

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Thiago Seixas Duarte

A análise da temperatura termográfica da pele é aplicável como parâmetro de monitoramento da carga de treinamento no voleibol?

Juiz de Fora

2025

Thiago Seixas Duarte

A análise da temperatura termográfica da pele é aplicável como parâmetro de monitoramento da carga de treinamento no voleibol?

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física. Área de concentração: Exercício e Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Gattás Bara Filho

Co-orientador: Prof. Dr. João Batista Ferreira Júnior

Juiz de Fora

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Duarte, Thiago Seixas .

A análise da temperatura termográfica da pele é aplicável como parâmetro de monitoramento da carga de treinamento no voleibol? /
Thiago Seixas Duarte. -- 2025.

119 p.

Orientador: Maurício Gattás Bara Filho

Coorientador: João Batista Ferreira Júnior

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora,
Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de Educação Física.
Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2025.

1. Monitoramento. 2. Carga de treino. 3. Recuperação. 4.
Termografia. 5. Temperatura da pele. I. Bara Filho, Maurício Gattás,
orient. II. Ferreira Júnior, João Batista , coorient. III. Título.

Thiago Seixas Duarte

A análise da temperatura termográfica da pele é aplicável como parâmetro de monitoramento da carga de treinamento no voleibol?

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação Física. Área de concentração: Exercício e Esporte

Aprovada em 03 de novembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mauricio Gattás Bara Filho - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. João Batista Ferreira Júnior - Coorientador
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Bernardo Miloski Dias
Colégio Militar de Juiz de Fora

Prof. Dr. Carlos Magno Amaral Costa
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Danilo Reis Coimbra
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Helder Zimmermann de Oliveira
Centro Universitário UNIVERSO - Juiz de Fora

Juiz de Fora, 07/10/2025.



Documento assinado eletronicamente por João Battista Ferreira Júnior, Usuário Externo, em 04/11/2025, às 12:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por CARLOS MAGNO AMARAL COSTA, Usuário Externo, em 04/11/2025, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Danilo Reis Coimbra, Professor(a), em 04/11/2025, às 19:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Helder Zimmermann de Oliveira, Usuário Externo, em 05/11/2025, às 09:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Bernardo Miloski Dias, Usuário Externo, em 08/11/2025, às 08:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Mauricio Gattás Bara Filho, Professor(a), em 09/11/2025, às 07:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-UFJF (www2.ufjf.br/SB) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador 2665649 e o código CRC 4EBDE068.

Dedico este trabalho ao meu filho,
Joaquim, e à minha esposa, Tássia,
minha base, que me ensinam
diariamente sobre o amor. Quero
dedicar também aos meus pais,
Cleber e Eliana (*in memorian*),
responsáveis pela minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por guiar meus passos durante toda essa trajetória e me iluminar colocando as pessoas certas em meu caminho. E sempre me dando motivos para que eu continue tendo fé e acreditando que tudo acontece no tempo certo.

A Tássia, meu grande amor, obrigado por todo apoio incondicional em todas etapas da minha vida, por sempre acreditar nos meus sonhos e sonhar junto. A caminhada até aqui foi longa e você sempre esteve comigo, essa conquista é nossa.

Ao meu filho Joaquim, que chegou no meio dessa jornada e trouxe muito mais amor, alegria, brincadeiras e diversão. Foi desafiador conciliar trabalho, estudo e ser pai, mas agora teremos mais tempo juntos para brincarmos e explorarmos o quintal de casa.

Aos meus pais, Cléber e Eliana (*in memoriam*), obrigado toda dedicação na minha formação. Os elogios que recebo passam muito pelo exemplo que vocês sempre foram pra mim. E mãe, sigo trilhando o caminho dos estudos e tentando sempre melhorar e não acomodar como a senhora sempre me pedia.

Ao meu orientador Maurício Gáttas Bara Filho, obrigado por toda conduta durante essa jornada, sempre com serenidade e responsabilidade. Tive o privilégio de vivenciar a rotina de uma equipe profissional de vôlei, participar de pesquisas, escrever artigos, dar aula, o que contribuiu muito com a minha formação acadêmica. Obrigado por todas essas oportunidades.

Ao meu coorientador, João Batista Ferreira Júnior, você foi parte essencial do processo. Obrigado pelas reuniões intermináveis, pela disponibilidade, toda ajuda na escrita dos artigos e com a estatística. Aprendi muito com você.

A toda equipe do JF vôlei, desde os atletas que participaram das coletas e a comissão técnica, muito obrigado. Estarei sempre na torcida!

A todos que de alguma forma contribuíram durante essa jornada, obrigado.

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza dos seus sonhos”

(Eleanor Roosevelt)

RESUMO

O avanço no uso termografia infravermelha no meio esportivo, enquanto método de monitoramento da carga de treinamento, tem promovido o aumento do número de estudos com a utilização dessa técnica. Porém, os resultados ainda se mostram divergentes quanto ao comportamento da temperatura termográfica da pele, após o exercício. Dessa forma, o objetivo geral desta tese foi de avaliar a utilização da temperatura termográfica da pele como monitoramento de carga de treino. A tese foi dividida em dois estudos. O estudo 1 investigou se a medição da temperatura termográfica da pele (TTP) por meio da termografia infravermelha poderia refletir o acúmulo de carga de treinamento durante o período preparatório de um time profissional de voleibol. Dezenas atletas ($20,1 \pm 3,1$ anos, $88,1 \pm 6,1$ kg, $193 \pm 0,1$ cm e $13,3 \pm 2,3\%$ de gordura corporal) foram avaliados ao longo de duas semanas do período preparatório (5 dias de treinamento em cada semana) para a segunda divisão da Superliga Brasileira Masculina de Voleibol. Após uma semana de familiarização com os procedimentos do estudo, a TTP foi medida em oito regiões de interesse (ROI) (partes anterior e posterior do braço, ombro, coxa e perna) no primeiro e no último dia de treinamento de cada semana, juntamente com percepção subjetiva de recuperação (PSR), medido no primeiro e no último dia de treinamento de cada semana. A carga de treinamento para cada sessão e a carga de treinamento semanal total (CTST) foram calculadas usando o método de classificação da percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE sessão). Três dias na primeira semana e quatro dias na segunda semana apresentaram cargas de treinamento maiores ($\chi^2 = 89,1$, $p < 0,001$), conforme indicado por uma redução significativa na PSR ao final de cada semana ($F = 52,3$, $p < 0,001$). Entre as oito ROI examinadas, cinco (ombro parte anterior e posterior, braço parte posterior e perna parte anterior e posterior) apresentaram diminuição na TTP após dois dias de descanso (fim de semana), enquanto duas ROI (ombro parte anterior e posterior) apresentaram aumento na TTP ao final da semana de treinamento seguinte ($p < 0,05$). Das 44 associações examinadas entre TTP, PSR e CTST, apenas as associações entre o delta PSR e o delta médio da TTP da perna anterior e posterior foram significativas ($\beta = -0,20$, $p < 0,045$ para ambos). Como conclusão do estudo 1, os resultados sugerem que a TTP pode ser alterada durante o período pré-competitivo em jogadores profissionais de voleibol; no entanto, não parece estar associado ao PSR e à carga de treinamento avaliada pelo método PSE sessão. O estudo 2, teve o objetivo de avaliar a TTP 24h após uma sessão de treino no voleibol e relaciona-la com variáveis de desempenho e de PSR. Participaram do estudo 10 jogadores de voleibol da categoria sub-19 ($18,9 \pm 1,1$ anos; $185,4 \pm 4,5$ cm; $70,3 \pm 8,6$ kg). Antes e 24h após uma sessão de treino no voleibol, os atletas foram avaliados nessa ordem: PSR,

TTP de oito ROI (ombro, peitoral, escápula, abdômen, lombar, braço, coxa e perna), desempenho no salto contramovimento e na flexão de braço com repulsão. Houve aumento da TTP máxima da parte anterior da coxa ($p<0,05$) e da perna ($p<0,05$) e da TTP média e máxima da parte posterior do ombro ($p<0,05$) 24h após a sessão de treino. Não ocorreu alteração na PSR, desempenho no salto contramovimento e na flexão de braço com repulsão 24h após a sessão de treino. Foi encontrada relação moderada entre o desempenho no salto contramovimento com as médias e máximas na parte posterior da coxa e da perna ($r=0,5$; $r=0,62$; $p<0,05$) e com a TTP média da parte anterior da perna ($r=0,46$, $p<0,05$). Dessa forma, como conclusão do estudo 2 os resultados indicam que o treino de vôlei afetou a TTP em áreas específicas como coxa, perna e ombro em jogadores de uma equipe sub-19. Entretanto, a relação entre as mudanças de TTP e o desempenho físico não foram encontrados.

Palavras-chave: Monitoramento; Carga de treino; Recuperação; Termografia; Temperatura da pele

Abstract

The advancement in the use of infrared thermography in sports, as a method for monitoring training load, has led to an increase in the number of studies using this technique. However, the results are still divergent regarding the behavior of thermographic skin temperature after exercise. Therefore, the overall objective of this thesis was to evaluate the use of thermographic skin temperature as a means of monitoring training load. The thesis was divided into two studies. Study 1 investigated whether measuring thermographic skin temperature (T_{skin}) using infrared thermography could reflect the accumulation of training load during the preparatory period of a professional volleyball team. Sixteen athletes (20.1 ± 3.1 years, 88.1 ± 6.1 kg, 193 ± 0.1 cm, and $13.3 \pm 2.3\%$ body fat) were evaluated over two weeks of the preparatory period (5 training days each week) for the second division of the Brazilian Men's Volleyball Super League. After a week of familiarization with the study procedures, T_{skin} was measured in eight regions of interest (ROI) (anterior and posterior parts of the arm, shoulder, thigh, and leg) on the first and last training day of each week, along with subjective perception of recovery (SPR), measured on the first and last training day of each week. The training load for each session and the total weekly training load (TWTL) were calculated using the session rating of subjective perception of effort (session RPE) method. Three days in the first week and four days in the second week presented higher training loads ($\chi^2 = 89.1$, $p < 0.001$), as indicated by a significant reduction in SPR at the end of each week ($F = 52.3$, $p < 0.001$). Among the eight ROIs examined, five (anterior and posterior shoulder, posterior arm, and anterior and posterior leg) showed a decrease in T_{skin} after two days of rest (weekend), while two ROIs (anterior and posterior shoulder) showed an increase in T_{skin} at the end of the following training week ($p < 0.05$). Of the 44 associations examined between T_{skin} , SPR, and TWTL, only the associations between the delta PSR and the mean delta of the anterior and posterior leg T_{skin} were significant ($\beta = -0.20$, $p < 0.045$ for both). In conclusion, the results of study 1 suggest that T_{skin} can be altered during the pre-competitive period in professional volleyball players; However, it does not appear to be associated with SPR and training load assessed by the session RPE method. Study 2 aimed to evaluate T_{skin} 24h after a volleyball training session and relate it to performance variables and SPR. Ten volleyball players from the under-19 category (18.9 ± 1.1 years; 185.4 ± 4.5 cm; 70.3 ± 8.6 kg) participated in the study. Before and 24h after a volleyball training session, the athletes were evaluated in this order: SPR, T_{skin} of eight ROI (shoulder, pectoral, scapula, abdomen, lumbar, arm, thigh

and leg), performance in the countermovement jump and in the push-up with repulsion. There was an increase in maximum Tskin (time to toppass) in the anterior thigh ($p<0.05$) and leg ($p<0.05$), and in average and maximum TTP in the posterior shoulder ($p<0.05$) 24 hours after the training session. No changes occurred in SPR (point of resistance), countermovement jump performance, or push-up with repulsion 24 hours after the training session. A moderate relationship was found between countermovement jump performance and average and maximum Tskin in the posterior thigh and leg ($r=0.5$; $r=0.62$; $p<0.05$) and with average Tskin in the anterior leg ($r=0.46$, $p<0.05$). Thus, in conclusion, the results of study 2 indicate that volleyball training affected Tskin in specific areas such as the thigh, leg, and shoulder in players from an under-19 team. However, no relationship was found between changes in Tskin and physical performance.

Keywords: Monitoring; Training Load; Recovery; Thermography; Skin Temperature

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Adaptações ao treinamento a partir do equilíbrio entre carga e recuperação	22
Figura 2- Cargas interna e externa interligadas no processo de treinamento	24
Figura 3- Cargas de treinamento organizados por dia.....	28
Figura 4- Cargas de treinamento organizados por semanas.....	28
Figura 5- Cargas de treinamento organizados por períodos.....	28
Figura 6- Desenho Experimental.....	41
Figura 7- Ilustração da análise da imagem térmica do membro avaliado. Os quadrados indicam as regiões de interesse. (A1) parte anterior do ombro; (A2) parte anterior da coxa; (A3) parte anterior da perna; (B1) parte posterior do ombro; (B2) parte posterior da coxa; (B3) parte posterior da perna.	43
Figura 8- Carga de treino durante as duas semanas avaliadas.....	50
Figura 9- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura média da pele e o delta da percepção subjetiva de recuperação (PSR) durante a primeira semana de treinamento.	53
Figura 10- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura máxima da pele e o delta da percepção subjetiva de recuperação (PSR) durante a primeira semana de treinamento.	54
Figura 11- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura média da pele e a carga de treino semanal total (CTST) durante a primeira semana de treinamento.	55
Figura 12- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura máxima da pele e a carga de treino semanal total (CTST) durante a primeira semana de treinamento.	56
Figura 13- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura média da pele e o delta da percepção subjetiva de recuperação (PSR) durante a segunda semana de treinamento.	59
Figura 14- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura máxima da pele e o delta da percepção subjetiva de recuperação (PSR) durante a segunda semana de treinamento.	60

Figura 15- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura média da pele e a carga de treino semanal total (CTST) durante a segunda semana de treinamento.....	61
Figura 16- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura máxima da pele e a carga de treino semanal total (CTST) durante a segunda semana de treinamento.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estrutura do treinamento durante o período avaliado.	40
Tabela 2- Intervalos medianos e interquartis (25%-75%) da umidade do ar e da temperatura interna durante cada dia de avaliação da temperatura da pele.....	47
Tabela 3- Temperatura média da pele (°C) durante o período de treinamento.	48
Tabela 4- Temperatura máxima da pele (°C) durante o período de treinamento.	49
Tabela 5- Média ± desvio padrão da percepção subjetiva da recuperação durante o período de treinamento.	51
Tabela 6- Matriz de regressão linear múltipla para variação da temperatura da pele durante a primeira semana de treinamento.	52
Tabela 7- Matriz de regressão linear múltipla para variação do delta da temperatura da pele durante a segunda semana de treinamento.....	57
Tabela 8- Correlação de coeficiente (R) entre o delta da temperatura da pele da coxa com o delta da PSR e CTST.....	58
Tabela 9- Temperatura da pele das regiões anteriores.	72
Tabela 10- Temperatura da pele das regiões posteriores.....	73
Tabela 11- Desempenho físico, dor muscular e percepção subjetiva de recuperação....	74
Tabela 12- Matriz de correlação (valor de r) entre a PSR e temperatura média e máxima da pele nas diferentes regiões.	75
Tabela 13- Matriz de correlação (valor de r) entre o desempenho no salto vertical e a temperatura termográfica média e máxima da pele.....	76
Tabela 14- Matriz de correlação (valor de r) entre o desempenho no teste de flexão de braço com repulsão e a temperatura termográfica média e máxima da pele.....	76

Lista de siglas

CK	Creatina quinase
CMJ	Salto em contramovimento
CTST	Carga de treinamento semanal total
GPS	Sistema de posicionamento global
PSE Sessão	Percepção subjetiva de esforço da sessão
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PSR	Percepção subjetiva da recuperação
ROI	Região de interesse
TRIMP	Impulso de treinamento
TTP	Temperatura termográfica da pele

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	21
2.1. Objetivo Geral.....	21
2.2. Objetivos Específicos.....	21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1. Carga de treino.....	22
3.2. Monitoramento e métodos de controle das cargas de treino.....	24
3.3. Percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE sessão)	27
3.4. Análise de desempenho físico e recuperação.....	31
3.5. Temperatura termográfica da pele.....	33
4. ESTUDO 1 – A temperatura da pele está associada a carga de treino durante o período preparatório de uma equipe profissional de voleibol?	37
4.1. Introdução	37
4.2. Materiais e métodos	39
4.2.1. Participantes	39
4.2.2. Desenho experimental.....	39
4.2.3. Temperatura termográfica da pele.....	41
4.2.4. Carga de treino	43
4.2.5. Percepção subjetiva de recuperação	44
4.2.6. Análise estatística	44
4.3. Resultados.....	45
4.4. Discussão	63
4.5. Conclusão	66
5. ESTUDO 2 – Avaliação da temperatura da pele e sua relação com a percepção de recuperação e o desempenho físico 24 horas após uma sessão de treino em jovens atletas de voleibol	67
5.1. Introdução	67
5.2. Material e métodos	69
5.2.1. Participantes	69
5.2.2. Desenho experimental.....	69
5.2.3. Percepção subjetiva de recuperação	69
5.2.4. Temperatura termográfica da pele.....	70
5.2.5. Salto contra movimento	70
5.2.6. Flexão de braço com repulsão.....	71
5.2.7. Carga interna de treino	71

5.2.8. Análise estatística	71
5.3. Resultados.....	71
5.4. Discussão	76
5.5. Conclusão	79
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6.1. Limitações	79
6.2. Pontos fortes.....	80
6.3. Aplicações práticas.....	80
6.4. Conclusão	81
Referências	82
Apêndice A – Evidência científica publicada em periódico classificado em estrato A1	95
ANEXO 1 - Tabela Suplementar – Estudo 1.....	111
ANEXO 2 – PARECER COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISAS COM SERES HUMANOS.....	112

1. INTRODUÇÃO

O treinamento físico é um processo de aplicação sistematizada e periodizada de exercícios físicos com objetivo de aprimorar as habilidades físicas e também habilidades esportivas específicas (Halson, 2014). Quando realizado de forma adequada e planejada, garantindo uma recuperação apropriada, o treinamento físico gera respostas adaptativas funcionais positivas, como melhora do desempenho físico, diminuição de lesões e manutenção e melhora da saúde (Fan; Evans, 2017).

Além disso, os objetivos a serem alcançados com o treinamento físico envolve a manipulação de diversos fatores, como intensidade, volume e frequência do exercício físico (McLaren *et al.*, 2018). Juntamente a esses fatores, alguns cuidados no planejamento do treinamento devem ser levados em consideração, como programar períodos de descanso adequados e também monitorar a carga de treino de forma individualizada e contínua, a qual se refere ao estresse imposto ao atleta em cada sessão de treino ou durante um período de treinamento (Soligard *et al.*, 2016). As medidas de carga de treino podem ser divididas em duas categorias: 1) carga interna— definida como respostas psicofisiológicas dos atletas ao treinamento ou competição; e 2) carga externa— entendida como medida objetiva do trabalho realizado pelo atleta durante o treinamento ou competição (Impellizzeri; Marcra; Coutts, 2019; Bourdon *et al.*, 2017).

O monitoramento da carga de treino, através de uma abordagem que integre medidas de carga interna e externa, proporciona informações significativas sobre o estresse psicofisiológico causado nos atletas em períodos de treino e ou competição, permitindo ao treinador e a comissão técnica realizar ajustes necessários na periodização (Gabbet *et al.*, 2017). Adicionalmente, o monitoramento do estado de recuperação dos atletas também é um fator importante dentro do processo de treinamento físico, pois uma recuperação inadequada interfere de forma negativa no desempenho e também compromete a capacidade dos atletas em sustentar a intensidade de treino prescrita (Kellmann *et al.*, 2018). Dessa forma, o monitoramento das cargas de treino e também da recuperação se torna importante para melhora do desempenho, dos ajustes nas cargas e também dos períodos de recuperação; e evitar que adaptações negativas ao treinamento aconteçam como lesões, queda de desempenho e *overtraining* (Soligard *et al.*, 2016).

Para se realizar o monitoramento das cargas de treino é possível encontrar na literatura diversos métodos, desde os mais simples e de fácil aplicação, até métodos

invasivos e os que utilizam equipamentos de alto custo. A decisão de escolher qual método será utilizado passa por algumas definições como as demandas físicas e fisiológicas da modalidade avaliada (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019; Gabbet *et al.*, 2017). Baseado nesse contexto, por exemplo, a distância percorrida em alta velocidade talvez seja o dado mais importante para um jogador de futebol e menos importante para um jogador de voleibol. Já a utilização da frequência cardíaca como método de controle de carga interna talvez seja mais interessante para um maratonista do que para um atleta de levantamento de peso.

Dos métodos subjetivos de controle da carga de treino, o método da percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE sessão), proposto por Foster *et al.*, (2001) é o que tem sido mais utilizado em diferentes modalidades (Rebelo *et al.*, 2023; Espasa-Labrador *et al.*, 2023; Rago *et al.*, 2020; Hudson *et al.*, 2024; Arantes Bertochi *et al.*, 2023; Debien *et al.*, 2019), por ser simples, de baixo custo e fácil aplicação (Haddad *et al.*, 2017; Foster *et al.*, 2021). Em relação a recuperação, escalas para controle e monitoramento do estado de recuperação também são utilizadas (e.g., percepção subjetiva de recuperação, escala de qualidade total de recuperação e questionário de estresse e recuperação), seguindo os mesmos motivos da PSE da sessão, o baixo custo, a simplicidade e a fácil aplicação, mas diferente da PSE da sessão, os atletas respondem a essas escalas antes do treino. A escala de percepção subjetiva da recuperação (PSR), proposta por Laurent *et al.*, (2011), tem se mostrado eficaz e importante trazendo informações importantes sobre o estado de recuperação (Nuuutila *et al.*, 2021; Duarte *et al.*, 2025).

Dos métodos objetivos, a utilização de testes de desempenho ao longo do período de treinamento auxilia no controle da carga de treinamento e também no acompanhamento da *performance* dos atletas, permitindo aos treinadores e comissão técnica realizar ajustes nas cargas de treinamento, buscando o desempenho desejado e também evitando que adaptações indesejadas aconteçam por cargas insuficientes ou excessivas (Bourdon *et al.*, 2017; McLaren *et al.*, 2018).

Outro método objetivo utilizado para monitoramento da carga de treinamento, que já era utilizado pela medicina esportiva no auxílio de diagnóstico de lesões musculares e também reumatológicas (Dos Santos Brum *et al.*, 2020; Spalding *et al.*, 2008) e que tem aumentado seu uso com atletas (Masur; Brand; Düking, 2024) é a obtenção e análise da temperatura termográfica da pele (TTP), através de termografia infravermelha. O aumento de seu uso no meio esportivo se deve as suas características, por ser um método

livre de radiação, não ser invasivo e de fácil obtenção e análise da temperatura da pele (Moreira *et al.*, 2017). Em adição, através de suas medidas outros parâmetros são analisados, como alterações e assimetrias na temperatura da pele entre os membros (Majano *et al.*, 2023).

Apesar desse aumento na utilização da termografia infravermelha no meio esportivo, ainda não há um consenso na literatura sobre a resposta da temperatura da pele ao exercício físico. Enquanto alguns estudos observaram aumento da TTP após o exercício, como De Andrade Fernandes *et al.* (2017^a) que relataram esse aumento após uma partida de futebol, Priego-Quesada *et al.* (2019) que indicaram aumento após dois dias de treino em triatletas, e outro estudo com atletas de futebol (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^b; Majano *et al.*, 2023) e maratonistas (Rojas-Valverde *et al.*, 2021) também relataram aumento da TTP, após partidas de futebol consecutivas e uma maratona, respectivamente. Porém, outros estudos apresentaram comportamento diferente da TTP após o exercício, Pérez-Guarner *et al.* (2019) não observaram mudanças significativas na TTP em corredores até 48 horas após completar uma meia maratona. Da mesma maneira, Korman *et al.* (2021) relataram redução na TTP das pernas durante um período de 10 dias de treino em velocistas de elite. Portanto, parece que a resposta da TPP é dependente do tipo de treinamento físico e a modalidade esportiva, sendo que novos estudos devem buscar entender as diferentes modalidades e a relação entre o treinamento físico e as alterações na temperatura da pele.

Adicionalmente, Masur; Brand; Düking (2025), realizou uma revisão sistemática sobre a resposta termográfica da pele ao exercício físico e verificaram que a relação com outros parâmetros de carga interna e os mecanismos fisiológicos relacionados a alterações na termografia ainda se mostram inconclusivos em atletas. Sendo assim, novos estudos devem buscar relacionar a TTP com parâmetros de carga de treino, de recuperação e também com outras medidas não utilizadas nos estudos anteriores, como a PSE sessão e a PSR. Além disso, a revisão incluiu somente atletas de futebol como modalidade coletiva, nas modalidades individuais, foram analisados atletas de maratona, *triathlon* e lutas. Dessa forma, apesar de ser um método que está em crescente uso no esporte, se faz necessário novos estudos com outras modalidades coletivas, como o voleibol que possui característica e demandas diferentes, com ações neuromusculares como saltos, descolamentos rápidos e com mudança de direção, além disso não há contato físico entre os jogadores (Sheppard; Gabbett; Stanganelli, 2009).

2. OBJETIVOS

■ Objetivo Geral

- Determinar se a temperatura termográfica da pele pode ser utilizada como ferramenta de controle de carga de treino.

■ Objetivos Específicos

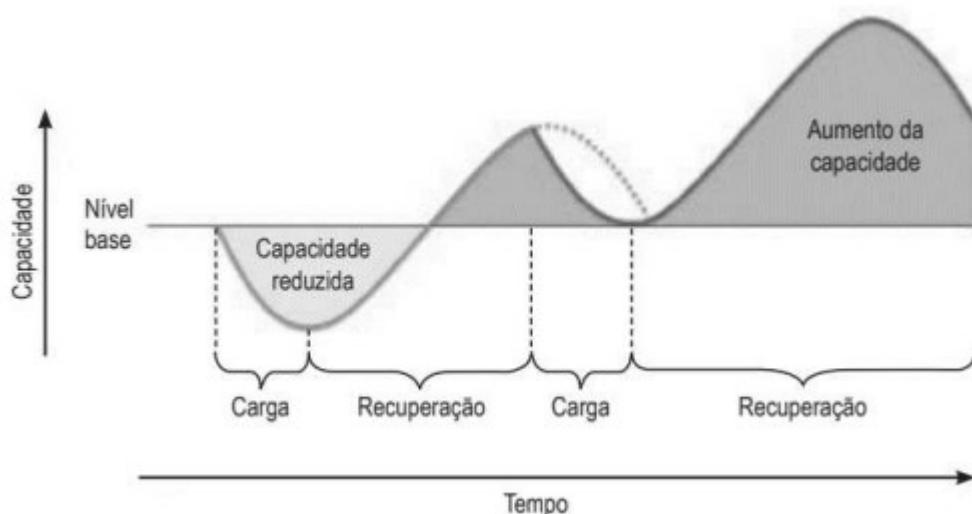
- Avaliar se a temperatura termográfica da pele pode demonstrar o acúmulo de carga de treino durante o período preparatório em jogadores de voleibol;
- Relacionar a temperatura termográfica da pele com a carga de treino, com a percepção subjetiva de recuperação e o desempenho em testes de salto e flexão de braço com repulsão;
- Avaliar o comportamento da temperatura termográfica da pele 24 horas após uma sessão de treino em atletas sub-19 de voleibol.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Carga de treino

O treinamento físico, busca desenvolver e melhorar o desempenho físico, técnico e tático, de forma a contribuir na preparação dos atletas para as competições ao longo do período de treinamento, através da prescrição e aplicação de atividades sistematizadas e periodizadas (McLaren *et al.*, 2018). Essa melhora do desempenho acontece através de adaptações fisiológicas, biomecânicas e psicológicas induzidas pelo treinamento. As adaptações ao treinamento físico/esportivo acontecem pela carga de treinamento, que pode ser entendida como estímulos estressores (mecânicos, fisiológicos e psicológicos) recebidos pelo atleta. Esses estímulos podem impactar em elementos subcelulares, células individuais ou em diversos sistemas e órgãos do corpo (Schwellnus *et al.*, 2016), porém, para que essas adaptações sejam positivas e eficazes, garantindo a eficácia do programa de treinamento, os fatores de equilíbrio entre as cargas aplicadas e a recuperação do atleta devem ser monitorados (Figura 1). Após o treino ou partida é normal os atletas apresentarem fadiga aguda, mas se recuperarem dentro de algumas horas ou dias (Radojewski *et al.*, 2018).

Figura 1 - Adaptações ao treinamento a partir do equilíbrio entre carga e recuperação



Fonte: Adaptada de Soligard *et al.*, (2016).

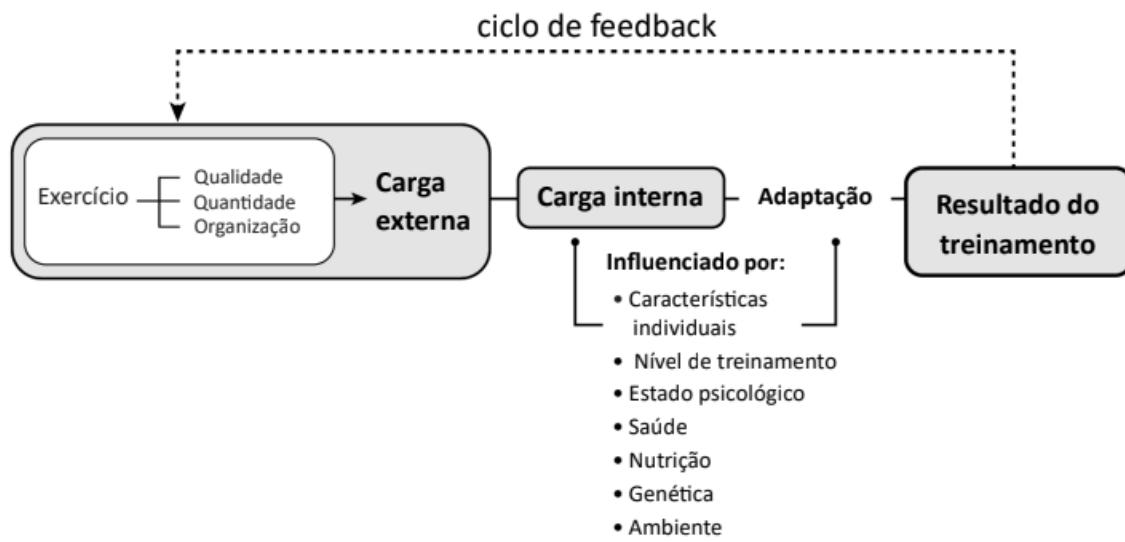
A carga de treino pode ser entendida como a quantidade total de estresse imposto a um indivíduo a partir de uma ou várias sessões de treino ao longo de determinado período de tempo, ou seja, refletindo que a dose de treino é proporcional ao estresse

experimentado pelo atleta naquele período (Soligard *et al.*, 2016). A partir do exposto é possível compreender que quanto maior a carga, maior será o estresse causado pelo treino. Adicionalmente, altas cargas de treino, tendem a exigir maiores períodos de recuperação.

As medidas de carga de treinamento são divididas em duas categorias: carga interna e carga externa (Whitehead *et al.*, 2018). A carga externa é entendida como o treinamento prescrito, ou seja, o que está sendo planejado. De certa forma, são compostos por medidas objetivas e relacionadas ao tipo de treinamento realizado, como por exemplo a quilometragem a ser percorrida, a velocidade, número de repetições, tempo de exercício, entre outros (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019). Nesse sentido, a utilização do sistema de posicionamento global (GPS), ou acelerômetros triaxiais se mostram como boas ferramentas para monitorar a carga externa com base na distância, velocidade e acelerações em esportes coletivos (Torres-Ronda *et al.*, 2022). A carga interna pode ser definida como respostas psicofisiológicas apresentadas pelo organismo durante e após o treinamento, alguns exemplos de medidas de carga interna são a frequência cardíaca, o consumo de oxigênio, a percepção subjetiva de esforço e os marcadores bioquímicos (Bourdon *et al.*, 2017), sendo que cada uma dessas medidas fornece informações específicas sobre o estado de estresse e/ou recuperação do atleta. Ou seja, a carga interna pode ser avaliada por métodos subjetivos e objetivos, alguns também considerados métodos invasivos.

Na figura 2, é demonstrado como a carga externa e interna estão interligadas durante o processo de treinamento físico e como elas influenciam o resultado final do mesmo.

Figura 2- Cargas interna e externa interligadas no processo de treinamento



Fonte: Adaptado de Impellizzeri *et al.* 2020.

Sendo assim, compreender as relações entre carga externa e interna, ou seja, que as respostas psicofisiológicas estão relacionadas a carga externa e também a outros fatores externos ao treino, auxiliam a prescrição e periodização do treinamento dos atletas (McLaren *et al.*, 2018; Vanrenterghem *et al.*, 2017).

■ Monitoramento e métodos de controle das cargas de treino

No esporte de alto rendimento, os atletas são expostos a altas demandas de trabalho, como treinos intensos, competições e viagens que somados a períodos de recuperação inadequados podem causar adaptações indesejadas, comprometendo o desempenho esportivo (Meeusen *et al.*, 2013). Dessa forma, o monitoramento constante das respostas psicofisiológicas dos atletas se torna fator importante para garantir que as adaptações positivas ao treinamento aconteçam (Bourdon *et al.*, 2017).

O monitoramento das cargas de treinamento é uma forma de se quantificar essas cargas, permitindo ao treinador e comissão técnica compreender alterações de desempenho, ajustar períodos de recuperação, adequar o planejamento e períodos de treinamento, identificar a fadiga, acompanhar as respostas ao treinamento e assegurar que as cargas de treinamento auxiliem na melhora do desempenho (Kellmann *et al.*, 2018). O monitoramento pode ser feito utilizando diferentes métodos, levando em consideração variáveis específicas para realizar o cálculo da carga de treinamento. Assim, um sistema de monitoramento ideal deve incluir marcadores que abranjam todos os aspectos

relevantes do treinamento, como os fisiológicos, psicológicos, de desempenho e fatores externos ao treino (Schneider *et al.*, 2018).

Além disso, o monitoramento constante das cargas de treinamento se torna uma forma de prevenção às más adaptações do treinamento, como lesões, queda de desempenho e *overtraining* (Bourdon *et al.*, 2017). De maneira a se evitar altas cargas com um período de recuperação inadequado, aumentando o risco de lesão ou período de cargas muito baixas não provocando adaptações desejadas (Impellizzeri *et al.*, 2020).

Alguns estudos já reportaram as diferenças entre as cargas planejadas pelo treinador e a carga percebida pelo atleta, reforçando a importância do monitoramento contínuo das cargas de treinamento. Nogueira *et al.* (2014) observaram discordâncias nas percepções de carga entre atletas de voleibol e o treinador da equipe, apontando que em treinamentos leves e moderados os atletas superestimam os treinos e em treinos pesados os atletas subestimam as sessões de treino. Cruz *et al.* (2017) também demonstraram resultados similares com jovens atletas de atletismo, com estes indicando percepções de carga mais baixas em treinos leves e moderados e uma percepção maior do que a planejada em treinos de intensidade pesada. Corroborando com estes estudos, Inoue *et al.* (2022), realizaram uma revisão sistemática com meta-análise com o objetivo de investigar a carga de treino percebida pelos atletas e a planejada pelo treinador e observaram algumas discordâncias entre o que foi planejado e o que foi percebido pelos atletas para níveis de cargas mais baixas.

Em esportes coletivos, esse monitoramento se torna mais desafiador, pois o treino é planejado e realizado para todo o grupo de atletas, ressaltando ainda mais a importância do monitoramento individualizado dos atletas. Por exemplo, 90 minutos de treino tático no voleibol geram respostas diferentes de carga interna em cada atleta (Impellizzeri *et al.*, 2020).. Sendo assim, realizar o monitoramento de maneira individualizada gera informações essenciais em relação às respostas dos atletas ao treino, permitindo ajustar os próximos treinos (Impellizzeri *et al.*, 2020).

A escolha das medidas e dos métodos utilizados para o monitoramento das cargas externa e interna de treinamento devem levar em consideração as demandas fisiológicas da modalidade avaliada (Impellizzeri; Marcora; Coutts, 2019). Dessa forma, Duarte *et al.* (2019), avaliaram diferentes tipos de treinos em atletas de voleibol, utilizando dois métodos diferentes de controle de carga de treinamento, um baseado na frequência

cardíaca, chamado de impulso de treinamento (TRIMP) e o outro baseado na PSE sessão, os resultados demonstraram que a utilização do TRIMP como método de controle de carga de treino se mostrou mais adequado nos treinos táticos e limitado nos treinos técnicos, devido as características da modalidade e também dos treinos e a PSE sessão mais indicado nos treinos técnicos.

Além disso, outro fator importante em relação a escolha dos métodos de monitoramento são os custos financeiros e também logísticos que cada método possui (Foster *et al.*, 2021). Por exemplo, alguns métodos são de baixo custo e de fácil aplicação como a PSE sessão e o TRIMP com resultados simples e de fácil interpretação e outros são invasivos e também exigem análise laboratorial, como creatina quinase (CK), cortisol e testosterona.

Apesar dessas considerações, Impellizzeri; Marcra; Coutts, (2019) evidenciam que não existem um método que possa ser considerado padrão ouro para controle da carga de treinamento e ainda ressaltam a importância de se incluir e também integrar medidas de carga interna e externa no monitoramento dos atletas. Em adição, Soligard *et al.* (2016) acrescentam que a carga de treinamento não deve ser avaliada como uma variável isolada, mas monitorada através de uma abordagem abrangente, considerando a interação e as contribuições relativas de outros fatores intrínsecos e extrínsecos, como histórico de lesões, fatores fisiológicos, psicológicos, bioquímicos, imunológicos, fatores ambientais e genéticos, bem como idade e sexo.

Adicionalmente, com o avanço da tecnologia e da ciência no meio esportivo, novas ferramentas de controle de carga de treino estão surgindo e tem sido estudada, como é o caso da termografia infravermelha. A proposta é que seja um método de monitoramento da carga de treinamento que ofereça uma avaliação objetiva e não invasiva, com precisão e potencial de constatar respostas fisiológicas, auxiliando na prevenção de lesões e na manutenção do desempenho esportivo (Moreira *et al.*, 2017). Sendo assim, se torna importante uma avaliação crítica, a partir das evidências científicas disponíveis, dos treinadores e preparadores físicos em relação a escolha ou não pela implementação de novas tecnologias no controle da carga de treino (Windt *et al.*, 2020; Neupert *et al.*, 2018).

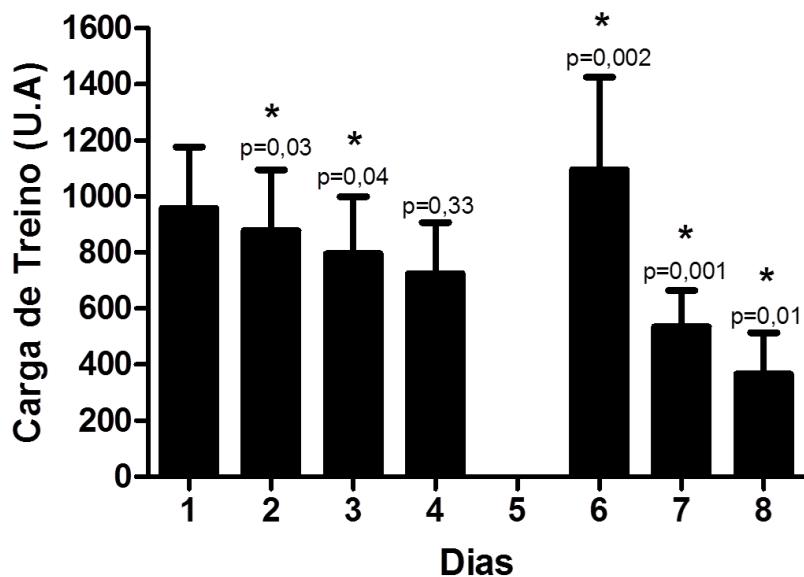
■ Percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE sessão)

A Percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE sessão) é um método de controle da carga interna de treinamento, que foi proposto por Foster *et al.* (2001) e utiliza a escala de percepção subjetivo de esforço, CR10, proposta por Borg, (1962) e adaptada por Foster *et al.* (2001), como principal ferramenta para realizar o cálculo da carga de treinamento. A PSE é compreendida através do mecanismo de retroalimentação, no qual a combinação de sinais provenientes de fontes periféricas, como músculos e articulações, e de fontes centrais, como a ventilação, são processados pelo córtex sensorial, resultando na percepção geral ou específica do esforço necessário para realizar uma determinada tarefa (Borg, 1982). A partir disso, outras teorias foram criadas para justificar a PSE, como o modelo de *feedforward* proposto por Marcora, (2009), fundamentado no mecanismo de pré-alimentação, sugerindo que a PSE não está relacionada ao mecanismo de retroalimentação. Nesse modelo, o cérebro envia impulsos motores antecipados aos músculos, preparando-os para a demanda de esforço, envolvendo a antecipação das necessidades fisiológicas e motoras do exercício, permitindo uma resposta mais eficiente ao aumento da carga de trabalho. (Marcora, 2008).

Através da PSE-sessão, a carga interna de treinamento é calculada utilizando a multiplicação de duas variáveis do treinamento, intensidade e volume. A intensidade é indicada pelo atleta, após a sessão de treino em que o mesmo responde a seguinte pergunta: "Como foi sua sessão de treinamento?". A resposta é indicada através da escala CR10, na qual 10 representa o esforço máximo e 0 o repouso. O volume é calculado através da duração total do treinamento. Por exemplo, a sessão de treino teve duração de 60 minutos e a resposta da percepção subjetiva de esforço foi 4, então a carga interna de treinamento será de 240 unidades arbitrárias. Sendo que no dia em que são realizados treinos em dois períodos as cargas de cada sessão de treino são somadas para gerar o valor da carga de treino do dia (Foster *et al.*, 2001).

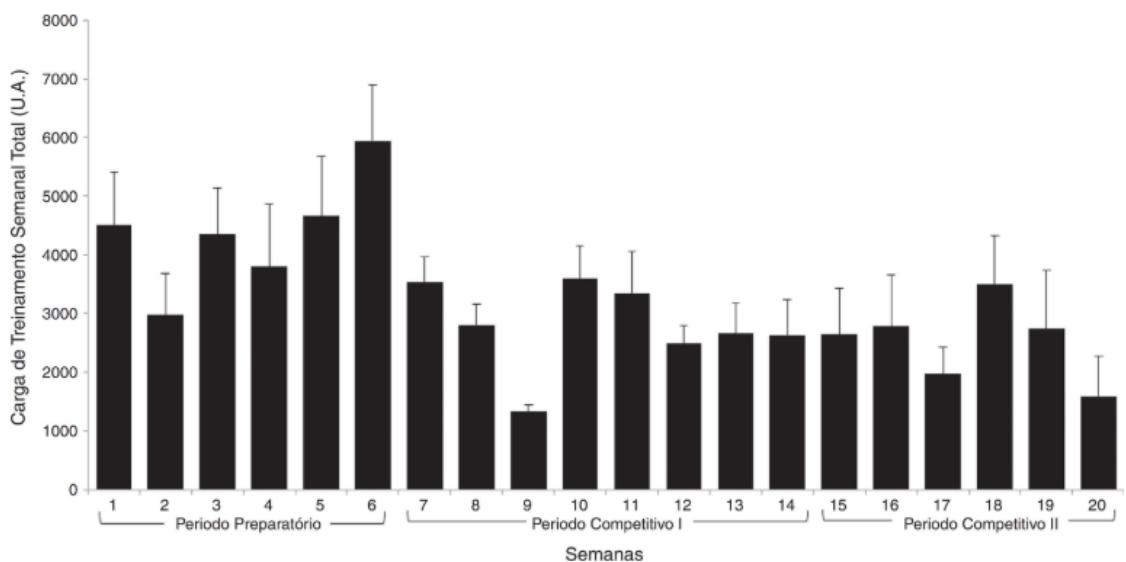
A partir dos dados gerados por sessão de treinamento é possível criar gráficos das cargas de treino, podendo ser organizados de acordo com o período avaliado, dias, semanas ou períodos de treinamento (Figura 3, 4 e 5). Dessa forma, facilitando a visualização das cargas trabalhadas durante o período avaliado e permitindo que correções e ajustes na periodização possam ser realizados.

Figura 3- Cargas de treinamento organizados por dia.



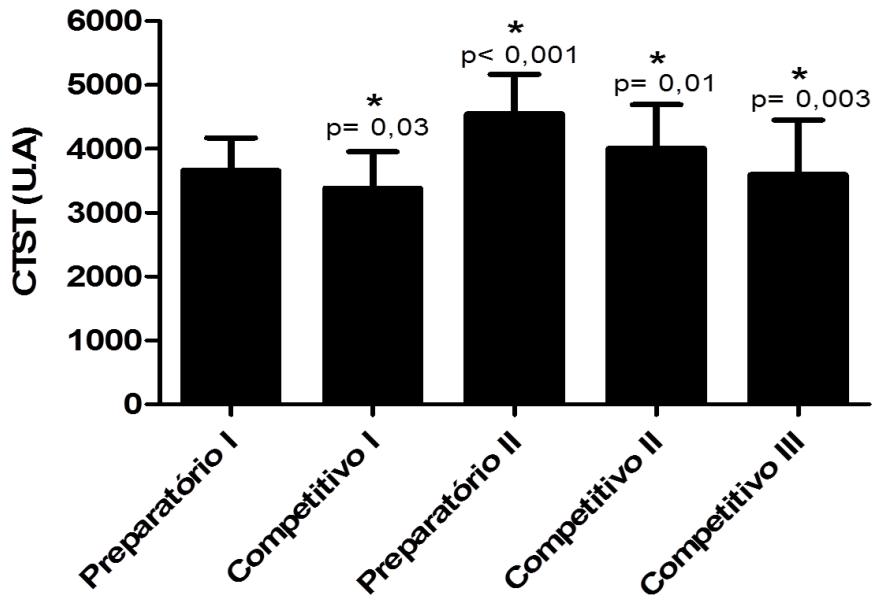
Fonte: Adaptado de Duarte *et al.* 2023.

Figura 4- Cargas de treinamento organizados por semanas.



Fonte: Adaptado de Horta *et al.* 2019.

Figura 5- Cargas de treinamento organizados por períodos.



Fonte: Adaptado de Duarte et al. 2019.

Além disso, o método de PSE-sessão possui algumas características importantes, como o baixo custo, uma vez que não necessita equipamentos para avaliação. Não é invasivo, é de fácil aplicação e interpretação dos resultados, é utilizado uma pergunta simples de ser respondida e fornece resultados rápidos, permitindo ao treinador e comissão técnica realizar ajustes pontuais no planejamento dos treinos. Através dessas características, a PSE-sessão tem sido utilizada em modalidades com características físicas diferentes, como voleibol (Rebelo *et al.*, 2023), basquete (Espasa-Labrador *et al.*, 2023), futebol (Rago *et al.*, 2020), rúgbi (Hudson *et al.*, 2024), e em modalidades individuais, como a ginástica rítmica (Debien *et al.*, 2019).

A partir dos dados de carga de treino gerados pela PSE-sessão durante um microciclo é possível realizar o cálculo de dois índices: monotonia e o *strain*. A monotonia reflete a variação da magnitude das cargas de treinamento aplicadas em diferentes sessões de um determinado período (Foster, 1998). Seu cálculo é feito pela divisão da média das cargas de treinamento semanais pelo desvio padrão dessas cargas (Foster; Rodriguez-Marroyo; De Koning, 2017). A partir dos cálculos é possível interpretar que valores acima de duas unidades arbitrárias, considerados elevados, indicam pouca variação nas cargas de treinamento, sendo essas cargas elevadas podem ocasionar em adaptações negativas do treinamento, como o aumento do risco de lesões e infecções (Meeusen *et al.*, 2013).

Já o *strain* apresenta informações sobre o efeito da magnitude (CT) e da distribuição (monotonia) das cargas nos atletas (Foster, 1998). Seu cálculo é feito pela multiplicação da carga de treino semanal total pela monotonia (Foster; Rodriguez-Marroyo; De Koning, 2017). Cabe destacar que a carga de treino semanal total é o somatório de todas as cargas de treinamento acumuladas durante a semana. Valores mais altos de *strain*, apontam para um risco aumentado de queda no desempenho e aumento das lesões ou infecções, devido à combinação de cargas elevadas e baixa variabilidade no treinamento (Foster; Rodriguez-Marroyo; De Koning, 2017).

Alguns estudos buscaram correlacionar o método de PSE-sessão com outros métodos objetivos, como Duarte *et al.* (2019) que realizaram a correlação de dois métodos de monitoramento da carga de treino, PSE-sessão e o TRIMP baseado na frequência cardíaca, em diferentes tipos de treino no voleibol e encontraram correlação forte ($r=0.61$; $p<0.05$) entre os métodos nos treinos táticos em relação aos treinos técnicos. Resultados similares a esse também foram encontrados por Lupo *et al.*, (2017), utilizando a correlação entre esses mesmos métodos, nos treinos táticos ($r=0.72$; $p<0.001$), porém com uma amostra de jovens atletas de basquetebol. Horta *et al.*, (2019) encontraram correlação significativa de pequena a moderada ($r=0.32$; $p<0.05$) entre a carga de treino semanal total, calculada através da PSE-sessão e a CK, o qual tem sido utilizado como marcador de dano muscular.

Adicionalmente, alguns estudos buscaram correlacionar medidas de carga externa de treinamento e a PSE-sessão. Por exemplo, Lima *et al.*, (2020), correlacionaram o número de saltos no voleibol e a PSE-sessão, e encontraram correlação significativa pequena entre as medidas ($r=0.17$; $p<0.05$). Corroborando com os achados citados acima, Horta *et al.*, (2017) que correlacionaram as variáveis de salto e PSE-sessão por posição no voleibol e encontraram correlação significativa entre os opostos ($r=0.44$; $p<0.001$), pontas ($r=0.34$; $p<0.001$) e centrais ($r=0.18$; $p=0.03$). Além disso, parece haver correlação entre PSE-sessão e carga externa em outros esportes com características diferentes ao voleibol. De Dios-Alvarez *et al.*, (2023) encontraram correlação significativa ($r=0.47$; $p<0.01$) entre PSE-sessão e a carga externa (medida através de marcadores indicados por GPS, durante partidas e sessões de treino em jovens atletas de futebol).

■ Análise de desempenho físico e recuperação

O desempenho físico pode ser entendido como a realização de metas que atendem ou superam os padrões estabelecidos (Portennga; Aoyagi; Cohen, 2017). Dessa forma, a utilização de testes que consigam aferir o desempenho ao longo do período de treinamento agrega informações importantes em relação a periodização planejada, ao progresso dos atletas e também sobre fadiga, permitindo aos treinadores realizar ajustes de carga e ou recuperação (Fox *et al.*, 2018).

A definição dos testes a serem utilizados para esse monitoramento deve ser de acordo com as características do esporte avaliado. Por exemplo, no voleibol é comum utilizar o teste salto de contramovimento, pois mede a potência dos membros inferiores, capacidade física importante no jogo de voleibol, presente tanto em ações ofensivas quanto defensivas (Horta *et al.*, 2017; Sheppard *et al.*, 2008). Além disso, é importante observar os custos de cada teste antes de escolhe-los, pois alguns testes podem ser realizados de forma mais simples não necessitando equipamentos de custos elevados, como por exemplo teste de 1-RM.

O período de realização dos testes também pode influenciar seu resultado. Por exemplo, o período preparatório possui como objetivo a preparação do atleta para as competições ao longo da temporada e com isso visa desenvolver as capacidades físicas para atender as exigências físicas durante a partida (Murray; Gabbett; Townshend, 2017). Para isso, é comum que este período seja composto por cargas de treino mais elevadas em comparação a outros períodos (Duarte *et al.*, 2019). Dessa forma, é importante observar que o desempenho pode ser afetado durante esse período, devido a intensificação das cargas e acúmulo de fadiga (Fox *et al.*, 2018). Sendo assim, compreender o planejamento do treinamento ao longo da temporada irá auxiliar no entendimento dos resultados do teste de desempenho.

Adicionalmente, os resultados encontrados nos testes devem ser interpretados e analisados de forma correta e levado em consideração alguns fatores, como o período de recuperação anterior ao teste. Silva *et al.*, (2017) publicaram uma meta-análise em que foi reportado que o desempenho no teste de salto de contra movimento era reduzido logo após e por até 72 horas após uma partida de futebol. Em revisão sistemática recente, Pernigoni *et al.*, (2024), indicaram redução de desempenho no teste de salto contramovimento e também de *sprint* linear por até 48 horas após a partida de basquetebol. Portanto, compreender as demandas fisiológicas do esporte avaliado e a

recuperação das capacidades físicas exigidas auxilia no melhor entendimento dos resultados encontrados em testes de desempenho.

A recuperação é um mecanismo importante dentro do processo de treinamento esportivo, diretamente relacionada ao êxito do treino e também de um bom desempenho físico (Kellmann *et al.*, 2018). Segundo Kellmann; Kallus (2001), a recuperação é um processo complexo contínuo, intra e inter individual, contemplando os níveis fisiológico, psicológico, sociocultural e ambiental buscando reestabelecer os sistemas do organismo ao longo do tempo, de maneira a garantir a prontidão para o desempenho. Além disso, a recuperação adequada está relacionada com a diminuição de eventos negativos como lesões, *overreaching* não funcional, *overtraining* e distúrbios psicológicos (Heidari *et al.*, 2019). Sendo assim, de acordo com Mujika *et al.* (2018) é importante planejar períodos de recuperação adequados dentro da periodização, de forma a equilibrar com as cargas planejadas para maximizar o desempenho e a adaptação.

Dessa forma, o monitoramento da recuperação em conjunto com o monitoramento da carga de treinamento fornece um melhor entendimento aos treinadores em relação as respostas dos atletas às cargas aplicadas, permitindo ajustar período de folga, buscar informações sobre fatores diretamente ligados a recuperação como sono e nutrição e também utilizar recursos para auxiliarem na recuperação, como crioterapia, meditação e roupas de compressão (Mujika *et al.*, 2018; Heidari *et al.*, 2019). Esse monitoramento deve ser realizado de maneira individual e regular, seja no início e ao final da semana de treino ou durante todos os dias de treino, possibilitando a comparação e acompanhamento dos dados do próprio atleta ao longo do período de treinamento (Kellmann *et al.*, 2018).

A utilização de ferramentas subjetivas no monitoramento da recuperação possui benefícios, por ser simples e de baixo custo. Dentre as ferramentas utilizadas está a escala de percepção subjetiva da recuperação (PSR) proposta por Laurent *et al.* (2011), com valores de zero a dez, em que zero representa muito mal recuperado/extremamente cansado e dez representa muito bem recuperado/altamente energizado. As respostas sobre a recuperação devem ser registradas antes da realização do treino.

Nuuttila *et al.*, (2021), utilizaram a PRS para avaliar a recuperação durante o período de aumento da intensidade ou do volume de treino em atletas recreacionais de *Endurance*, e observaram que a escala foi capaz de identificar uma redução da percepção de recuperação durante o período de aumento do volume. Também houve tendência de

redução da percepção de recuperação no período de aumento da intensidade. Adicionalmente, Duarte *et al.*, (2025) também observaram essa sensibilidade da PSR em relação a carga de treino aplicada durante as semanas avaliadas no período preparatório em jogadores de voleibol, ocorrendo redução da recuperação ao final da semana em comparação ao início. Sendo assim, a PRS demonstra ser uma ferramenta importante de monitoramento da recuperação.

■ Temperatura termográfica da pele

Ao longo do dia o corpo humano libera de maneira constante diferentes níveis de energia, no comprimento de onda infravermelho, a qual pode ser medida e convertida em valores de temperatura através da câmera de termografia infravermelha (Cortê; Hernadez, 2016). Esse instrumento detecta a radiação infravermelha que está fora do espectro visível, mas relacionada com a temperatura da superfície do corpo, ao transformar a radiação captada em valores de temperatura produz então as imagens térmicas (termogramas) (Ring; Ammer, 2000). É importante destacar que a termografia infravermelha é um método não invasivo e não radioativo de análise da temperatura da pele (Formenti *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2017). Alguns fatores podem influenciar o resultado da termografia, como: i) fatores ambientais- temperatura ambiente, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e tamanho da sala; ii) fatores técnicos- câmera, protocolo, *software* e análise estatística e iii) fatores individuais- sexo, idade, antropometria, ritmo circadiano, emissividade da pele, uso de medicamento e prática de exercício físico (Fernández-Cuevas *et al.*, 2015).

A regulação da temperatura da pele está associada ao fluxo sanguíneo, com os mecanismos de vasodilatação e vasoconstricção responsáveis pelo aumento ou diminuição da temperatura, respectivamente (Chardkoudian, 2003). Além disso, alterações na temperatura da pele registradas através da termografia infravermelha podem indicar inflamação tecidual, febre, alterações no fluxo sanguíneo ou neurodegeneração (Ring; Ammer, 2012). Juntamente a isso, diferenças térmicas entre os membros podem ocorrer, sendo diferenças térmicas bilaterais iguais ou inferiores a 0,4° C consideradas normais, já assimetrias entre 0,5° C e 0,7° C necessitam de novas avaliações (Marins *et al.*, 2014; Marins *et al.*, 2015). Já diferenças mais acentuadas, entre 0,8°C e 1°C sugerem mudanças na rotina de treino do atleta, pois podem indicar o surgimento de lesões musculares na região, pois o aumento de agentes inflamatórios na área muscular indicada gera aumento do metabolismo e do fluxo sanguíneo na região, de forma a aumentar a temperatura da

pele, criando um padrão assimétrico entre os membros (Marins *et al.*, 2014; Marins *et al.*, 2015; Maior *et al.*, 2017).

O exercício físico também influencia a temperatura corporal, seja durante o exercício como após a sessão de treino (Moreira *et al.*, 2017). A utilização da termografia infravermelha como ferramenta de controle de carga de treinamento é feita com as medidas da temperatura corporal após o exercício físico, pois a exposição ao estresse físico causa alterações no fluxo sanguíneo, indicando sobrecarga e fadiga (Gómez-Carmona *et al.*, 2020).

Na literatura, são encontrados maior número de estudos relacionados ao futebol, onde a TTP foi utilizada como ferramenta de controle de carga após as partidas ou treinos de futebol (Masur; Brand; Düking, 2024). De Andrade Fernandes *et al.* (2017)^a, realizaram um estudo de caso avaliando a temperatura da pele dos membros inferiores através da termografia infravermelha, e o dano muscular por meio da CK de um atleta profissional de futebol 48 horas após uma partida oficial. Foram encontrados aumento em ambas as variáveis avaliadas, indicando fadiga e dano muscular na área avaliada. Adicionalmente, De Andrade Fernandes *et al.* (2017)^b, avaliaram atletas sub-20 de futebol durante dois jogos consecutivos com diferença de 3 dias entre eles e observaram aumento da TTP dos membros inferiores e também da CK. Além disso foi encontrado uma correlação moderada entre as variáveis ($r= 0.425$; $p< 0.01$), sugerindo uma relação entre a resposta local indicada pela temperatura da pele e a resposta geral indicada pelo marcador inflamatório.

Outros estudos, também com a modalidade futebol buscaram correlacionar a TTP da região de interesse e outros parâmetros de carga de treino. De Carvalho *et al.*, (2021) não encontraram correlação significativa entre a TTP de membros inferiores e a CK, percepção de recuperação, percepção de fadiga e percepção de dor ao longo da temporada competitiva. Majano *et al.*, (2023), observaram que ao longo de uma temporada competitiva, que um maior número de ações em alta intensidade resulta em maior assimetria térmicas das coxas, aumentando o risco de lesão. Além disso, os autores sugerem que quanto maior as assimetrias encontradas, pior é a percepção do bem-estar dos atletas. Adicionalmente, Rodrigues Júnior *et al.* (2022) buscaram correlacionar as assimetrias de temperatura e força de membros inferiores no início e ao final de uma temporada competitiva. Os resultados encontrados indicaram correlação significativa e

de magnitude forte, no início ($r= 0.7$; $p=0.03$) e ao final da temporada ($r=0.6$; $p= 0.04$), para as variáveis avaliadas. Juntamente a esses resultados, ocorreu redução na força e aumento da temperatura ao final da temporada, indicando que os atletas apresentaram fadiga nesse período. Entretanto, Metoyer *et al.*, (2025) encontraram correlação significativa ($r= - 0.0046$; $p< 0.001$), porém negativa e fraca, entre a carga de treino total e a mudança de temperatura da região corporal avaliada. Também foi observado correlação ($r= 0.0047$; $p<0.001$) entre o tempo em alta intensidade e a mudança de temperatura da região corporal avaliada. Diferentemente dos demais estudos citados anteriormente, os autores identificaram que altas cargas de treino estavam associados a diminuição da temperatura corporal, além de sugerirem métricas específicas de monitoramento por posição do jogador em campo.

No judô, os estudos correlacionaram a temperatura da pele com diferentes parâmetros de carga, porém estes estudos utilizaram diferentes metodologias para avaliação da temperatura da pele (Brito *et al.*, 2018; Gomes Moreira *et al.*, 2021). Brito *et al.*, (2018) utilizaram padrões de comportamento para a temperatura da pele e não os valores de temperatura da pele, e encontraram correlação significativa, porém negativa e fraca ($r= -0.37$; $p= 0.042$) com os marcadores de imunidade avaliados após treino. Gomes Moreira *et al.* (2021) apresentaram associação entre a variação da temperatura da pele em 5 e 10 minutos após teste incremental específico do judô e o lactato sanguíneo ao final do teste. Além disso, também foram encontrados aumento na temperatura da pele em sete regiões avaliadas (testa, peito, perna, braço, ombro, costas parte inferior e superior) 5 minutos após o teste.

Os estudos que avaliaram corredores, fizeram as medidas de termografia após meia maratona e maratona. Pérez-Guarner *et al.*, (2019) avaliaram corredores recreacionais após participação em uma meia maratona. Além da avaliação da temperatura da pele, foram coletados CK e transaminase glutâmico oxalacética. Não foi encontrado aumento da TTP após a meia maratona, porém, houve aumento de CK e transaminase glutâmico oxalacética, da percepção de dor e da fadiga, e diminuição no desempenho no teste de salto. Os autores sugerem que o dano muscular e a inflamação não estejam próximos da pele, sendo assim não tem efeito significativo na TTP. No entanto, Rojas-Valverde *et al.*, (2021) encontraram resultados diferentes em relação a temperatura da pele após a participação em uma maratona. Houve aumento na temperatura da pele nas regiões anterior e posterior da coxa e perna. Porém a prova foi

realizada em uma condição ambiental quente, o que pode ter influenciado as respostas fisiológicas ao exercício, incluindo a TTP (No; Kwak, 2016). Rojas-Valverde *et al.*, (2021) também não encontraram correlação significativa ($p > 0.21$) entre marcadores de dano muscular (CK e lactato desidrogenase sérica) e a TTP.

Priego-Quesada *et al.*, (2019) avaliaram 10 triatletas recreacionais durante um *training camp* de três dias. Além da TTP, foram avaliados percepção de dor e fadiga. Houve aumento significativo das variáveis ao longo dos dias de treinamento e também foram encontradas correlações significativas entre a TTP de algumas regiões do corpo com a percentual de massa muscular ($r = 0.7$; $p < 0.01$, volume de treino total ($r = 0.44$; $p = 0.04$) e percepção de fadiga ($r = 0.5$; $p = 0.03$). Esse estudo possui uma característica que o distingue dos citados anteriormente, pois como a amostra passou os três dias do *training camp* no mesmo local, os autores conseguiram controlar a rotina dos participantes, como recuperação, sono e dieta.

A partir dos estudos citados, é possível notar que a TTP pode aumentar nas horas/dias que sucedem o treino e/ou competição, porém a relação com outros parâmetros de carga ainda não é conclusiva, em função das metodologias utilizadas nos estudos e também dos diferentes parâmetros utilizados. Os estudos citados anteriormente, possuem amostras diferentes com modalidades esportivas de características distintas. Além disso, não são encontrados na literatura estudos que avaliaram a relação da TTP com as cargas de treino no voleibol, ressalva que essa modalidade possui características diferentes dos esportes já estudados, como saltos e acelerações em curto espaço, além do fato de não haver contato físico entre os atletas (Horta *et al.*, 2017; Sheppard *et al.*, 2008).

4. ESTUDO 1 – A temperatura da pele está associada a carga de treino durante o período preparatório de uma equipe profissional de voleibol?

Este artigo passou pelo processo de revisão por pares e está publicado no *Journal of Thermal Biology* (*Impact Factor 2025: 2.9 – Estrato A1 Qualis/CAPES*). Duarte, T. S.; Ferreira-Júnior, J. B.; Oliveira, J. C. G.; Costa, C. M. A; Coelho, D. B; Marins, J. C. B; Bara Filho, M. G. Is skin temperature associated with training load during preparatory period of a professional volleyball team? **Journal of Thermal Biology**, 127, p. 104038, Jan 2025.

■ Introdução

Em esportes coletivos, como o voleibol, a temporada é organizada de acordo com o calendário de competições de cada equipe da modalidade (Mujika *et al.*, 2018). Esse planejamento ocorre para que o período que antecede as competições, conhecido como período preparatório, tenha como objetivo preparar os atletas física e tecnicamente para as competições ao longo da temporada. Consequentemente, esse período possui características específicas, distintas de outros períodos (como o competitivo), envolvendo altas cargas de treinamento e ausência de competições oficiais (Lyakh *et al.*, 2016).

Monitorar a carga de treinamento ao longo de toda a temporada é crucial para prevenir lesões e otimizar o desempenho (Bourdon *et al.*, 2017). Diversas ferramentas são utilizadas para esse fim, incluindo marcadores subjetivos como percepção subjetiva de recuperação (PSR), a percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE Sessão) e a dor muscular (Haddad *et al.*, 2017), além de medidas objetivas como a frequência cardíaca (Edwards, 1993) e marcadores bioquímicos, como creatina quinase (CK), interleucinas, cortisol e testosterona (Horta *et al.*, 2019). Nos últimos anos, a termografia infravermelha tem surgido como um método promissor para monitoramento da carga de treinamento, oferecendo uma avaliação objetiva e não invasiva das respostas fisiológicas (Moreira *et al.*, 2017). Embora a termografia infravermelha envolva um custo inicial mais alto em comparação com as escalas subjetivas, sua precisão e potencial para detectar mudanças fisiológicas sutis podem torná-la uma solução custo-efetiva a longo prazo, especialmente para clubes profissionais, onde a prevenção de lesões e a manutenção do desempenho dos atletas são prioridades.

Alterações na temperatura termográfica da pele (TTP) medidas por meio de termografia infravermelha podem indicar uma variedade de fatores que influenciam o

corpo, tanto extrínsecos (como contato com outra superfície, temperatura ambiente, etc.) quanto intrínsecos (como febre, alterações vasculares, inflamação, lesão e distúrbios musculoesqueléticos, etc.) (Hildebrandt *et al.*, 2010; Ammer; Formenti, 2016). A elevação da TTP após o exercício tem sido associada a processos inflamatórios e à produção local de calor (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^b). No entanto, a relação entre inflamação induzida pelo exercício e TTP é complexa e ainda pouco documentada. Estudos anteriores exploraram as alterações na TTP após o exercício e suas relações com parâmetros adicionais de carga de treino (como CK, percepção de fadiga, etc.), e encontraram resultados ambíguos (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^b; Priego-Quesada *et al.*, 2019; Korman *et al.*, 2021; Pérez-Guarner *et al.*, 2019; Straburzynska-Lupa *et al.*, 2022; Jones *et al.*, 2020; Rojas-Valverde *et al.*, 2021; Majano *et al.*, 2023).

Por exemplo, Priego-Quesada *et al.* (2019) observaram um aumento na TTP em triatletas após dois dias de treino, com variações na TTP correlacionando-se diretamente com o volume semanal de treino e inversamente com a percepção de fadiga ($p < 0,05$ e $R^2 > 0,4$). Esses achados são apoiados por outros estudos (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^b; Majano *et al.*, 2023). Por outro lado, um estudo recente relatou aumento da TTP 24 horas após uma maratona; no entanto, não foi observada correlação entre a variação da TTP e os marcadores de dano muscular (isto é, creatina quinase e lactato desidrogenase) (Rojas-Valverde *et al.*, 2021). Pérez-Guarner *et al.* (2019) não encontraram alterações significativas na TTP em corredores até 48 horas após completar uma meia maratona, nem a TTP conseguiu predizer marcadores de estresse fisiológico, como níveis de creatina quinase ou fadiga geral. De forma semelhante, Korman *et al.* (2021) relataram redução na TTP das pernas apesar do aumento nos níveis de creatina quinase durante um período de 10 dias de treino em velocistas de elite. Essas discrepâncias sugerem que o impacto da carga de treino na TTP pode variar dependendo de fatores como o tipo de esporte, a intensidade do treinamento e a duração do período de observação. Vale destacar também que esses estudos anteriores não examinaram parâmetros de carga como a PSE sessão e a percepção subjetiva de recuperação (PSR), que são métodos válidos, confiáveis, rápidos, simples e econômicos para mensurar a carga de treino (Laurent *et al.*, 2011; Haddad *et al.*, 2017; Andrade *et al.*, 2021; Sansone *et al.*, 2024).

Portanto, mais pesquisas, incluindo estudos com múltiplos dias de avaliação, são necessárias para elucidar completamente a relação entre TTP, PSE sessão e PSR,

especialmente em esportes como o voleibol. O voleibol impõe demandas únicas aos atletas, sem contato físico entre jogadores, envolvendo ações neuromusculares complexas como saltos, mudanças rápidas de direção e movimentos explosivos dos membros superiores (Sheppard *et al.*, 2009). Dada a variedade de resultados relatados na literatura existente (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^a; Priego-Quesada *et al.*, 2019; Korman *et al.*, 2021; Pérez-Guarner *et al.*, 2019), é essencial investigar contextos específicos do voleibol para determinar se a TP pode ser um indicador confiável da carga interna de treinamento nesse esporte.

Assim, este estudo tem como objetivo avaliar se a termografia infravermelha pode refletir com precisão o acúmulo de carga de treinamento durante o período preparatório em atletas de voleibol. Além disso, o estudo busca explorar a relação entre a TTP, a carga de treino mensurada pela PSE sessão e a PSR. Com base no estresse fisiológico induzido pelo período preparatório do voleibol (Horta *et al.*, 2019), a hipótese é que a TTP aumente com o acúmulo da carga de treino e se correlacione com a carga de treino e a percepção de recuperação.

■ Materiais e métodos

4.2.1. Participantes

Foi realizada uma amostragem por conveniência com dezesseis atletas de voleibol ($20,1 \pm 3,1$ anos, $88,1 \pm 6,1$ kg, $193 \pm 0,1$ cm e $13,3 \pm 2,3\%$ de gordura corporal), integrantes de uma equipe profissional durante o período preparatório para a segunda divisão do campeonato nacional. Os critérios de inclusão exigiam que os atletas estivessem livres de lesões musculoesqueléticas que impedissem a participação nos treinos. Nenhum dado foi excluído, pois todos os atletas participaram de todas as sessões de treino.

Este estudo recebeu aprovação do Comitê de Ética Institucional do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (protocolo nº 58003622.7.0000.5588) e foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinque. Os voluntários foram informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo antes de assinarem o termo de consentimento.

4.2.2. Desenho experimental

Os atletas de uma equipe da segunda divisão da Superliga Brasileira de Voleibol Masculino foram avaliados durante duas semanas de período preparatório (Tabela 1). É

importante destacar que os pesquisadores não influenciaram o plano de treino. Uma semana antes do início das avaliações, os atletas foram familiarizados com os procedimentos do estudo.

Tabela 1- Estrutura do treinamento durante o período avaliado.

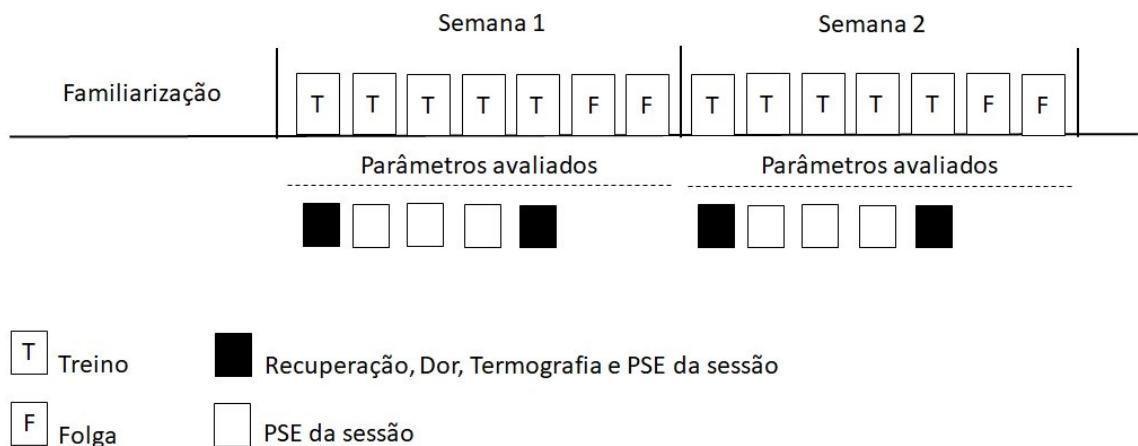
Dia	Período	Familiarização	Semana 1	Semana 2
Segunda-feira	Manhã	TF+TT	TF+TT	TF+TT
	Tarde	FOLGA	TTT	TTT
Terça-feira	Manhã	TF+TT	TF+TT	TF+TT
	Tarde	TTT	TTT	TTT
Quarta-feira	Manhã	FOLGA	FOLGA	FOLGA
	Tarde	TF+TTT	TTT	AM
Quinta-feira	Manhã	TF+TT	FOLGA	AM
	Tarde	TTT	TTT	FOLGA
Sexta-feira	Manhã	FOLGA	TF+TT	TF+TT
	Tarde	FOLGA	TTT	FOLGA
Sábado	Manhã	FOLGA	FOLGA	FOLGA
	Tarde	FOLGA	FOLGA	FOLGA
Domingo	Manhã	FOLGA	FOLGA	FOLGA
	Tarde	FOLGA	FOLGA	FOLGA
Número de sessões		6	8	7

TT= treinamento técnico; TTT= treinamento técnico/tático; TF= treinamento de força; AM= amistoso

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A temperatura termográfica da pele (TTP) foi medida em oito regiões: áreas anterior e posterior do braço, ombro, coxa e perna, nos primeiros e últimos dias de treino de cada semana (Figura 6). A PSR também foi avaliada nesses dias. A carga de treino diária foi monitorada por meio da PSE sessão (Figura 6).

Figura 6- Desenho Experimental.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.2.3. Temperatura termográfica da pele

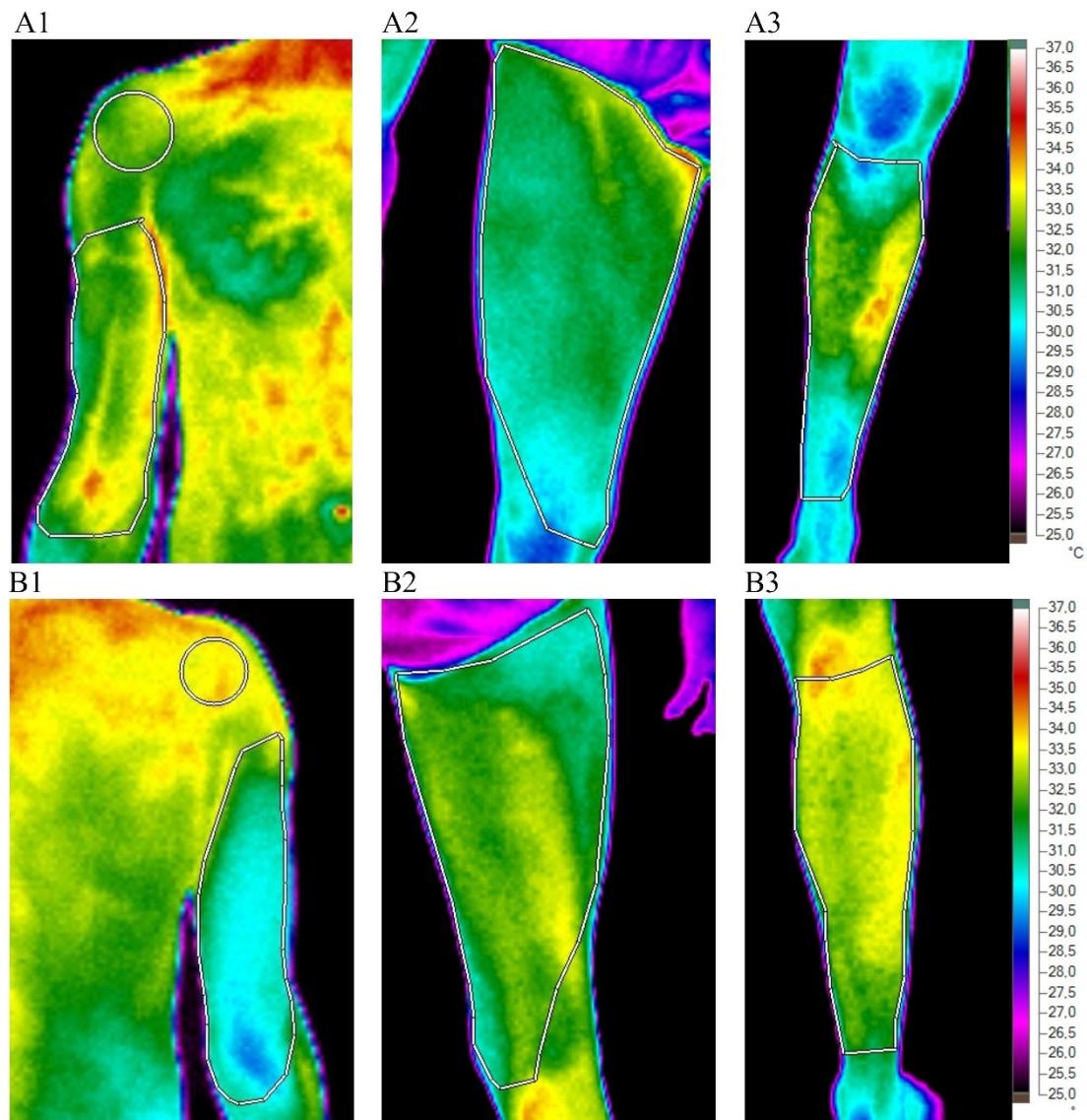
A TTP foi avaliada utilizando termografia infravermelha com uma câmera térmica (modelo TIR-25, Fluke®, Everett, EUA), com faixa de medição de -20°C a $+350^{\circ}\text{C}$, precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ou 2% da faixa de leitura, diferença de temperatura equivalente ao ruído de $\leq 0,09^{\circ}\text{C}$ a 30°C (90 mK), faixa espectral infravermelha de $7,5\text{ }\mu\text{m}$ – $14\text{ }\mu\text{m}$, taxa de atualização de 9 Hz e sensor FPA de 160×120 pixels (Costa et al., 2018).

A coleta das imagens foi realizada entre 9h e 10h, em ambiente adequado com temperatura controlada por ar-condicionado, com temperatura média de $22,1 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $55,5 \pm 2,8\%$. Ambos os parâmetros foram registrados com um termohigrômetro digital (modelo ITHT-2200, Instrutemp, São Paulo, Brasil). Antes da coleta, os atletas permaneceram por 15 minutos no ambiente com ar-condicionado para atingir equilíbrio térmico (De Andrade Fernandes et al., 2017^b). Além disso, os atletas foram orientados a evitar certos comportamentos antes da coleta, como consumo de álcool, uso de cosméticos, cafeína, refeições pesadas e atividade física (Moreira et al., 2017). O índice de emissividade foi ajustado para 0,98, seguindo diretrizes recentes (Moreira et al., 2017).

Durante a coleta das imagens, os atletas ficaram sobre uma superfície isolante, e atrás deles foi colocada uma cortina preta não refletiva para evitar interferências (Moreira et al., 2017). A câmera térmica foi posicionada sobre um tripé, a 1,5 m do atleta (Machado et al., 2022) e perpendicular à região de interesse, que incluiu as regiões anterior e

posterior dos braços, ombros, coxas e pernas dos membros dominantes. As imagens obtidas foram analisadas com *software* específico (Smartview® versão 2.1, Everett, EUA). As seguintes regiões de interesse foram definidas (Figura 7): (1) Braço anterior – borda do membro, fossa cubital e linha axilar; (2) Braço posterior – borda do membro, limitado pelo olécrano da ulna até a linha axilar; (3) Ombro anterior – maior círculo possível do tubérculo menor do úmero até a borda do membro; (4) Ombro posterior – mesma definição do ombro anterior, porém no lado posterior; (5) Coxa anterior – borda do membro, área 5 cm acima da borda superior da patela e prega inguinal; (6) Coxa posterior – mesmos pontos anatômicos da coxa anterior, no lado oposto do membro; (7) Perna anterior – borda do membro, linha 5 cm abaixo da borda inferior da patela e linha 10 cm acima do tornozelo; (8) Perna posterior – mesmos pontos da perna anterior, no lado posterior. As imagens termográficas foram coletadas e analisadas pelo mesmo avaliador, com experiência nos procedimentos. A média de *pixels* por região durante o período de treinamento está apresentada na Tabela Suplementar 1. Foram utilizadas nas análises estatísticas as temperaturas média, máxima e o delta (diferença da TTP entre o último e o primeiro dia de cada semana) dos membros dominantes dos atletas.

Figura 7- Ilustração da análise da imagem térmica do membro avaliado. Os quadrados indicam as regiões de interesse. (A1) parte anterior do ombro; (A2) parte anterior da coxa; (A3) parte anterior da perna; (B1) parte posterior do ombro; (B2) parte posterior da coxa; (B3) parte posterior da perna.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.2.4. Carga de treino

A carga de treino foi monitorada diariamente pelo método PSE sessão (FOSTER *et al.*, 2001). Dez minutos após a sessão de treino, os atletas respondiam à pergunta: "Como foi o seu treino?", utilizando a escala de Borg de 0 a 10, onde 0 representa repouso e 10 esforço máximo. A carga de treino foi calculada multiplicando a intensidade (valor na escala) pelo volume (duração da sessão). Em dias com mais de uma sessão, os valores

foram somados. A carga de treino semanal total (CTST) foi obtida somando as cargas das sessões do primeiro ao quarto dia de treino da semana.

4.2.5. Percepção subjetiva de recuperação

A PSR foi utilizada para avaliar a recuperação (Laurent *et al.*, 2011). Trinta minutos antes do treino, os atletas respondiam à pergunta: “Como você se sente?”, onde 0 representa “muito pouco recuperado/extremamente cansado” e 10 “muito bem recuperado/muita energia”. A escala PSR apresenta marcadores numéricos e verbais em duas colunas. Foi aplicada no primeiro e último dia de treino de cada semana. O delta da PSR (diferença entre o último e o primeiro dia de cada semana) também foi calculado.

4.2.6. Análise estatística

Os dados foram apresentados como médias e desvios padrão para dados com distribuição normal, e como medianas e intervalos interquartis (25%–75%) para dados não normais. A normalidade foi avaliada pelo teste de *Shapiro-Wilk*, e a homogeneidade e esfericidade pelos testes de Levene e *Mauchly*, respectivamente. A PSR e as temperaturas médias do braço anterior, bem como as temperaturas do braço posterior, ombro e perna, atenderam aos pressupostos de normalidade, homogeneidade e esfericidade. Esses dados foram analisados por ANCOVA, utilizando a temperatura ambiente e a umidade relativa como covariáveis, com correção de *Tukey*. A PSR foi analisada por ANOVA de medidas repetidas unidirecional com correção de *Tukey*. Os valores de efeito de Cohen de 0,1, 0,25 e 0,4 foram considerados pequenos, médios e grandes, respectivamente (Cohen, 1988). As temperaturas máximas do braço anterior, e as temperaturas médias e máximas das coxas anterior e posterior, carga de treino, temperatura e umidade ambiente não atenderam aos pressupostos paramétricos, sendo analisadas por ANCOVA de postos (Quade), também com ajuste para temperatura e umidade e correção de *Tukey*. O coeficiente de determinação (R^2) foi calculado para indicar o percentual de explicação dos modelos, sendo classificado como pequeno (0,01), médio (0,09) e grande (0,25) (Cohen, 1988). Além disso, a carga de treino, temperatura e umidade do ambiente foram analisadas pelo teste de *Friedman*. O tamanho de efeito para a carga de treino foi estimado pelo índice W de *Kendall*: $W = \chi^2 / N(K-1)$, onde χ^2 é o valor do teste de *Friedman*, N é o tamanho da amostra e K o número de medições por sujeito (Tomczak e Tomczak, 2014). Os valores de W foram classificados como pequeno ($< 0,25$), médio (0,25–0,4) e grande ($> 0,4$) (Tomczak e Tomczak, 2014). Regressões lineares múltiplas foram realizadas para cada semana de treino, utilizando o delta da TTP

em cada região como variável dependente, e CTST, delta da PSR, delta de temperatura ambiente e delta de umidade como covariáveis. Os pressupostos das regressões, incluindo multicolinearidade ($VIF < 5$), normalidade ($p > 0,05$) e autocorrelação ($p > 0,05$) foram verificados. No entanto, os modelos de TP delta das regiões da coxa na segunda semana não atenderam ao critério de normalidade ($p = 0,003–0,007$), sendo utilizada a análise de correlação de *Spearman* para examinar a relação entre TP delta das coxas, CTST e PSR delta. Os coeficientes de correlação (R) foram classificados como triviais (0,1–0,29), pequenos (0,3–0,49), moderados (0,5–0,69), grandes (0,7–0,89) e muito grandes (0,9–1,0) (Cohen, 1988). As análises estatísticas foram realizadas com o SPSS versão 24 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA) para a ANCOVA de postos (Quade) e com o Jamovi versão 2.3.24.0 para as demais análises. O nível de significância adotado foi de 5%.

Resultados

A Tabela 2 apresenta os dados diários de temperatura e umidade. Efeitos significativos do tempo foram observados para a temperatura ambiente ($\chi^2 = 46,3$, $p < 0,001$) e umidade do ar ($\chi^2 = 45,7$, $p < 0,001$). A temperatura ambiente foi mais alta na sexta-feira (7) em comparação com segunda-feira (3) e sexta-feira (10) ($p < 0,05$), e a sexta-feira 14 apresentou temperatura mais elevada do que segunda-feira 10 ($p < 0,05$). Os níveis de umidade foram maiores na segunda-feira (3) e sexta-feira (14) em comparação com sexta-feira (7) ($p < 0,05$), sendo que a sexta-feira (14) também apresentou maior umidade do que segunda-feira (10) ($p < 0,05$).

A Tabela 3 apresenta os dados médios de TP. Efeitos significativos do tempo foram observados em várias regiões: ombro anterior e posterior ($F = 5,9$, $p = 0,001$ e $F = 15,1$, $p < 0,001$, respectivamente), braço posterior ($F = 13,6$, $p < 0,001$), além de perna anterior e posterior ($F = 7,2$, $p < 0,001$ e $F = 8,5$, $p < 0,001$, respectivamente), todas com tamanho de efeito grande. Essas regiões apresentaram uma redução significativa na TTP média após dois dias sem treino ($p < 0,05$). Além disso, o ombro anterior e o braço posterior apresentaram aumento da TTP média ao final da segunda semana ($p < 0,05$). Nenhuma diferença significativa foi encontrada nas demais comparações ($p > 0,05$). Também não foram observados efeitos do tempo no braço anterior ($F = 1,8$, $p = 0,16$) e nas coxas anterior e posterior ($F = 0,1$, $p = 0,96$ e $F = 0,8$, $p = 0,49$, respectivamente), todos com tamanho de efeito pequeno.

A Tabela 4 apresenta os dados de TTP máxima. Efeitos significativos do tempo foram observados para ombro anterior e posterior ($F = 5,5$, $p = 0,002$ e $F = 11,6$, $p <$

0,001), braço posterior ($F = 3,9, p = 0,013$), e perna anterior e posterior ($F = 4,3, p = 0,008$ e $F = 6,3, p < 0,001$, respectivamente), todos com tamanho de efeito grande. Observou-se uma redução significativa da TTP máxima após dois dias sem treino nessas regiões ($p < 0,05$). Além disso, a TTP máxima do ombro anterior aumentou ao final da segunda semana ($p < 0,05$). Nenhuma diferença significativa foi encontrada nas outras comparações ($p > 0,05$). Também não foram observados efeitos do tempo no braço anterior ($F = 0,1, p = 0,95$) e nas coxas anterior e posterior ($F = 0,23, p = 0,88$ e $F = 0,5, p = 0,72$, respectivamente), todos com tamanho de efeito pequeno.

Tabela 2- Intervalos medianos e interquartis (25%-75%) da umidade do ar e da temperatura interna durante cada dia de avaliação da temperatura da pele.

	Semana 1		Semana 2		Efeito do tempo [χ^2 (df) e p-valor]
	1ºdia de treino Seg. 3	5º dia de treino Sex. 7	1ºdia de treino Seg. 10	5º dia de treino Sex. 14	
Temperatura interna (°C)	22.1 (22.0-22.2)	22.6 (22.4-22.6) *#	21.4 (21.3-21.6)	22.4 (22.4-22.4) #	$\chi^2 = 46.3$ (3), p< 0.001
Umidade do ar (%)	56.0 (55.0-28.2) †	52.0 (52.0-54.0)	54.0 (54.0-54.0)	60.0 (59.0-60.0) †#	$\chi^2 = 45.7$ (3), p< 0.001

°C, Graus Celsius. (*) p<0.05, maior que Seg. 3. (#) p<0.05, maior que Seg. 10. (†) p<0.05, maior que Sex. 7.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 3- Temperatura média da pele (°C) durante o período de treinamento.

Regiões de interesse	Semana 1		Semana 2		Efeito do tempo [χ^2 (df) e p-valor]	f tamanho de efeito ou R^2
	1ºdia de treino Seg. 3	5º dia de treino Sex. 7	1ºdia de treino Seg. 10	5º dia de treino Sex. 14		
Ombro	Anterior	33.1±0.7	33.1±0.5	32.5±0.6 * # [†]	33.5±0.5	F= 5.9 (58), p= 0.001
	Posterior	33.6±0.4	33.6±0.3	32.7±0.4 * #	33.7±0.5	F= 15.1 (58), p< 0.001
Braço	Anterior	33.0±0.6	32.8±0.6	32.5±0.5 * #	33.1±0.5	F= 1.8 (58), p= 0.16
	Posterior	31.4±0.6	31.2±0.5	30.3±0.5 * # [†]	31.7±0.4	F= 13.6 (58), p< 0.001
Coxa	Anterior	31.6 (31.2-32.0)	31.6 (31.3-32.0)	31.1 (30.3-31.3)	31.9 (31.4-32.2)	F= 0.1 (60), p= 0.93
	Posterior	32.0 (31.5-32.3)	32.0 (31.6-32.4)	31.1 (30.5-31.3)	32.1 (31.9-32.4)	F= 0.8 (60), p= 0.49
Perna	Anterior	31.2±0.5	31.4±0.4	30.5±0.7 #	31.6±0.7	F= 7.2 (58), p< 0.001
	Posterior	32.0±0.8	32.1±0.6	31.1±0.6 #	32.3±0.7	F= 8.5 (58), p< 0.001

°C, graus Celsius. Nota: a temperatura da pele do ombro, braço e perna foi apresentada como media e desvio padrão e a temperatura da pele da coxa foi apresentada como mediana e intervalos interquartis (25%-75%). Nota: o tamanho de efeito f foi representado para Ancova, e o R^2 para Rank ANCOVA (Quade's). (*) p< 0.05, menor que Seg. 3. (#) p< 0.05, menor que Sex. 7. ([†]) p< 0.05, menor que Sex. 14.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 4- Temperatura máxima da pele (°C) durante o período de treinamento.

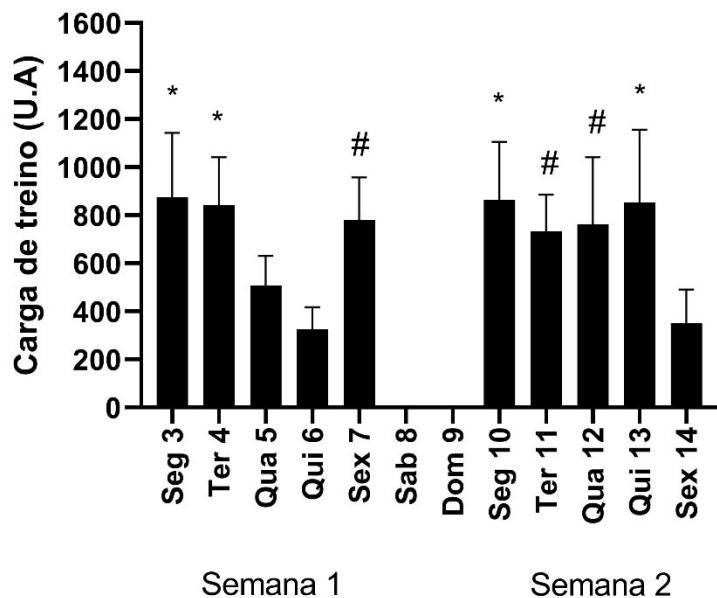
Regiões de interesse	Semana 1		Semana 2		Efeito do tempo [χ^2 (df) e p-valor]	<i>f</i> tamanho de efeito ou R^2
	1ºdia de treino Seg. 3	5º dia de treino Sex. 7	1ºdia de treino Seg. 10	5º dia de treino Sex. 14		
Ombro	Anterior	34.0±0.7	34.1±0.6	33.4±0.6 #†	34.4±0.6	F= 5.5 (58), p= 0.002
	Posterior	34.3±0.5	34.3±0.5	33.40±0.4 * #	34.5±0.6	F= 11.6 (58), p< 0.001
Braço	Anterior	35.2 (34.8-35.7)	34.9 (34.3-35,3)	35.2 (34.8-35.4)	35.3 (34.8-35.4)	F= 0.1 (60), p= 0.95
	Posterior	33.7±0.7	33.6±0.7	32.8±0.8 #	33.8±0.6	F= 3.9 (58), p= 0.013
Coxa	Anterior	34.3 (34.3-34.9)	34.5 (34.3-34.9)	34.2 (33.8-34.7)	34.5 (34.3-35.3)	F= 0.23 (60), p= 0.88
	Posterior	33.8(33.4-34.3)	33.8 (33.3-34.3)	33.0 (32.8-33.5)	34.1 (33.8-34.3)	F= 0.5 (60), p= 0.72
Perna	Anterior	33.2±0.7	33.3±0.6	32.6±0.7 #	33.5±0.6	F= 4.3 (60), p= 0.008
	Posterior	33.4±0.8	33.4±0.6	32.6±0.7 #	33.6±0.7	F= 6.3 (60), p< 0.001

°C, graus Celsius. Nota: a temperatura da pele do ombro, parte posterior do braço e perna foi apresentada como media e desvio padrão e a temperatura da pele da parte anterior do braço e da coxa foi apresentada como mediana e intervalos interquartis (25%-75%). Nota: o tamanho de efeito *f* foi representado para Ancova, e o R^2 para Rank ANCOVA (Quade's). (*) p< 0.05, diferente de Seg. 10. (*) p< 0.05, menor que Seg.3. (#) p< 0.05, menor que Sex. 7. (†) p< 0.05, menor que Sex. 14.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 8 mostra o comportamento da carga de treino durante as duas semanas avaliadas. Foram observados três dias com cargas mais elevadas na primeira semana em comparação com os demais dias dessa mesma semana e quatro dias com cargas elevadas na segunda semana ($\chi^2 = 89,1$, $p < 0,001$), com tamanho de efeito grande ($W = 0,57$). Os dados relacionados à recuperação percebida estão apresentados na Tabela 5. A PSR diminuiu ao final de cada semana de treino ($F = 52,3$, $p < 0,001$), com tamanho de efeito grande ($f = 1,49$).

Figura 8- Carga de treino durante as duas semanas avaliadas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

(*) $p < 0,05$, diferente de Qua.5, Qui.6 e Sex.14. (#) $p < 0,05$, diferente de Qui. 6, e Sex. 14.

Tabela 5- Média ± desvio padrão da percepção subjetiva da recuperação durante o período de treinamento.

	Semana 1		Semana 2		Efeito do tempo [F (df) e p-valor]
	1ºdia de treino Seg. 3	5º dia de treino Sex. 7	1ºdia de treino Seg. 10	5º dia de treino Sex. 14	
PSR (U.A)	9.5±0.5	6.8±1.0* #	8.5±0.8*	6.6±1.0* #	F= 52.3 (63), p< 0.001

PSR, percepção subjetiva da recuperação. (*) p< 0.05, menor que Seg. 3. 10. (#) p< 0.05, menor que Seg. 10.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Tabela 6 apresenta os modelos de regressão que analisaram as alterações na TTP média e máxima durante a primeira semana de treino. Efeitos significativos dos modelos foram observados para a TTP média da coxa posterior ($F = 3,49, p = 0,045$), bem como para a TTP média da perna anterior e posterior ($F = 3,87, p = 0,034$ e $F = 5,56, p = 0,011$, respectivamente), todas com coeficientes de correlação elevados. Os modelos revelaram influências significativas: o delta da umidade do ar e da temperatura ambiente impactaram o modelo da coxa posterior ($\beta = 16,82, p = 0,017$ e $\beta = -2,14, p < 0,028$, respectivamente); o delta da umidade influenciou o modelo da perna anterior ($\beta = 24,88, p = 0,005$); e o delta da umidade e a PSR influenciaram o modelo da perna posterior ($\beta = 20,87, p = 0,003$ e $\beta = -0,20, p < 0,045$, respectivamente). Para a TTP máxima, observou-se efeito significativo apenas para a perna anterior ($F = 3,89, p = 0,033$), com coeficiente de correlação elevado. O modelo da perna anterior também mostrou influências significativas do delta de umidade e da PSR ($\beta = 23,96, p = 0,014$ e $\beta = -0,28, p < 0,05$, respectivamente). Em contrapartida, as demais variáveis não impactaram significativamente essas regiões de interesse. Nenhum dos outros modelos de TP média e máxima apresentou efeitos significativos ($p > 0,05$). As Figuras de 9 a 12 mostram os gráficos de dispersão entre o delta da TTP e a PSR e a CTST (respectivamente) durante a primeira semana de treino.

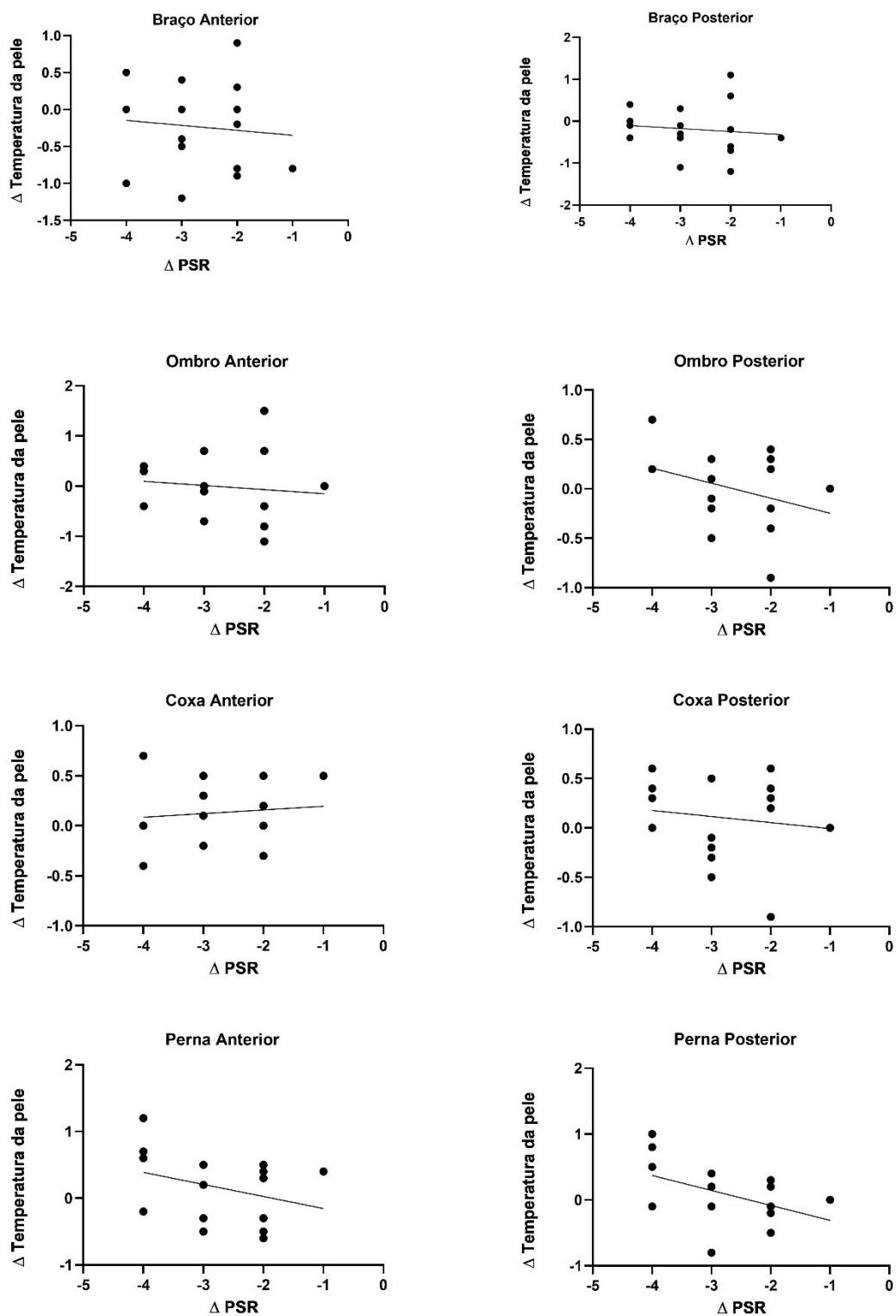
Tabela 6- Matriz de regressão linear múltipla para variação da temperatura da pele durante a primeira semana de treinamento.

Regiões de interesse	Temperatura média da pele				Temperatura máxima da pele				
	R	R ²	F	p-valor	R	R ²	F	p-valor	
Ombro	Anterior	0.46	0.21	0.74	0.59	0.26	0.07	0.19	0.94
	Posterior	0.39	0.15	0.48	0.75	0.43	0.18	0.61	0.66
Braço	Anterior	0.60	0.36	1.56	0.25	0.51	0.26	1.00	0.45
	Posterior	0.41	0.17	0.56	0.70	0.19	0.04	0.11	0.98
Coxa	Anterior	0.47	0.22	0.78	0.56	0.50	0.25	0.93	0.48
	Posterior	0.75	0.56	3.49	0.045*	0.71	0.50	2.72	0.085
Perna	Anterior	0.77	0.59	3.87	0.034*	0.77	0.59	3.89	0.033*
	Posterior	0.82	0.67	5.56	0.011*	0.67	0.45	2.29	0.13

(*) efeito significativo em $p < 0,05$.

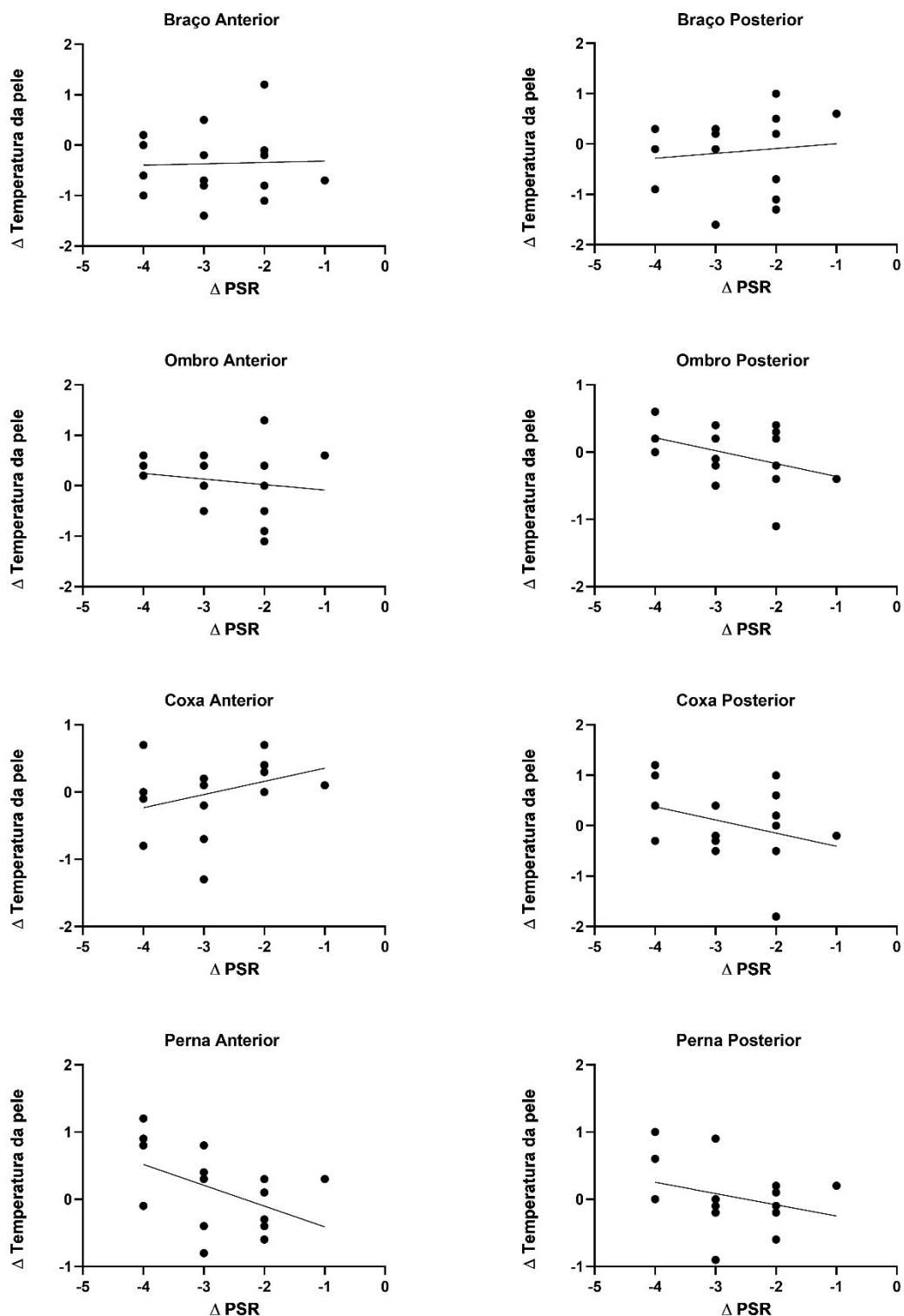
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 9- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura média da pele e o delta da percepção subjetiva de recuperação (PSR) durante a primeira semana de treinamento.



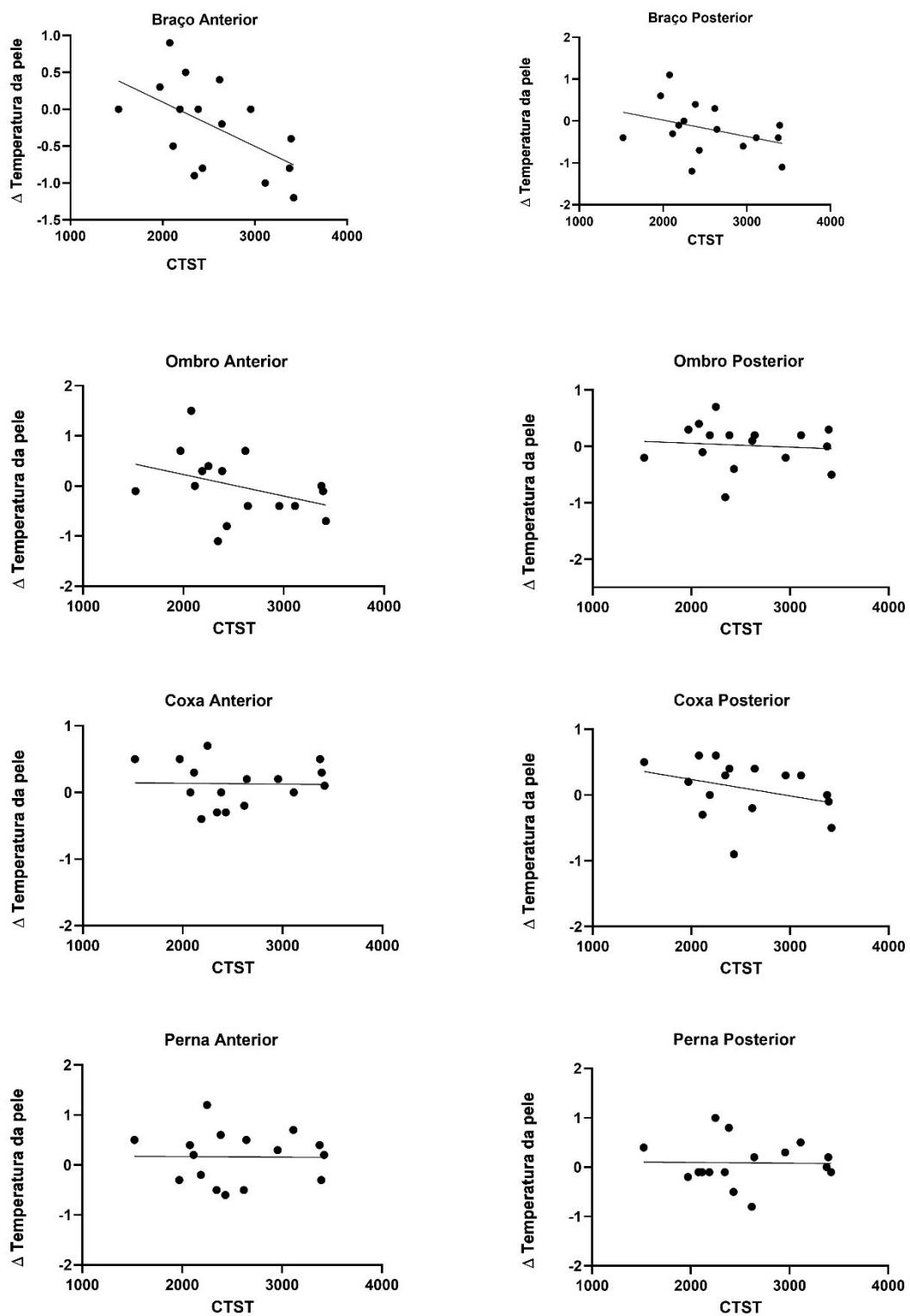
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 10- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura máxima da pele e o delta da percepção subjetiva de recuperação (PSR) durante a primeira semana de treinamento.



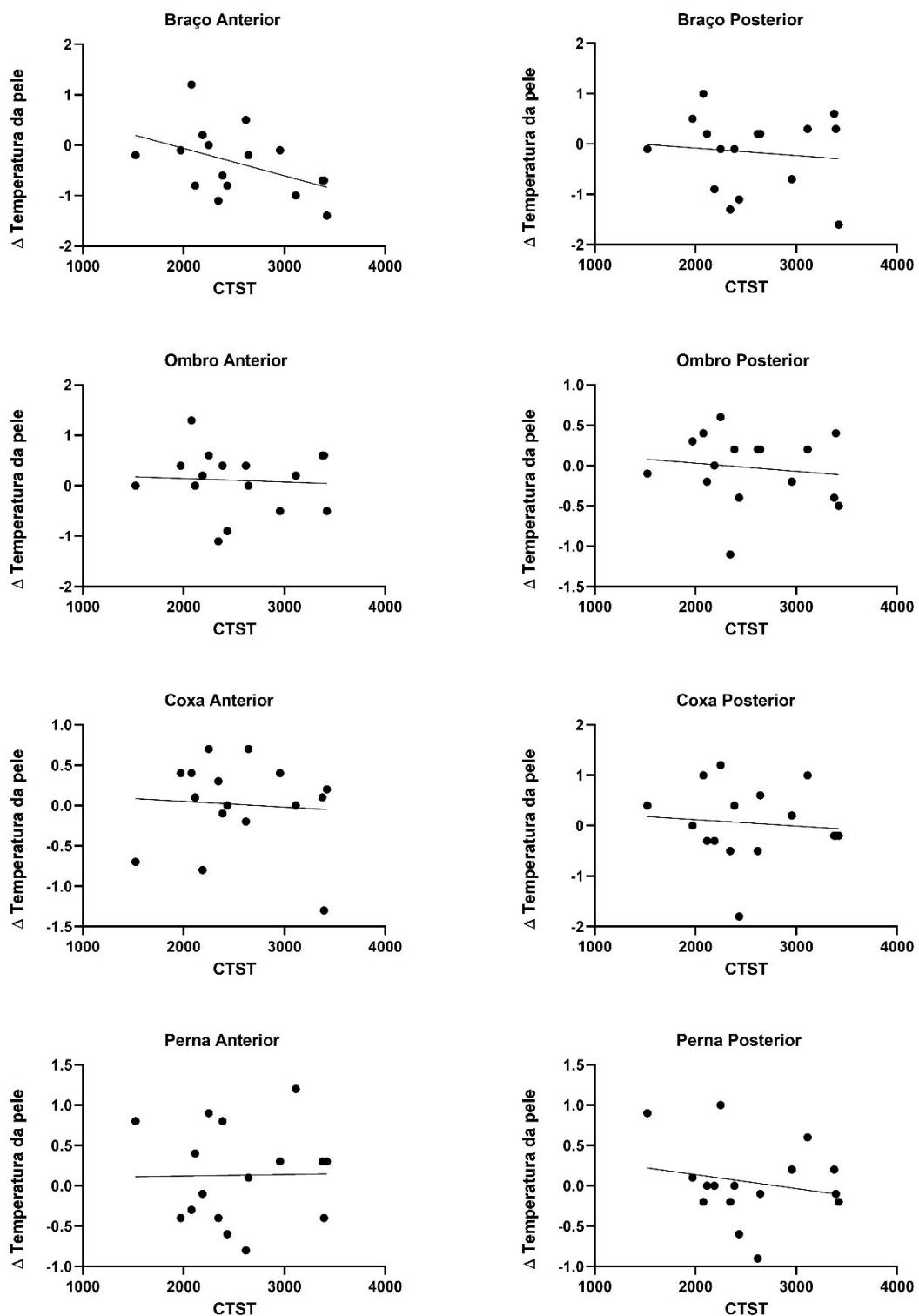
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 11- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura média da pele e a carga de treino semanal total (CTST) durante a primeira semana de treinamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 12- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura máxima da pele e a carga de treino semanal total (CTST) durante a primeira semana de treinamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Tabela 7 apresenta os modelos de regressão para as alterações na TP média e máxima durante a segunda semana de treino. Um efeito significativo foi encontrado apenas para o delta da TP máxima do ombro anterior ($F = 3,63$, $p = 0,04$), com coeficiente de correlação elevado. No entanto, a influência significativa foi observada apenas para o delta da PSR ($\beta = 0,51$, $p = 0,003$). Além disso, nenhuma associação foi observada entre o delta da TP da coxa e a PSR ou CTST durante a segunda semana de treino ($p > 0,05$) (Tabela 8). As Figuras de 13 a 16 mostram os gráficos de dispersão entre os deltas da TP e a PSR e CTST (respectivamente) durante a segunda semana.

Tabela 7- Matriz de regressão linear múltipla para variação do delta da temperatura da pele durante a segunda semana de treinamento.

Regiões de interesse		Temperatura média da pele				Temperatura máxima da pele			
		R	R ²	F	p-valor	R	R ²	F	p-valor
Ombro	Anterior	0.67	0.45	2.24	0.13	0.75	0.57	3.63	0.040*
	Posterior	0.40	0.16	0.74	0.55	0.43	0.19	0.63	0.65
Braço	Anterior	0.60	0.37	1.58	0.25	0.56	0.31	1.24	0.35
	Posterior	0.14	0.17	0.57	0.69	0.54	0.29	1.14	0.39
Perna	Anterior	0.57	0.32	1.32	0.32	0.31	0.09	0.29	0.88
	Posterior	0.52	0.27	0.99	0.45	0.41	0.17	0.55	0.70

(*) efeito significativo em $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

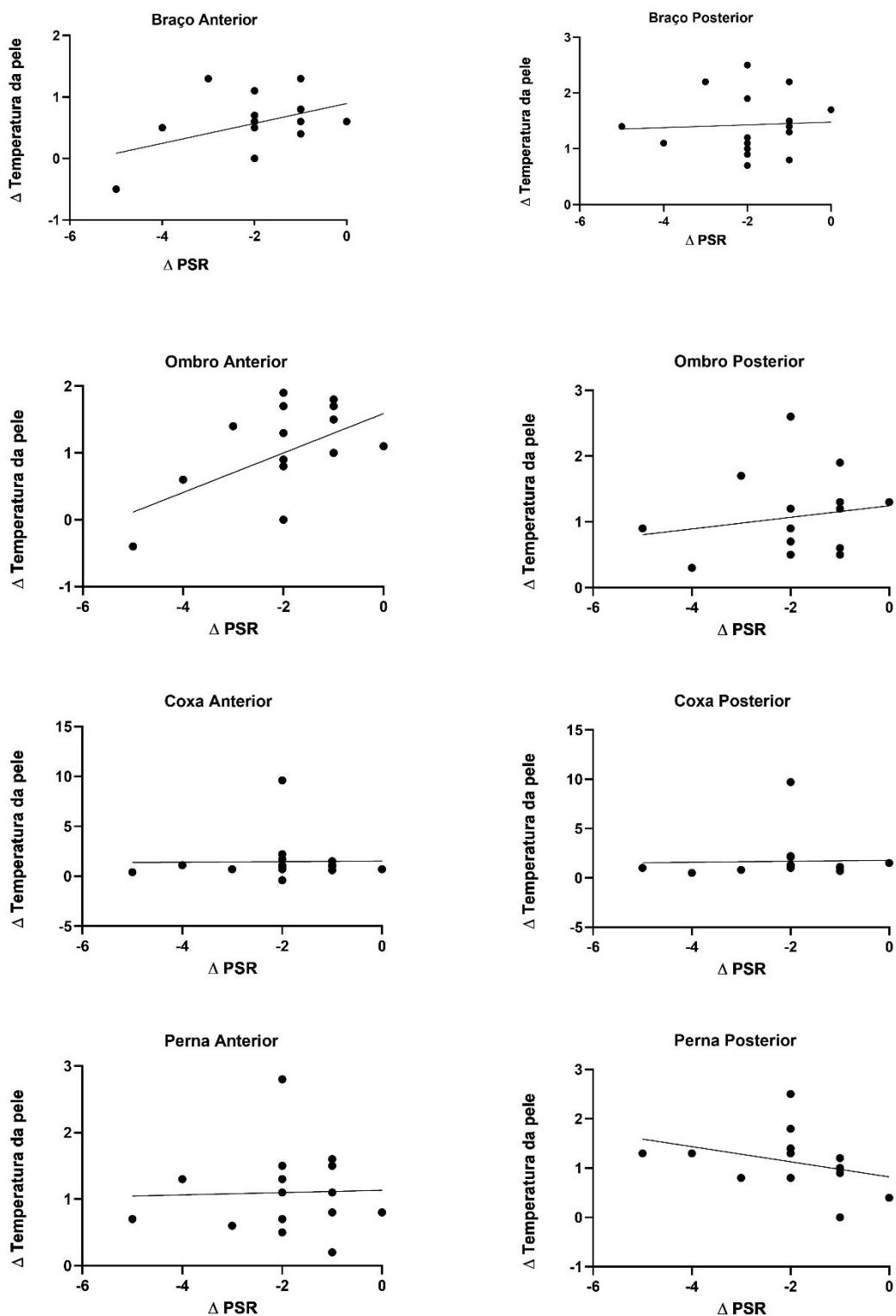
Tabela 8- Correlação de coeficiente (R) entre o delta da temperatura da pele da coxa com o delta da PSR e CTST.

1ª semana de treino				2ª semana de treino				
	Média TP		Máxima TP		Média TP		Máxima TP	
	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior
CTST	-0.07	-0.42	-0.09	-0.11	0.24	-0.1	-0.37	0.25
Δ PSR	0.10	-0.09	0.43	-0.21	-0.04	0.09	0.35	0.20

TP: Temperatura da pele. CTST: Carga de treino semanal total. PSR: Percepção subjetiva da recuperação. Δ: delta. P> 0.05.

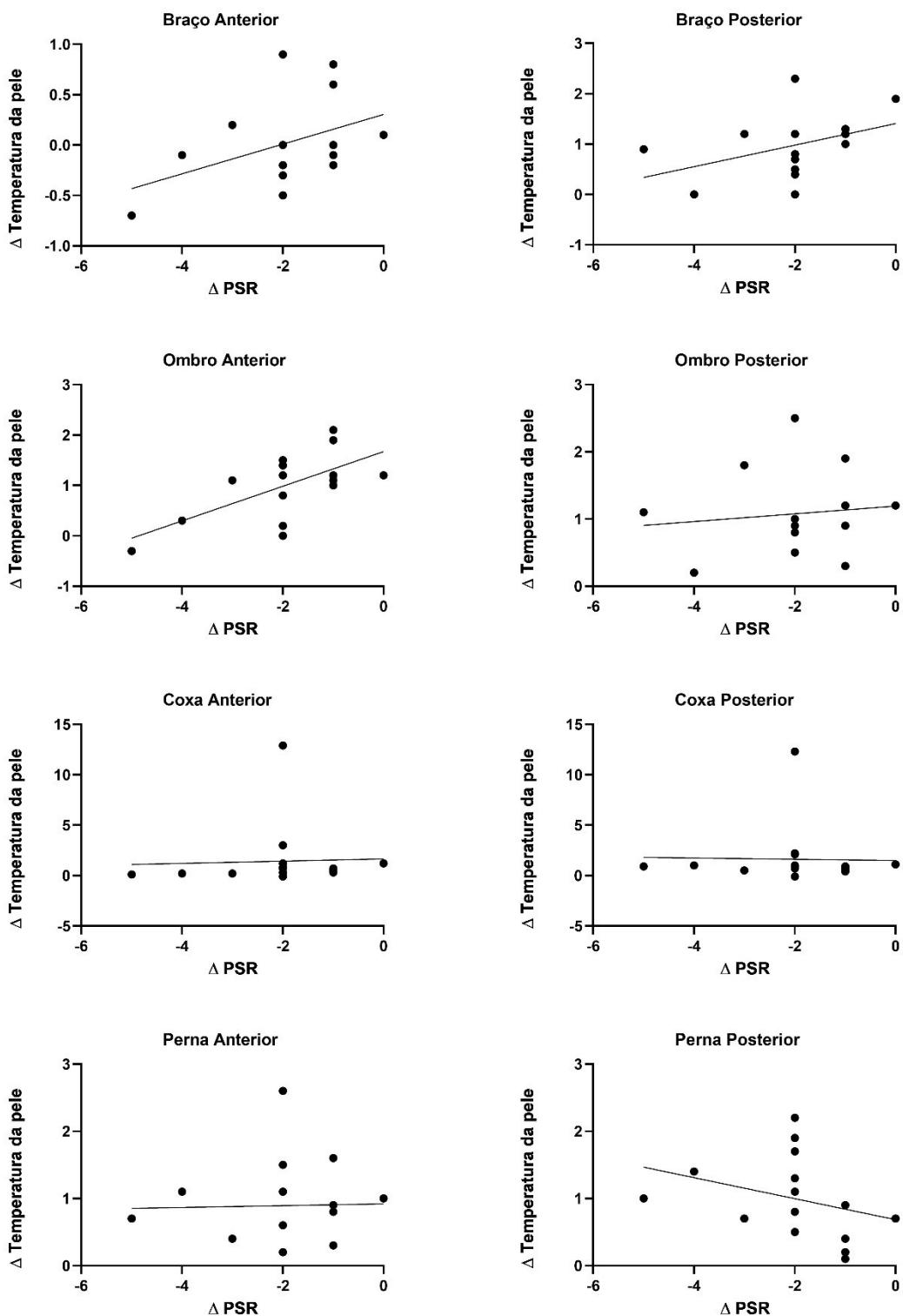
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 13- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura média da pele e o delta da percepção subjetiva de recuperação (PSR) durante a segunda semana de treinamento.



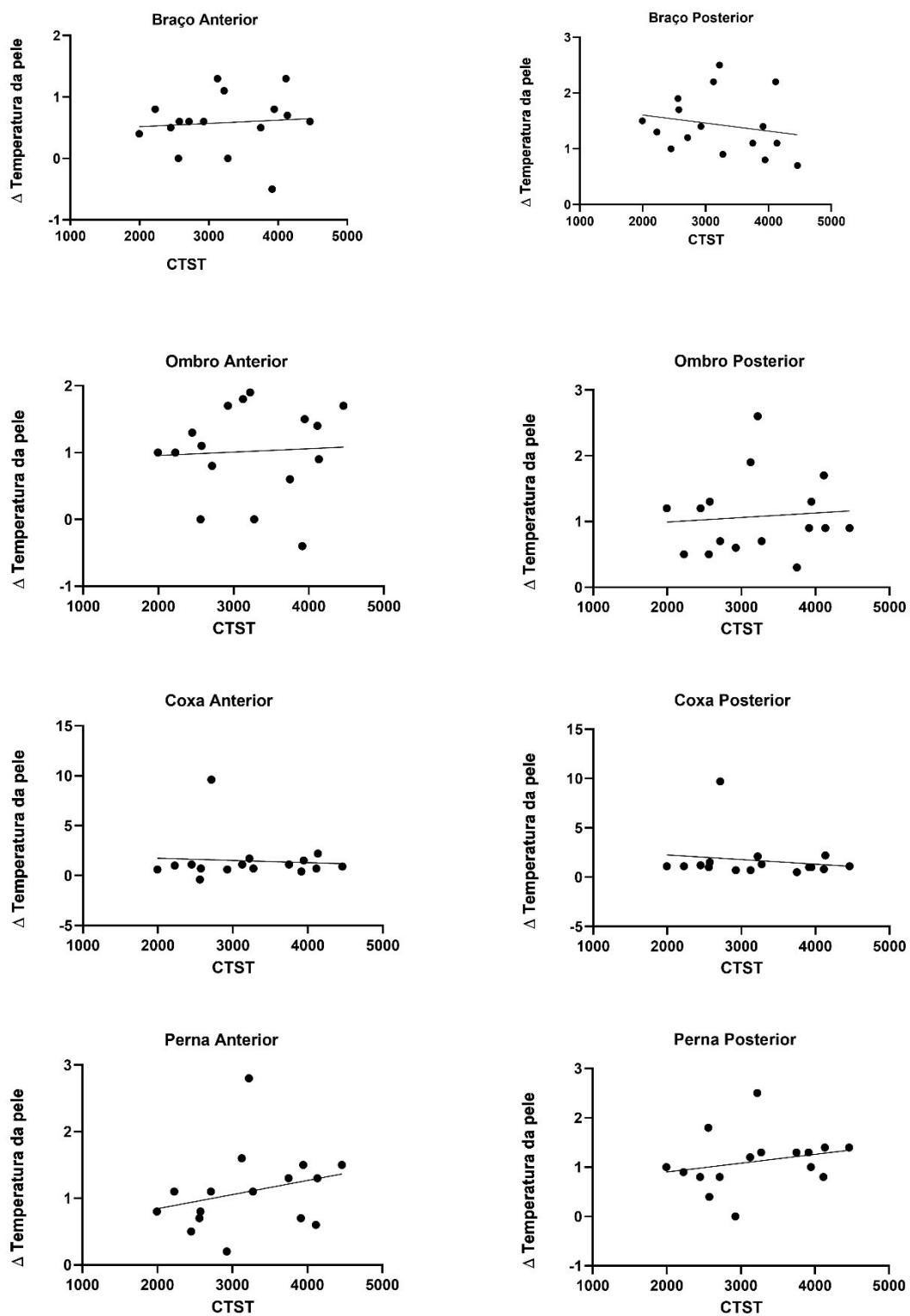
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 14- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura máxima da pele e o delta da percepção subjetiva de recuperação (PSR) durante a segunda semana de treinamento.



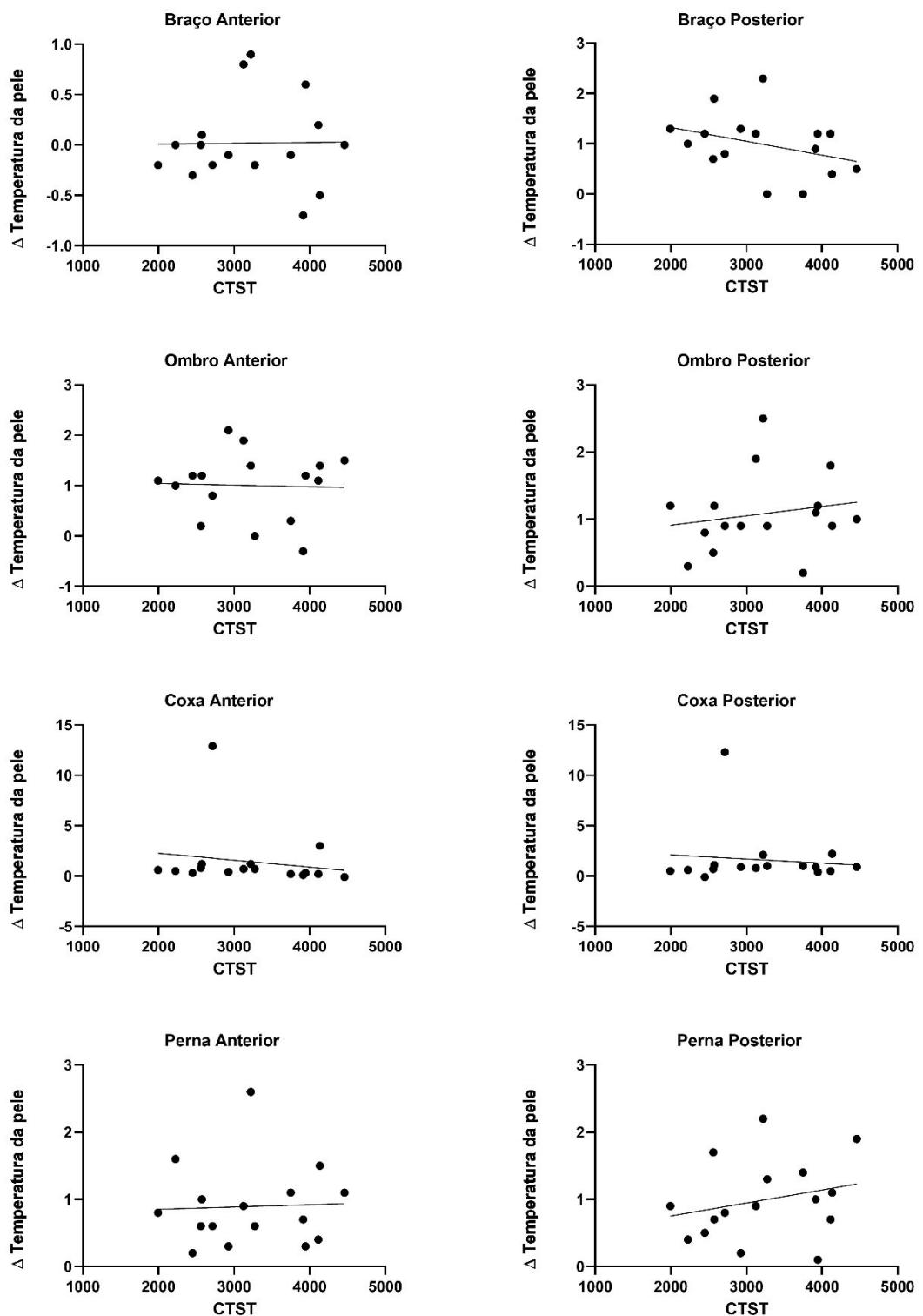
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 15- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura média da pele e a carga de treino semanal total (CTST) durante a segunda semana de treinamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 16- Gráficos de dispersão mostrando a relação entre o delta da temperatura máxima da pele e a carga de treino semanal total (CTST) durante a segunda semana de treinamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

■ Discussão

Pelo que se sabe até o momento, este é o primeiro estudo a examinar o efeito do acúmulo de carga de treino durante um período preparatório de duas semanas na temperatura da pele por meio da termografia infravermelha em jogadores profissionais de voleibol. Os dados de carga de treino indicam que o período avaliado induziu estresse fisiológico nos atletas, evidenciado por uma redução na percepção de recuperação ao final de cada semana analisada. Das oito regiões examinadas, cinco apresentaram uma diminuição da temperatura termográfica da pele (TTP) após dois dias de descanso (final de semana), enquanto duas regiões mostraram aumento da TTP ao final da semana de treino seguinte (sexta-feira, dia 14).

No geral, esses achados sugerem que a TTP pode ser influenciada pelo acúmulo da carga de treino devido às ações motoras específicas do voleibol, como *sprints* curtos, saltos e pequenas mudanças de direção, particularmente durante períodos com carga total semanal de treino (CTST) em torno de 3500 UA (3329 ± 663 UA na 1^a semana e 3561 ± 738 UA na 2^a semana). Essa faixa de CTST é comparável à relatada em outros estudos com atletas de voleibol durante o período preparatório (Andrade *et al.*, 2021; Horta *et al.*, 2020).

Uma explicação fisiológica para o aumento observado da TTP nos ombros e braços ao final da segunda semana de treino está relacionada ao conceito de fadiga cumulativa nesses grupos musculares, possivelmente devido às ações repetidas do voleibol, como passes, ataques e bloqueios. A fadiga cumulativa pode alterar o fluxo sanguíneo local e a demanda metabólica, levando a um aumento da produção de calor em determinadas regiões musculares. Isso está de acordo com os achados de um estudo recente (Machado *et al.*, 2023), que sugere que áreas com maior fadiga acumulada podem apresentar aumento da TTP após dois dias consecutivos de exercício. Os achados de Majano *et al.* (2023), que relataram assimetrias térmicas nas coxas após treinamentos de alta intensidade, reforçam a ideia de que grupos musculares envolvidos em ações repetitivas durante microciclos competitivos no futebol de elite podem apresentar fadiga localizada, influenciando as variações de temperatura observadas.

Outros estudos em diferentes esportes também apoiam nossos achados (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^b; Priego-quesada *et al.*, 2019; Straburzynska-Lupá *et al.*, 2022; Jones *et al.*, 2020; Rojas-Valverde *et al.*, 2021; Majano *et al.*, 2023). Por exemplo, aumentos na TTP foram observados em várias regiões das coxas e pernas 24 horas após

uma maratona em corredores recreacionais (Rojas-Valverde *et al.*, 2021), e ações de alta intensidade induziram assimetrias térmicas nas coxas ao longo de microciclos competitivos em jogadores de futebol de elite (Majano *et al.*, 2023). Além disso, um estudo com atletas de futebol sub-20 encontrou elevação da TTP por 48 horas após duas partidas consecutivas separadas por um intervalo de três dias (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^b), enquanto triatletas apresentaram aumentos na TTP média e máxima durante um campo de treinamento com intensificação de carga por três dias (Priego-Quesada *et al.*, 2019).

Por outro lado, ombros, braços e pernas apresentaram diminuição na TTP após dois dias de descanso (final de semana), o que sugere vasoconstrição periférica — uma resposta fisiológica relatada na fase de recuperação após estresse induzido por exercício (Da Silva *et al.*, 2024), indicando menor demanda metabólica (Da Silva *et al.*, 2024) e uma possível recuperação dessas regiões após o descanso. Isso está alinhado com os dados de PSR, que aumentaram após dois dias de descanso. No entanto, vale destacar que a vasoconstrição é um fenômeno complexo influenciado por fatores como a intensidade do exercício (Da Silva *et al.*, 2024) e as condições ambientais (Riera *et al.*, 2021), sendo difícil determinar com precisão seu papel na influência sobre a TTP sem medições vasculares ou hemodinâmicas mais detalhadas.

Apesar dessas observações, os resultados atuais são inconclusivos quanto à associação entre TTP e a percepção de recuperação ou carga de treino. Das 44 associações analisadas entre TTP, PSR e CTST, apenas a associação entre a variação do PSR e a variação da TTP média nas pernas anterior e posterior foi significativa ($\beta = -0,20$; $p < 0,045$ para ambas). Embora isso indique que uma redução no PSR possa levar a um aumento na TTP das pernas anterior e posterior, no geral, os dados deste estudo não sugerem associação entre TTP e percepção de recuperação, nem com a carga de treino avaliada pelo método PSE sessão durante o período preparatório dos atletas profissionais de voleibol. Esse achado está em concordância com um estudo anterior que mostrou que alterações em seis regiões da coxa da TTP ao longo de 42 dias de observação em dois atletas juniores de meia distância não se correlacionaram com a carga de treino avaliada por frequência cardíaca, velocidade de corrida ou distância percorrida, nem com a dor muscular (Jones *et al.*, 2020). Outro estudo também não encontrou correlação entre a variação da TTP e os níveis de CK e lactato desidrogenase (Rojas-Valverde *et al.*, 2021).

No entanto, a associação entre TTP e parâmetros de carga de treino ainda é controversa na literatura atual, já que outros estudos relataram resultados diferentes (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017; Priego-Quesada *et al.*, 2019; Straburzynska-Lupá *et al.*, 2022; Majano *et al.*, 2023). Foram relatadas correlações significativas entre a temperatura máxima do cotovelo, ombro, quadril e joelho e a TTP em repouso sobre esses músculos no início e fim do período preparatório em remadores profissionais do tipo *sweep* ($r = 0,49\text{--}0,60$) (Straburzynska-Lupá *et al.*, 2022). Priego-Quesada *et al.* (2019) também encontraram que a TTP em determinadas regiões corporais se correlacionou diretamente com o volume de treino semanal (ex: distância semanal percorrida) e inversamente com a percepção de fadiga ($p < 0,05$, $r^2 > 0,4$). Além disso, um estudo recente relatou que a temperatura do tornozelo se correlacionou positivamente com ações de alta intensidade ao longo de um período competitivo de 12 semanas, enquanto a TTP média da coxa se associou negativamente com a carga aguda-crônica (Majano *et al.*, 2023).

As discrepâncias entre os achados dos estudos que examinaram o efeito do acúmulo de carga de treino sobre a TTP, assim como suas associações com parâmetros de carga, podem ser atribuídas a diversos fatores, incluindo a duração do período de observação, a intensidade do treino e o tipo de esporte. Os períodos de observação variam de 1 a 42 semanas, e muitos estudos não fornecem informações detalhadas sobre a intensidade do treino (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^b; Priego-Quesada *et al.*, 2019; Rojas-Valverde *et al.*, 2021). Esportes diferentes, como futebol, maratona, corrida de velocidade e remo, apresentam características motoras distintas (ex: mudanças de direção, intensidade das ações) e demandas energéticas diversas (ex: vias de fosfocreatina, glicolítica, oxidativa). Assim, a duração do período de observação, intensidade do treino e tipo de esporte podem influenciar as adaptações fisiológicas agudas e crônicas ao exercício, afetando, por consequência, a TTP.

Embora o presente estudo apresente alta validade ecológica ao avaliar a TTP juntamente com parâmetros internos de carga de treino (PSE sessão) e percepção de recuperação em atletas profissionais de voleibol durante o período preparatório, possui algumas limitações que podem explicar a natureza inconclusiva dos resultados. Primeiramente, a ausência de marcadores fisiológicos adicionais, como biomarcadores inflamatórios (ex: CK, LDH, citocinas), limita a interpretação completa das alterações da TTP. A falta de testes de desempenho também dificulta a avaliação das consequências funcionais dessas alterações. Além disso, a avaliação de um período intermediário dentro

da fase preparatória, bem como a continuidade dos treinos durante a fase de familiarização, limita a interpretação da medição de linha de base (segunda-feira da semana 1), que pode não representar adequadamente o estado inicial dos atletas. Pesquisas futuras sobre temperatura termográfica da pele no voleibol devem incluir períodos de maior carga semanal (>5000 UA) e duração mais longa do que as estudadas aqui, além de medições de temperatura mais frequentes para captar os efeitos agudos e crônicos da carga de treino sobre a TTP. Além disso, incorporar avaliações de desempenho e marcadores fisiológicos relacionados à inflamação (ex: CK, LDH, mioglobina, citocinas) e recuperação (ex: edema muscular) forneceria uma compreensão mais abrangente dos mecanismos subjacentes às mudanças na TTP.

Conclusão

Em resumo, nossos achados indicam que um período preparatório de duas semanas induziu acúmulo de carga de treino em jogadores profissionais de voleibol, refletido na redução da percepção de recuperação ao final de cada semana avaliada. De modo geral, os dados termográficos de TTP refletem esse acúmulo de carga, com algumas regiões apresentando diminuição de temperatura após dias de descanso e outras aumento após semanas de treino intenso. No entanto, sua associação com a percepção de recuperação e com a carga de treino avaliada por PSE sessão permanece inconclusiva. Pesquisas futuras com períodos de observação mais longos e avaliações detalhadas da intensidade de treino são necessárias para esclarecer a relação entre TTP e os parâmetros de carga de treino no voleibol e em outros esportes.

5. ESTUDO 2 – Avaliação da temperatura da pele e sua relação com a percepção de recuperação e o desempenho físico 24 horas após uma sessão de treino em jovens atletas de voleibol

■ Introdução

As demandas fisiológicas e biomecânicas do treinamento provocam alterações na temperatura da pele após o exercício, devido a respostas neuronais, ajustes vasomotores e processos inflamatórios (Majano *et al.*, 2023; Hillen *et al.*, 2020). Nesse contexto, a termografia infravermelha tem sido utilizada como ferramenta para prevenção de lesões e também no monitoramento das respostas ao treinamento em diferentes modalidades esportivas, por ser um método não invasivo, livre de radiação e por proporcionar resultados em tempo real (Gómez-Carmona *et al.*, 2020; Moreira *et al.*, 2017). Dentro do processo de treinamento, utilizar ferramentas para realizar o monitoramento da carga de treino é importante para otimizar o desempenho esportivo, evitando que adaptações negativas ao treinamento aconteçam (Gabbet *et al.*, 2017; Impellizzeri; Marcra; Coutts, 2019; Kellmann *et al.*, 2018;).

Além da termografia infravermelha, outras ferramentas têm sido usadas para avaliar a carga de treino, tais como: frequência cardíaca, marcadores de dano muscular e a percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE-sessão) (Impellizzeri; Marcra; Coutts, 2019; Kellmann *et al.*, 2018). Já o monitoramento da recuperação ocorre pela medição dos parâmetros da recuperação, os quais incluem: medidas de desempenho, (Fox *et al.*, 2018; Kennedy; Drake, 2018), temperatura corporal (Bourdon *et al.*, 2017), além das medidas de percepção subjetiva de recuperação (Laurent *et al.*, 2011).

A utilização da termografia infravermelha no esporte tem apontado resultados divergentes quando buscam avaliar a temperatura termográfica da pele (TTP) 24 horas após o exercício físico, com alguns estudos apresentando aumento da temperatura da pele, como reportado por De Andrade Fernandes *et al.* 2017^a que observaram esse aumento da TTP nos membros inferiores em jogadores de futebol 24 horas após uma partida e também após duas partidas realizadas com intervalo de 3 dias entre elas (De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^b). Rojas-Valverde *et al.* 2021 encontraram comportamento similar na TTP dos membros inferiores de corredores 24 horas após maratona. No entanto, Pérez-Guarner *et al.* (2019) não observaram aumento significativo na TTP em corredores 24 e 48 horas após meia maratona. Portanto, a relação entre o exercício físico e as alterações na

temperatura da pele, ainda apresenta resultados conflitantes, necessitando de mais estudos para entender melhor essa relação.

Além disso, alguns estudos buscaram correlacionar a TTP, com outros marcadores de respostas ao treinamento, como Metoyer *et al.* (2025) que encontraram correlação significativa e de magnitude fraca, porém negativa entre a mudança da TTP das regiões da perna e da coxa e a carga de treino total, calculada por sistema de posicionamento global (GPS), ou seja, quanto maior a carga de treino total, menor a mudança na TTP em atletas de futebol feminino. Enquanto, Majano *et al.* (2023) observaram que a assimetria térmica estava relacionada a um maior número de ações em alta intensidade e também na pior percepção de bem-estar em atletas de futebol. Além disso, Priego-Quesada *et al.* (2019) indicaram que a TTP da região posterior e anterior, dos membros superiores, coxa e perna, está relacionada com o percentual de massa muscular, com o volume de treino semanal, e percepção de fadiga em triatletas. Porém, De Carvalho *et al.* (2021) não observaram correlação significativa entre as percepções de recuperação, fadiga e dor com a TTP ao longo de uma temporada competitiva no futebol. Dessa forma, a relação entre a TTP e as variáveis de carga de treino e recuperação apresenta resultados divergentes, com a necessidade de novos estudos para compreender essa relação.

Sendo assim, novos estudos envolvendo a TTP e o exercício físico devem avaliar o efeito agudo de uma sessão de treino sobre a TTP e também relacionar a TTP com outras variáveis de treino como a percepção subjetiva de recuperação e também marcadores de desempenho. Além disso, é importante buscar compreender essas relações em modalidades esportivas diferentes daquelas já estudadas, como o voleibol, que apresenta características distintas. Esse esporte envolve movimentos como saltos verticais, deslocamentos em curtas distâncias e em diferentes direções, todos realizados em alta intensidade, seguidos por breves períodos de descanso (Horta et al., 2017; Sheppard et al., 2009). Ademais, diferentemente de outras modalidades coletivas, o voleibol se destaca por não envolver contato físico direto entre os jogadores durante a partida (Sheppard et al., 2009).

Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar a resposta da TTP 24h após uma sessão de treino no voleibol e se ela está associada com variáveis de desempenho físico e a percepção subjetiva de recuperação (PSR). Com base no estresse fisiológico causado pelo treino, a hipótese é que uma sessão de treino no voleibol aumente a TTP e apresente correlação com a PSR e o desempenho físico.

■ Material e métodos

5.2.1. Participantes

A amostra foi composta por 10 jovens atletas de elite de voleibol ($18,9 \pm 1,1$ anos; $185,4 \pm 4,5$ cm; $70,3 \pm 8,6$ kg), que treinavam 5 vezes por semana, disputavam competições estaduais e eram atletas de voleibol desde categorias inferiores. Foram incluídos aqueles que não apresentavam lesões musculoesqueléticas que impedissem a participação nos treinos.

Após a apresentação da proposta do estudo, os atletas assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, consentindo sua participação de forma voluntária. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (número 58003622.7.0000.5588) e foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinque.

5.2.2. Desenho experimental

Antes do início da coleta de dados, os atletas foram familiarizados com todos os procedimentos e testes adotados. Os dados foram coletados ao longo de dois dias do período preparatório de uma equipe sub-19. A sessão de treino foi composta por 10 minutos de aquecimento, seguidos de 40 minutos de treino técnico e por fim foi realizado um treino tático com duração de 40 minutos. Antes e 24h após essa sessão de treino, foi avaliado, nessa ordem, a percepção subjetiva de recuperação; temperatura termográfica da pele do ombro, peitoral, escápula, abdômen, lombar, braço, coxa e perna; e desempenho no salto contra movimento e na flexão de braço com repulsão. Também foi medida a carga interna de treino, a partir do método da PSE-sessão, ao final da sessão de treino.

Os dados foram coletados sempre no mesmo horário do dia (13h às 15h), para evitar influências do ciclo circadiano. Em adição, os atletas foram orientados a não tomar medicamentos, ingerir álcool ou suplementos nutricionais. O treinamento foi planejado e implementado pela comissão técnica da equipe e não foi influenciado pelas ações dos pesquisadores.

5.2.3. Percepção subjetiva de recuperação

A recuperação dos participantes foi avaliada pela escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR) (Laurent *et al.*, 2011). Os sujeitos foram solicitados a responder a

seguinte pergunta: “Como você se sente?” e indicavam na escala, onde 0 era “muito pouco recuperado” e 10 era “muito bem recuperado/muita energia”. A utilização dessa escala era realizada antes do treino.

5.2.4. Temperatura termográfica da pele

Os participantes permaneceram em pé por 15 min em uma sala climatizada com temperatura de 24°C para atingir o equilíbrio térmico antes da aquisição das imagens térmicas (Moreira *et al.*, 2017). A temperatura do ambiente foi monitorada pelo uso de um termo-higrômetro digital (Instrutemp®, modelo ITHT-2200, São Paulo, São Paulo, Brasil), com a temperatura média de 23.98 ± 0.18 °C e umidade relativa de $60.58 \pm 1.27\%$. Todos os termogramas foram realizados por um único examinador utilizando uma câmera termográfica (IRT-25, Fluke®, Everett, Washington, USA), com faixa de medição de -20°C a +350°C, precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$ ou 2% da faixa de leitura, diferença de temperatura equivalente a ruído $\leq 0.09^\circ\text{C}$ a uma temperatura alvo de 30°C (90mK), banda especial infravermelha de 7,5μm - 14μm, taxa de atualização de 9Hz e um sensor de matriz de plano focal de 160 x 120 pixels (Costa *et al.*, 2018). Durante a coleta a câmera estava posicionada em um tripé a 1,5 m do sujeito, os quais se posicionaram de pé em posição anatômica, de frente para o aparelho (Machado *et al.*, 2022). As imagens foram avaliadas por meio do uso do software Smartview®, versão 3.1 (Fluke®, Everett, Washington, Estados Unidos). O software foi configurado para tratar a imagem com temperatura de fundo de 25° C e emissividade de 0,98 (Machado *et al.*, 2022). Foi medida as ROI da região do ombro, peitoral, escapula, abdômen, lombar, braço, coxa e perna . Os sujeitos foram instruídos a evitar o uso de cafeína, bebidas alcoólicas, uso de cosméticos, grandes refeições e atividade física antes da coleta (Moreira *et al.*, 2017). Foram utilizadas nas análises estatísticas as temperaturas média (Tméd) e temperaturas máxima (Tmáx) das ROI dos membros dominantes dos atletas.

5.2.5. Salto contra movimento

Os sujeitos realizaram o salto vertical com contra movimento (CMJ) sobre um tapete de contato Multi Sprint (Multi-sprint, Hidrofit®, Belo Horizonte, Brazil). A altura do salto foi dada pelo software Multi Sprint (Hidrofit®, Belo Horizonte, Brazil). Os voluntários foram orientados a saltar o mais alto possível com uma amplitude de movimento alto determinada e com os braços apoiados na cintura (Markovic *et al.*, 2004). Cada atleta realizou 3 tentativas, com 2 min de intervalo entre elas, sendo o maior salto das 3 tentativas utilizado para análise estatística.

5.2.6. Flexão de braço com repulsão

Foi realizada a flexão de braço no chão, com as mãos apoiadas sobre o tapete de contato Multi Sprint (Multi-sprint Hidrofit®, Belo Horizonte, Brazil). Os sujeitos iniciavam o teste com os braços totalmente estendidos e mãos afastadas na largura do ombro, os voluntários foram orientados a realizar a flexão de braço na fase excêntrica com amplitude de movimento alto determinada e logo em seguida realizar extensão dos braços empurrando o chão o mais rápido possível, de forma que as mãos saíssem do chão o mais alto possível. A altura alcançada foi dada pelo software Multi-sprint (Multi-Sprint, Hidrofit®, Belo Horizonte, Brazil). Os atletas realizaram 3 tentativas com 2 min de intervalo entre elas, sendo registrado para análise a tentativa de maior desempenho.

5.2.7. Carga interna de treino

A carga interna de treino foi avaliada de acordo com o método da PSE-sessão proposto por Foster *et al.* (2001). Trinta minutos após o treino, os atletas respondiam a seguinte pergunta: “Como foi seu treino?”, baseado na escala CR 10 de Borg (Borg, 1962). Em que 0 indica repouso e 10 esforço máximo. Os sujeitos reportaram o número de forma verbal, sem que houvesse contato entre os mesmos. A carga interna de treino foi calculada através do produto entre o valor indicado na PSE e o tempo total do treino em minutos.

5.2.8. Análise estatística

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de *Shapiro Wilk*, os dados que apresentaram distribuição normal foram apresentados em média \pm desvio padrão. O teste-t para amostras emparelhadas foi usado para analisar os dados de temperatura da pele, PSR, salto contra movimento e flexão de braço. Foi realizado o teste de correlação entre PSR e as TTP médias e máximas do lado dominante. Também foi realizada a correlação entre o salto vertical e as TTP medias e máximas dos membros inferiores, entre a flexão de braço com repulsão com a temperatura da pele dos membros superiores. Os coeficientes de correlação (*r*) foram classificados como triviais (0,1-0,29), pequenos (0,3-0,49), moderados (0,5-0,69), grandes (0,7-0,89) e muito grande (0,9-1,0) (Cohen, 1988). O nível de significância adotado foi de 5%. As análises foram realizadas no software STATISTICA (versão 7, StatSoft, Inc., Tulsa, US).

■ Resultados

A tabela 9 e 10 mostram os dados de temperatura média e máxima da pele nas diferentes ROI anteriores e posteriores, respectivamente. A temperatura máxima anterior

da coxa e da perna aumentaram 24 h após o treino ($p<0,05$) (Tabela 9). Não foi observado diferença para as demais regiões ($p>0,05$). Na região posterior, a temperatura média e máxima do ombro aumentou 24 h após o treino ($p<0,05$).

Tabela 9- Temperatura da pele das regiões anteriores.

		Antes do treino (basal)	24h	Valor de p
Ombro	$T_{\text{méd}}$	$33,3 \pm 0,5$	$33,6 \pm 0,6$	0,23
	$T_{\text{máx}}$	$35,1 \pm 0,5$	$35,2 \pm 0,7$	0,50
Peitoral	$T_{\text{méd}}$	$34,1 \pm 0,6$	$34,2 \pm 0,6$	0,52
	$T_{\text{máx}}$	$35,6 \pm 0,6$	$35,8 \pm 0,6$	0,11
Abdômen	$T_{\text{méd}}$	$34,4 \pm 0,7$	$34,6 \pm 0,7$	0,22
	$T_{\text{máx}}$	$35,2 \pm 0,7$	$35,4 \pm 0,7$	0,15
Braço	$T_{\text{méd}}$	$32,5 \pm 1,1$	$32,8 \pm 0,5$	0,27
	$T_{\text{máx}}$	$35,4 \pm 0,8$	$35,5 \pm 0,7$	0,52
Coxa	$T_{\text{méd}}$	$32,7 \pm 0,9$	$32,9 \pm 0,9$	0,15
	$T_{\text{máxi}}$	$34,2 \pm 0,9$	$34,7 \pm 1,0$	0,04*
Perna	$T_{\text{méd}}$	$32,1 \pm 1,1$	$32,3 \pm 1,0$	0,48
	$T_{\text{máx}}$	$34,3 \pm 0,9$	$34,7 \pm 1,0$	0,04*

(*) $p<0,05$, diferente de antes do treino. $T_{\text{méd}}$, Temperatura média da pele. $T_{\text{máx}}$, Temperatura máxima da pele.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tabela 10- Temperatura da pele das regiões posteriores.

		Antes do treino (basal)	24h	Valor de p
Ombro	T _{méd}	34,4 ± 0,5	34,8 ± 0,5	0,03*
	T _{máx}	35,1 ± 0,6	35,4 ± 0,5	0,01*
Escapula	T _{méd}	34,3 ± 0,7	34,6 ± 0,3	0,13
	T _{máx}	35,4 ± 0,6	35,7 ± 0,4	0,13
Lombar	T _{méd}	33,7 ± 0,9	33,8 ± 0,5	0,65
	T _{máx}	34,6 ± 0,8	34,6 ± 0,5	0,85
Braço	T _{méd}	32,5 ± 1,1	32,8 ± 0,5	0,27
	T _{máx}	34,3 ± 1,2	34,3 ± 0,5	0,84
Coxa	T _{méd}	32,7 ± 1,0	32,3 ± 0,8	0,10
	T _{máx}	33,9 ± 0,9	33,7 ± 0,7	0,31
Perna	T _{méd}	32,6 ± 1,0	32,6 ± 0,8	0,86
	T _{máx}	33,9 ± 0,9	33,7 ± 0,7	0,31

(*) p<0,05, diferente de antes do treino. T_{méd}, Temperatura média da pele. T_{máx}, Temperatura máxima da pele.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A tabela 11 mostra os dados de desempenho físico e dor muscular. Não houve diferença entre os dias para PSR, CMJ e flexão de braço. A carga de treino da sessão foi de $487,8 \pm 147,7$ U.A e a PSE $3,3 \pm 1$.

Tabela 11- Desempenho físico e percepção subjetiva de recuperação.

	Antes do treino (basal)	24h	Valor de p
PSR	$5,7 \pm 2,8$	$7,1 \pm 1,9$	0,07
CMJ	$39,1 \pm 6,6$	$40,4 \pm 6,2$	0,09
Flexão de braço	$14,4 \pm 3,9$	$14,9 \pm 3,2$	0,74

p<0,05. PSR, Percepção subjetiva de recuperação, CMJ, Salto com contramovimento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A tabela 12 apresenta a matriz de correlação entre a PSR e temperatura média e máxima da pele nas diferentes regiões. Não houve correlação significativa entre a temperatura da pele medida nas diferentes regiões (ombro, peitoral, escápula, abdômen, lombar, braço, coxa e perna) com a PSR ($p> 0,05$).

Tabela 12- Correlação (valor de r) entre a PSR e temperatura média e máxima da pele nas diferentes regiões.

	Região	$T_{méd}$	$T_{máx}$
Ombro	Anterior	-0,10	0,13
	Posterior	-0,02	0,03
Peitoral		-0,11	-0,20
Escápula		0,03	-0,00
Abdômen		-0,30	-0,23z
Lombar		-0,23	-0,39
Braço	Anterior	0,17	-0,22
	Posterior	0,17	-0,18
Coxa	Anterior	-0,01	-0,22
	Posterior	-0,19	-0,27
Perna	Anterior	-0,04	-0,22
	Posterior	0,04	-0,27

$T_{méd}$, Temperatura termográfica média da pele. $T_{máx}$, Temperatura termográfica máxima da pele.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A análise da associação entre o desempenho no salto vertical com a $T_{méd}$ e $T_{máx}$ está apresentada na Tabela 13. Houve correlação significativa moderada do desempenho no salto vertical com as temperaturas termográficas média e máxima da pele da parte posterior da coxa ($T_{méd} r= 0,52, p= 0,018$) ($T_{máx} r= 0,5, p= 0,020$) e da perna ($T_{méd} = 0,62, p= 0,003$) ($T_{máx} r= 0,51, p= 0,020$). Também houve correlação pequena entre o desempenho no salto e a temperatura média da parte anterior da perna ($T_{méd} r= 0,46, p= 0,041$). Não foi observada correlação para as demais regiões ($p> 0,05$).

Tabela 13- Correlação (valor de r) entre o desempenho no salto vertical e a temperatura termográfica média e máxima da pele.

	Região	T _{méd}	T _{máx}
Coxa	Anterior	0,42	0,31
	Posterior	0,52*	0,51*
Perna	Anterior	0,46*	0,31
	Posterior	0,62*	0,51*

(*) p<0,05. T_{méd}, Temperatura termográfica média da pele. T_{máx}, Temperatura termográfica máxima da pele.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Não houve correlação do desempenho na flexão de braço com repulsão e a Tméd e Tmáx do peitoral, ombro anterior, abdômen e da região posterior do braço ($p> 0,05$) (Tabela 14).

Tabela 14- Correlação (valor de r) entre o desempenho no teste de flexão de braço com repulsão e a temperatura termográfica média e máxima da pele.

Região	T _{méd}	T _{máx}
Peitoral	- 0,09	- 0,07
Ombro anterior	- 0,00	0,06
Braço Posterior	-0,25	-0,28

T_{méd}, Temperatura média da pele. T_{máx}, Temperatura máxima da pele.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

■ Discussão

A partir do objetivo do presente estudo, foi encontrado que uma sessão de treino de voleibol foi responsável por causar estresse fisiológico nos atletas sub-19 de voleibol, uma vez que, das oito regiões avaliadas (i.e., ombro, peitoral, escápula, abdômen, braço, lombar, coxa e perna), houve aumento na temperatura do ombro, coxa e perna 24 h após a sessão de treino no voleibol.

Em relação aos resultados encontrados da TTP, os estudos que apresentaram desenho experimental similar ao nosso estudo, em que se avaliou a TTP de forma aguda

após sessão de treino apresentaram resultados divergentes. O estudo de De Andrade Fernandes *et al.* (2017)^a, avaliaram por até 48 horas um atleta de futebol após uma partida oficial e encontraram aumento da temperatura média da pele dos membros inferiores 24 h após a partida, retornando aos valores basais 48 horas após a partida. Porém, Ferreira Júnior *et al.*, (2021) avaliaram a TTP da coxa ao longo de 72 h após uma única sessão de treinamento de força até a falha muscular momentânea no exercício *leg press 45°*, foram observadas redução na força isométrica, no desempenho do salto horizontal e na percepção de recuperação, aumento na espessura muscular e na dor muscular. No entanto, as TTP média e máxima da região anterior e posterior da coxa não foram alteradas em até 72 horas após a sessão de treino. Adicionalmente, Perez-Guarner *et al.*, (2019) não observaram aumento na temperatura da pele 24 e 48 horas após meia maratona, porém os outros parâmetros sofreram alterações como marcadores sanguíneos de inflamação e dano muscular, CK e glutamato oxaloacetato transaminase e também de desempenho físico, CMJ. Esses resultados indicam que o dano muscular e a inflamação podem não estar próximos da pele, sendo assim não causam um efeito significativo na TTP. Entretanto, as modalidades avaliadas pelos estudos citados anteriormente apresentam características distintas do voleibol.

Outro estudo encontrou alterações na TTP, porém diferente do nosso estudo não foi avaliado somente uma sessão de treino. Duarte *et al.* (2025) avaliaram jogadores de voleibol durante um período de 2 semanas de treinamento, e observaram aumento da Tméd das regiões do ombro parte anterior e posterior, braço posterior e perna anterior e posterior e da Tmáx das regiões do ombro parte anterior e posterior, braço posterior e perna anterior e posterior ao final da semana de treino e diminuição após dois dias sem treinos. Outros estudos também observaram alterações na TTP com o acúmulo de carga de treino. Priego-Quesada *et al.* (2019) avaliaram triatletas durante três dias de treino e encontraram aumento significativo ($p < 0,05$) da Tmáx e Tméd durante o período avaliado. De Andrade Fernandes *et al.* (2017)^b também observaram aumento significativo ($p < 0,05$) da TTP de membros inferiores após duas partidas de futebol consecutivas separadas por um intervalo de 3 dias.

Existem algumas possíveis explicações para essa divergência de resultados encontrados nos estudos como a variabilidade inter-participantes (Priego-Quesada *et al.*, 2019), a hora do dia de coleta diferente em cada estudo já que a TTP apresenta ritmo circadiano (Marins *et al.*, 2015^b), modalidades esportivas com diferentes características e

demandas físicas em cada estudo, bem como as condições de mensuração da TTP, alguns estudos conseguiram controlar fatores como sono e alimentação (Priego-Quesada *et al.*, 2019; De Andrade Fernandes *et al.*, 2017^a)

As regiões em que a temperatura da pele sofreu alterações no presente estudo (i.e., coxa, perna e ombro) pode estar relacionado aos movimentos executados de maneira repetida no treinamento de voleibol, pois são regiões exigidas tanto em ações ofensivas quanto defensivas na modalidade. Majano *et al.*, (2023), também encontraram resultados similares, apontando que após treinamento de alta intensidade no futebol foram encontradas assimetrias térmicas nas coxas, indicando e assim corroborando com nossos achados que os segmentos corporais envolvidos nas ações de treino e jogo apresentam fadiga localizada, causando alterações na TTP.

Apesar das alterações na TTP, as outras variáveis analisadas como a PSR e o desempenho físico não apresentaram alterações, sugerindo que o estresse fisiológico causado pela sessão de treino não foi suficiente para causar queda de desempenho e modificar a PSR após 24 horas. Sendo assim, apesar das outras variáveis não apresentarem alterações, a termografia infravermelha se mostrou uma ferramenta sensível, capaz de detectar alterações causadas pela carga de treino, talvez por avaliar as regiões do corpo de maneira específica e dessa forma indicar as regiões mais exigidas no treino. Priego-Quesada *et al.*, (2019) também não encontraram alterações no desempenho do CMJ ($p > 0,05$), porém identificaram aumento da percepção da fadiga ($p < 0,01$) e da dor ($p = 0,01$) em triatletas durante três dias de treinamento. Além disso, a relação da TTP com as outras variáveis de treino avaliadas não foram significativas, somente com o desempenho no CMJ para as regiões posterior da coxa e da parte anterior e posterior da perna. Duarte *et al.* (2025) também não observaram correlação significativa entre a PSR e a TTP em jogadores de voleibol e diferente dos nossos achados, De Carvalho *et al.* (2021) não encontraram correlação entre a TTP e as variáveis de desempenho medidas através de GPS, distância total percorrida, distância percorrida em alta intensidade, número de acelerações e desacelerações e números de *sprints* durante partidas de futebol.

A PSE indicada pelos jovens atletas ($3,3 \pm 1$ U.A) utilizada como parte para o cálculo da carga de treino, se mostrou mais baixa quando comparada com Horta *et al.*, (2020), que encontraram valores que variavam de 3.86 a 4.41 U.A ao longo de uma temporada competitiva no voleibol. Sendo assim, a carga mais baixa pode ser um dos motivos que não levou a redução da PSR no dia seguinte ao treino. No entanto, o presente

estudo realizou a análise de um dia de treino ao longo de uma semana de treinamento e também não interferiu no planejamento e organização do treino, de forma que esse dia de treino com cargas mais baixa fizesse parte da periodização proposta pela comissão técnica.

O presente estudo não está livre de limitações. Uma delas foi a baixa carga de treino da sessão, o que pode ter comprometido avaliar o real impacto da carga de treino na temperatura da pele. Outra limitação é o curto período de recuperação avaliado (i.e., 24 h) e também a ausência de utilização de outros métodos de avaliação do dano muscular. Futuros estudos para avaliar se a temperatura da pele pode ser usada como um parâmetro para avaliar a carga de treino devem considerar a análises de períodos mais longos (e.g., 48-72h), bem como a avaliação de períodos com treinos de maior intensidade.

Conclusão

Os resultados sugerem que a sessão de treino de vôlei pode influenciar a temperatura da pele em regiões específicas do corpo como a coxa, perna e ombro. Porém, a relação entre essas mudanças de temperatura e o desempenho físico parece ser um pouco limitada, o que pode ser justificado pelo baixo estresse fisiológico induzido pela sessão de treino, uma vez que não houve alteração nas variáveis de desempenho (salto contra movimento, flexão de braço com repulsão) e percepção subjetiva de recuperação. A elevação da temperatura nos membros inferiores 24h após a sessão de treino sugerem que as coxas e pernas podem ser áreas que apresentem maior estresse fisiológico no voleibol do que os membros superiores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Limitações

Podemos apontar como limitação dos dois estudos a ausência de outros marcadores fisiológicos, como marcadores de dano muscular e também marcadores inflamatórios (ex: CK, LDH, citocinas). Tais marcadores poderiam auxiliar na interpretação das alterações da TTP que ocorreram em ambos os estudos. No estudo 1, a realização de uma avaliação em um momento intermediário da fase preparatória, aliada à

continuidade dos treinos durante a fase de familiarização, limita a interpretação da medição de linha de base realizada na segunda-feira da semana 1, o que pode não refletir com precisão o real estado inicial dos atletas. No estudo 2, a baixa carga da sessão de treino pode ter comprometido a avaliação do real impacto da carga de exercício sobre a temperatura da pele.

6.2. Pontos fortes

O crescente uso da temperatura termográfica da pele, medida através da termografia infravermelha, com o objetivo do monitoramento das cargas de treinamento e recuperação tem provocado um aumento nas pesquisas sobre o tema ao longo dos anos. Sendo assim, a presente tese apresentou alguns pontos fortes apresentados de forma objetiva, como:

- Avançar no entendimento sobre a utilização da termografia infravermelha no voleibol;
- Utilizar como amostra, uma equipe profissional de voleibol que estava em preparação para uma competição de nível nacional;
- Fornecer informações sobre as práticas e planejamento de treino de uma equipe profissional e sub-19 de voleibol;
- Utilizar um método de controle de carga de treinamento não invasivo e não radioativo, com avaliações rápidas e resultados imediatos, a partir de uma variável fisiológica.

6.3. Aplicações práticas

A temperatura termográfica da pele pode ser utilizada para como ferramenta de controle da carga de treino, auxiliando treinadores e preparadores físicos a identificarem acúmulo de carga ao longo da semana e permitindo ajustes na periodização. Além disso, a avaliação da temperatura termográfica da pele 24 horas após a sessão de treino da pele pode ajudar a constatar quais grupamentos musculares foram mais exigidos, como observado nos membros inferiores em nosso estudo. Consequentemente, essa avaliação auxiliará as decisões da comissão técnica quanto as exigências físicas e técnicas do próximo treino.

Adicionalmente, outras aplicações práticas podem ser sugeridas a partir da utilização da temperatura termográfica da pele, como a prevenção de lesões, grupos

musculares com aumento persistente de temperatura, permitindo intervenções preventivas como redução da carga ou descanso. Otimizar a recuperação, buscando ajustar os períodos de recuperação ao longo do período de treinamento, em nosso estudo após dois dias de descanso a temperatura termográfica da pele reduzia, indicando ser suficiente para recuperação.

6.4. Conclusão

O uso da termografia infravermelha no meio esportivo tem se tornado cada vez mais frequente, principalmente no controle da carga de treino e também na prevenção de lesão (Masur; Brand; Düking 2025). No entanto, os resultados encontrados na literatura apresentam algumas divergências quanto ao comportamento da temperatura termográfica da pele após o exercício, como também sua relação com outras variáveis de treino. A partir dessas divergências encontradas, nosso objetivo geral do trabalho foi avaliar se a TTP pode ser utilizada como parâmetro de carga de treino. E com objetivos específicos, de avaliar a TTP durante duas semanas do período preparatório em jogadores de voleibol e também de avaliar a resposta termográfica da pele 24h após uma sessão de treino no voleibol. Além disso, relacionar a TTP com outras variáveis de treino, com a carga de treino, a percepção de subjetiva de recuperação e o desempenho físico.

Os resultados encontrados, sugerem que um período preparatório de duas semanas promoveu acúmulo de carga de treino em jogadores profissionais de voleibol, evidenciado pela redução da percepção subjetiva de recuperação ao final de cada semana avaliada. Adicionalmente, os dados da TTP refletem esse acúmulo de carga, com as regiões do ombro parte anterior e posterior, braço parte posterior e perna parte anterior e posterior apresentando diminuição de temperatura após dias de descanso e outras como ombro parte anterior e posterior aumento após semanas de treino intenso. Entretanto, a relação das alterações da TTP com a percepção de recuperação e com a carga de treino mensurada por PSE-sessão permanece inconclusiva. Pesquisas futuras com períodos de observação mais longos e avaliações detalhadas da intensidade de treino são necessárias para esclarecer a relação entre TTP e os parâmetros de carga de treino no voleibol e em outros esportes.

Além disso, ao se avaliar a TTP 24 horas após sessão de treino no voleibol, foram observados aumentos significativos nas regiões da coxa e da perna, parte anterior e na região da coxa, parte posterior, sugerindo maior exigência dos membros inferiores

durante a sessão de treino. No entanto, a relação entre essas mudanças de temperatura e o desempenho físico parece ser um pouco limitada, o que pode ser justificado pelo baixo estresse fisiológico induzido pela sessão de treino, uma vez que não houve alteração no desempenho no CMJ e flexão de braço com repulsão e também na PSR.

Sendo assim, a partir dos resultados encontrados podemos concluir que a temperatura termográfica da pele pode ser utilizada como controle de carga de treino, pois sofreu alterações, provocadas pelo treinamento.

REFERÊNCIAS

AMMER, K.; FORMENTI, D. Does the type of skin temperature distribution matter? *Thermol Int*, 26, n. 2, p. 3, 2016.

ANDRADE, D. M.; FERNANDES, G.; MIRANDA, R.; REIS COIMBRA, D. et al. Training Load and Recovery in Volleyball During a Competitive Season. *J Strength Cond Res*, 35, n. 4, p. 1082-1088, Apr 1 2021.

ANDRADE NOGUEIRA, F. C. D.; NOGUEIRA, R. A.; COIMBRA, D. R.; MIOSKI, B. et al. Internal training load: perception of volleyball coaches and athletes. *Rev Bras Cineantropometria Desempenho Hum*, 16, 2014.

ARANTES BERTOCHI, G. F.; MOTA, G. R.; HAILE, L.; MAROCOLO, M. et al. Validity of Weekly and Monthly Perceived Exertion in Runners. **Int J Sports Med**, 44, n. 11, p. 763-777, Oct 2023.

BORG, G. **Physical performance and perceived exertion**. Lund: 1962. (Studia psychologica et pedagogica. Series altera. Investigationes, 11).

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**, 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BOURDON, P. C.; CARDINALE, M.; MURRAY, A.; GASTIN, P. et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **Int J Sports Physiol Perform**, 12, n. Suppl 2, p. S2161-S2170, Apr 2017.

BRITO, C. J.; MOREIRA, D. G.; FERREIRA, J. J.; DÍAZ-DE-DURANA, A. L. et al. Immune Response Related With Skin Thermal Pattern in Judokas: A New Application for Infrared Thermography? **J Strength Cond Res**, 34, n. 10, p. 2886-2894, Oct 2020.

CHARKOUDIAN, N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why. **Mayo Clin Proc**, 78, n. 5, p. 603-612, May 2003.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. Second ed. Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

COSTA, C. M. A.; MOREIRA, D. G.; SILLERO-QUINTANA, M.; BRITO, C. J. et al. Daily rhythm of skin temperature of women evaluated by infrared thermal imaging. **J Therm Biol**, 72, p. 1-9, Feb 2018.

CRUZ, R.; DE FREITAS, J. V.; SANTOS, J. P. N. D. R. C.; CARDOSO, P. H. C.; SIQUEIRA, R.; ALVES, D. L.; DE LIMA, J. P. Comparação entre a PSE planejada pelo treinador com a percebida por jovens atletas de atletismo. **Rev Bras Ciênc Mov**, 25, n. 1, p. 13-18, 2017.

CÔRTE, A. C. R. E.; HERNANDEZ, A. J. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. **Rev Bras Med Esporte**, 22, 2016.

DA SILVA, W.; GODOY-LÓPEZ, J. R.; MACHADO, Á. S.; LEMOS, A. L. et al. Effect of different Volumes of exercise on skin temperature responses over the following 24 hours. **J Therm Biol**, 123, p. 103923, 2024/07/01/ 2024.

DE ANDRADE FERNANDES, A.; PIMENTA, E. M.; MOREIRA, D. G.; SILLERO-QUINTANA, M. et al. Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. **J Exerc Rehabil**, 13, n. 3, p. 330-334, Jun 2017.^a

DE ANDRADE FERNANDES, A.; PIMENTA, E. M.; MOREIRA, D. G.; SILLERO-QUINTANA, M. et al. Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. **Sport Sci Health**, 13, n. 3, p. 635-643, 2017/12/01 2017.^b

DE CARVALHO, G.; GIRASOL, C. E.; GONÇALVES, L. G. C.; GUIRRO, E. C. O. et al. Correlation between skin temperature in the lower limbs and biochemical marker, performance data, and clinical recovery scales. **Plos One**, 16, n. 3, p. e0248653, 2021.

DE DIOS-ÁLVAREZ, V.; SUÁREZ-IGLESIAS, D.; BOUZAS-RICO, S.; ALKAIN, P. et al. Relationships between RPE-derived internal training load parameters and GPS-based external training load variables in elite young soccer players. **Res Sports Med**, 31, n. 1, p. 58-73, Jan-Feb 2023.

DEBIEN, P.; MIOSKI, B.; TIMOTEO, T.; FEREZIN, C. et al. Weekly profile of training load and recovery in elite rhythmic gymnasts. **Sci Gymnast J**, 11, n.1, p. 23-35, 2019.

DOS SANTOS BUNN, P.; MIRANDA, M. E. K.; RODRIGUES, A. I.; DE SOUZA SODRÉ, R. et al. Infrared thermography and musculoskeletal injuries: A systematic review with meta-analysis. **Infrared Phys Tech**, 109, p. 103435, 2020/09/01/ 2020.

DUARTE, T. S.; ALVES, D. L.; COIMBRA, D. R.; MIOSKI, B. et al. Technical and Tactical Training Load in Professional Volleyball Players. **Int J Sports Physiol Perform**, 14, n. 10, p. 1338-1343, Nov 01 2019.

DUARTE, T. S.; COIMBRA, D. R.; MIRANDA, R.; TOLEDO, H. C. et al. Monitoring training load and recovery in volleyball players during a season. **Rev Bras Med Esporte**, 25, 2019.

DUARTE, T. S.; DE FARIA, B. S. H.; WERNECK, F. Z.; TOLEDO, H. C. et al. Psychophysiological responses during the microcycle with the start of the national championship: A case study of a volleyball team. **Apunts Sports Med**, 58, n. 220, p. 100422, 2023.

DUARTE, T. S.; FERREIRA-JÚNIOR, J. B.; OLIVEIRA, J. C. G.; COSTA, C. M. A. et al. Is skin temperature associated with training load during preparatory period of a professional volleyball team? **J Therm Biol**, 127, p. 104038, Jan 2025.

EDWARDS, S. **The Heart Rate Monitor Book**. eighth ed. Sacramento, CA.: Fleet Press, 1993.

ESPASA-LABRADOR, J.; FORT-VANMEERHAEGHE, A.; MONTALVO, A. M.; CARRASCO-MARGINET, M. et al. Monitoring Internal Load in Women's Basketball via Subjective and Device-Based Methods: A Systematic Review. **Sensors (Basel)**, 23, n. 9, May 02 2023a.

FAN, W.; EVANS, R. M. Exercise Mimetics: Impact on Health and Performance. **Cell Metab**, 25, n. 2, p. 242-247, Feb 07 2017.

FERREIRA-JÚNIOR, J. B. et al. Is skin temperature associated with muscle recovery status following a single bout of leg press? **Physiol Meas**, v. 42, n. 3, Apr 09 2021.

FORMENTI, D.; LUDWIG, N.; GARGANO, M.; GONDOLA, M. et al. Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. **Ann Biomed Eng**, 41, n. 4, p. 863-871, Apr 2013.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; BOUZAS MARINS, J. C; LASTRAS, J. A.; CARMONA, P. M. G. et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Phys Technol**, 71, p. 28-55, Jul 2015.

FOSTER, C.; BOULLOSA, D.; MCGUIGAN, M.; FUSCO, A. et al. 25 Years of Session Rating of Perceived Exertion: Historical Perspective and Development. **Int J Sports Physiol Perform**, 16, n. 5, p. 612-621, May 01 2021.

FOSTER, C.; FLORHAUG, J. A.; FRANKLIN, J.; GOTTSCHALL, L. et al. A new approach to monitoring exercise training. **J Strength Cond Res**, 15, n. 1, p. 109-115, Feb 2001.

FOSTER, C.; RODRIGUEZ-MARROYO, J. A.; DE KONING, J. J. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. **Int J Sports Physiol Perform**, 12, n. Suppl 2, p. S22-s28, Apr 2017.

FOX, J. L.; STANTON, R.; SARGENT, C.; WINTOUR, S. A. et al. The Association Between Training Load and Performance in Team Sports: A Systematic Review. **Sports Med**, 48, n. 12, p. 2743-2774, Dec 2018.

GABBETT, T. J.; NASSIS, G. P.; OETTER, E.; PRETORIUS, J. et al. The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. **Br J Sports Med**, 51, n. 20, p. 1451-1452, Oct 2017.

GOMES MOREIRA, D.; JOSÉ BRITO, C.; DE ALMEIDA FERREIRA, J. J.; BOUZAS MARINS, J. C. et al. Lactate Concentration Is Related to Skin Temperature Variation After a Specific Incremental Judo Test. **J Strength Cond Res**, 35, n. 8, p. 2213-2221, Aug 1 2021b.

GÓMEZ-CARMONA, P.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; SILLERO-QUINTANA, M.; ARNAIZ-LASTRAS, J. et al. Infrared Thermography Protocol on Reducing the Incidence of Soccer Injuries. **J Sport Rehabil**, 29, n. 8, p. 1222-1227, Nov 1 2020.

HADDAD, M.; STYLIANIDES, G.; DJAOUI, L.; DELLAL, A. et al. Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. **Front Neurosci**, 11, p. 612, 2017.

HALSON, S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. **Sports Med**, 44, n. Suppl 2, p. S139-147, Nov 2014.

HEIDARI, J.; BECKMANN, J.; BERTOLLO, M.; BRINK, M. et al. Multidimensional Monitoring of Recovery Status and Implications for Performance. **Int J Sports Physiol Perform**, 14, n. 1, p. 2-8, Jan 1 2019.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors (Basel)**, 10, n. 5, p. 4700-4715, 2010.

HILLEN, B. et al. Infrared Thermography in Exercise Physiology: The Dawning of Exercise Radiomics. **Sports Med**, v. 50, n. 2, p. 263-282, Feb 2020.

HORTA, T. A. G.; BARA FILHO, M. G.; COIMBRA, D. R.; MIRANDA, R. et al. Training Load, Physical Performance, Biochemical Markers, and Psychological Stress During a Short Preparatory Period in Brazilian Elite Male Volleyball Players. **J Strength Cond Res**, 33, n. 12, p. 3392-3399, Dec 2019.

HORTA, T. A. G.; BARA FILHO, M. G.; COIMBRA, D. R.; WERNECK, F. Z. et al. Perfil da carga de treinamento no voleibol de alto rendimento: um estudo de caso. **Rev Bras Ciênc Esporte**, 41, p. 419-426, 2019

HORTA, T. A. G.; BARA, M. G.; MIRANDA, R.; COIMBRA, D. R. et al. Influência dos saltos verticais na percepção da carga interna de treinamento no voleibol. **Rev Bras Med Esporte**, 23, 2017.

HORTA, T. A. G.; LIMA, P. H. P. D.; MATTA, G. G.; FREITAS, J. V. D. et al. Training load impact on recovery status in professional volleyball athletes. **Rev Bras Med Esporte**, 26, 2020.

HUDSON, S.; FISH, M.; HAINES, M.; HARPER, L. Monitoring the physical demands of training in Rugby League: the practices and perceptions of practitioners. **Sci Med Footb**, 8, n. 4, p. 293-300, Nov 2024.

IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and External Training Load: 15 Years On. **Int J Sports Physiol Perform**, 14, n. 2, p. 270-273, Feb 1 2019.

IMPELLIZZERI, F. M.; MENASPÀ, P.; COUTTS, A. J.; KALKHOVEN, J. et al. Training Load and Its Role in Injury Prevention, Part I: Back to the Future. **J Athl Train**, 55, n. 9, p. 885-892, Sep 01 2020.

INOUE, A.; DOS SANTOS BUNN, P.; DO CARMO, E. C.; LATTARI, E. et al. Internal Training Load Perceived by Athletes and Planned by Coaches: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med Open**, 8, n. 1, p. 35, Mar 04 2022.

JONES, T. W.; SHILLABEER, B. C.; CARDINALE, M. Skin Temperature, Training Load, and Subjective Muscle Soreness in Junior Endurance Athletes: A Case Study. **Int J Sports Physiol Perform**, 15, n. 9, p. 1349-1352, Oct 1 2020.

KELLMANN, M.; BERTOLLO, M.; BOSQUET, L.; BRINK, M. et al. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. **Int J Sports Physiol Perform**, 13, n. 2, p. 240-245, Feb 01 2018.

KELLMANN, M.; KALLUS, K. W. **Recovery-stress questionnaire for athletes: User manual**. Champaign, IL, US: Human Kinetics, 2001. xi, 73-xi, 73 p. (Recovery-stress questionnaire for athletes: User manual. 0-7360-3776-4 (Paperback)).

KENNEDY, R. A.; DRAKE, D. Dissociated Time Course of Recovery Between Strength and Power After Isoinertial Resistance Loading in Rugby Union Players. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 3, p. 748-755, Mar 2018.

KORMAN, P.; KUSY, K.; KANTANISTA, A.; STRABURZYNSKA-LUPA, A. et al. Temperature and creatine kinase changes during a 10d taper period in sprinters. **Physiol Meas**, 42, n. 12, Dec 29 2021.

LAURENT, C. M.; GREEN, J. M.; BISHOP, P. A.; SJÖKVIST, J. et al. A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. **J Strength Cond Res**, 25, n. 3, p. 620-628, Mar 2011a.

LIMA, R. F.; SILVA, A.; AFONSO, J.; CASTRO, H. et al. External and internal Load and their Effects on Professional Volleyball Training. **Int J Sports Med**, 41, n. 7, p. 468-474, Jun 2020.

LUPO, C.; TESSITORE, A.; GASPERI, L.; GOMEZ, M. Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. **Biol Sport**, 34, n. 1, p. 11-17, Mar 2017.

LYAKH, V.; MIKOŁAJEC, K.; BUJAS, P.; WITKOWSKI, Z. et al. Periodization in Team Sport Games - A Review of Current Knowledge and Modern Trends in Competitive Sports. **J Hum Kinet**, 54, p. 173-180, 2016.

MACHADO Á, S.; DA SILVA, W.; PRIEGO-QUESADA, J. I.; CARPES, F. P. Can infrared thermography serve as an alternative to assess cumulative fatigue in women? **J Therm Biol**, 115, p. 103612, Jul 2023.

MACHADO, Á. S.; MAR, C.-S.; IRENE, J.-P.; MARINA, G.-C. et al. Distance and camera features measurements affect the detection of temperature asymmetries using infrared thermography. **Quant InfraRed Thermogr J**, 21, n. 2, p. 69-81, 2024/03/14 2024.

MAIOR, A. S.; LEPORACE, G.; TANNURE, M.; MAROCOLO, M. Profile of infrared thermography in elite soccer players. **Motriz: J Phys Ed**, 23, 2017.

MAJANO, C.; GARCIA-UNANUE, J.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; ESCAMILLA-GALINDO, V. et al. Association between physical demands, skin temperature and wellbeing status in elite football players. **Sci Rep**, 13, n. 1, p. 13780, 2023/08/23 2023.

MARCORA, S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. **J Appl Physiol** (1985), 106, n. 6, p. 2060-2062, Jun 2009.

MARCORA, S. M.; BOSIO, A.; DE MORREE, H. M. Locomotor muscle fatigue increases cardiorespiratory responses and reduces performance during intense cycling exercise independently from metabolic stress. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, 294, n. 3, p. R874-883, Mar 2008.

MARINS, J. C.; FERNANDES, A. A.; CANO, S. P.; MOREIRA, D. G. et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). **J Therm Biol**, 42, p. 1-8, May 2014.

MARINS, J. C. B.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; FERNANDES, A. A. et al. Application of infrared thermography. A review. **Rev Int Med Cien Ac**, 15, n.60, p. 21, 2015.

MARINS, J. C. B.; FORMENTI, D.; COSTA, C. M. A.; DE ANDRADE FERNANDES, A. et al. Circadian and gender differences in skin temperature in militaries by thermography. **Infrared Phys**, 71, p. 322-328, 2015.

MARKOVIC, G.; DIZDAR, D.; JUKIC, I.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **J Strength Cond Res**, 18, n. 3, p. 551-555, 2004.

MASUR, L.; BRAND, F.; DüKING, P. Response of infrared thermography related parameters to (non-)sport specific exercise and relationship with internal load parameters in individual and team sport athletes-a systematic review. **Front Sports Act Living**, 6, p. 1479608, 2024.

MCLAREN, S. J.; MACPHERSON, T. W.; COUTTS, A. J.; HURST, C. et al. The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. **Sports Med**, 48, n. 3, p. 641-658, Mar 2018.

MEEUSEN, R.; DUCLOS, M.; FOSTER, C.; FRY, A. 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, n. 1, p. 186-205, Jan 2013.

METOYER, C. J.; LEVER, J. R.; SMITH-HALE, V.; KLAUS, C. et al. Exploring the Use of Thermography for Monitoring Physiological Responses to Training in Division-I Collegiate Female Soccer Players. **J Biophotonics**, n/a, n. n/a, p. e70016, 2025.

MOREIRA, D. G.; COSTELLO, J. T.; BRITO, C. J.; ADAMCZYK, J. G. 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, p. 155-162, Oct 2017.

MUJICA, I.; HALSON, S.; BURKE, L. M.; BALAGUÉ, G. et al. An Integrated, Multifactorial Approach to Periodization for Optimal Performance in Individual and Team Sports. **Int J Sports Physiol Perform**, 13, n. 5, p. 538-561, May 1 2018.

MURRAY, N. B.; GABBETT, T. J.; TOWNSHEND, A. D. Relationship Between Preseason Training Load and In-Season Availability in Elite Australian Football Players. **Int J Sports Physiol Perform**, 12, n. 6, p. 749-755, Jul 2017.

NEUPERT, E. C.; COTTERILL, S. T.; JOBSON, S. A. Training-Monitoring Engagement: An Evidence-Based Approach in Elite Sport. **Int J Sports Physiol Perform**, 14, n. 1, p. 99-104, Jan 01 2019.

NO, M.; KWAK, H. B. Effects of environmental temperature on physiological responses during submaximal and maximal exercises in soccer players. **Integr Med Res**, 5, n. 3, p. 216-222, Sep 2016.

NUUTTILA, O. P.; NUMMELA, A.; HäKKINEN, K.; SEIPÄJÄRVI, S. et al. Monitoring Training and Recovery during a Period of Increased Intensity or Volume in Recreational Endurance Athletes. **Int J Environ Res Public Health**, 18, n. 5, Mar 1 2021.

PERNIGONI, M.; FERIOLI, D.; CALLEJA-GONZÁLEZ, J.; SANSONE, P. et al. Match-related fatigue in basketball: A systematic review. **J Sports Sci**, 42, n. 18, p. 1727-1758, Sep 2024.

PORTENGA, S. T.; AOYAGI, M. W.; COHEN, A. B. Helping to build a profession: A working definition of sport and performance psychology. **J Sport Psycho Action**, 8, n. 1, p. 47-59, 2017.

PRIEGO QUESADA, J. I.; CARPES, F. P.; BINI, R. R.; SALVADOR PALMER, R. et al. Relationship between skin temperature and muscle activation during incremental cycle exercise. **J Therm Biol**, 48, p. 28-35, Feb 2015.

PRIEGO-QUESADA, J. I.; OFICIAL-CASADO, F.; GANDIA-SORIANO, A.; CARPES, F. P. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. **J Therm Biol**, 84, p. 431-438, Aug 2019.

PéREZ-GUARNER, A.; PRIEGO-QUESADA, J. I.; OFICIAL-CASADO, F.; CIBRIÁN ORTIZ DE ANDA, R. M. et al. Association between physiological stress and skin temperature response after a half marathon. **Physiol Meas**, 40, n. 3, p. 034009, Apr 3 2019.

RADOJEWSKI, M.; PODGÓRSKI, T.; POSPIESZNA, B.; KRYŚCIAK, J. et al. Skeletal Muscle Cell Damage Indicators in Volleyball Players after the Competitive Phase of the Annual Training Cycle. **J Hum Kinet**, 62, p. 81-90, Jun 2018.

RAGO, V.; BRITO, J.; FIGUEIREDO, P.; COSTA, J. et al. Internal training load monitoring in professional football: a systematic review of methods using rating of perceived exertion. **J Sports Med Phys Fitness**, 60, n. 1, p. 160-171, Jan 2020.

REBELO, A.; PEREIRA, J. R.; MARTINHO, D. V.; VALENTE-DOS-SANTOS, J. Rating of Perceived Exertion in Professional Volleyball: A Systematic Review. **J Hum Kinet**, 87, p. 143-155, Apr 2023.

RIERA, F.; BELLENOUE, S.; FISCHER, S.; MéRIC, H. Impact of a Cold Environment on the Performance of Professional Cyclists: A Pilot Study. **Life (Basel)**, 11, n. 12, Dec 1 2021.

RING, E. F.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiol Meas**, 33, n. 3, p. R33-46, Mar 2012.

RING, E. F. J.; AMMER, K. The Technique of Infra red Imaging in Medicine. **Thermol Int**, 10, p. 7-14, 02/15 2000.

RODRIGUES JÚNIOR, J. L.; DUARTE, W.; FALQUETO, H.; ANDRADE, A. G. P. 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, p. 102919, Jul 2021.

ROJAS-VALVERDE, D.; GUTIÉRREZ-VARGAS, R.; SÁNCHEZ-UREÑA, B.; GUTIÉRREZ-VARGAS, J. C. et al. Relationship between Skin Temperature Variation and Muscle Damage Markers after a Marathon Performed in a Hot Environmental Condition. **Life (Basel)**, 11, n. 8, Jul 21 2021.

SANSONE, P.; LI, F.; CONFESSORE, E.; TESSITORE, A. Monitoring training load and perceived recovery indicators during the preseason and in-season phases in professional female basketball players. **J Sports Med Phys Fitness**, 64, n. 11, p. 1140-1146, Nov 2024.

SCHNEIDER, C.; HANAKAM, F.; WIEWELHOVE, T.; DÖWELING, A. et al. Heart Rate Monitoring in Team Sports-A Conceptual Framework for Contextualizing Heart Rate Measures for Training and Recovery Prescription. **Front Physiol**, 9, p. 639, 2018.

SCHWELLNUS, M.; SOLIGARD, T.; ALONSO, J. M.; BAHR, R. et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. **Br J Sports Med**, 50, n. 17, p. 1043-1052, Sep 2016.

SHEPPARD, J. M.; CRONIN, J. B.; GABBETT, T. J.; MCGUIGAN, M. R. et al. Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. **J Strength Cond Res**, 22, n. 3, p. 758-765, May 2008.

SHEPPARD, J. M.; GABBETT, T. J.; STANGANELLI, L. C. An analysis of playing positions in elite men's volleyball: considerations for competition demands and physiologic characteristics. **J Strength Cond Res**, 23, n. 6, p. 1858-1866, Sep 2009.

SHEPPARD, J. M.; NEWTON, R. U. Long-term training adaptations in elite male volleyball players. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 8, p. 2180-4, Aug 2012.

SILVA, J. R.; RUMPF, M. C.; HERTZOG, M.; CASTAGNA, C. et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med**, 48, n. 3, p. 539-583, Mar 2018.

SOLIGARD, T.; SCHWELLNUS, M.; ALONSO, J. M.; BAHR, R. et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. **Br J Sports Med**, 50, n. 17, p. 1030-1041, Sep 2016.

SPALDING, S. J.; KWOH, C. K.; BOUDREAU, R.; ENAMA, J. et al. Three-dimensional and thermal surface imaging produces reliable measures of joint shape and temperature: a potential tool for quantifying arthritis. **Arthritis Res Ther**, 10, n. 1, p. R10, 2008/01/23 2008.

STRABURZYŃSKA-LUPA, A.; KORMAN, P.; ŚLIWICKA, E.; KRYŚCIAK, J. et al. The use of thermal imaging for monitoring the training progress of professional male sweep rowers. **Sci Rep**, 12, n. 1, p. 16507, Oct 3 2022.

TOMCZAK, M.; TOMCZAK, E. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. **Trends Sport Sci**, 1, n. 21, 2014.

TORRES-RONDA, L.; BEANLAND, E.; WHITEHEAD, S.; SWEETING, A. et al. Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis. **Sports Med Open**, 8, n. 1, p. 15, Jan 25 2022.

VANREENTERGHEM, J.; NEDERGAARD, N. J.; ROBINSON, M. A.; DRUST, B. Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. **Sports Med**, 47, n. 11, p. 2135-2142, Nov 2017.

WHITEHEAD, S.; TILL, K.; WEAVING, D.; JONES, B. The Use of Microtechnology to Quantify the Peak Match Demands of the Football Codes: A Systematic Review. **Sports Med**, 48, n. 11, p. 2549-2575, Nov 2018.

WINDT, J.; MACDONALD, K.; TAYLOR, D.; ZUMBO, B. D. et al. "To Tech or Not to Tech?" A Critical Decision-Making Framework for Implementing Technology in Sport. **J Athl Train**, 55, n. 9, p. 902-910, Sep 01 2020.

APÊNDICE A – EVIDÊNCIA CIENTIFICA PUBLICADA EM PERIÓDICO CLASSIFICADO EM ESTRATO A1

Journal of Thermal Biology 127 (2025) 104038



Is skin temperature associated with training load during preparatory period of a professional volleyball team?

Thiago Seixas Duarte ^{a,*}, João B. Ferreira-Júnior ^{a,b}, Jeann C.G. Oliveira ^{b,c},
Carlos M.A. Costa ^b, Daniel B. Coelho ^d, João C.B. Marins ^e, Maurício G. Bara-Filho ^a

^a Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brazil

^b Federal Institute of Sudeste of Minas Gerais, Campus Rio Pomba, MG, Brazil

^c School of Physical Education and Dance, Federal University of Goiás, GO, Brazil

^d School of Physical Education, Federal University of Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brazil

^e Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:
Session rating of perceived exertion
Load monitoring
Skin thermography

ABSTRACT

The current study investigated if skin temperature (Tsk) measurement through infrared thermography could reflect the accumulation of training load during the preparatory period of a professional volleyball team. Sixteen athletes (20.0 ± 3.1 years, 88.1 ± 6.1 kg, 193 ± 0.1 cm e $13.3 \pm 2.3\%$ body fat) were assessed over two weeks of the preparatory period (5 training days in each week) for the second division of the Brazilian Men's Volleyball Super League. After one week of familiarization with the study procedures, Tsk was measured in eight regions (anterior and posterior areas of arm, shoulder, thigh, and leg) on the first and last training days of each week, along with perceived recovery status (PRS) were measured on the first and last training days of each week. Training load for each session and total weekly training load (TWTL) were calculated using the session rating of perceived exertion (SRPE) method. Three days in the first week and four days in the second week had higher training loads ($F^2 = 89.1$, $p < 0.001$), as indicated by a significant reduction in recovery perception at the end of each week ($F = 52.3$, $p < 0.001$). Among the eight regions examined, five showed a decrease in Tsk after two rest days (weekend), while two regions exhibited an increase in Tsk at the end of the following training week ($p < 0.05$). Out of 44 associations examined between Tsk, PRS, and TWTL, only the associations between delta PRS and delta mean Tsk of the anterior and posterior leg were significant ($\beta = -0.20$, $p < 0.045$ for both). In conclusion, the data suggest that Tsk may be altered during the pre-competitive period of professional volleyball players; however, it does not appear to be associated with PRS and training load as assessed by the SRPE method.

1. Introduction

In team sports, such as volleyball, the season is organized according to the competition calendar for each discipline's team (Mujika et al., 2018). This scheduling occurs so that the period preceding the competitions, known as the preparatory period, aims to prepare athletes physically and technically for the upcoming season's competitions. Consequently, this period has specific characteristics distinct from other periods (e.g., competitive), involving high training loads and the absence of official competitions (Lyakh et al., 2016).

Monitoring training load throughout the entire season is crucial to prevent injuries and optimize performance (Bourdon et al., 2017). Various tools are employed for this purpose, including subjective

markers such as perceived recovery status (PRS), session rating of perceived exertion (SRPE), and muscle soreness (Haddad et al., 2017), as well as objective measures like heart rate (Edwards, 1993), and biochemical markers such as creatine kinase, interleukins, cortisol, and testosterone (Horta et al., 2019). In recent years, infrared thermography has emerged as a possible method for monitoring training load, offering an objective and non-invasive assessment of physiological responses (Moreira et al., 2017). While infrared thermography involves a higher initial cost compared to subjective scales, its accuracy and potential to detect subtle physiological changes can make it a cost-effective solution in the long-term, especially for professional clubs, where preventing injuries and maintaining athlete performance are top priorities.

Changes in skin temperature (Tsk) measured via infrared thermograph can indicate a variety of factors influencing the body, both

* Corresponding author. Rua João Luiz de Barros, 84 - Vila Ideal, 36020-430, Juiz de Fora, MG, Brazil.
E-mail address: tseixas.ef@gmail.com (T.S. Duarte).

<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2024.104038>

Received 13 April 2024; Received in revised form 18 December 2024; Accepted 20 December 2024

Available online 3 January 2025

© 2024 Elsevier Ltd. All rights reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Nomenclature

PRS	Perceived recovery status
TWTL	Total weekly training load
SRPE	Session rating of perceived exertion
Tsk	Skin temperature

extrinsic (e.g., contact with another surface, environmental temperature, etc.) and intrinsic (e.g., fever, vascular changes, inflammation, injury, and musculoskeletal disorder, etc.) (Hildebrandt et al., 2010; Ammer and Formenti, 2016). Post-exercise increases in Tsk have been linked to inflammatory processes and local heat production (de Andrade Fernandes et al., 2017). However, the relationship between exercise-induced inflammation and Tsk is complex and not yet well documented. Previous studies have explored post-exercise changes in Tsk and their relationships with additional parameters of training load (e.g., creatine kinase, fatigue perception, etc.), and found ambiguous results (de Andrade Fernandes et al., 2017; Priego-Quesada et al., 2019; Korman et al., 2021; Pérez-Guarner et al., 2019; Straburzyska-Lupa et al., 2022; Jones et al., 2020; Rojas-Valverde et al., 2021; Majano et al., 2023).

For instance, Priego-Quesada et al. (2019) observed an increase in Tsk in triathletes after two days of training, with Tsk variations correlating directly with weekly training volume and inversely with fatigue perception ($p < 0.05$ and $R^2 > 0.4$). These findings are supported by other studies (de Andrade Fernandes et al., 2017; Majano et al., 2023). Conversely, a recent study reported an increased Tsk 24 h after the marathon; however, no correlation was observed between the variation of Tsk and muscle damage markers (i.e., creatine kinase and lactate dehydrogenase) (Rojas-Valverde et al., 2021). Pérez-Guarner et al. (2019) found no significant changes in Tsk in runners up to 48 h after completing a half marathon, nor did Tsk predict physiological stress markers such as creatine kinase levels or overall fatigue. Similarly, Korman et al. (2021) reported decreased leg Tsk despite increased creatine kinase levels during a 10-day training period in elite sprinters. The discrepancies suggest that the impact of training load on Tsk may vary depending on factors such as the type of sport, the intensity of training, and the duration of observation periods. It is also noteworthy that these previous studies did not examine training load parameters such as SRPE and recovery perception, which are valid, reliable, fast, simple, and cost-effective methods for measuring training load (Laurent et al., 2011; Haddad et al., 2017; Andrade et al., 2021; Sansone et al., 2024).

Therefore, further research, including multi-day studies, is warranted to fully elucidate the relationship between Tsk and SRPE and recovery perception, particularly in sports like volleyball. Volleyball places unique demands on athletes without player contact, involving complex neuromuscular actions including jumping, rapid directional changes, and explosive upper limb movements (Sheppard et al., 2009). Given the varied outcomes reported in existing literature (de Andrade Fernandes et al., 2017; Priego-Quesada et al., 2019; Korman et al., 2021; Pérez-Guarner et al., 2019), it is essential to investigate volleyball-specific contexts to determine if Tsk can serve as a reliable indicator of internal training load in this sport.

Therefore, this study aims to evaluate whether infrared thermography can accurately reflect training load accumulation during the preparatory period in volleyball players. Additionally, the study seeks to explore the relationship between Tsk, training load measured by SRPE, and perception of recovery. Based on the physiological stress induced by the volleyball preparatory period (Horta et al., 2019), we hypothesize that Tsk will increase with training load accumulation and will correlate with training load and recovery perception.

2. Material & methods

2.1. Subjects

A convenience sampling of sixteen volleyball athletes (20.1 ± 3.1 years, 88.1 ± 6.1 kg, 193 ± 0.1 cm, and $13.3 \pm 2.3\%$ body fat) were evaluated as part of a professional volleyball team in the preparatory period for the national championship's second division. Inclusion criteria required athletes to be free from musculoskeletal injuries that would hinder participation in training sessions. Additionally, no data exclusions occurred for any athlete as they attended all training sessions. This study received approval from an Institutional Local Ethical Committee of Federal Institute of Southeastern-MG, Brazil (protocol number, 58003622.7.0000.5588) and was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki. Volunteers were informed about the study's aim and procedures before providing signed consent.

2.2. Experimental design

Athletes from a second-division team of the Brazilian Men's Volleyball Super League were assessed over a two-week preparatory period (Table 1). It is noted that had no influence on the training plan. They underwent familiarization with study procedures one week before the evaluation period. Tsk was measured across eight regions, specifically the anterior and posterior areas of the arm, shoulder, thigh, and leg, on the first and last training days of both weeks (Fig. 1). PRS was also evaluated on these days. Additionally, daily training load was monitored using the SRPE (Fig. 1).

2.3. Skin temperature

Tsk was assessed using infrared thermography with a thermal camera (model TIR-25, Fluke®, Everett, USA), with a measurement range of -20°C to $+350^{\circ}\text{C}$, accuracy of $\pm 2^{\circ}\text{C}$ or 2% of the reading range, temperature difference equivalent to noise of $\leq 0.09^{\circ}\text{C}$ at a 30°C target temperature (90 mK), infrared spectral band of $7.5\text{ }\mu\text{m}$ – $14\text{ }\mu\text{m}$, refresh rate of 9 Hz, and a focal plane array sensor size of 160×120 pixel (Costa et al., 2018).

Image collection took place between 9 a.m. and 10 a.m., in a suitable environment with controlled temperature using air conditioning, with an average temperature during the collections of $22.1 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of $55.5 \pm 2.8\%$. Both measures were recorded using a digital thermohygrometer (model ITHT-2200, Instrutemp, São Paulo, Brazil). Before image collection, athletes remained in the air-conditioned environment for 15 min to reach thermal equilibrium (de Andrade Fernandes et al., 2017). Additionally, athletes were instructed

Table 1
Training structure during the evaluated period.

Day	Period	Familiarization	Week 1	Week 2
Monday	Morning	RS + TST	RS + TST	RS + TST
	Afternoon	OFF	TIST	TIST
Tuesday	Morning	RS + TST	RS + TST	RS + TST
	Afternoon	TIST	TIST	TIST
Wednesday	Morning	OFF	OFF	OFF
	Afternoon	RS + TTST	TIST	FM
Thursday	Morning	RS + TST	OFF	FM
	Afternoon	TIST	TIST	OFF
Friday	Morning	OFF	RS + TST	RS + TST
	Afternoon	OFF	TIST	OFF
Saturday	Morning	OFF	OFF	OFF
	Afternoon	OFF	OFF	OFF
Sunday	Morning	OFF	OFF	OFF
	Afternoon	OFF	OFF	OFF
Sessions number		6	8	7

TST = technical skills training; TTST = technical/tactical skills training; RS = resistance training; FM = friendly match.

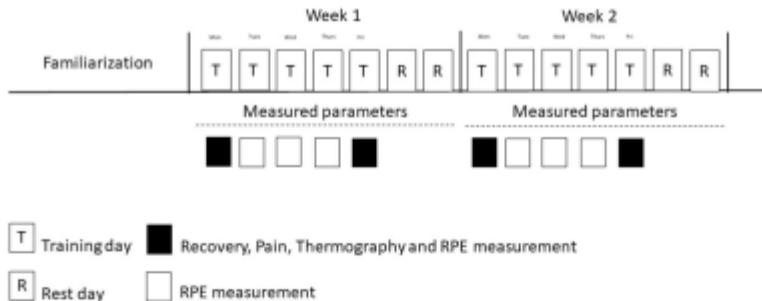


Fig. 1. Experimental design.

to avoid certain behaviors before collection, including alcohol consumption, the use of cosmetics, caffeine, large meals, and physical activity (Moreira et al., 2017). The emissivity index was 0.98, and all procedures followed recent guidelines (Moreira et al., 2017).

During image collection, athletes were on an insulating surface, and behind them, a non-reflective black cloth was placed to prevent potential confounding factors (Moreira et al., 2017). The thermal camera remained positioned on a tripod, 1.5 m away from the subject (Machado et al., 2022) and perpendicular to the region of interest, which included the anterior and posterior regions of the arm, shoulder, thigh, and leg from the dominant members. The obtained images were analyzed using specific software (Smartview® version 2.1, Everett, USA). As shown in Fig. 2, the following regions of interest were selected: (1) Anterior arm - represented by the edge of the limb, cubital fossa, and axillary line; (2) Posterior arm - using the limb edge, limited by the olecranon of the ulna to the axillary line; (3) Anterior shoulder - the largest possible circle from the lesser tubercle of the humerus to the limb edge; (4) Posterior shoulder - the same definition as the anterior shoulder, but on the posterior side of the limb; (5) Anterior thigh - defined by the limb border, the area 5 cm above the superior border of the patella, and the inguinal crease; (6) Posterior thigh - determined using the same anatomical sites used in the anterior thigh determination but on the opposite side of the limb; (7) Anterior leg - defined by the limb edge, the line 5 cm below the lower border of the patella, and the line 10 cm above the ankle; (8) Posterior leg - defined by the same anatomical points as the anterior leg but on the posterior side of the limb. The thermographic images were collected and analyzed by the same evaluator, who had experience with these procedures. The average number of pixels in each region of interest during the training period is presented in Supplementary Table 1. Mean, maximum temperature measures and delta (difference in Tsk between the last and first day of each week) of each athlete's dominant limb were used for statistical analysis.

2.4. Training load

Training load was monitored daily through the SRPE method (Foster et al., 2001). Ten minutes after the training session, athletes were required to answer the question: "How was your training?" considering the Borg scale from 0 to 10, where 0 is the rest and 10 is the maximum effort. Training load was calculated by multiplying the intensity (value indicated by the athlete on the scale) and volume (duration of the training session) (Foster et al., 2001). When more than one training session was conducted on the same day, the loads of the sessions were summed up. The total weekly training load (TWTL) was calculated by adding the weekly session loads from the first day to the fourth training day of the week.

2.5. Subjective perception of recovery

PRS was used to assess recovery (Laurent et al., 2011). Thirty minutes before the training, athletes answered the question: "How do you feel?" where 0 is "very little recovered/extremely tired," and 10 is "very well recovered/lots of energy." The PRS has numerical and verbal markers along the two columns. This scale was used on the first and last training day of the week. PRS delta (difference in PRS between the last and first day of each week) was calculated.

2.6. Statistical analysis

Data were presented as means and standard deviation for normally distributed data, and as medians and interquartile ranges (25%–75%) for non-normally distributed data. Normality was assessed using the Shapiro-Wilk test, while homogeneity and sphericity were evaluated using Levene's and Mauchly's tests, respectively. PRS, and mean temperatures of the anterior arm, as well as temperatures from the posterior arm, shoulder, and leg, met the assumptions of normality, homogeneity, and sphericity. Analysis of these Tsk data utilized ANCOVA with indoor temperature and air humidity as covariates, adjusted using Tukey correction. PRS was analyzed using one-way repeated measures ANOVA with Tukey correction. Cohen's ranges of 0.1, 0.25, and 0.4 were used to define small, medium, and large f values, respectively (Cohen, 1988). Conversely, maximum temperatures of the anterior arm, mean and maximum temperatures of the anterior and posterior thigh, training load, indoor temperature, and air humidity did not satisfy all parametric test assumptions. Therefore, Rank ANCOVA (Quade's) was employed for Tsk data analysis, also adjusting for indoor temperature and air humidity with Tukey correction. The coefficient of determination (R^2) was calculated to measure models' percentual of explanation and was classified as small (0.01), medium (0.09) and large (0.25) (Cohen, 1988). In addition, training load, indoor temperature, and air humidity were analyzed by the Friedman test. Effect size for training load was estimated using Kendall's W value: $W = \chi^2/N(K-1)$; where χ^2 is the Friedman test statistic value; N is the sample size; and K is the number of measurements per subject (Tomczak and Tomczak, 2014). W values were classified as small (<0.25), medium (0.25–0.4) and large (>0.4) (Tomczak and Tomczak, 2014). Multiple linear regressions were conducted for each training week using Tsk delta for each region as dependent variables, with TWTL, PRS delta, indoor temperature delta, and air humidity delta as covariates. Regression assumptions, including multicollinearity (VIF < 5), normality ($p > 0.05$), and autocorrelation ($p > 0.05$), were verified. However, Tsk delta models for thigh regions in the second training week did not meet normality criteria ($p = 0.003$ – 0.007). Therefore, Spearman correlation analysis was utilized to examine the relationship between thigh Tsk delta and TWTL, as well as PRS delta. Correlation coefficients (R) were categorized as trivial

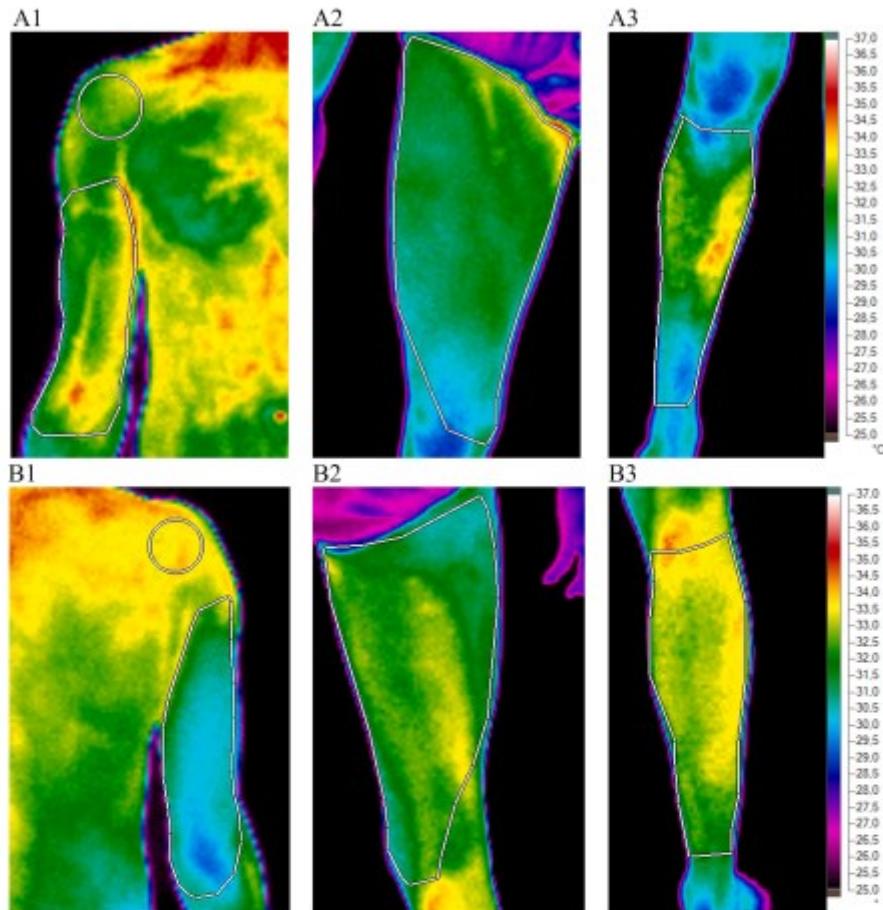


Fig. 2. Illustration of thermal image analysis of the evaluated limb. The squares indicate the regions of interest; (A1) anterior shoulder and anterior arm; (A2) anterior thigh; (A3) anterior leg; (B1) posterior shoulder and posterior arm; (B2) posterior thigh; and (B3) posterior leg.

(0.1–0.29), small (0.3–0.49), moderate (0.5–0.69), large (0.7–0.89), and very large (0.9–1.0) (Cohen, 1988). Statistical analyses were conducted using SPSS version 24 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) for rank ANCOVA (Quade's), and Jamovi 2.3.24.0 for other analyses. A significance level of 5% was adopted.

3. Results

Table 2 presents the daily temperatures and humidities. Significant time effects were observed for indoor temperature ($\chi^2 = 46.3$, $p < 0.001$) and air humidity ($\chi^2 = 45.7$, $p < 0.001$) (Table 2). Indoor temperatures were higher on Fri. 7 compared to Mon. 3 and Fri. 10 ($p < 0.05$), and Fri. 14 exhibited higher temperatures than Mon. 10 ($p < 0.05$). Air humidity levels were higher on Mon. 3 and Fri. 14 compared to Fri. 7 ($p < 0.05$),

Table 2
Median and interquartile ranges (25%–75%) of indoor temperature air humidity during each day of skin temperature measurement.

	Week 1		Week 2		Time effect [χ^2 (df) and p-value]
	1st training Mon. 3	5th training Fri. 7	1st training Mon. 10	5th training Fri. 14	
Indoor temperature (°C)	22.1 (22.0–22.2)	22.6 (22.4–22.6) *	21.4 (21.3–21.6)	22.4 (22.4–22.4) *	$\chi^2 = 46.3$ (3), $p < 0.001$
Air humidity (%)	56.0 (55.0–58.2) †	52.0 (52.0–54.0)	54.0 (54.0–54.0)	60.0 (59.0–60.0) †*	$\chi^2 = 45.7$ (3), $p < 0.001$

C, Celsius Degrees. () $p < 0.05$, greater than Mon. 3. (#) $p < 0.05$, greater than Mon. 10. (†) $p < 0.05$, greater than Fri. 7.

with Fri. 14 also showing higher humidity than Mon. 10 ($p < 0.05$).

Table 3 presents the mean Tsk data. Significant time effects were observed for several regions: anterior and posterior shoulder ($F = 5.9$, $p = 0.001$ and $F = 15.1$, $p < 0.001$, respectively), posterior arm ($F = 13.6$, $p < 0.001$), as well as anterior and posterior leg ($F = 7.2$, $p < 0.001$ and $F = 8.5$, $p < 0.001$, respectively), all showing large effect size. These regions exhibited a significant decrease in mean Tsk following two days off training ($p < 0.05$). Additionally, the anterior shoulder and posterior arm showed an increase in mean Tsk by the end of the second week ($p < 0.05$). No significant differences were found in other comparisons ($p > 0.05$). Moreover, there were no time effects observed for the anterior arm ($F = 1.8$, $p = 0.16$) and for the anterior and posterior thigh ($F = 0.1$, $p = 0.96$ and $F = 0.8$, $p = 0.49$, respectively), all indicating a small effect size.

Table 4 presents the maximum Tsk. Significant time effects were observed for the anterior and posterior shoulder ($F = 5.5$, $p = 0.002$ and $F = 11.6$, $p < 0.001$, respectively), posterior arm ($F = 3.9$, $p = 0.013$), and anterior and posterior leg ($F = 4.3$, $p = 0.008$ and $F = 6.3$, $p < 0.001$, respectively), all showing large effect size. A significant decrease in maximum Tsk following two days off training was observed in these regions ($p < 0.05$). Moreover, the maximum Tsk of the anterior shoulder increased at the end of the second week ($p < 0.05$). No significant differences were found in other comparisons ($p > 0.05$). Furthermore, there were no time effects observed for the anterior arm ($F = 0.1$, $p = 0.95$) and for the anterior and posterior thigh ($F = 0.23$, $p = 0.88$ and $F = 0.5$, $p = 0.72$, respectively), all indicating a small effect size.

Fig. 3 depicts the behavior of the training load during the two assessed weeks. Three days with higher loads were observed in the first week compared to the other days of the same week, and four days with elevated loads in the second week ($\chi^2 = 89.1$, $p < 0.001$), with a large effect size ($W = 0.57$). Data related to perceived recovery are presented in **Table 5**. The PRS decreased at the end of each training week ($F = 52.3$, $p < 0.001$), with a large effect size ($f = 1.49$).

Table 6 presents regression models analyzing changes in mean and maximum Tsk during the first training week. Significant model effects were observed for mean posterior thigh Tsk ($F = 3.49$, $p = 0.045$), as well as mean Tsk from the anterior and posterior leg ($F = 3.87$, $p = 0.034$ and $F = 5.56$, $p = 0.011$ respectively), all showing large correlation coefficients. The models revealed significant influences: the delta of air humidity and indoor temperature impacted the posterior thigh model ($\beta = 16.82$, $p = 0.017$ and $\beta = -2.14$, $p < 0.028$ respectively); air humidity delta influenced the anterior leg model ($\beta = 24.88$, $p = 0.005$); and air humidity delta along with PRS influenced the posterior leg model ($\beta = 20.87$, $p = 0.003$ and $\beta = -0.20$, $p < 0.045$ respectively). For maximum Tsk, a significant effect was found for the anterior leg ($F = 3.89$, $p = 0.033$) with a large correlation coefficient. The anterior leg model also showed significant influences of air humidity delta and PRS ($\beta = 23.96$, $p = 0.014$ and $\beta = -0.28$, $p < 0.05$ respectively). Conversely, the other variables did not significantly impact these regions of interest. Moreover, none of the other mean and maximum Tsk models yielded

significant effects ($p > 0.05$). **Figs. 4–7** show dispersion graphs of delta Tsk and PRS and TWTL (respectively) during the first training week.

Table 7 presents regression models for changes in mean and maximum Tsk during the second training week. A significant effect was found solely for the delta of maximum Tsk from the anterior shoulder ($F = 3.63$, $p = 0.04$), demonstrating a large correlation coefficient. However, the influence was significant only for PRS delta ($\beta = 0.51$, $p = 0.003$). Furthermore, no association was observed between delta in thigh Tsk and PRS or TWTL during the second training week ($p > 0.05$) (**Table 8**). **Figs. 8–11** depict dispersion graphs of delta Tsk and PRS and TWTL (respectively) during the second training week.

4. Discussion

To the best of these authors' knowledge, the present study is the first to examine the effect of training load accumulation during a two-week preparatory period on skin thermographic temperature using infrared thermography in professional volleyball players. The training load data indicate that the evaluated period induced physiological stress in athletes, evidenced by a reduction in the perception of recovery by the end of each assessed week. Out of the eight regions examined, five showed a decrease in Tsk after two days off training (weekend), while two regions exhibited increased Tsk at the end of the subsequent training week (Friday, day 14).

Overall, these findings suggest that thermographic Tsk may be influenced by training load accumulation due to volleyball-specific motor actions such as short sprints, jumps, and small directional shifts, particularly during periods of total weekly training load (TWTL) around 3500 AU (3329 ± 663 AU in the 1st week and 3561 ± 738 AU in the 2nd week). This TWTL range is comparable to those reported in other studies investigating volleyball athletes during the preparatory period (Andrade et al., 2021; Horta et al., 2020).

A physiological explanation for the observed increase in shoulder and arm Tsk at the end of the following training week lies in the concept of cumulative fatigue experienced in muscle groups from these regions, possibly due to repeated volleyball-specific actions such as passing, attacking, and blocking. Cumulative fatigue may alter local blood flow and metabolic demand, leading to increased heat production in certain muscle regions. This aligns with the findings of a recent study (Machado et al., 2023), which suggest that areas experiencing heightened cumulative fatigue may demonstrate increased Tsk due to two consecutive days of exercise. The findings of Majana et al. (2023), who reported thermal asymmetries in the thighs following high-intensity training, further support the idea that muscle groups involved in repetitive actions across competitive microcycles in elite football players may experience localized fatigue, influencing the observed temperature variations.

Other studies examining Tsk in various sports support our findings (de Andrade Fernandes et al., 2017; Priego-Quesada et al., 2019; Straburzynska-Lupa et al., 2022; Jones et al., 2020; Rojas-Valverde et al.,

Table 3
Mean skin temperature (°C) during the training period.

Regions of interest	Week 1		Week 2		Time effect [F (df), p-value]	f effect size or R^2
	1st training Mon. 3	5th training Fri. 7	1st training Mon. 10	5th training Fri. 14		
Shoulder	Anterior	33.1 ± 0.7	33.1 ± 0.5	32.5 ± 0.6 *†	33.5 ± 0.5	$F = 5.9$ (58), $p = 0.001$ $f = 0.54$
	Posterior	33.6 ± 0.4	33.6 ± 0.3	32.7 ± 0.4 *†	33.7 ± 0.5	$F = 15.1$ (58), $p < 0.001$ $f = 0.87$
Arm	Anterior	33.0 ± 0.6	32.8 ± 0.6	32.5 ± 0.5 *†	33.1 ± 0.5	$F = 1.8$ (58), $p = 0.16$ $f = 0.30$
	Posterior	31.4 ± 0.6	31.2 ± 0.5	30.3 ± 0.5 *†	31.7 ± 0.4	$F = 13.6$ (58), $p < 0.001$ $f = 0.83$
Thigh	Anterior	31.6 (31.2–32.0)	31.6 (31.3–32.0)	31.1 (30.3–31.3)	31.9 (31.4–32.2)	$F = 0.1$ (60), $p = 0.93$ $R^2 = 0.007$
	Posterior	32.0 (31.5–32.3)	32.0 (31.6–32.4)	31.1 (30.5–31.3)	32.1 (31.9–32.4)	$F = 0.8$ (60), $p = 0.49$ $R^2 = 0.04$
Leg	Anterior	31.2 ± 0.5	31.4 ± 0.4	30.5 ± 0.7 *	31.6 ± 0.7	$F = 7.2$ (58), $p < 0.001$ $f = 0.60$
	Posterior	32.0 ± 0.8	32.1 ± 0.6	31.1 ± 0.6 *	32.3 ± 0.7	$F = 0.5$ (58), $p < 0.001$ $f = 0.61$

C, Celsius Degrees. Note: shoulder, arm, and leg skin temperature presented as mean and standard deviation, and thigh skin temperature presented as median and interquartile ranges (25%–75%). Note: f effect size depicts for ANCOVA, and R^2 for Rank ANCOVA (Quade's). () $p < 0.05$, lower than Mon. 3. (#) $p < 0.05$, lower than Fri. 7. (*) $p < 0.05$, lower than Fri. 14.

Table 4
Maximum skin temperature (°C) during the training period.

Region of interest	Week 1		Week 2		Time effect [F (df), p-value]	<i>f</i> effect size or R ²
	1st training Mon. 3	5th training Fri. 7	1st training Mon. 10	5th training Fri. 14		
Shoulder	Anterior	34.0 ± 0.7	34.1 ± 0.6	33.4 ± 0.6 *	34.4 ± 0.6	F = 5.5 (58), p = 0.002 <i>f</i> = 0.52
	Posterior	34.3 ± 0.5	34.3 ± 0.5	33.40 ± 0.4 * #	34.5 ± 0.6	F = 11.6 (58), p < 0.001 <i>f</i> = 0.76
Arm	Anterior	35.2 (34.8–35.7)	34.9 (34.3–35.3)	35.2 (34.8–35.4)	35.3 (34.8–35.4)	F = 0.1 (60), p = 0.95 R ² = 0.006
	Posterior	33.7 ± 0.7	33.6 ± 0.7	32.8 ± 0.8 *	33.8 ± 0.6	F = 3.9 (58), p = 0.013 <i>f</i> = 0.44
Thigh	Anterior	34.3 (34.3–34.9)	34.5 (34.3–34.9)	34.2 (33.8–34.7)	34.5 (34.3–35.3)	F = 0.23 (60), p = 0.88 R ² = 0.01
	Posterior	33.8 (33.4–34.3)	33.8 (33.3–34.3)	33.0 (32.8–33.5)	34.1 (33.8–34.3)	F = 0.5 (60), p = 0.72 R ² = 0.02
Leg	Anterior	33.2 ± 0.7	33.3 ± 0.6	32.6 ± 0.7 *	33.5 ± 0.6	F = 4.3 (60), p = 0.008 <i>f</i> = 0.46
	Posterior	33.4 ± 0.8	33.4 ± 0.6	32.6 ± 0.7 *	33.6 ± 0.7	F = 6.3 (60), p < 0.001 <i>f</i> = 0.53

*C, Celsius Degrees. Note: shoulder, posterior arm, and leg skin temperature presented as mean and standard deviation; and anterior arm and thigh skin temperature presented as median and interquartile ranges (25%–75%). Note: *f* effect size depicts for ANCOVA, and R² for Rank ANCOVA (Quade's). (*) p < 0.05, different from Mon. 10. (#) p < 0.05, lower than Mon. 3. (#) p < 0.05, lower than Fri. 7. (*) p < 0.05, lower than Fri. 14.

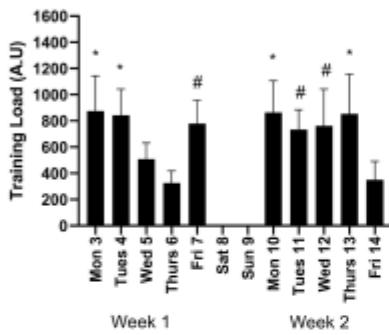


Fig. 3. Training load during the two assessed weeks. (*) p < 0.05, different from Wed. 5, Thurs. 6, and Fri. 14. (#) p < 0.05, different from Thurs. 6, and Fri. 14.

Table 5
Mean ± standard deviation of recovery status during the training period.

	Week 1		Week 2		Time effect [F (df), p-value]
	1st training Mon. 3	5th training Fri. 7	1st training Mon. 10	5th training Fri. 14	
PRS (A.U.)	9.5 ± 0.5	6.8 ± 1.0 * #	8.5 ± 0.8 *	6.6 ± 1.0 * #	F = 52.3 (63), p < 0.001

PRS, perceived recovery status. (*) p < 0.05, lower than Mon. 3. (#) p < 0.05, lower than Mon. 10.

2021; Majano et al., 2023). For instance, increased Tsk was observed in multiple thigh and leg regions 24 h after a marathon in recreational runners (Rojas-Valverde et al., 2021), and high-intensity actions induced thermal asymmetries in the thighs across competitive microcycles in elite football players (Majano et al., 2023). Additionally, research with sub-20 soccer athletes found elevated Tsk for 48-h following two consecutive matches separated by a three-day interval (Andrade et al., 2021), while triathletes experienced increased mean and maximum Tsk during a three-day load intensification training camp (Priego-Quesada et al., 2019).

Conversely, shoulder, arm and leg exhibited a decrease in Tsk after two rest days (weekend), which is suggestive of a peripheral vasoconstriction, a physiological response reported during recovery phase to exercise-induced stress (da Silva et al., 2024), indicating less metabolic demand (da Silva et al., 2024) and a possible recovery of these regions after two-day rest. This is aligned with the current PRS data, which increased after a two-day rest. However, it is worth noting that vasoconstriction is a complex phenomenon influenced by factors such as exercise intensity (da Silva et al., 2024), and environmental conditions (Riera et al., 2021), and the precise role of vasoconstriction in influencing Tsk in the present study is difficult to ascertain without more detailed vascular or hemodynamic measurements.

Despite these insights, the current results are inconclusive regarding the association between Tsk and perceived recovery or training load. Out of the 44 examined associations between Tsk, PRS, and TWTL, only the association between the delta PRS and the delta mean Tsk of the anterior and posterior leg was significant ($\beta = -0.20$, $p < 0.045$ for both). Although this indicates that a decrease in PRS may lead to an increase in Tsk of the anterior and posterior leg, overall, the present study's data do not suggest an association between Tsk and perceived recovery, or training load assessed by the SRPE method during the preparatory period for professional volleyball players. This finding aligns with a previous study showing that changes in six thigh regions of Tsk over a 42-day observational period in two junior male middle-distance athletes did not correlate with training load assessed by heart rate, running speed, or distance covered, nor did changes in Tsk

Table 6
Multiple linear regression matrix for variation in the skin temperature during the first training week.

Regions of interest	Mean skin temperature				Maximum skin temperature				
	R	R ²	F	p-value	R	R ²	F	p-value	
Shoulder	Anterior	0.46	0.21	0.74	0.59	0.26	0.07	0.19	0.94
	Posterior	0.39	0.15	0.48	0.75	0.43	0.18	0.61	0.66
Arm	Anterior	0.60	0.36	1.56	0.25	0.51	0.26	1.00	0.45
	Posterior	0.41	0.17	0.56	0.70	0.19	0.04	0.11	0.98
Thigh	Anterior	0.47	0.22	0.78	0.56	0.50	0.25	0.93	0.48
	Posterior	0.75	0.56	3.49	0.045*	0.71	0.50	2.72	0.085
Leg	Anterior	0.77	0.59	3.87	0.034*	0.77	0.59	3.89	0.033*
	Posterior	0.82	0.67	5.56	0.011*	0.67	0.45	2.29	0.13

(*): significant effect at p < 0.05.

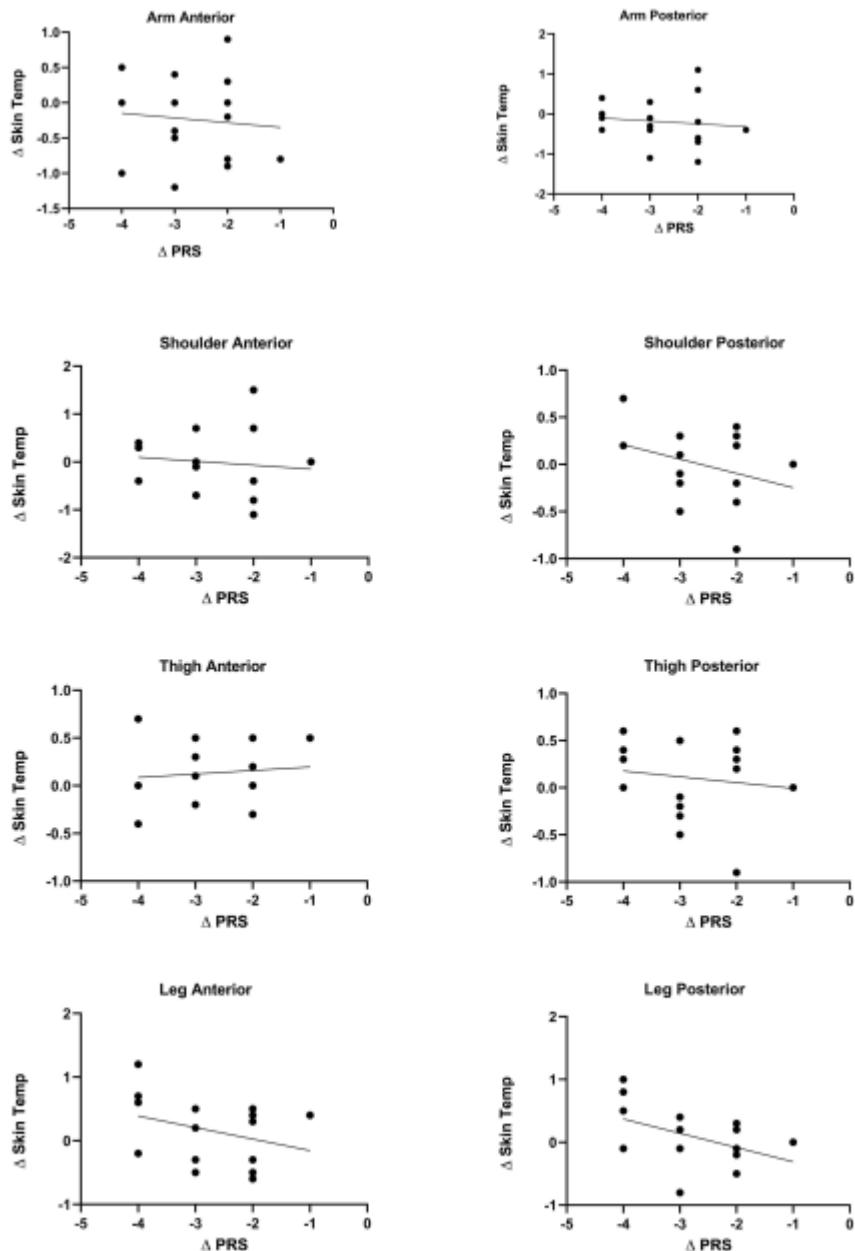


Fig. 4. Scatter plots showing the relationship between delta mean skin temperature (Δ Tsk) and delta perceived recovery status (Δ PRS) during the first training week.

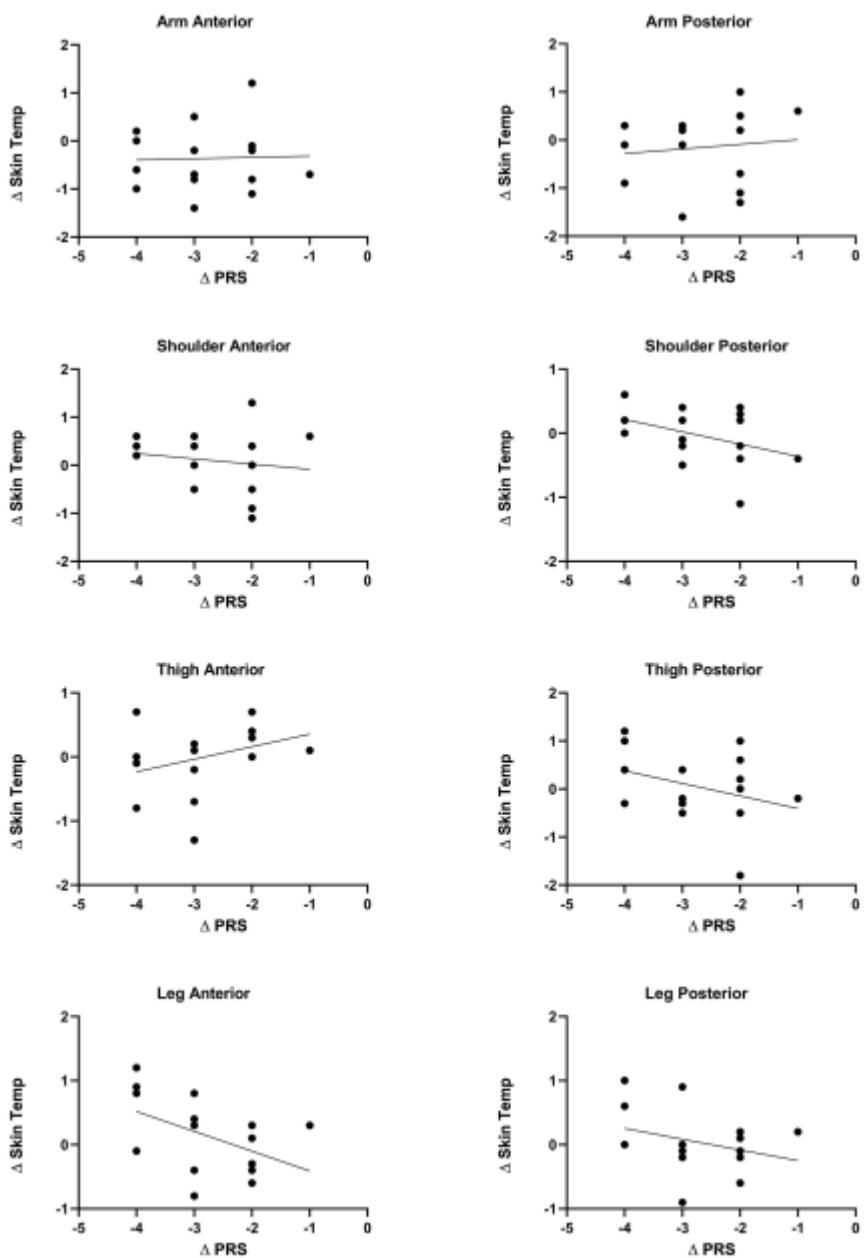


Fig. 5. Scatter plots showing the relationship between delta maximum skin temperature (ΔTsk) and delta perceived recovery status (ΔPRS) during the first training week.

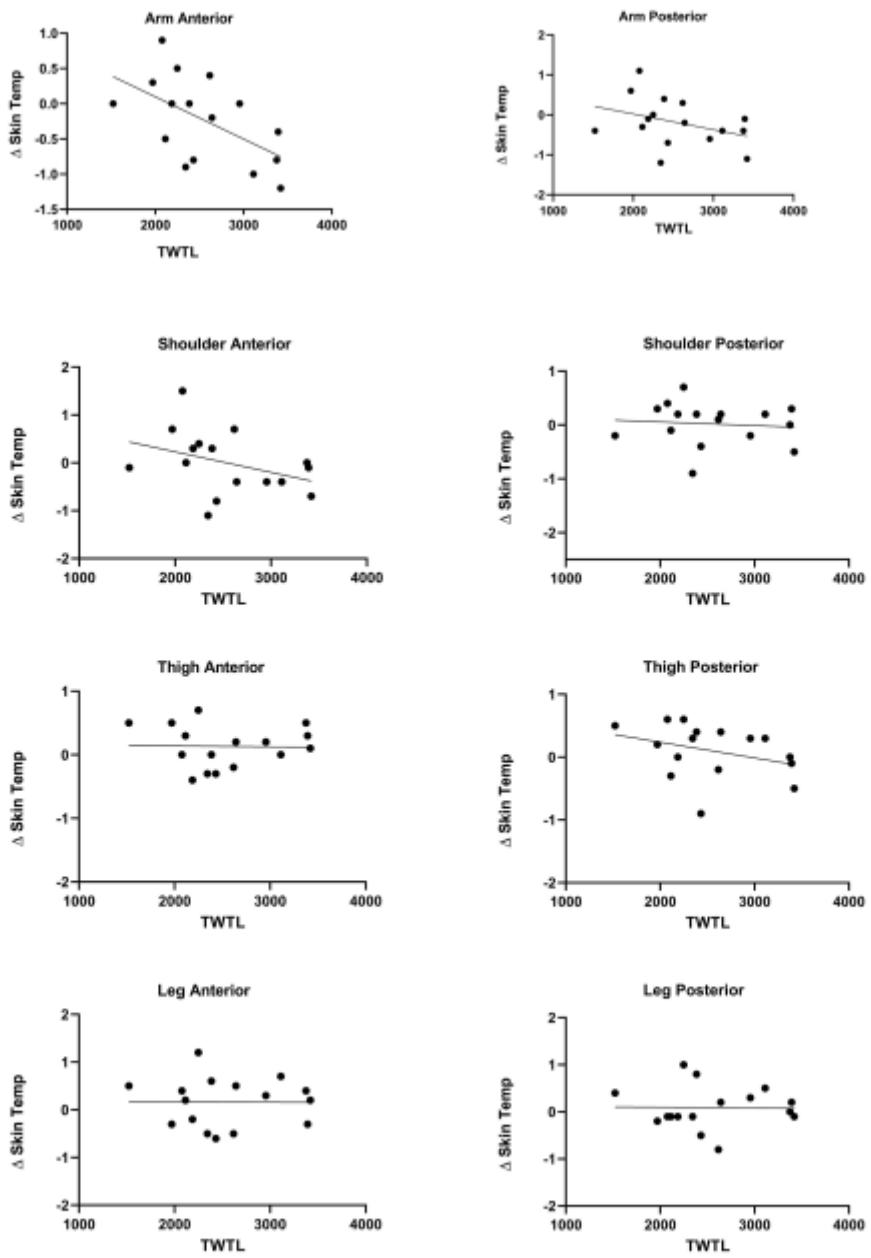


Fig. 6. Scatter plots showing the relationship between delta mean skin temperature (Δ T_{sk}) and total weekly training load (TWTL) during the first training week.

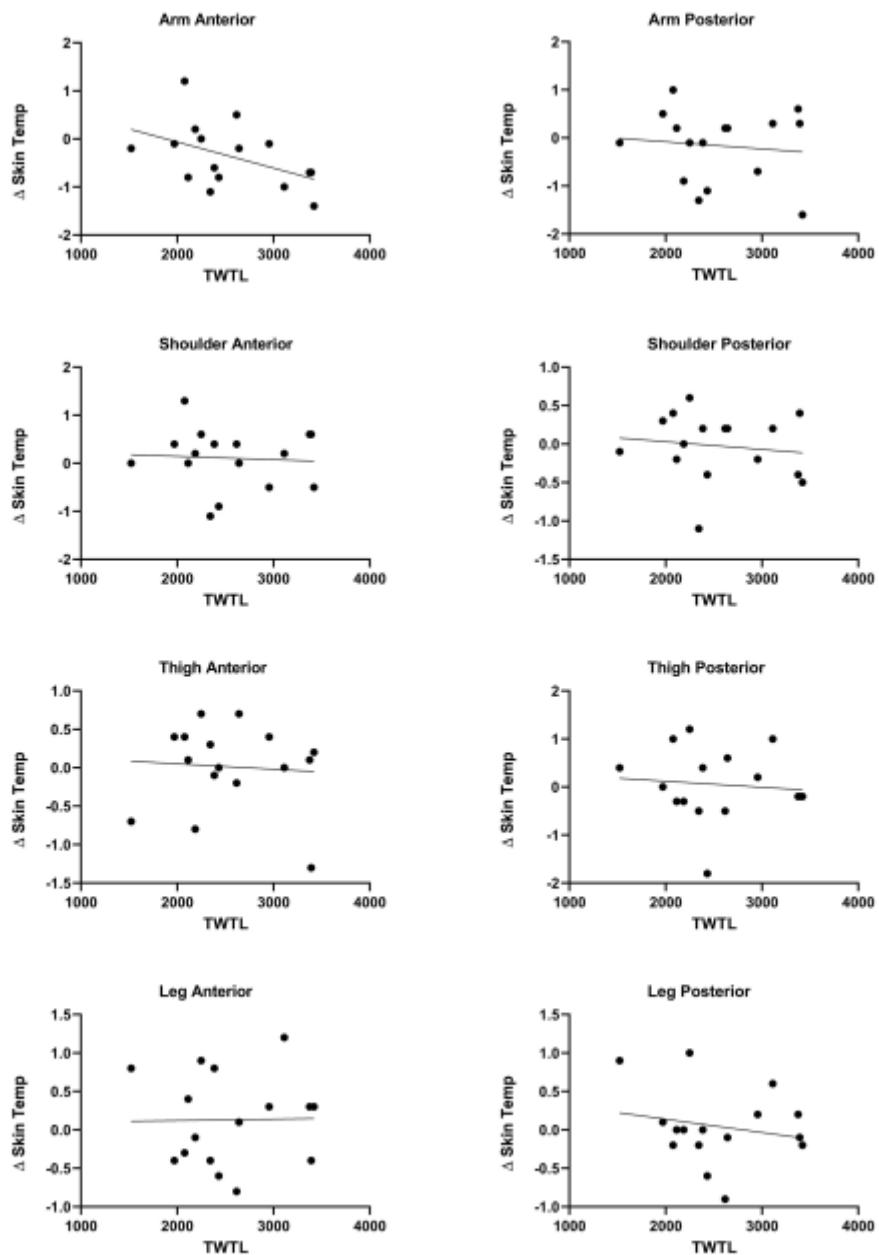


Fig. 7. Scatter plots showing the relationship between delta maximum skin temperature (Δ T_{sk}) and total weekly training load (TWTL) during the first training week.

Table 7
Multiple linear regression matrix for skin temperature delta during the second training week.

Regions of interest	Mean skin temperature				Maximum skin temperature				
	R	R ²	F	p-value	R	R ²	F	p-value	
Shoulder	Anterior	0.67	0.45	2.24	0.13	0.75	0.57	3.63	0.040*
	Posterior	0.40	0.16	0.74	0.55	0.43	0.19	0.63	0.65
Arm	Anterior	0.60	0.37	1.58	0.25	0.56	0.31	1.24	0.35
	Posterior	0.14	0.17	0.57	0.69	0.54	0.29	1.14	0.39
Leg	Anterior	0.57	0.32	1.32	0.32	0.31	0.09	0.29	0.88
	Posterior	0.52	0.27	0.99	0.45	0.41	0.17	0.55	0.70

(*) significant effect at p < 0.05.

Table 8
Coefficient correlation (R) between the thigh skin temperature delta with TWTL and PSR delta.

	1st training week				2nd training week			
	Mean ST		Maximum ST		Mean ST		Maximum ST	
	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior
TWTL	-0.07 0.10	-0.42 -0.09	-0.09 0.43	-0.11 -0.21	0.24 -0.04	-0.1 0.09	-0.37 0.35	0.25 0.20
Δ PSR								

ST: skin temperature. Weekly training load: TWTL. PSR: perceived subjective recovery. Δ: delta. P > 0.05.

correlate with muscle soreness (Jones et al., 2020). Another study reported no correlation between the variation of Tsk and creatine kinase and lactate dehydrogenase (Rojas-Valverde et al., 2021).

However, the association of Tsk with training load parameters is a controversial issue in the available literature, since other studies reported different results (Andrade et al., 2021; Priego-Quesada et al., 2019; Straburzyńska-Lupa et al., 2022; Majano et al., 2023). Significant correlations have been reported between the peak temperature of the elbow, shoulder, hip, and knee, and resting Tsk over these muscles at the beginning and end of the preparatory period in professional male sweep rowers ($r = 0.49\text{--}0.60$) (Straburzyńska-Lupa et al., 2022). Priego-Quesada et al. (2019) also found that Tsk in certain body regions directly correlated with weekly training volume (e.g., weekly distance covered) and inversely correlated with fatigue perception ($p < 0.05$, $r^2 > 0.4$). Additionally, a recent study reported that ankle temperature positively correlated with high-intensity actions over a 12-week competitive period, while mean thigh Tsk was negatively associated with acute-chronic workload (Majano et al., 2023).

Discrepancies in findings among studies examining the effect of training load accumulation on Tsk, as well as associations between Tsk and training load parameters, may stem from several factors including observation period duration, training intensity, and sport type. Observation periods in studies range from 1 to 42 weeks, and many do not provide detailed reports on training intensity (Priego-Quesada et al., 2019; de Andrade Fernandes et al., 2017; Rojas-Valverde et al., 2021). Different sports such as soccer, marathons, sprint running, and rowing exhibit distinct motor characteristics (e.g., direction changes, intensity of actions) and energetic demands (e.g., creatine phosphate pathways, glycolytic, oxidative). Therefore, varying observation period durations, training intensities, and sport types may influence acute and chronic physiological adaptations to exercise, thereby affecting Tsk.

While the present study demonstrates high ecological validity by assessing skin thermographic temperature alongside internal training load parameters using the SRPE method and recovery perception in professional volleyball athletes during the preparatory period, it has several limitations that may explain the inconclusive nature of the results. First, the lack of additional physiological markers, such as inflammatory biomarkers (e.g., CK, lactate dehydrogenase, cytokines), limits to fully interpret the Tsk changes. The absence of performance tests also makes it difficult to assess the functional consequences of Tsk changes. Moreover, the evaluation of a mid-cycle period within the preparatory phase, as well as the continuous training during the

familiarization phase, further limit the interpretation of the baseline measurement (Mon. 3), which may not fully represent the athletes' initial state. Future research on skin thermographic temperature in volleyball should encompass periods of high TWTL (>5000 AU) and longer training period than those studied here, and include more frequent temperature measurements to capture the acute and chronic effects of training load on Tsk. Additionally, incorporating performance assessments and physiological markers related to inflammation (e.g., CK, LDH, myoglobin, cytokines), recovery (e.g., muscular swelling) would provide a more comprehensive understanding of the mechanisms underlying Tsk changes.

5. Conclusion

In summary, our findings indicate that a two-week preparatory period induced a training load accumulation in professional volleyball players, reflected in reduced recovery perception by the end of each assessed week. Overall, thermographic Tsk data reflects this training load accumulation, with some regions showing decreased temperatures after rest days and others increasing following intense training weeks. However, its association with perceived recovery and SRPE-assessed training load remains inconclusive. Further research with longer observation periods and detailed training intensity assessments is needed to elucidate the relationship between Tsk and training load parameters in volleyball and other sports.

CRediT authorship contribution statement

Thiago Seixas Duarte: Writing – review & editing, Writing – original draft, Visualization, Investigation, Formal analysis, Data curation. João B. Ferreira-Júnior: Writing – review & editing, Writing – original draft, Methodology, Investigation, Data curation, Conceptualization. Jeann C.G. Oliveira: Methodology, Investigation, Data curation. Carlos M.A. Costa: Writing – review & editing, Methodology, Investigation. Daniel B. Coelho: Writing – review & editing, Investigation, Conceptualization. João C.B. Marins: Writing – review & editing, Investigation, Conceptualization. Mauricio G. Bara-Filho: Writing – review & editing, Supervision, Methodology, Conceptualization.

Data accessibility statement

The data was shared in the submission, as supplementary material.

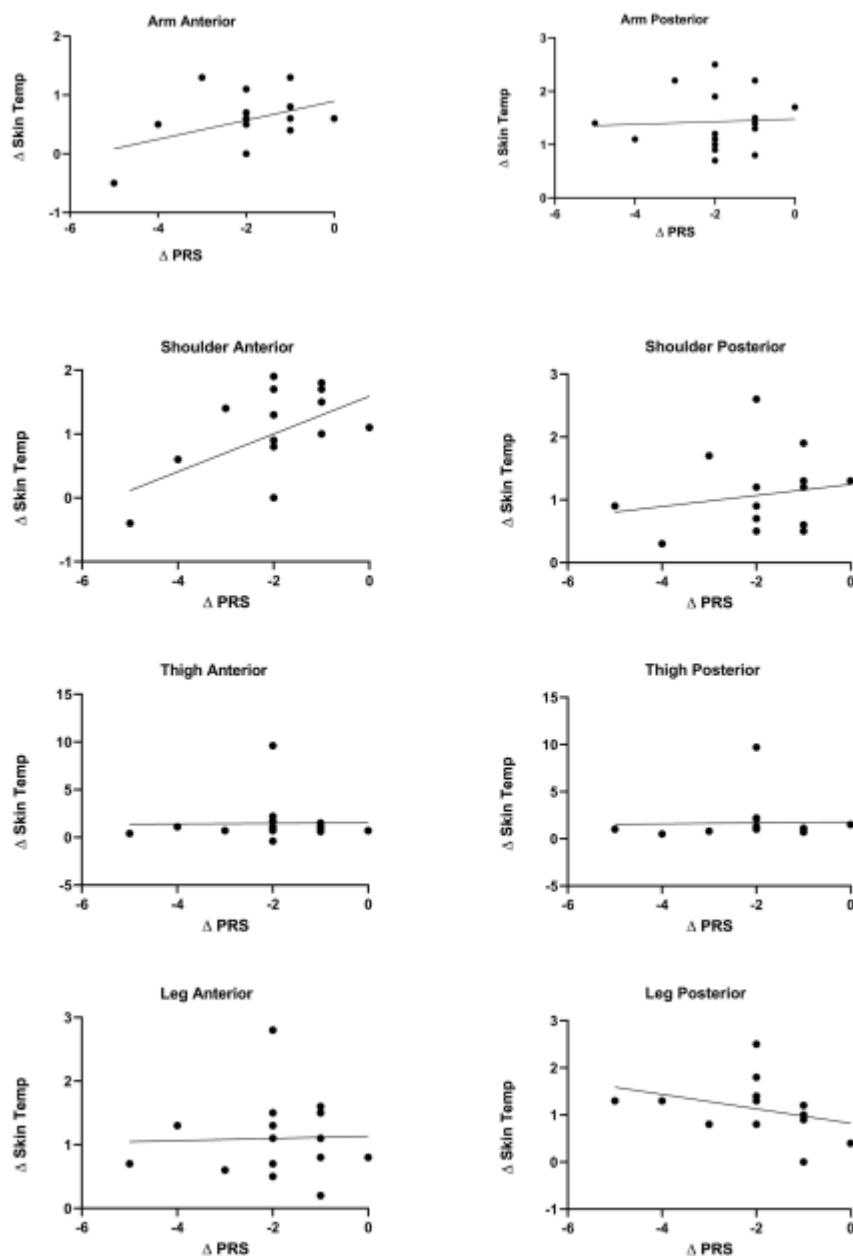


Fig. 8. Scatter plots showing the relationship between delta mean skin temperature (Δ Tsk) and delta perceived recovery status (Δ PRS) during the second training week.

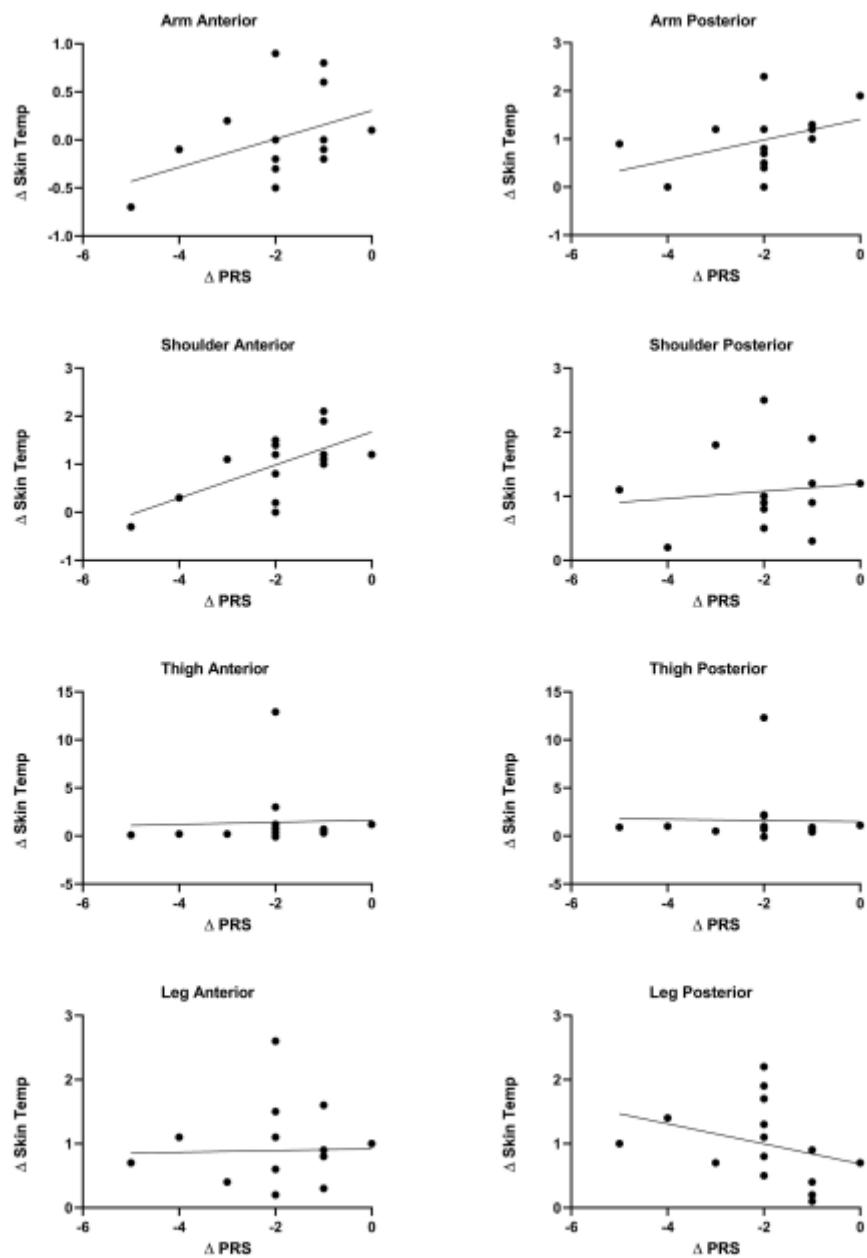


Fig. 9. Scatter plots showing the relationship between delta maximum skin temperature (ΔTsk) and delta perceived recovery status (ΔPRS) during the second training week.

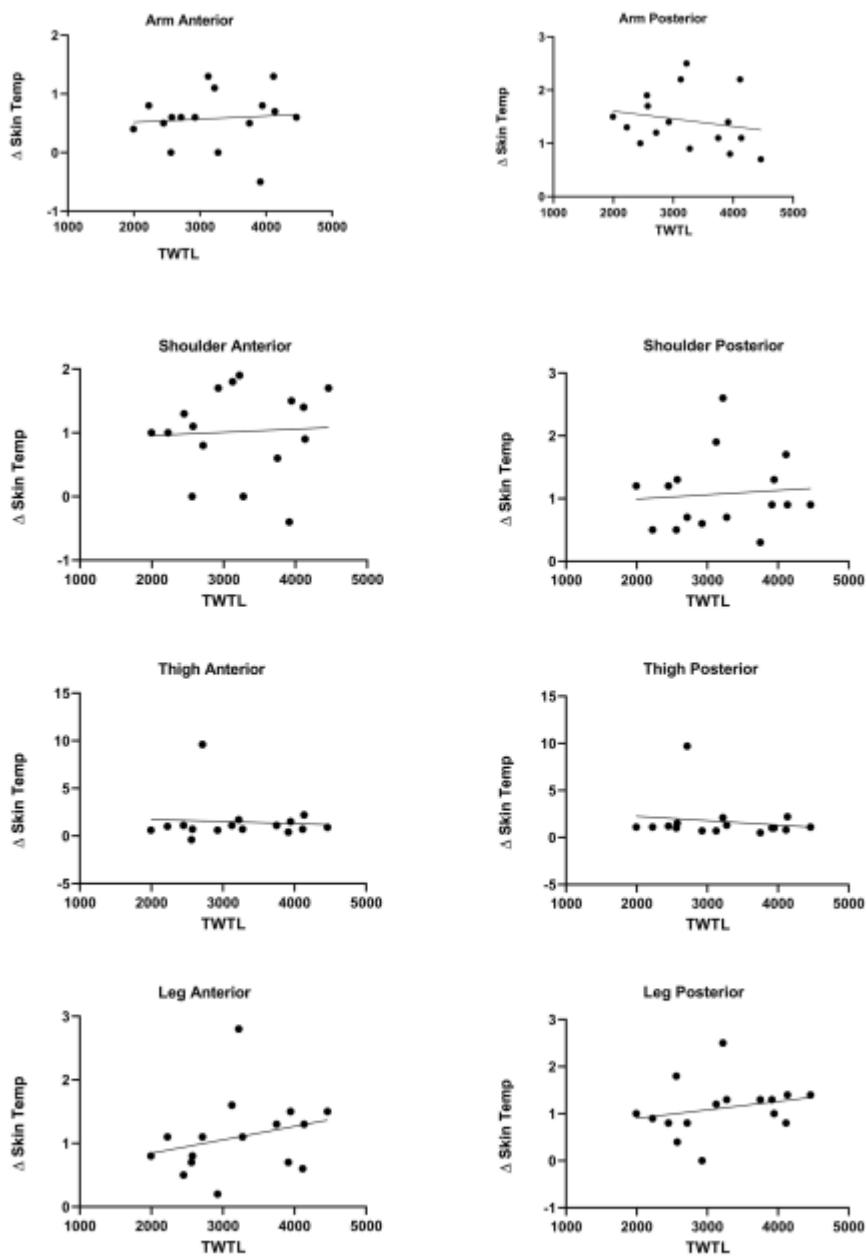


Fig. 10. Scatter plots showing the relationship between delta mean skin temperature (Δ Tsk) and total weekly training load (TWTL) during the second training week.

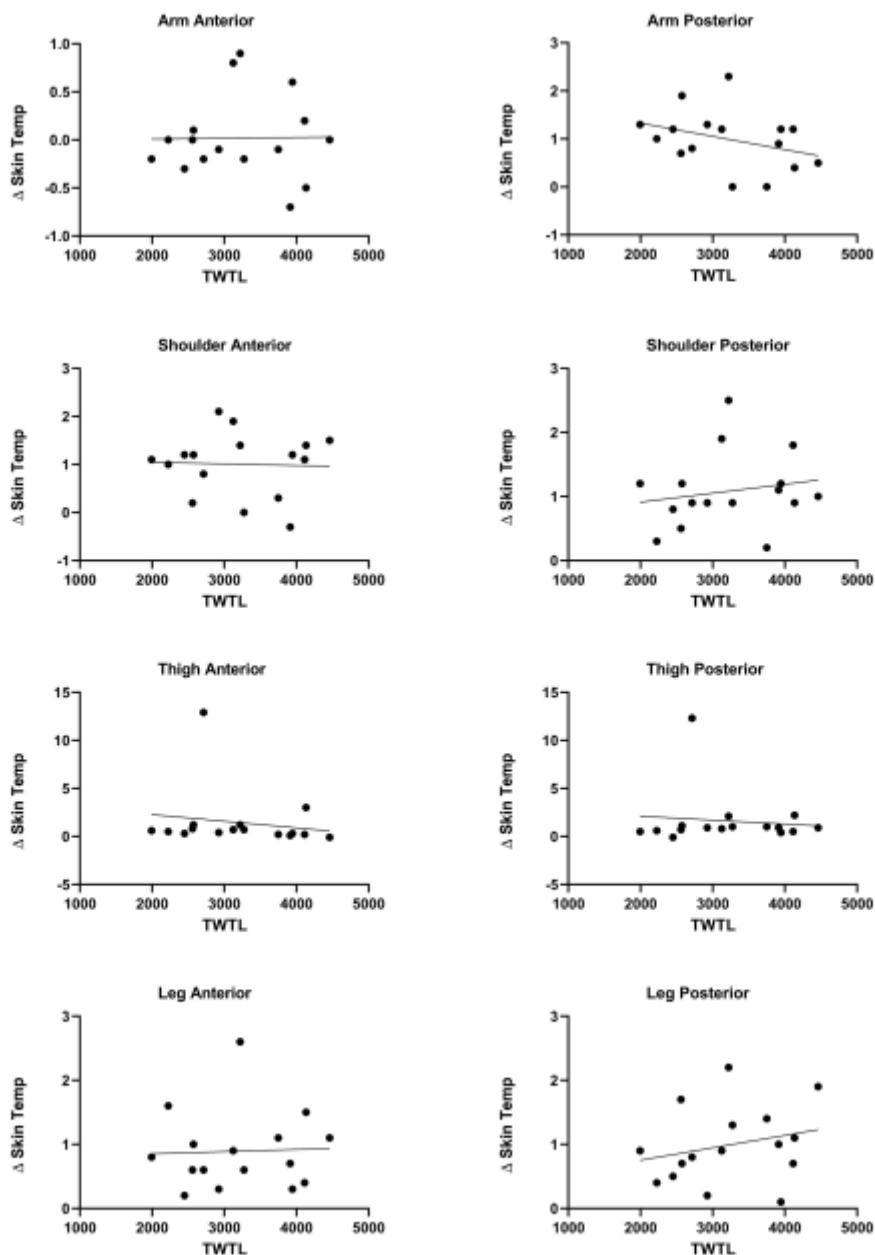


Fig. 11. Scatter plots showing the relationship between delta maximum skin temperature (Δ Tsk) and total weekly training load (TWTL) during the second training week.

Funding information

None.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2024.104038>.

Data availability

Other (please explain: e.g. 'I have shared the link to my data as an attachment').

References

- Amzner, K., Fermenti, D., 2016. Does the type of skin temperature distribution matter? *Therm. Int.* 26 (2), 51–54.
- Andrade, D.M., Fernandes, G., Miranda, R., Coimbra, D.C., Bara Filho, M.G., 2021. Training load and recovery in volleyball during a competitive season. *J. Strength Cond. Res.* 35, 1082–1088. <https://doi.org/10.1519/JSC.000000000000102187>.
- Bourdon, P.C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Verley, M.C., Gabbert, T.J., Coutts, A.J., Burgess, D.J., Gregson, W., Cable, N.T., 2017. Monitoring athlete training loads: consensus statement. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 12 (S2), 161–170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>.
- Cohen, J., 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, second ed. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
- Costa, C.M.A., Moreira, D.G., Silveiro-Quintana, M., Brin, C.J., de Azambuja, G.F., de Fernandes, A.A., Cann, S.P., Marin, J.C.B., 2018. Daily rhythm of skin temperature of women evaluated by infrared thermal imaging. *J. Therm. Biol.* 72, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.12.002>.
- da Silva, W., Godoy-López, J.J., Machado, A.S., Lemos, A.L., Sendra-Pérez, C., Brejão, M.G., Carpes, F.P., Priego-Quesada, J.I., 2024. Effect of different volumes of exercise on skin temperature responses over the following 24 hours. *J. Therm. Biol.* 123, 103923. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2024.103923>.
- de Andrade Fernandes, A., Pimenta, E.M., Moreira, D.G., et al., 2017. Skin temperature changes of under-20 soccer players after two consecutive matches. *Sport Sci. Health* 13, 635–643. <https://doi.org/10.1007/s11332-017-0394-1>.
- Edwards, S., 1993. *The Heart Rate Monitor Book*, eighth ed. Fleet Press, Sacramento, CA.
- Foster, C., Flanagan, L.A., Franklin, L., Houskin, L.A., Parker, S., Dolan, P., Dodge, C., 2001. A new approach to monitoring exercise training. *J. Strength Cond. Res.* 15 (1), 109–115.
- Haddad, M., Stylianides, G., Djouai, L., Della, A., Charnari, K., 2017. Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Front. Neurosci.* 11, 612. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00612>.
- Hildebrandt, C., Rauchner, C., Ammer, K., 2010. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors* 10, 4700–4715. <https://doi.org/10.3390/sns100304700>.
- Horta, T.A.G., Bara Filho, M.G., Coimbra, D.R., Miranda, R., Werneck, F.Z., 2019. Training load, physical performance, biochemical markers, and psychological stress during a short preparatory period in Brazilian elite male volleyball players. *J. Strength Cond. Res.* 33, 3393–3399. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002404>.
- Horta, T.A.G., de Lima, P.H.P., Matta, G.G., de Freitas, J.V., Dias, B.M., Viana, J.M., Toledo, H.C., Miranda, R., Timoteo, T.F., Bara Filho, M.G., 2020. Training load impact on recovery status in professional volleyball athletes. *Rev Bras Med Esporte* 26, 158–161. <https://doi.org/10.1590/1517-86922020202209364>.
- Jones, T.W., Shillabeer, B.C., Cardinale, M., 2020. Skin temperature, training load, and subjective muscle soreness in junior endurance athletes: a case study. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 15 (9), 1349–1352. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0748>.
- Korman, P., Kury, K., Kantanista, A., Straburzynska-Lupa, A., Zieliński, J., 2021. Temperature and creatine kinase changes during a 10d taper period in sprinters. *Physiol. Meas.* 42 (12). <https://doi.org/10.1088/1361-6544/ac3186>.
- Laurent, C.M., Green, J.M., Bishop, P.A., Sjékly, J., Schamacker, R.E., Richardson, M.T., Carter-Smith, M., 2011. A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. *J. Strength Cond. Res.* 25 (3), 620–628. <https://doi.org/10.1519/JSR.0b013e3181c9ef26>.
- Lyakh, V., Mikolajec, K., Rajan, P., Witkowski, Z., Zajac, T., Litkowicz, R., Banys, D., 2016. Periodization in team sports games—a review of current knowledge and modern trends in competitive sports. *J. Hum. Kinet.* 54, 173–180. <https://doi.org/10.1515/hakin-2016-0053>.
- Machado, Á.S., Catada-Soriano, M., Jiménez-Pérez, I., Gil-Calvo, M., Carpes, F.P., Pérez-Soriano, P., Priego-Quesada, J.I., 2022. Distance and camera features measurements affect the detection of temperature asymmetries using infrared thermography. *Quant. Infrared Thermogr.* 21 (2), 69–81. <https://doi.org/10.1080/17686713.2022.2143227>.
- Machado, Á.S., da Silva, W., Priego-Quesada, J.I., Carpes, F.P., 2023. Can infrared thermography serve as an alternative to assess cumulative fatigue in women? *J. Therm. Biol.* 115, 103612. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103612>.
- Majano, C., García-Uria, J., Fernández-Cuevas, I., Encina-Galindo, V., Alonso-Callejo, A., Sanchez-Sánchez, J., Gómez, L., Felipe, J.L., 2023. Association between physical demands, skin temperature and wellbeing status in elite football players. *Sci. Rep.* 13 (1), 13780. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40306-y>.
- Moreira, D.G., Costello, J.T., Brin, C.J., Adamczyk, J.G., Ammer, K., Bach, A.J.P., Costa, C.M.A., Eglin, C., Fernandes, A.A., Fernandez-Cuevas, I., Ferreira, J.J.A., Fermenti, D., Haventhout, G., Howell, K., Jung, A., Kenny, G.P., Kolonivas-Machaca, E.S., Maley, M.L., Merla, A., Paes, O.D., Quenada, J.I.P., Schwartz, R.G., Seiss, A.R., De, Selle, J., Vittori, R.G., Silveiro-Quintana, M., 2017. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: a Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *J. Therm. Biol.* 69, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.07.006>.
- Mujika, I., Halson, S., Burke, L.M., Balagó, G., Farrow, D., 2018. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 13, 538–561. <https://doi.org/10.1123/ijpp.2018-0293>.
- Pérez-Guerrero, A., Priego-Quesada, J.I., Oficial-Casado, F., de Andrade, R.M.C.O., Carpes, F.P., Palmer, R.S., 2019. Association between physiological stress and skin temperature response after a half marathon. *Physiol. Meas.* 40 (3), 034009. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ab0f6c>.
- Priego-Quesada, J.I., Oficial-Casado, F., Gandia-Soriano, A., Carpes, F.P., 2019. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. *J. Therm. Biol.* 84, 431–436. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.07.003>.
- Riera, F., Belénquez, S., Fischer, S., Méril, H., 2021. Impact of a cold environment on the performance of professional cyclists: a pilot study. *Life* 11 (12), 1326. <https://doi.org/10.3390/life11121326>.
- Rojas-Valverde, D., Gutiérrez-Vargas, R., Sánchez-Ureña, B., Gutiérrez-Vargas, J.C., Priego-Quesada, J.I., 2021. Relationship between skin temperature variation and muscle damage markers after a marathon performed in a hot environmental condition. *Life (Basel)* 11 (8), 725. <https://doi.org/10.3390/life11080725>.
- Sansone, P., Li, Y., Confalonieri, E., Tessitore, A., 2024. Monitoring training load and perceived recovery indicators during the pre-season and in-season phases in professional female basketball players. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 64 (7), 609–614. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.24.16200-8>.
- Sheppard, J.M., Gabbert, T.J., Stagnarelli, L.C.R., 2009. An analysis of playing positions in elite men's volleyball: considerations for competition demands and physiologic characteristics. *J. Strength Cond. Res.* 23 (6), 1838–1866. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181826e0a>.
- Straburzynska-Lupa, A., Korman, P., Śliwicka, E., Kryciak, J., Ogurkowska, M.B., 2022. The use of thermal imaging for monitoring the training progress of professional male sweep rowers. *Sci. Rep.* 12 (1), 16507. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-1048-7>.
- Tomeczak, M., Tomeczak, E., 2014. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. *Trends Sport Sci.* 1, 19–2.

ANEXO 1 - TABELA SUPLEMENTAR – ESTUDO 1

Tabela suplementar 1. Média e desvio padrão dos *pixels* da imagem termográfica em cada região de interesse durante o período de treinamento.

Regiões de interesse	Semana 1		Semana 2		
	1ºdia de treino Seg.3	5º dia de treino Sex. 7	1ºdia de treino Seg. 10	5º dia de treino Sex. 14	
Ombro	Anterior	249±28	260±21	259±33	304±25
	Posterior	259±21	248±25	247±19	287±22
Braço	Anterior	1426±95	1385±70	1478±127	1441±112
	Posterior	1397±86	1353±90	1339±84	1344±90
Coxa	Anterior	3908±309	3832±363	4085±355	4158±334
	Posterior	3641±293	3689±256	3981±437	4173±297
Perna	Anterior	1548±152	1588±152	1648±194	1614±171
	Posterior	2005±190	1943±168	1984±179	1957±188

ANEXO 2 – PARECER COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISAS COM SERES HUMANOS



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SUDESTE
DE MINAS GERAIS - IF
SUDESTE - MG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DA PELE E SUA RELAÇÃO COM A RECUPERAÇÃO MUSCULAR AO LONGO DE UMA SEMANA DE TREINAMENTO

Pesquisador: João Batista Ferreira Júnior

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 58003622.7.0000.5588

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO SUDESTE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.524.999

Apresentação do Projeto:

RESUMO:

"O monitoramento da recuperação muscular ocorre pela medição dos parâmetros da recuperação, os quais incluem: medidas de desempenho (peso levantado, força máxima e mais recentemente, o trabalho total), enzimas musculares circulantes na corrente sanguínea, inchaço muscular e temperatura corporal, além das medidas de percepção subjetiva de dor muscular de início tardio e o estado de recuperação. A maioria desses parâmetros apresentam tempos de recuperação diferentes, principalmente as medidas de desempenho quando relacionadas as medidas subjetivas. Neste sentido, ainda não se sabe o comportamento da temperatura da pele ao longo do processo de recuperação muscular após uma sessão de treino físico e se existe associação entre seu tempo de recuperação com medidas de desempenho muscular. Portanto, o objetivo do presente estudo é determinar se existe associação no tempo de recuperação da temperatura termográfica da pele com a recuperação da força, desempenho no salto contra movimento, inchaço e dor muscular, e percepção de recuperação. A amostra será composta por 15 jogadores profissionais de voleibol. Os dados serão coletados ao longo de sete dias do período preparatório de uma equipe de uma equipe profissional de voleibol do JF Vôlei Universidade Federal de Juiz de Fora. Será medido

Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 9º andar

Bairro: Estrela Sul

CEP: 36.030-713

UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA

Telefone: (32)98436-3504

E-mail: etica.pesquisa@ifsuistemg.edu.br



Continuação do Parecer: 5.524.999

antes de cada sessão de treino, nessa ordem: percepção de recuperação, temperatura da pele dos membros inferiores, espessura muscular da parte anterior da coxa, força máxima isométrica e dor muscular de início tardio dos extensores do joelho, e desempenho no salto contramovimento. Também será medida a carga interna de treino após cada sessão de treino. A comparação do tempo de recuperação da temperatura da pele do braço com as demais variáveis será realizada por uma ANOVA 2x6 (variável x tempo) com medida repetida. O nível de significância adotado será de 5%./'

4. MATERIAL E MÉTODOS:

4.1 Participantes

Baseado em estudos prévios, a amostra será composta por 15 jogadores profissionais de voleibol. Serão considerados aptos a participar do estudo os voluntários que responderem não a todas as perguntas do questionário de risco para atividade física – PAR-Q (Thomas et al., 1992). Será excluído deste estudo qualquer indivíduo com lesão osteomioarticular recente, com queixa de dor, inchaço ou limitações funcionais e aparente limitação na amplitude de movimento nas articulações dos membros inferiores e superiores, e que faça uso regular de medicamentos (tratamento medicamentoso) (Moreira et al., 2017). Também será excluído do estudo o voluntário que responder sim para alguma das perguntas do questionário de risco para atividade física – PAR-Q (Thomas et al., 1992). Este estudo respeitará todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (Res. 466/12) envolvendo pesquisas com seres humanos. O presente estudo será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais."

4.2 Desenho experimental

"Sete dias antes do início da coleta de dados, os atletas serão familiarizados com todos os procedimentos e testes adotados, os quais são comumente utilizados no programa de treinamento. Considerando estudos prévios que identificaram maior carga interna de treino no período preparatório no voleibol profissional masculino (Andrade et al., 2018; Debian et al., 2018), os dados serão coletados ao longo de sete dias do período preparatório de uma equipe que participa de 2 grandes campeonatos: o Campeonato Estadual e a Superliga do Brasil. Será medido antes de cada sessão de treino, nessa ordem: percepção de recuperação, temperatura da pele dos

Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 9º andar

Bairro: Estrela Sul

CEP: 36.030-713

UF: MG

Município: JUIZ DE FORA

Telefone: (32)98436-3504

E-mail: etica.pesquisa@itsudestemg.edu.br



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SUDESTE
DE MINAS GERAIS - IF
SUDESTE - MG**



Continuação do Parecer: 5.524.999

membros inferiores, espessura muscular da parte anterior da coxa, força máxima isométrica e dor muscular de início tardio dos extensores do joelho, e desempenho no salto contramovimento. Também será medida a carga interna de treino após cada sessão de treino.

Os dados serão coletados sempre no mesmo horário do dia, para evitar influências do ciclo circadiano. Em adição, os atletas serão orientados a não tomar medicamentos, álcool ou suplementos nutricionais. O treinamento será planejado e implementado pela comissão técnica da equipe e não será influenciado pelas ações dos pesquisadores. Os exercícios realizados em cada sessão de treino serão registrados pelos pesquisadores."

Objetivo da Pesquisa:

3. OBJETIVO

"Determinar se existe associação no tempo de recuperação da temperatura termográfica da pele com a recuperação da força, desempenho no salto contra movimento, inchaço e dor muscular, e percepção de recuperação."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS DA PESQUISA:

"Os participantes serão devidamente esclarecidos sobre os objetivos e propostas do trabalho, por meio do convite esclarecimento e termo de consentimento livre e esclarecido. Ressalta-se que, de acordo com a resolução CNS nº 466/12, os procedimentos descritos no presente estudo oferecem risco mínimo aos voluntários. A realização de atividade física por sujeitos fisicamente ativos conforme as descritas no presente projeto causam riscos mínimo a saúde. De acordo com o delineamento a ser utilizado no presente estudo, pode ocorrer lesões musculares em pessoas que realizam qualquer tipo de exercício físico. Para evitar os riscos de lesões musculares, de quedas, o estudo será supervisionado pelo pesquisador responsável, o qual é devidamente capacitado para orientar a realização de exercícios físicos. O pesquisador se responsabilizará caso seja observada alguma intercorrência. Caso o voluntário tenha alguma intercorrência durante as sessões de treino, o procedimento a ser adotado caso haja necessidade de um atendimento emergencial durante a

Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 9º andar

Bairro: Estrela Sul

CEP: 36.030-713

UF: MG

Município: JUIZ DE FORA

Telefone: (32)98436-3504

E-mail: etica.pesquisa@ifsuistemg.edu.br



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SUDESTE
DE MINAS GERAIS - IF
SUDESTE - MG**



Continuação da Páginas: 5.524.999

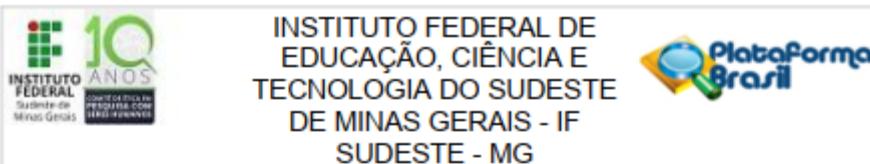
realização da pesquisa será chamar o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) oferecido na cidade de Rio Pomba, através do telefone 192. De acordo com procedimentos aos quais o sujeito será submetido para fins do estudo, destaca-se que pode haver: 1) Constrangimento durante a realização da avaliação da temperatura da pele, 2) Interferência na vida e na rotina dos sujeitos, 2) Cansaço ou aborrecimento ao responder questionários, 3) Constrangimento ao realizar exames antropométricos, e 4) Constrangimento ao se expor durante a realização de testes de qualquer natureza. Para minimizar tais riscos e desconforto, os testes serão realizados em local reservado. Em adição, os pesquisadores são habilitados ao método de coleta dos dados e estarão atento aos sinais verbais e não verbais de desconforto. Além disso, o estudo será suspenso imediatamente caso o avaliador perceba algum risco ou dano à saúde do participante. Os dados obtidos serão utilizados exclusivamente para a fins de pesquisa. Além disso, será garantido ao voluntário que o material biológico e os dados obtidos na pesquisa serão utilizados exclusivamente para a finalidade prevista no presente protocolo e conforme acordado no TCLE. Os participantes serão esclarecidos sobre todos os cuidados, evidenciando-se o fato de que poderão solicitar, a qualquer momento, a saída do estudo. Demais cuidados, como o fornecimento de água e alimento, serão automaticamente disponibilizados aos participantes, ou sempre que eles solicitarem.

Por fim, ainda não se sabe até quando perdurará o cenário atual em relação à pandemia de COVID-19. Como medida de segurança para amenizar os riscos de contaminação por COVID-19, os indivíduos serão solicitados a comparecer no local da realização dos testes em horários pré-determinados, evitando assim, aglomerações. Ademais, o pesquisador responsável usará máscara durante todo o procedimento, fazendo sua troca frequente. Também será realizada desinfecção de todos os instrumentos de coleta e qualquer superfície de contato no ambiente antes e após os testes serem realizados. O local onde os testes ocorrerão estará sempre limpo e com ventilação. Além disso, será respeitado o distanciamento físico, de no mínimo 1 metro e intervalo de no mínimo 1 hora entre avaliações de diferentes voluntários ("Folha informativa COVID-19 - Escritório da OPAS e da OMS no Brasil - OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde", [s.d.])."

. BENEFÍCIOS DA PESQUISA:

"Como benefícios para os voluntários, a participação no presente estudo proporcionará uma

Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 5º andar	CEP: 36.030-713	
Bairro: Estrela Sul	UF: MG	Município: JUIZ DE FORA
Telefone: (32)98436-3504	E-mail: etica.pesquisa@itsudestemp.edu.br	



Continuação do Parecer: 5.524.999

oportunidade de o voluntário ter um laudo sobre a termografia da pele."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

"Vide campo 'Conclusões ou Pendências e Listas de Inadequações'.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

"Vide campo 'Conclusões ou Pendências e Listas de Inadequações'.

Recomendações:

Tendo em vista o disposto no Regulamento Interno deste Comitê, recomenda-se atenção aos seguintes itens:

- a) O protocolo que for reapresentado 3 vezes consecutivas mantendo as mesmas pendências apontadas em parecer, sem resolvê-las, receberá o parecer de "Não Aprovado" e o pesquisador poderá realizar nova submissão do protocolo, reiniciando o processo (Art. 27, item III).
- b) O prazo para reapresentação do protocolo após emissão do parecer com pendência é de 30 (trinta) dias. Após este prazo, caso o novo protocolo com as correções não seja apresentado, será emitido parecer de "Retirado" (Art. 27, item V).
- Recomenda-se destacar as alterações nos documentos em outra cor, para facilitar sua identificação.
- Em caso de dúvidas, favor entrar em contato com este comitê.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1) De acordo com o protocolo de pesquisa apresentado, o estudo será realizado com atletas da equipe de voleibol da Universidade Federal de Juiz de Fora, faz-se necessária a apresentação da carta de anuência desta instituição. Pendência resolvida.

2) Com relação aos cronogramas apresentados no projeto completo ("Projeto_CEP_Termografia") e no projeto inserido na Plataforma Brasil ("PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1929214"); estes se apresentam com informações não coincidentes. Faz-se necessário que o pesquisador

Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 9º andar	CEP: 36.030-713
Bairro: Estrela Sul	
UF: MG	Município: JUIZ DE FORA
Telefone: (32)98436-3504	E-mail: etica.pesquisa@ifudestemg.edu.br



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÉNCIA E
TECNOLOGIA DO SUDESTE
DE MINAS GERAIS - IF
SUDESTE - MG**



Continuação do Parecer: 5.524.099

adeque as informações em ambos os documentos, pois no projeto completo não são informados em que meses ocorrerão as etapas da pesquisa. Pendência resolvida.

3) Com relação aos Benefícios da pesquisa destacam-se os seguintes pontos:

3.1) Com relação ao campo "8. BENEFÍCIOS DA PESQUISA" encontra-se expressa a seguinte formulação: "Destaca-se que esse tipo de avaliação é realizado em clínicas médicas para diagnósticos de lesões musculares mediante pagamento." Cabe ressaltar que conforme as orientações a CONEP (Res. 466/12), não deverá haver pagamento para os participantes da pesquisa. A formulação em destaque sugere pagamento indireto. Neste sentido, recomenda-se a retirada desta formulação. Pendência resolvida.

3.2) No campo BENEFÍCIOS DA PESQUISA" encontra-se expressa a seguinte formulação:

"(...) Além disso, caso o voluntário tenha que se deslocar ao Campus somente para ser voluntário da pesquisa e tenha gasto com transporte, tal gasto será pago pelo pesquisador responsável pelo projeto. O termo de consentimento livre e esclarecido terá essas informações. Além disso, caso o voluntário tenha custos com deslocamento para realização da pesquisa e tenha gasto com transporte, tal gasto será pago pelo pesquisador responsável pelo projeto. O termo de consentimento livre e esclarecido terá essas informações."

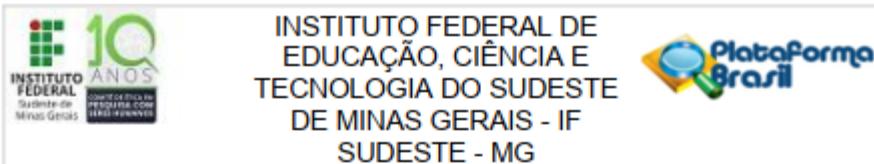
Esta formulação deve ser retirada do campo benefícios, já que não se constitui num benefício, mas numa obrigação que deve ser garantida ao participante. Pendência resolvida.

4) Com relação ao TCLE destacam-se os seguintes pontos:

4.1 – Não consta o tempo de duração que o participante irá despender nos testes. O pesquisador precisa informar ao participante quanto tempo, por dia, será despendido na realização dos testes.

4.2 – As folhas do TCLE tem de ter o campo para as rubricas do pesquisador responsável. Ver modelo no link:

Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 9º andar	CEP: 36.030-713
Bairro: Estrela Sul	
UF: MG	Município: JUIZ DE FORA
Telefone: (32)98436-3504	E-mail: etca.pesquisa@ifsuistemg.edu.br



Continuação do Parecer: 5.524.999

https://www.ifstudemg.edu.br/documentos-institucionais/unidades/reitoria/comissoes-ecomites/ceph/modelo_tcle_impresso_2020.doc/view. Pendência resolvida.

5) No campo 4.3 – Protocolo Experimental está expresso o seguinte:

"4.3.5. Dor muscular de início tardio Os voluntários serão solicitados a reportar a dor sentida nos flexores do cotovelo durante a realização da contração isométrica voluntária máxima dos extensores do joelho." Solicito ao pesquisador verificar se esta informação está correta. Pendência resolvida.

6) No campo "Critério de Inclusão", está expresso o seguinte: "Serão considerados aptos a participar do estudo os voluntários que responderem não a todas as perguntas do questionário de risco para atividade física– PAR-Q (Thomas et al., 1992)". Destaca-se que o critério de inclusão se refere à particularidade que habilita o participante adentrar à pesquisa, num primeiro momento. O uso do PAR-Q, neste caso, é um critério de exclusão, pois caso o participante responda SIM para alguma questão ele estará excluído da pesquisa. Sugere-se como critério de inclusão o participante ser atleta de voleibol de uma equipe profissional de voleibol da Universidade Federal de Juiz de Fora. Pendência resolvida.

7) Com relação aos Riscos cabe a observação de outros que não sejam apenas dos riscos físicos.

7.1) Conforme as disposições da Resolução 460/12 em seu inciso II.22, que define o risco da pesquisa como "possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano, em qualquer pesquisa e dela decorrente". Sugerem-se os seguintes riscos:

- Interferência na vida e na rotina dos sujeitos;
- Cansaço ou aborrecimento ao responder questionários;
- Constrangimento ao realizar exames antropométricos;
- Constrangimento ao se expor durante a realização de testes de qualquer natureza.

Sugerem-se as seguintes formas de minimização:

Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 9º andar	CEP: 36.030-713
Bairro: Estrela Sul	
UF: MG	Município: JUIZ DE FORA
Telefone: (32)98436-3504	E-mail: etica.pesquisa@ifstudemg.edu.br



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SUDESTE
DE MINAS GERAIS - IF
SUDESTE - MG**



Continuação do Parecer: 5.524.099

- Estar atento aos sinais verbais e não verbais de desconforto. Pendência resolvida.
 - Garantir que os pesquisadores sejam habilitados ao método de coleta dos dados.
- 7.2) Estas informações devem ser atualizadas no TCLE em todos os documentos onde se fizer necessária e/ou obrigatória. Pendência resolvida.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto e de acordo com as atribuições definidas nas Resoluções CNS 466/12 e 510/16, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos CEPH/IF SUDESTE MG aprova o projeto de pesquisa apresentado.

O pesquisador deve atentar-se ainda aos seguintes compromissos:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e termo de consentimento livre e esclarecido. Para isso, deve-se apresentar uma emenda ao projeto, via Plataforma Brasil.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do estudo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. Conforme definido no artigo 22, item V do Regulamento Interno do CEPH/IF SUDESTE MG, o pesquisador deve apresentar relatórios parciais e final da pesquisa. Para isso, deve-se realizar uma notificação no projeto, via Plataforma Brasil.

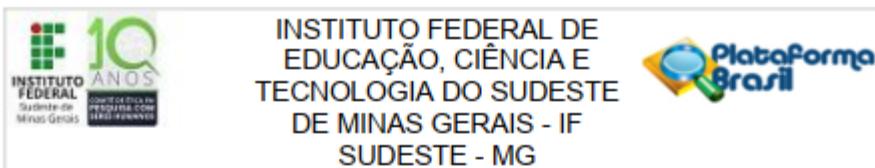
Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 9º andar
Bairro: Estrela Sul
UF: MG

CEP: 36.030-713

Município: JUIZ DE FORA

Telefone: (32)98436-3504

E-mail: etica.pesquisa@ifsudestemg.edu.br



Continuação do Parecer: 5.524.999

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJECTO_1929214.pdf	09/06/2022 16:18:29		Aceito
Outros	carta_ANUENCIA_JF_Volei.pdf	09/06/2022 16:18:01	João Batista Ferreira Júnior	Aceito
Outros	Carta_Resposta.doc	09/06/2022 16:12:48	João Batista Ferreira Júnior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_corrigido.doc	09/06/2022 16:11:02	João Batista Ferreira Júnior	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_Termografia_Corrigido.doc	09/06/2022 16:10:24	João Batista Ferreira Júnior	Aceito
Folha de Rosto	IMG_20220411_0001.pdf	11/04/2022 23:16:15	João Batista Ferreira Júnior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JUIZ DE FORA, 13 de Julho de 2022

Assinado por:
Dênis Derly Damasceno
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Luz Interior, 360 - 9º andar	CEP: 36.030-713
Bairro: Estrela Sul	
UF: MG	Município: JUIZ DE FORA
Telefone: (32)98436-3504	E-mail: etica.pesquisa@itsudestemg.edu.br