4.2 Circunferência da Perna

Não houve diferenças significativas entre os momentos baseline e pré-intervenção ($p=0,4$). A circunferências da perna aumentou 24 e 48 horas pós-intervenção (baseline vs 24h: $\Delta = 0,5$ cm [IC95% -0,7 cm – -0,2 cm], $p<0,001$; pré-intervenção vs 24h $\Delta = 0,5$ cm [IC95% -0,8 cm – -0,3 cm], $p<0,001$), apresentando maior magnitude após 24h de recuperação (24h vs 48h: $\Delta = 0,4$ cm [IC95% 0,2 cm – 0,5 cm], $p<0,001$). 48 horas após a intervenção, foi observada

uma redução da circunferência da perna, retornando aos valores baseline (baseline vs 48h: $\Delta = 0,1$ cm [IC95% -0,3 cm – 0,1 cm], $p=0,6$), porém se manteve elevada quando comparada aos valores pré-intervenção (pré-intervenção vs 48h $\Delta = 0,2$ cm [IC95% -0,3 cm – 0 cm], $p=0,02$).

7.5.1.5 Imagens termográficas

Não houve efeito significativo do grupo e interação momento x grupo para nenhuma das RCI analisadas (Tabela 5). A anova sinalizou um efeito significativo do momento na RCI do tibial medial ($F = 2,89$; $p= 0,04$). No entanto, as análises de post hoc indicaram que não houve diferenças significativas entre os momentos analisados (baseline vs pré-intervenção: $\Delta = 0,4$ °C [IC95% -0,9°C – 0°C], $p=0,09$; baseline vs 24h: $\Delta = 0,1$ °C [IC95% -0,5°C – 0,3°C], $p=1,0$; pré-intervenção vs 24h $\Delta = 0,3$ °C [IC95% -0,1°C – 0,8°C], $p=0,3$; baseline vs 48h: $\Delta = 0,2$ °C [IC95% -0,7°C – 0,4°C], $p=1,0$; pré-intervenção vs 48h $\Delta = 0,3$ °C [IC95% -0,1°C – 0,7°C], $p=0,2$; 24h vs 48h: $\Delta = 0,1$ °C [IC95% -0,5°C – 0,4°C], $p=1,0$).

7.6 Discussão

O presente estudo teve como objetivo comparar os impactos de um protocolo de sprints repetidos na TIP e em indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromusculares em futebolistas, salonistas e em indivíduos sedentários. Inicialmente, esperava-se que a prática de atividade física pudesse influenciar as respostas obtidas, trazendo respostas específicas para cada grupo analisado. No entanto, os resultados deste estudo mostram que não foi observado um efeito significativo do fator grupo para nenhuma das variáveis analisadas. Quanto ao fator tempo, a hipótese inicial foi parcialmente confirmada, uma vez que o protocolo de sprints repetidos ocasionou dano muscular e processo inflamatório, observados através das variáveis CMJ, CK, AU, PCR-us, QTR, dor, circunferência da coxa e da perna, e na TIP do tibial medial.

O comportamento observado na maioria das variáveis analisadas mostrou uma mudança significativa ao longo do tempo, indicando que o dano muscular foi induzido com sucesso pelo protocolo de intervenção, conforme demonstrado em outros estudos que utilizaram o mesmo protocolo^{81,82}. O tempo de sprint e ponto de corte utilizados mostraram que houve pouca fadiga durante a intervenção, indicando que os intervalos de recuperação entre os estímulo foram suficientes e garantiram a máxima eficiência durante todo o protocolo. Isso é importante para

induzir danos musculares, pois a realização de sprints máximos gera uma maior força excêntrica durante a desaceleração, maximizando as respostas ao dano^{12,13,20,81,85}. Os mecanismos que causam as mudanças nas variáveis dependentes analisadas são amplamente debatidos na literatura e serão discutidos ao longo do texto.

Em relação às respostas da TIP, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ou interação grupo x momento, exceto na RCI do tibial medial, onde foi identificado um efeito significativo do tempo. No entanto, as análises de post hoc não indicaram diferenças significativas entre os momentos específicos analisados. Assim, diferentemente das hipóteses iniciais, bem como das respostas obtidas nos demais marcadores analisados, foi observado que o protocolo de intervenção não causou mudanças significativas da TIP medida através da termografia infravermelha. Conforme a literatura, as respostas obtidas podem ser justificadas pelo fato de que a prática de exercícios excêntricos ocasiona rupturas do sarcômero em um nível mais profundo e, por isso, pode não gerar alterações da TIP^{51,85}.

Como os problemas inflamatórios podem gerar o aumento da TIP, e um quadro degenerativo ocasionar a redução do fluxo sanguíneo da região afetada, indicando quadros de hipertermia e hipotermia⁹³, respectivamente, a implementação de avaliações termográficas no processo de controle e monitoramento carga de treinamento de atletas tem sido recomendada^{43,44}. Contudo, assim como os achados de estudos anteriores que investigaram as respostas térmicas após a realização de estímulos como corrida^{94,95}, treinamento resistido⁵¹ e exercícios excêntricos⁵⁶, os resultados obtidos em nosso estudo indicam que o dano muscular ocasionado por um protocolo de sprints repetidos não resultou em alterações na TIP avaliada através da TI, sinalizando a necessidade de mais estudos para compreender plenamente os impactos do dano muscular e do processo inflamatório nas respostas térmicas após o exercício.

Ainda com relação às respostas térmicas, os resultados mostraram que é importante dar atenção especial à região do tibial medial, sugerindo um maior estresse nessa área especialmente durante o período de recuperação. Uma resposta similar foi observada por Pinheiro et al.⁹⁶ ao avaliar mulheres futebolistas de elite após a realização de um teste de velocidade. Os autores explicam que um maior estresse nesta região é esperado, pois ela é responsável pela estabilização da articulação do tornozelo, especialmente ao realizar ações com elevada demanda excêntricas, como sprints, acelerações e desacelerações durante partidas de futebol e futsal. Além disso, Pinheiro et al.⁹⁶ explicam que este aumento da TIP do tibial também pode ser relacionado a fatores biomecânicos como a mobilidade articular, os desvios posturais e o nível de flexibilidade.

A alteração na concentração de biomarcadores tem sido amplamente utilizada como um forte indicador sistêmico de inflamação geral e dano muscular em estudos científicos e por diversos profissionais da medicina esportiva⁸⁵. O efluxo dos biomarcadores observados neste estudo pode ser explicado pelo fato da realização de exercícios intensos e extenuantes, como sprints, acelerações, desacelerações, ocasiona danos a estrutura muscular, promove microlesões e prejudica as estruturas musculares, aumenta a permeabilidade da membrana sarcoplasmática e eleva a quantidade de proteínas intramusculares na corrente sanguínea^{2,8,17,84,85}.

A resposta dos marcadores bioquímicos indicou que houve dano muscular e resposta inflamatória. Os aumentos de CK, PCR-us e AU 24h após a intervenção, assim como o retorno aos valores basais da CK e da PCR-us após 48h, estão em consonância com estudos prévios^{14-17,85}. No entanto, embora em alguns avaliados os valores absolutos obtidos tenham superado os valores de normalidade específicos de cada biomarcador (Quadro 2, Figura 2), a magnitude do aumento observada em nosso estudo foi inferior à encontrada por outros autores que avaliaram essas respostas após jogos ou treinamentos específicos das modalidades. Isso pode ser justificado pelo fato de que o utilizado protocolo que simula de forma isolada uma demanda específica do jogo, o que geralmente induz menores magnitudes de alterações nos biomarcadores quando comparado às partidas oficiais⁸⁴.

Os resultados referentes à QTR indicam um maior prejuízo na recuperação percebida para o grupo de sedentários, que, em comparação ao grupo de salonistas, apresentou um pior desempenho durante a intervenção, sugerindo um maior desgaste psicofisiológico induzido. Esses achados indicam que a recuperação percebida foi específica de acordo com o desempenho no protocolo de intervenção, conforme já destacado por outros autores, sinalizando que a carga de treinamento pode ser relacionada à fadiga. Isso confirma a viabilidade desta ferramenta para monitorar a fadiga residual em futebolistas e salonistas^{84,85}.

Além disso, os dados deste estudo sinalizaram uma redução da QTR nos momentos 24 e 48 horas após a intervenção, demonstrando que o intervalo de avaliado foi insuficiente para recuperação total dos atletas. O monitoramento dessas respostas é de grande importância, pois a qualidade e o nível da recuperação percebida pelos atletas podem refletir diretamente no seu desempenho. Por isso, é recomendado que esta ferramenta seja utilizada no processo de controle de carga de treinamento, já que uma recuperação inadequada pode resultar em desempenho negativo, aumento da probabilidade de lesões e *overtraining*^{31,84}.

Ainda com relação aos dados subjetivos, os resultados referentes ao nível de dor muscular mostraram que os avaliados experimentaram um aumento na dor 24 e 48 horas após a intervenção, em comparação com os valores relatados durante os momentos pré-intervenção.

O surgimento da dor muscular é uma resposta comum e esperada após a realização de exercícios intensos envolvendo ações excêntricas, como os sprints repetidos⁸⁵. De acordo com a literatura, os atletas geralmente relatam maiores níveis de dolorimento cerca de 24 a 48 horas após os estímulos, o que corrobora com os resultados obtidos em nosso estudo^{84,85}.

Owens et al.⁸⁵ relatam que a relação entre a sensação de dor e os exercícios excêntricos ainda não está muito compreendida. No entanto, os autores destacam que essas respostas podem ser explicadas pela interação complexa de danos às estruturas musculares com a interrupção do equilíbrio do cálcio (Ca^{2+}) e a sensibilização dos nociceptores das células inflamatórias. Em conformidade com a literatura, nossos achados referentes à classificação de dor observada após a realização do protocolo de sprint repetidos sugerem que ocorreu uma resposta inflamatória⁸⁵.

Assim como as demais respostas analisadas, os dados das circunferências da coxa e da panturrilha indicam que o protocolo utilizado causou dano muscular aos avaliados. Ambas as medidas apresentaram comportamento similar, aumentando 24 e 48 horas pós intervenção, com maior magnitude após 24h de recuperação. Após 48 horas, foi observada uma redução das medidas, retornando aos valores basais. Conforme relatado anteriormente, a prática de exercícios com elevada demanda excêntrica induz dano muscular e, conseqüentemente, promove uma resposta inflamatória, como o aumento transitório da espessura muscular^{16,17,44}. Nossos achados, semelhante a outros estudos, indicam que a avaliação da circunferência de regiões ativas, como a coxa e a perna, pode colaborar na identificação de mudanças significativas que sugerem um processo inflamatório, edema ou outros problemas musculares⁸⁶⁻⁹².

Com relação aos resultados do CMJ, os dados obtidos indicam que o protocolo de intervenção diminuiu a função neuromuscular durante o período de recuperação. Esse fato pode ser justificado pela redução da capacidade de produção de força ocasionada pelo dano muscular e pelos processos inflamatórios locais³⁷. Além disso, alguns autores explicam que as atividades com alta demanda excêntrica, como os sprints realizados em nosso estudo, podem induzir fadiga periférica, gerando prejuízos como distúrbios metabólicos, danos às estruturas musculares, mudanças no processo de acoplamento-excitação muscular e redução da rigidez muscular relacionada à sensibilidade ao reflexo de estiramento, diminuindo, conseqüentemente, a capacidade neuromuscular dos avaliados^{37,84}.

Ainda com relação aos dados do CMJ, é válido destacar que os resultados deste estudo estão parcialmente em conformidade com achados de outro estudo que utilizou o mesmo protocolo⁸². Ambos os trabalhos observaram efeito significativo do tempo após o protocolo de intervenção, diferindo apenas no tempo necessário para retomar os valores basais. No presente

estudo, os avaliados recuperaram a eficiência neuromuscular após 48 horas de recuperação, enquanto no estudo de Keane et al.⁸², que avaliou atletas do sexo feminino, as participantes necessitaram de 72 horas para recuperar a capacidade neuromuscular. Uma possível justificativa para esses resultados distintos é a diferença de sexo dos indivíduos analisados em nosso estudo e no estudo de Keane et al.⁸². No entanto, não foi encontrado nenhum estudo na literatura que comparasse essas respostas, destacando a necessidade de pesquisas futuras para confirmar essa relação.

Um resultado importante deste estudo foi observar que atletas universitários de futsal e futebol apresentaram respostas similares às dos universitários sedentários, com exceção da QTR no momento baseline, que apresentou comportamento diferente entre salonistas e futebolistas quando comparada aos sedentários (Tabela 4). De acordo com a literatura, era esperado que o protocolo de intervenção ocasionasse um maior dano muscular nos indivíduos sedentários, devido ao menor nível de familiarização desses com as tarefas de característica excêntrica^{12,13,20,85}. Além disso, esperava-se que as adaptações fisiológicas causadas pelo treinamento específico das modalidades atuassem como um efeito protetor, resultando em menor dano muscular nos futebolistas e nos salonistas universitários⁹⁷⁻⁹⁹. No entanto, nossos achados não corroboram com a literatura. Uma possível justificativa para isso pode ser a homogeneidade dos avaliados em relação aos dados antropométricos. Além disso, a ausência de diferença pode ter sido causada pela insuficiente magnitude de atividade física diária de treinamento realizado pelos atletas avaliados neste estudo, não produzindo adaptações fisiológicas significativas, diferentemente de atletas profissionais, que podem ter uma carga física maior, assim, se beneficiando dessas adaptações.

É importante destacar que este trabalho apresenta algumas limitações, como o fato de os avaliados serem caracterizados e selecionados conforme os resultados obtidos no IPAQ. Embora seja um questionário validado e reconhecido mundialmente, seria mais interessante avaliar o nível de atividade física e sedentarismo utilizando outras ferramentas em conjunto, como um teste de capacidade cardiorrespiratória. Além disso, cabe destacar o nível dos atletas monitorados neste estudo, composto por uma amostra de atletas de nível universitário. Espera-se que atletas profissionais, em função de uma maior carga de treino e competições apresentem respostas diferentes, observando-se respostas de menor magnitude nos grupos de futebolistas e salonistas. Por fim, como sugestões para estudos futuros, recomenda-se a inclusão de um grupo controle, sem ter realizado o exercício, bem como um grupo constituído por atletas profissionais. E realizar a avaliação das respostas em condições que induzam maiores

magnitudes de estresse fisiológico, e, se possível, a correlação entre os diferentes parâmetros avaliados.

Como implicações práticas, os dados deste estudo demonstram que o nível de prontidão dos atletas é reduzido após a realização de sprints repetidos precedidos por uma rápida desaceleração. Consequentemente, treinadores, preparadores físicos e corpo técnico devem estar cientes de que o desempenho dos atletas durante as sessões seguintes pode ficar comprometido por até 48 horas após treinamentos desta natureza. Além disso, ao avaliar o dano muscular e o nível de recuperação através das respostas da CK, PCR-us, AU, CMJ, QTR, nível de dolorimento, circunferências de membros ativos e da TIP de jovens universitários sedentários, bem como de futebolistas e salonistas universitários submetidos a um protocolo com elevada demanda excêntrica, é esperado observar respostas similares durante o período de recuperação, com exceção da QTR. Além disso, os dados encontrados no presente estudo, nos permitem afirmar que a QTR pode ser uma ferramenta sensível para detectar o estado de fadiga, principalmente, em indivíduos mais fadigados. Por fim, ressalta-se que a TIP não foi um indicador sensível para detectar o DMIE.

Em conclusão, o protocolo de sprints repetidos causou dano muscular nos futebolistas e salonistas universitários, assim como nos jovens sedentários. Todos os grupos analisados apresentaram respostas similares da temperatura da pele e nos indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromusculares. Assim, os resultados obtidos no presente estudo nos permitem concluir que o nível de atividade física e a especificidade do treinamento não influenciaram as respostas dos diferentes marcadores avaliados, com exceção da QTR, de diferença que deve ser investigada em estudos futuros. Por fim, com relação a termografia, os achados mostram que a TIP não foi um indicador sensível para detectar o dano muscular induzido pelo protocolo de sprints repetidos em indivíduos universitários.

7.7 Agradecimentos

Carrefour/ Sitawe – Pagamento da bolsa do aluno mestrando

ThermoHuman – Disponibilização do software para análises termográficas

Bioclin – Fornecimento de insumos utilizados na coleta dos biomarcadores sanguíneos

FAPEMIG/CAPES – Disponibilização de fundos para compra dos materiais utilizados na coleta

7.8 Referências

1. Bangsbo J. The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiol Scand Suppl.** 619:1-155, 1994.
2. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. Metabolic response and fatigue in soccer. **Int J Sports Physiol Perform.** 2(2):111-27, 2007. doi: 10.1123/ijssp.2.2.111. PMID: 19124899.
3. Akenhead R, Harley JA, Tweddle SP. Examining the external training load of an english premier league football team with special reference to acceleration. **J Strength Cond Res.** 30: 2424–32, 2016.
4. Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. **J Strength Cond Res.** 24: 2343–2351, 2010.
5. Casamichana D, Castellano J, Castagna C. Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. **J Strength Cond Res.** 26: 837–843, 2012.
6. Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. **J Sports Sci.** 26(1):63-73, 2008. doi: 10.1080/02640410701287289.
7. Lima CA, Souza LMV, Santos JL, Araújo SS, Santos PMF, Estevam CS, et al. Correlation between aerobic fitness and oxidative stress biomarker in futsal players. **R Bras Prescrição e Fisiol Exerc.** 12; 79(2): 1010-16, 2018.
8. Naser N, Ajmol A, Macadam P. Physical and physiological demands of futsal. **J Exerc Sci Fit.** 15 (2): 76-80, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.09.001>.
9. Torres-Torrelo J, Rodríguez-Rosell D, Mora-Custodio R, Pareja-Blanco F, Yañez-García JM, González-Badillo JJ. Effects of resistance training and combined training program on repeated sprint ability in futsal players. **Int J Sports Med.** 39(7):517-526, 2018. doi: 10.1055/a-0596-7497.
10. Amani-Shalamzari S, Khoshghadam E, Donyaei A, Parnow A, Bayati M, Clemente FM. Generic vs. small-sided game training in futsal: Effects on aerobic capacity, anaerobic power and agility. **Physiol Behav.** 15(204):347-354, 2019. doi: 10.1016/j.physbeh.2019.03.017.

11. Souza CT, Medeiros C, Silva LA, Silveira TC, Silveira PC, Pinho CA, et al. Avaliação sérica de danos musculares e oxidativos em atletas após partida de futsal. **Rev bras cineantropom desempenho hum.** 12(4):269–74, 2010. doi: <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2010V12N4P269>.
12. Mendiguchia J, Conceição F, Edouard P, Fonseca M, Pereira R, Lopes H, et al. Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. **PLoS One.** 11;15(2):e0228283, 2020. doi: 10.1371/journal.pone.0228283.
13. Chaabene H, Prieske O, Negra Y, Granacher U. Change of direction speed: toward a strength training approach with accentuated eccentric muscle actions. **Sports Med.** 48(8):1773-9, 2020. doi: 10.1007/s40279-018-0907-3.
14. Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Douroudos II, Nikolaidis MG, Kyparos A, Margonis K, et al. Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. **J Strength Cond Res.** 24: 3278–3286, 2010.
15. 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.** 18: 423–431, 2008.
16. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Álvarez JC, Castagna C, Douroudos I, et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **Eur J Appl Physiol.** 116: 179–193, 2016.
17. 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. **Sport Med.** 42: 997–1015, 2012.
18. Papapanagiotou A, Gissis I, Papadopoulos C, Souglis A, Bogdanis GC, Giosos I, et al. Changes in homocysteine and 8-iso-PGF(2a) levels in football and hockey players after a match. **Res Sports Med.** 19: 118–128, 2011.
19. Thorpe R, Sunderland C. Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. **J Strength Cond Res.** 26: 2783–2790, 2012.
20. Hyldahl RD, Hubal MJ. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. **Muscle Nerve.** 49:155-170, 2013.
21. Nédélec M, Halson S, Abaidia AE, Ahmaidi S, Dupont G. Stress, Sleep and Recovery in Elite Soccer: A Critical Review of the Literature. **Sports Med.** 45(10):1387-400, 2015. doi: 10.1007/s40279-015-0358-z.

22. Pimenta EM, Coelho DB, Cruz IR, Morandi RF, Veneroso CE, de Azambuja GP, et al. The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training. **Eur J Appl Physiol.** 112(4):1495-503, 2012. doi: 10.1007/s00421-011-2109-7.
23. Tidball JG, Villalta AS. Regulatory interactions between muscle and the immune system during muscle regeneration. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.** 298(5): R1173–R1187, 2010.
24. Robineau J, Jouaux T, Lacroix M, Babault N. Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. **J Strength Cond Res.** 26(2):555-62, 2012. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220dda0.
25. 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 Ver.** 18(1):42–97, 2012.
26. Page P. Pathophysiology of acute exercise-induced muscular injury: clinical implications. **J Athl Train.** 30(1):29–34, 1995.
27. Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. **Physiol Behav.** 1(181):86-94, 2017. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.09.004.
28. Dellal A, Silva CD, Hill-Haas S, Wong del P, Natali AJ, De Lima JR, et al. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. **J Strength Cond Res.** 1;36(10):e105, 2022. doi: 10.1519/JSC.0000000000004343.
29. Owen AL, Wong del P, Dunlop G, Groussard C, Keksi W, Dellal A, et al. High-Intensity training and salivary immunoglobulin a responses in professional top-level soccer players: Effect of training intensity. **J Strength Cond Res.** 30(9):2460-9, 2016. doi: 10.1519/JSC.0000000000000380.
30. Carvalho G, Girasol CE, Goncalves LGC, Guirro ECO, Guirro RRJ. Correlation between skin temperature in the lower limbs and biochemical marker, performance data, and clinical recovery scales. **PLoS ONE.** 16(3): e0248653, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248653>.
31. Saidi K, Zouhal H, Boulloussa D, Dupont G, Hackney AC, Bideau B, et al. Biochemical markers and wellness status during a congested match play period in elite soccer players. **Int J Sports Physiol Perform.** 1;17(4):605-620, 2022. doi: 10.1123/ijsp.2020-0914.
32. Santana PVA, Alvarez PD, Sena AFC, Serpa TK, Assis MG, Pimenta EM, et al. Relationship between infrared thermography and muscle damage markers in physically

- active men after plyometric exercise. **J Therm Biol.** 104:103187, 2022. doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103187.
33. Matta L, Rhea M, Maior AS. Physiological evaluation post-match as implications to prevent injury in elite soccer players. **Arch Med Deporte.**36(4):220-226, 2019.
34. Silva AG, Albuquerque MR, Reis HHT, Ferreira FG, Marins JCB. Infrared thermography detects soccer-induced residual fatigue: a single-case study. *Motricidade.* 18(2): 191-8, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.27133>.
35. Júnior JLR, 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.** 99:102919, 2021. doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.102919.
36. Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **J Sci Med Sport.** 20(4):397-402, 2017. doi: 10.1016/j.jsams.2016.08.011.
37. Gathercole R, Sporer B, Stellingwerff T, Sleivert G. Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. **Int J Sports Physiol Perform.** 10(1):84-92, 2015. doi: 10.1123/ijsp.2013-0413.
38. Gastin PB, Meyer D, Robinson D. Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite australian football. **J Strength Cond Res.** 27(9):2518–26, 2013.
39. Nobari H, Alves AR, Haghghi H, Clemente FM, Carlos-Vivas J, Pérez-Gómez J, et al. Association between training load and well-being measures in young soccer players during a season. **Int. J. Environ. Res. Public Health.** 18, 4451, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094451>.
40. Clemente FM, Martinho R, Calvete F, Mendes B. Training load and well-being status variations of elite futsal players across a full season: Comparisons between normal and congested weeks. *Physiol Behav.* 15;201:123-9, 2019. doi: 10.1016/j.physbeh.2019.01.001.
41. Hildebrandt C, Zeilberger K, Ring EFJ, Raschner C. The application of medical infrared thermography in sports medicine. **An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury.** 257- 74, 2012.
42. Marins JCB, Fernández-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Applications of Infrared Thermography in Sports. A Review. **Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte.** 15 (60): 805-24, 2015.

43. Afonso ASF, Dias FAM, Marins JCB. A termografia aplicada ao futebol. **Rev Bras Futebol.** 15 (5), 3 – 16, 2022.
44. Silva AG, Reis HHT, Marins JCB. Bases fisiológicas da aplicação da termografia para controle de carga no futebol: Uma breve revisão. **Rev Bras Futebol.** 15 (3), 3 – 20, 2022.
45. Fernandez-Cuevas I. Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. **New Studies in Athletics.** 29: 57-71, 2014.
46. Marins JCB, Cazal MM. Nutrição & suplementação para o ganho de desempenho físico e esportivo. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora rubio, 1, 512, 2023.
47. Santos TM, Bunn PS, Aidar FJ, Mello DB, Neves EB. Correlation between creatine kinase (CK) and thermography: a systematic review with meta-analysis. **Motricidade.** 18(3): 467-78, 2022. <https://doi.org/10.6063/motricidade.26751>.
48. 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.** 13, 635-43, 2017. doi:10.1007/s11332-017-0394-1.
49. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Marins JCB, Morandi RF, et al. Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. **J Exerc Rehabil.** 30;13(3):330-334, 2017. doi: 10.12965/jer.1734934.467.
50. da Silva W, Machado ÁS, Souza MA, Kunzler MR, Priego-Quesada JI, Carpes FP. Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature? **Physiol Meas.** 30;39(10):104007, 2018. doi: 10.1088/1361-6579/aae6df.
51. 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.** 9;42(3), 2021. doi: 10.1088/1361-6579/abe9fe.
52. Vieira SG, Sillero-Quintana M, Silva AG, Marins KO, Marins JCB. Thermographic response resulting from strength training: A preliminary study. **Apunts Sports Medicine.** 55(208): 120-7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.08.003>.
53. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Quintana MS, Arnaiz-Lastras J, Navanda A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. **J Sport Rehabil.** 29(8) 1222-27, 2020. doi: 10.1123/jsr.2019-0056.
54. Côrte AC, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, Hernandez AJ. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. **BMJ Open Sport & Exerc Med.** 5:e000431, 2019. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000431

55. Silva YA, Santos BH, Andrade PR, Santos HH, Moreira DG, Sillero-Quintana M, et al. Skin temperature changes after exercise and cold water immersion. **Sport Sci Health**. 13, 195–202, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11332-017-0353-x>.
56. 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**. 93(4):702-9, 2022. doi: 10.1080/02701367.2021.1909693.
57. 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**. 45(1):186-205, 2013. doi: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a.
58. Load, Overload, and Recovery in the Athlete: Select Issues for the Team Physician-A Consensus Statement. **Med Sci Sports Exerc**. 51(4):821-8, 2019. doi: 10.1249/MSS.0000000000001910.
59. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behav Res Methods**. 39(2):175-91, 2007. doi: 10.3758/bf03193146.
60. Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC, et al. Questionário internacional de atividade física (ipaq): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Rev. Bras. Ativ. Fís. Saúde**. 6(2):5-18, 2012.
61. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Lastras JA; Carmona PMG; Cano SP, García-Concepción MA, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Phys Technol**. 71: 28-55, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>.
62. Schwartz J, Oh P, Takito MY, Saunders B, Dolan E, Franchini E, et al. Translation, cultural adaptation, and reproducibility of the physical activity readiness questionnaire for everyone (PAR-Q+): The brazilian portuguese version. **Front Cardiovasc Med**. 26:8:712696, 2021. doi: 10.3389/fcvm.2021.712696.
63. Silva VS, Vieira MFS. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist. **Rev Bras Cineantropom Hum**. 22:e70517, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e70517>.
64. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. **Br J Nutrition**. 40: 497-504, 1978.

65. Siri WE. Body composition from fluid space and density: analysis of method in: Brozek J, Henschel A. Techniques for measuring body composition. Washington: National Academy of Sciences; 1961.
66. Rodrigues ME, Marins JCB. Counter movement e squat jump: análise metodológica e dados normativos em atletas. **Rev. bras Ci e Mov.** 19(4):108-19, 2011.
67. Foss ML, Keteyian SJ. Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte. **Fox** - 6a ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2000.
68. 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.** 69:155-62, 2017. doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.07.006.
69. Costa CM, Sillero-Quintana M, Piñonosa Cano S, Moreira DG, Brito CJ, Fernandes AA, et al. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. **J R Army Med Corps.** 162(5):335-42, 2016. doi: 10.1136/jramc-2015-000462.
70. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Sillero-Quintana M, Soares DD, Fernandes AA, et al. Time required to stabilize thermographic images at rest. **Infrared Phys Tech.** 65:30-35, 2014 doi: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2014.02.008>.
71. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Carmona PG, García-Concepción MA, Lastras JA, Sillero-Quintana M. Reliability and reproducibility of skin temperature of overweight subjects by an Infrared Thermography software designed for human beings. **Thermology Inter.** 22: 130-7, 2012.
72. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Carmona PG, Lastras JA, Sillero-Quintana M. Validity, Reliability, and Reproducibility of Skin Temperature in Healthy Subjects Using Infrared Thermography. In: **Humbert, P., Fanian, F., Maibach, H., Agache, P. (eds) Agache's Measuring the Skin. Springer, Cham.** 2017; 10.1007/978-3-319-32383-1_74.
73. Requena-Bueno L, Priego-Quesada JI, Jimenez-Perez I, Gil-Calvo M, Pérez-Soriano P. Validation of ThermoHuman automatic thermographic software for assessing foot temperature before and after running. **J Therm Biol.** 92:102639, 2020. doi: 10.1016/j.jtherbio.2020.102639.
74. Majano C, Garcia-Unanue J, Fernández-Cuevas I, Escamilla-Galindo V, Alonso-Callejo A, Sanchez-Sanchez J, et al. Association between physical demands, skin temperature and wellbeing status in elite football players. **Sci Rep.** 23;13(1):13780, 2023. doi: 10.1038/s41598-023-40396-y.

75. Reis HHT, Brito CJ, Sillero-Quintana M, Silva AG, Fernández-Cuevas I, Cerqueira MS, et al. Can adipose tissue influence the evaluation of thermographic images in adolescents? **Int J Environ Res Public Health**. 1;20(5):4405, 2023. doi: 10.3390/ijerph20054405.
76. Reis HHT, Brito CJ, Sillero-Quintana M, Silva AGD, Fernández-Cuevas I, Cerqueira MS, et al. Can the body mass index influence the skin temperature of adolescents assessed by infrared thermography? **J Therm Biol**. 111:103424, 2023. doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103424.
77. Sillero-Quintana M, Jones-Rando J, Refoyo I, Marins JCB, Seixas A. Effects of resistance training on skin temperature and its relationship with central nervous system (CNS) activation. **Healthcare**. 10(2):207, 2022. doi: 10.3390/healthcare10020207.
78. 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**. 29(3):217-25, 2011.
79. Kentta G, Hassmen P. Overtraining and recovery. A conceptual model. **Sports Med**. 26(1):1-16, 1998.
80. 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**. 31(5):529–36, 2013.
81. Howatson G, Milak A. Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. **J Strength Cond Res**. 23(8):2419-24, 2009. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181bac52e.
82. Keane KM, Salicki R, Goodall S, Thomas K, Howatson G. Muscle damage response in female collegiate athletes after repeated sprint activity. **J Strength Cond Res**. 29(10):2802-7, 2015. doi: 10.1519/JSC.0000000000000961
83. Dantas, EHM. A prática da preparação física. 6ed. Vila Mariana, SP : Roca, 2014. il. ISBN 9788541204132
84. 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**. 48(3):539-83, 2018. doi: 10.1007/s40279-017-0798-8.
85. Owens DJ, Twist C, Cogley JN, Howatson G, Close GL. Exercise-induced muscle damage: what is it, what causes it and what are the nutritional solutions? **Eur J Sport Sci**. 19(1):71-85, 2019.
86. DeVore GL, Hamilton GF. Volume measuring of the severely injured hand. **Am J Occup Ther**. 22(1):16-8, 1968.

87. Stern EB. Volumetric comparison of seated and standing test postures. **Am J Occup Ther.** 45(9):801-5, 1991. doi: 10.5014/ajot.45.9.801.
88. Brijker F, Heijdra YF, Van Den Elshout FJJ, Bosch FH, Folgering HTM. Volumetric measurements of peripheral oedema in clinical conditions. **Clin Physiol.** 20: 56-61, 2000.
89. Pani SP, Vanamail P, Yuvaraj J. Limb circumference measurement for recording edema volume in patients with filarial lymphedema. **Lymphology.** 28: 57-63, 1995.
90. Perrin M, Guex JJ. Edema and leg volume: methods of assessment. **Angiology.** 51: 9-12, 2000.
91. Casley-Smith JR. Measuring and representing peripheral edema and its alterations. **Lymphology.** 27: 56-70, 1994.
92. Oliveira ABC, Lara CPO, Lins SS, Cunha-Filho IT. Comparação entre as medidas inferenciais de edema de membros inferiores utilizando o leg-o-meter e o deslocador de água. **Rev bras fisioter.** 10(1):43-9, 2006.
93. Bach AJE, Stewart IB, Minett GM, Costello JT. Does the technique employed for skin temperature assessment alter outcomes? A systematic review. **Physiol Meas.** 36:27-51, 2015.
94. 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.** 3;40(3):034009, 2019. doi: 10.1088/1361-6579/ab0fdc.
95. 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.** 21;11(8):725, 2021. doi: 10.3390/life11080725.
96. Pinheiro AM, Tuono AT, Vieira NA, Rezende TM, Borin SH, Hartz CS, et al. Acute effect of speed test on the skin temperature of elite soccer players. **Rev Bras Med Esporte.** 27(1):55–9, 2021. doi: https://doi.org/10.1590/1517-8692202127012020_0060.
97. Hortobágyi T, Hill JP, Houmard JA, Fraser DD, Lambert NJ, Israel RG. Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. **J Appl Physiol.** 80(3):765-72, 1996. doi: 10.1152/jappl.1996.80.3.765.
98. McHugh MP, Conolly DA, Eston R, Gleim GM. Exercise induced muscle damage and the potential mechanisms for the repeated bout effect. **Sports Med.** 27:157–70, 1999.

99. McHugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: The protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scand J Med Sci Sports**. 13: 88–97, 2003.

8. CONCLUSÕES GERAIS

Conforme apresentado no estudo 1, a avaliação de um conjunto de indicadores ajuda a caracterizar o dano muscular, a fadiga e qualidade de recuperação de forma mais abrangente, pois cada sintoma relaciona-se a algum marcador fisiológico específico. Sendo assim, é sugerido que seja utilizado diferentes métodos de avaliação do dano muscular, estado de fadiga e recuperação dos atletas. Dessa forma, o processo de monitoramento e controle da carga pode ser mais assertivo e eficiente, potencializando as adaptações positivas e identificando e prevenindo precocemente as adaptações negativas.

Algumas ferramentas apresentadas já possuem um certo nível de evidência científica e por isso sua aplicação no contexto prático já está bem estabelecida, como é caso de grande parte dos biomarcadores, da TI, do CMJ e da VFC. No entanto, outros parâmetros como a análise da circunferência dos membros, alguns biomarcadores como a relação T/C e até mesmo alguns testes de desempenho físico como o sprint, exigem um maior nível de evidência científica com mais estudos experimentais, garantindo assim um maior grau de confiabilidade e assertividade das avaliações realizadas.

Com relação ao perfil térmico, é possível concluir que futebolistas e salonistas universitários, bem como jovens sedentários apresentam respostas térmicas similares em repouso. Além disso, os níveis de simetria térmica contralateral são inferiores a $0,4^{\circ}\text{C}$, indicando que os indivíduos avaliados apresentam um perfil térmico normal e estão aparentemente saudáveis do ponto de vista osteomioarticular. Além disso, foi observado que o nível de atividade física, a especificidade do treinamento e a dominância não influenciaram as respostas termográficas de membros inferiores dos avaliados, com exceção da região dos gastrocnêmios, devendo esta diferença ser investigada em estudos futuros.

Os resultados obtidos no estudo 3 nos permite concluir que o protocolo de sprints repetidos ocasionou dano muscular nos futebolistas e salonistas universitários, bem como nos jovens sedentários. Contudo, todos os grupos analisados apresentaram respostas similares da temperatura da pele e dos indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromusculares, assim, os resultados obtidos no presente estudo nos permitem concluir que o nível de atividade física e a especificidade do treinamento não influenciaram as respostas dos diferentes marcadores avaliados, com exceção da QTR, devendo esta diferença ser investigada em estudos futuros. Por fim, com relação a termografia, os achados mostram que a TIP não foi um indicador sensível para detectar o dano muscular induzido pelo protocolo de sprints repetidos.

ANEXOS

Anexo A – Declaração de autorização para realização de coleta de dados utilizando os atletas da LUVÉ.

Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Anexo C – Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

Anexo D – Ficha de aquecimento pré-intervenção

Anexo E – Escalas Utilizadas

Anexo F – Ficha de Produtividade

Anexo A – Declaração de autorização para realização de coleta de dados utilizando os atletas da LUVE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
PRÓ-REITORIA DE ASSUNTOS COMUNITÁRIOS
DIVISÃO DE ESPORTE E LAZER
ASSOCIAÇÃO ATLÉTICA ACADÊMICA / LUVE
"ANOS DE HISTÓRIAS E VITÓRIAS"



DECLARAÇÃO

A Associação Atlética Acadêmica/LUVE, representada pelo atual presidente, Isaac Oliveira Gomes, manifesta favoravelmente que a pesquisa "EFEITO DE UM PROTOCOLO DE SPRINTS REPETIDOS NA TEMPERATURA DA PELE E EM MARCADORES DE DANO MUSCULAR E DE ESTADO DE FADIGA", a ser realizada pelo pós-graduando Felipe Augusto Mattos Dias, supervisionado pelo professor João Carlos Bouzas Marins, seja realizada com os atletas das equipes de futsal masculino e de futebol masculino da A.A.A.LUVE. Estou ciente dos objetivos, benefícios e riscos oferecidos pela pesquisa. Sem mais a tratar, colocamo-nos a disposição para qualquer esclarecimento.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Isaac Oliveira Gomes', is written over a horizontal line.

Diretor Presidente da LUVE
Isaac Oliveira Gomes
(31) 98520-8350

Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

TÍTULO DO PROJETO: EFEITO DE UM PROTOCOLO DE SPRINTS REPETIDOS NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE E EM MARCADORES DE DANO MUSCULAR E DE ESTADO DE FADIGA

COORDENADOR DA PESQUISA (Pesquisador responsável):

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins

Dep. Educação Física – UFV

Tel.: 31 38992076 – jcbouzas@ufv.br

EQUIPE DE TRABALHO:

Felipe Augusto Mattos Dias

Dep. Educação Física – UFV

Tel.: 31 993488697 – felipe.a.dias@ufv.br

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **EFEITO DE UM PROTOCOLO DE SPRINTS REPETIDOS NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE E EM MARCADORES DE DANO MUSCULAR E DE ESTADO DE FADIGA**, cujos objetivos são: analisar os impactos de um protocolo de sprints repetidos na temperatura da pele e na resposta de indicadores de dano muscular, estado de fadiga e desempenho neuromusculares em futebolistas, salonistas e em indivíduos sedentários; analisar e comparar a resposta da temperatura da pele, de marcadores de dano muscular e de estado de fadiga durante o período de recuperação após realizar um protocolo de sprints repetidos; e analisar se o nível de aptidão física/ treinamento influencia a respostas da TIP, de marcadores de dano muscular e de estado de fadiga após realizar um protocolo de sprints repetidos. 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 nas instalações esportivas e no Laboratório de Performance Humana (LAPEH) no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa (DES-UFV). Na primeira etapa, os participantes preencherão a anamnese padrão LAPEH e o questionário de prontidão para a atividade física (PAR-Q), bem como o questionário internacional de atividade física (IPAQ). Posteriormente, será realizada uma avaliação antropométrica (peso, estatura, dobras cutâneas) e avaliações de parâmetros de dano muscular, estado de recuperação psicofisiológica e neuromuscular, para isso você será submetido a uma avaliação na qual poderá ser extraído até 20 ml de sangue, serão obtidas 2 fotos para geração de imagens termográficas de seus membros inferiores (coxa e perna), será perguntado se você possui dor muscular e o quanto recuperado se sente, será registrado o seu desempenho no teste de salto vertical e será medida a circunferência da coxa e da panturrilha, ambos do lado direito. Essa avaliação será realizada 3 dias antes de realizar o protocolo de intervenção, bem como imediatamente antes de realizar o protocolo de intervenção e nos 2 dias após o término da intervenção, totalizando, portanto, 4 avaliações por participante ao longo de 1 semana. O procedimento é rápido, sendo realizado em um tempo aproximado de 60 minutos por pessoa. 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, a velocidade de deslocamento será avaliada a partir de um teste de velocidade linear no qual o avaliado deverá percorrer em máxima velocidade um percurso de 30 metros. Após executar o primeiro sprint, o avaliado terá 3 minutos de recuperação ativa caminhando continuamente e posteriormente deve se posicionar novamente no local de saída para realizar o segundo sprint.

Na segunda etapa você retornará ao laboratório 72 horas após o primeiro contato, onde serão reavaliados os parâmetros de dano muscular e estado de recuperação psicofisiológica e neuromuscular, utilizando os mesmos protocolos e ferramentas já citados anteriormente. É importante destacar, que os dados oriundos da primeira coleta serão utilizados como parâmetros de controle e os resultados desta reavaliação serão utilizados para confirmar que os voluntários estão plenamente recuperados dos estímulos físicos realizados durante o teste de velocidade, e consequentemente, aptos para realizar o protocolo de intervenção com máxima eficiência. Por

fim, após todas as reavaliações, para finalizar este segundo contato os voluntários serão submetidos ao protocolo de intervenção que será constituído por 15 sprints máximos de 30 metros com intervalo de recuperação de 60 segundos entre as repetições.

Já no terceiro e no quarto dia, os avaliados realizarão a coleta de sangue, as avaliações termográficas de membros inferiores, bem como, classificação da percepção subjetiva da dor e de estado de fadiga, avaliação do desempenho neuromuscular e a análise da circunferência da coxa e da panturrilha nos seguintes momentos: 24 e 48 horas pós intervenção. 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 uma atividade de sprints repetidos, sendo está uma demanda específica para atletas de futebol e futsal. 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. Sua participação também irá contribuir com base científica para que possa comprovar ou não o uso da termografia como uma ferramenta de controle do treinamento e grau de recuperação.

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 referentes a 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 à 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 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 pesquisadores, treinados em socorros de urgência para prestar os primeiros socorros

de atendimento aos participantes, e caso ocorra algo mais grave o serviço de bombeiros da UFV será acionado para o transporte para um serviço médico.

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) 999653195, 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) 3612-2316

Felipe Augusto Matto Dias

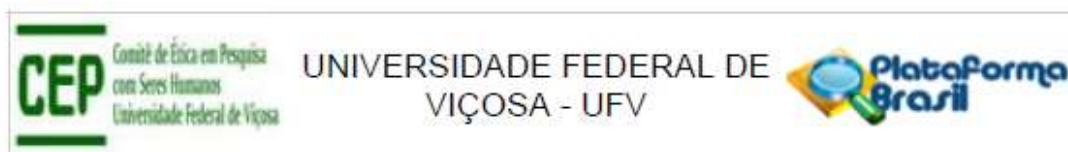
(Estudante de Mestrado em Educação Física da UFV)

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

(Assinatura do participante)

Viçosa, ____ de _____ de 2023

Anexo C – Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



Continuação do Parecer: 6.104.269

Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	15/03/2023 15:36:01	JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETOVF.pdf	15/03/2023 15:35:49	JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 06 de Junho de 2023

Assinado por:
Guilherme de Azambuja Pussieldi
(Coordenador(a))

Anexo D – Ficha de aquecimento pré-intervenção



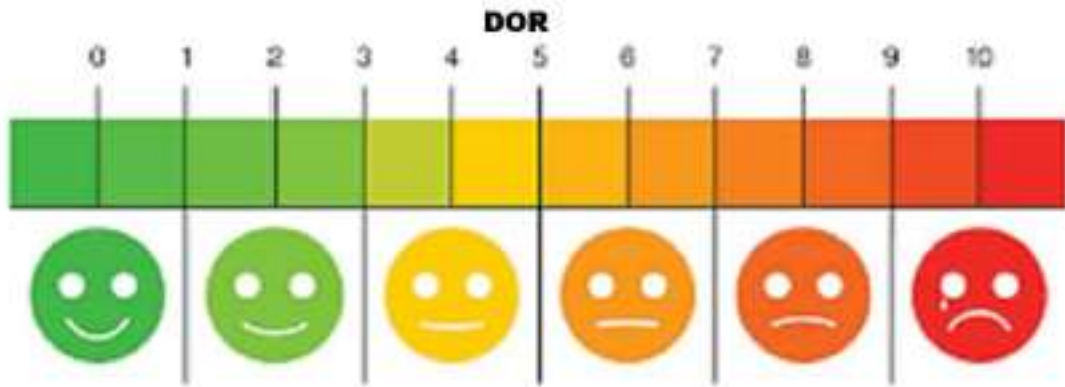
AQUECIMENTO PADRÃO COLETA

ATIVÇÃO (4')	
EXERCÍCIOS	REPETIÇÕES/ TEMPO
Mobilidade de quadril sentado alternado	10
Mobilidade de tornozelo unilateral para frente	5
Avanço alternado com rotação de tronco	10
Agachamento lateral	10
Joelho estendido flexão de quadril	6
Joelho estendido extensão de quadril	6
Joelho estendido abdução de quadril	6
Flexão de quadril flexionando joelho a frente	6
Prancha isométrica	30"
AQUECIMENTO ESPECÍFICO (6')	
Trote	30"
Trote chutando a frente	15"
Trote chutando para trás	15"
Trote chutando para dentro	15"
Trote chutando para fora	15"
Corrida moderada mudando de direção	15"
Trote	30"
Trote rotação interna de quadril	15"
Trote rotação externa de quadril	15"
Trote alongando posterior unilateral	15"
Deslocamento coordenativo skipping alto	15"
Corrida moderada mudando de direção	15"
Trote	30"
Trote chutando a frente	15"
Trote chutando para trás	15"
Trote chutando para dentro	15"
Trote chutando para fora	15"
Trote	30"

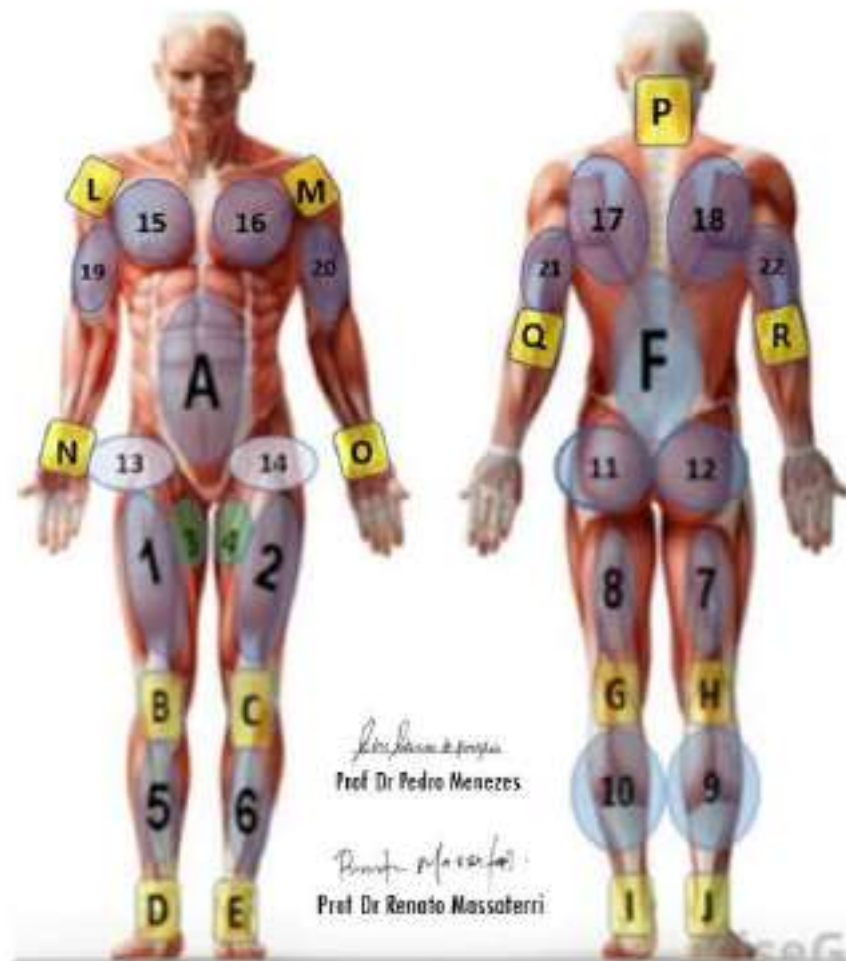
Anexo E – Escalas Utilizadas



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



Se estiver, em que local tem dor?





Preencha a tabela com os valores de sensação térmica (ST) e conforto térmico (CT) de acordo com a sua percepção, no momento da realização do termogramas.

ESCALA DE SENSAÇÃO TÉRMICA (ST)	
Muito Frio	-4
Frio	-3
Fresco	-2
Levemente Fresco	-1
Neutro	0
Ligeiramente Quente	1
Morno	2
Quente	3
Muito Quente	4
ESCALA DE CONFORTO TÉRMICO (CT)	
Muito desconfortável	-3
Desconfortável	-2
Levemente Desconfortável	-1
Neutro	0
Levemente Confortável	1
Confortável	2
Muito confortável	3

Fonte: Adaptado de Yasuoka et al, 2015.

Anexo F – Folha de produtividade

Artigos completos publicados em periódicos

1. Maranhã, D. S. L.; Dambroz, FR; Cassemiro, H. A.; Dias, F. A. M. A evoluçã dos métodos de treino no futebol: uma revisã narrativa acerca dos diferentes métodos de treinamento técnico-tático utilizados no futebol. Revista Brasileira de Futebol. v.17, p.62 - 76, 2024.
2. Mendes, K. F.; Dias, F. A. M.; Cassemiro, H. A. Costa, S. F. F; Lopes, M. C. Análise dos padrões de jogo ofensivo dos gols do Clube Atlético Mineiro no Campeonato Brasileiro e na Copa do Brasil de 2021. Revista Brasileira de Futebol. v.16, p.34 - 45, 2024.
3. Piermatei A; Dias, F. A. M.; Reis, H. H. T. et al. O consumo de cafeína pode alterar parâmetros cardiovasculares e temperatura da pele em homens adultos?. Cuadernos de Educación y Desarrollo. v.16, p.1 - 26, 2024.
4. Dias, F. A. M.; Silva, A. G; Marins, J. C. B. Quais estratégias podem ser usadas para avaliar o dano muscular, estado de fadiga e qualidade da recuperaçã de atletas de futebol e futsal?. Revista Brasileira de Futebol. v.17, p.24 - 61, 2024.
5. Dias, F. A. M.; Campos, M. G.; Lisboa, L. A. A.; Cassemiro H. A. Perfil térmico dos membros inferiores de jogadores de futsal universitário. Revista Brasileira de Futebol. v.15, p.17 - 28, 2023.
6. Afonso, A. S. F.; Dias, F. A. M.; Marins, J. C. B. A termografia aplicada ao futebol. Revista Brasileira de Futebol. v.15, p.3 - 16, 2022.
7. Paiva, I.; Dias, F. A. M.; Marins, J.C.B. Teste de Léger: Valores normativos para jogadores de futebol das categorias sub-13, sub-15, sub-17 de um clube formador. Revista Brasileira de Futebol. v.3, p.20 - 20, 2022.

Trabalhos publicados em anais de eventos (resumo)

1. Cassemiro, H. A.; Dias, F. A. M.; Silva, A. G et al. Caracterizaçã do perfil termográfico de membros inferiores de jovens futebolistas universitários In: Simpósio Internacional de Fisiologia do Exercício e Saúde, 2024, Viçosa. III Simpósio Internacional de Fisiologia do Exercício e Saúde. 2024, v.23, p.28 - 29
2. Cerqueira, RB; Dias, F. A. M.; Silva, A. G et al. Caracterizar o perfil termográfico de membros inferiores de jovens salonistas universitários In: Simpósio Internacional de Fisiologia do Exercício e Saúde, 2024, Viçosa. III Simpósio Internacional de Fisiologia do Exercício e Saúde. 2024, v.23, p.24 - 25

3. Dias, F. A. M.; Figueiredo, ICP; Milani, I et al.. Efeito de um protocolo de sprints repetidos em indicadores de dano muscular e de estado de fadiga: um estudo de caso In: Simpósio Internacional de Fisiologia do Exercício e Saúde, 2024, Viçosa. III Simpósio Internacional de Fisiologia do Exercício e Saúde. 2024, v.23, p.13 - 14
4. Zandonade, AL; Dias, F. A. M.; Moreira, AC et al. Impactos de um protocolo de sprints repetidos nas respostas de biomarcadores sanguíneos de salonistas universitários In: Simpósio Internacional de Fisiologia do Exercício e Saúde, 2024, Viçosa. III Simpósio Internacional de Fisiologia do Exercício e Saúde. 2024, v.23, p.26 – 27

Apresentação de trabalho e palestra

1. Casemiro, H. A.; Dias, F. A. M.; Silva, A. G et al. Caracterização do perfil termográfico de membros inferiores de jovens futebolistas universitários, 2024. (Seminário,Apresentação de Trabalho)
2. Cerqueira, RB; Dias, F. A. M.; Silva, A. G et al. Caracterização do perfil termográfico de membros inferiores de jovens salonistas universitários, 2024. (Simpósio,Apresentação de Trabalho)
3. Dias, F. A. M.; Figueiredo, ICP; Milani, I et al. Efeito de um protocolo de sprints repetidos em marcadores de dano muscular e de estado de fadiga: um estudo de caso, 2024. (Simpósio,Apresentação de Trabalho)
4. Zandonade, AL; Dias, F. A. M.; Silva, A. G et al. Impactos de um protocolo de sprints repetidos nas respostas de biomarcadores sanguíneos de salonistas universitários, 2024. (Simpósio,Apresentação de Trabalho)
5. Piermatei A; Dias, F. A. M.; Reis, H. H. T. et al. Impacto termogênico do consumo de cafeína avaliado por termografia infravermelha em homens adultos, 2023. (Congresso,Apresentação de Trabalho)
6. Freitas, ML; Dias, F. A. M.; Marins, J. C. B.. Mapeamento termográfico da região do joelho de atletas de futsal universitário: Estudo preliminar, 2022. (Simpósio,Apresentação de Trabalho)
7. da Silva, YCS; Dias, F. A. M.; Marins, J. C. B. Mapeamento termográfico da região do joelho de ciclistas amadores: Estudo preliminar, 2022. (Simpósio,Apresentação de Trabalho)
8. Paiva, CH; Dias, F. A. M.; Marins, J. C. B. Perfil Térmico de membros inferiores de ciclistas amadores: Dados Preliminares, 2022. (Simpósio,Apresentação de Trabalho)

11. DIAS, F. A. M.; SILVA, A. G; Marins, J.C.B. Perfil térmico dos membros inferiores de futebolistas: Uma comparação entre jovens atletas de base e futebolistas profissionais”, 2022. (Simpósio,Apresentação de Trabalho)
12. Valadres, CA; DIAS, F. A. M.; MARINS, J. C. B.. Perfil térmico dos membros inferiores de jogadores de futsal universitário: Dados Preliminares, 2022. (Simpósio,Apresentação de Trabalho)