

AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA NA PREVENÇÃO DE LESÕES MUSCULOESQUELÉTICAS EM ATLETAS: REVISÃO INTEGRATIVA SOBRE COLUNA VERTEBRAL, MEMBRO SUPERIOR E INFERIOR

THERMOGRAPHIC ASSESSMENT FOR THE PREVENTION OF MUSCULOSKELETAL INJURIES IN ATHLETES: AN INTEGRATIVE REVIEW COVERING THE SPINE AND UPPER AND LOWER LIMBS

EVALUACIÓN TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS EN ATLETAS: REVISIÓN INTEGRATIVA SOBRE COLUMNA VERTEBRAL, MIEMBRO SUPERIOR E INFERIOR

Guilherme Gallo Costa Gomes¹

Gabriel Pádua da Silve²

Odair Alfredo Gomes³

Edson Donizetti Verri⁴

RESUMO: Esse artigo buscou sintetizar a evidência publicada entre 2020 e 2026 sobre a aplicação da termografia infravermelha (TIV) na prevenção e no monitoramento de lesões musculoesqueléticas de coluna vertebral, membro superior e membro inferior em atletas. Trata-se de revisão integrativa, com buscas nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO, PEDro e Google Acadêmico, incluindo estudos com atletas de ambos os sexos entre 18 e 50 anos avaliados por TIV, publicados em português, inglês ou espanhol. A qualidade metodológica foi avaliada pela escala PEDro e pelas ferramentas do Joanna Briggs Institute. Dos 592 registros identificados, 20 estudos compuseram a amostra final. A evidência concentrou-se no membro inferior, sobretudo no futebol; o membro superior contou com poucos estudos em esportes de raquete e remo; e a coluna vertebral mostrou-se a região menos investigada, sem qualquer estudo prospectivo de predição lesional. Os achados foram consistentes quanto à sensibilidade do método a cargas de treino e ao reparo tecidual, mas divergentes quanto ao seu valor preditivo isolado. Conclui-se que a termografia é útil no monitoramento complementar da carga e do retorno ao esporte, mas não sustenta uso isolado como preditor de lesão.

Palavras-chave: Termografia. Atletas. Traumatismos em Atletas.

¹Doutor em Ciências, Professor, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

²Doutor em Ciências, Professor, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

³Doutor em Ciências Morfofuncionais, Professor, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

⁴Orientador: Doutor em Ciências, Professor, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

ABSTRACT: This article aimed to synthesise the evidence published between 2020 and 2026 on the use of infrared thermography (IRT) for the prevention and monitoring of musculoskeletal injuries of the spine, upper limb and lower limb in athletes. This is an integrative review, with searches in PubMed/MEDLINE, SciELO, PEDro and Google Scholar, including studies with athletes of both sexes aged 18 to 50 years assessed by IRT, published in Portuguese, English or Spanish. Methodological quality was appraised with the PEDro scale and the Joanna Briggs Institute tools. Of the 592 records identified, 20 studies composed the final sample. Evidence clustered on the lower limb, mainly in football; the upper limb was represented by few studies; and the spine was the least investigated region, with no prospective study of injury prediction. Findings were consistent regarding the sensitivity of the method to training load and tissue repair, but divergent regarding its isolated predictive value. It is concluded that thermography is useful as an adjunct for load and return-to-sport monitoring, but does not support isolated use as an injury predictor.

Keywords: Thermography. Athletes. Athletic Injuries.

RESUMEN: Este artículo buscó sintetizar la evidencia publicada entre 2020 y 2026 sobre la aplicación de la termografía infrarroja (TIR) en la prevención y el monitoreo de lesiones musculoesqueléticas de columna vertebral, miembro superior y miembro inferior en atletas. Se trata de una revisión integrativa, con búsquedas en las bases PubMed/MEDLINE, SciELO, PEDro y Google Académico, incluyendo estudios con atletas de ambos sexos entre 18 y 50 años evaluados por TIR, publicados en portugués, inglés o español. La calidad metodológica se evaluó mediante la escala PEDro y las herramientas del Joanna Briggs Institute. De los 592 registros identificados, 20 estudios compusieron la muestra final. La evidencia se concentró en el miembro inferior, sobre todo en el fútbol; el miembro superior contó con pocos estudios; y la columna vertebral resultó la región menos investigada, sin ningún estudio prospectivo de predicción lesional. Los hallazgos fueron consistentes en cuanto a la sensibilidad del método a las cargas de entrenamiento y a la reparación tisular, pero divergentes en cuanto a su valor predictivo aislado. Se concluye que la termografía es útil en el monitoreo complementario de la carga y del retorno al deporte, pero no sostiene su uso aislado como predictor de lesión.

Palabras clave: Termografía. Atletas. Traumatismos en Atletas.

INTRODUÇÃO

As lesões musculoesqueléticas constituem o principal desfecho adverso da prática esportiva competitiva e a causa mais frequente de afastamento de treinos e competições. O impacto extrapola a dimensão clínica: envolve perda de disponibilidade do elenco, comprometimento de resultados esportivos, custos assistenciais elevados e, em casos de recidiva, encurtamento da carreira. Nesse cenário, a triagem pré-participação e o monitoramento longitudinal da carga tornaram-se pilares das comissões técnicas contemporâneas, o que impulsionou a busca por métodos capazes de sinalizar alterações teciduais antes que se convertam em queixa clínica ou em afastamento.

A termografia infravermelha (TIV) insere-se nesse contexto como método de imagem funcional que capta a radiação infravermelha emitida pela superfície corporal e a converte em um mapa bidimensional de temperatura cutânea. Diferentemente de métodos estruturais como a ultrassonografia e a ressonância magnética, a TIV não descreve a anatomia da lesão, e sim o estado fisiológico da região avaliada. Suas características operacionais, entre elas a ausência de contato e de radiação ionizante, a rapidez de aquisição e o custo decrescente do equipamento, explicam a expansão de seu uso na medicina do esporte (CÔRTE ACR e HERNANDEZ AJ, 2016).

O racional fisiológico apoia-se em três mecanismos. Primeiro, a temperatura cutânea reflete o fluxo sanguíneo da microcirculação dérmica, modulado por controle simpático vasomotor e por metabólitos locais. Segundo, a atividade metabólica da musculatura subjacente e a convecção sanguínea alteram o gradiente térmico entre o núcleo e a periferia durante e após o exercício. Terceiro, processos inflamatórios subclínicos, como os que acompanham a sobrecarga tendínea ou o dano muscular induzido pelo exercício, cursam com vasodilatação local potencialmente detectável como hipertermia relativa. De modo complementar, isquemia relativa, inibição neuromuscular ou hiperatividade simpática podem produzir o padrão inverso, de hipotermia focal.

3

A hipótese que sustenta o uso preventivo do método é a de que o desequilíbrio funcional que antecede a lesão se manifeste como assimetria térmica contralateral mensurável. Historicamente, diferenças de temperatura entre lados homólogos inferiores a 0,3 °C têm sido consideradas fisiológicas, enquanto valores acima de 0,5 °C e, sobretudo, acima de 1,0 °C, têm sido interpretados como sinal de alerta. Esses limiares, contudo, derivam majoritariamente de populações e regiões corporais distintas daquelas em que são aplicados (MARINS JCB, et al., 2014).

Duas limitações atravessam a literatura da área. A primeira é a heterogeneidade dos protocolos de aquisição, uma vez que variações de temperatura e umidade da sala, tempo de aclimação, distância e ângulo de captura, emissividade adotada e restrições prévias produzem diferenças de magnitude comparável ao próprio efeito investigado; a publicação do checklist Thermographic Imaging in Sports and Exercise Medicine (TISEM) buscou padronizar essas condições, mas sua adoção permanece parcial (MOREIRA DG, et al., 2017). A segunda é conceitual: predizer uma lesão futura e detectar uma lesão já instalada são objetivos distintos, com exigências métricas diferentes, frequentemente tratados como equivalentes.

A distribuição do conhecimento entre regiões corporais também é desigual. O membro inferior, e particularmente a coxa de jogadores de futebol, concentra a maior parte dos estudos, ao passo que o membro superior e a coluna vertebral permanecem sub-representados, apesar de responderem por parcela expressiva das lesões em esportes de arremesso, raquete, ginástica e modalidades com alta demanda axial (MASUR L, et al., 2024). Diante disso, este estudo teve por objetivo sintetizar a evidência publicada entre 2020 e 2026 sobre a aplicação da avaliação termográfica na prevenção e no monitoramento de lesões musculoesqueléticas em atletas, estratificando os achados em três domínios anatômicos: coluna vertebral, membro superior e membro inferior.

MÉTODOS

Trata-se de revisão integrativa da literatura, modalidade de síntese que permite a inclusão simultânea de delineamentos experimentais e observacionais. O percurso seguiu as seis etapas consagradas: identificação do tema e formulação da pergunta norteadora; definição dos critérios de inclusão e exclusão e busca na literatura; categorização e extração dos dados; avaliação crítica dos estudos incluídos; interpretação dos resultados; e apresentação da síntese do conhecimento. O relato do processo de seleção seguiu, de forma adaptada, as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020. Por se tratar de estudo de revisão, com uso exclusivo de dados secundários já publicados, não houve necessidade de apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa.

4

A pergunta norteadora foi estruturada no formato população, fenômeno de interesse e contexto (PICO), tendo como população atletas de ambos os sexos com idade entre 18 e 50 anos, como fenômeno de interesse a avaliação por termografia infravermelha e como contexto a prevenção, a predição, a triagem e o monitoramento de lesões musculoesqueléticas de coluna vertebral, membro superior e membro inferior. Formulou-se a seguinte questão: qual a evidência disponível sobre a aplicação da termografia infravermelha na prevenção e no monitoramento do risco de lesão musculoesquelética dessas três regiões em atletas?

Foram incluídos estudos publicados entre janeiro de 2020 e junho de 2026, conduzidos com atletas amadores, universitários, profissionais ou de elite, de ambos os sexos, cuja média etária e respectivo desvio-padrão estivessem contidos na faixa de 18 a 50 anos, critério operacional adotado em razão da escassez de estratificação etária individual nos relatos primários. Exigiu-se o emprego de termografia infravermelha com descrição explícita do

equipamento, independentemente da marca ou do modelo, e a presença de desfechos relacionados a lesão musculoesquelética, incluindo prevenção, predição, triagem, monitoramento de carga, assimetria térmica ou retorno ao esporte. Foram aceitos ensaios clínicos, coortes, estudos transversais, caso-controle e estudos de validação ou confiabilidade, redigidos em português, inglês ou espanhol.

Foram excluídos estudos com populações não atléticas ou fora da faixa etária definida, sem descrição do equipamento termográfico, com aplicações da TIV fora do escopo musculoesquelético, bem como editoriais, cartas, resumos de congresso, capítulos de livro, teses não publicadas em periódico e estudos em modelos animais ou in vitro.

As buscas foram realizadas nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO, PEDro e Google Acadêmico, com encerramento em 30 de junho de 2026, complementadas por busca manual nas listas de referências dos estudos incluídos e de revisões prévias. Os descritores foram extraídos do Medical Subject Headings (MeSH) e dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e combinados por operadores booleanos (Tabela 1).

Tabela 1 - Estratégia de busca adaptada por base de dados. Ribeirão Preto-SP, 2026.

Base	Estratégia adaptada	Filtros	Registros
PubMed/MEDLINE	("thermography"[MeSH] OR "infrared thermography") AND (athletes OR sport OR soccer OR runners) AND (injury OR asymmetry OR "skin temperature")	2020-2026; humanos; PT/EN/ES	312
SciELO	(termografia OR "termografia infravermelha") AND (atleta* OR esporte OR lesão)	2020-2026; PT/EN/ES	47
PEDro	thermography AND sports injury (Subdiscipline: Sports)	2020-2026	19
Google Acadêmico	"termografia infravermelha" atletas lesão musculoesquelética prevenção	2020-2026; 200 primeiros registros	200
Busca manual	Referências dos estudos incluídos e de revisões prévias	-	14
Total	-	-	592

Fonte: GOMES GGC, et al., 2026.

A seleção ocorreu em duas etapas, leitura de títulos e resumos seguida de leitura dos textos completos, conduzidas de forma independente por dois revisores, com participação de um terceiro revisor na resolução das divergências. A concordância interavaliadores na etapa de textos completos foi substancial. A extração seguiu formulário padronizado contemplando autoria, ano, país, delineamento, características da amostra, região corporal avaliada, marca e modelo da câmera, resolução do detector e sensibilidade térmica, condições de aquisição, regiões de interesse (ROI), desfecho térmico, limiar de assimetria adotado, achados principais e qualidade metodológica.

A qualidade metodológica dos ensaios foi avaliada pela escala PEDro e a dos estudos observacionais pelas Critical Appraisal Tools do Joanna Briggs Institute. Adicionalmente, cada estudo foi confrontado com os quinze itens do checklist TISEM e com as recomendações da norma ISO/TR 13154, verificando-se o relato de temperatura e umidade ambiente, tempo de aclimação, distância e ângulo de captura, emissividade e restrições prévias impostas aos participantes (MOREIRA DG, et al., 2017). Dada a heterogeneidade de protocolos, populações, ROI e desfechos térmicos, optou-se por síntese narrativa estruturada por domínio anatômico, sem metanálise.

RESULTADOS

A busca identificou 592 registros. Após a remoção de 138 duplicatas, 454 títulos e resumos foram triados, dos quais 386 foram excluídos por não contemplarem população atlética, por não empregarem termografia ou por abordarem aplicações fora do escopo musculoesquelético. Foram avaliados 68 textos completos, com exclusão de 48 pelos seguintes motivos: população fora da faixa etária ou não atlética, ausência de descrição do equipamento, desfecho não relacionado a lesão musculoesquelética, delineamento inelegível e idioma não contemplado. Compuseram a amostra final 20 estudos (Tabela 2).

6

Os estudos incluídos foram publicados entre 2020 e 2026, com predomínio de produção europeia, sobretudo espanhola, seguida da brasileira. Predominaram delineamentos observacionais transversais e pré-pós, com apenas um ensaio controlado randomizado. O tamanho amostral variou de 10 a 160 participantes. Quatorze estudos incluíram exclusivamente homens, cinco incluíram ambos os sexos e um incluiu apenas mulheres, desequilíbrio relevante considerando a influência conhecida do sexo sobre o perfil térmico cutâneo. O futebol foi a modalidade mais estudada, seguida de esportes individuais de resistência e força.

O único ensaio controlado randomizado obteve pontuação 6 na escala PEDro, classificando-se como de qualidade moderada; nele, a ausência de cegamento de participantes e terapeutas foi o principal item não atendido, limitação intrínseca a intervenções de exercício. Entre os estudos observacionais, a avaliação revelou boa descrição de critérios de inclusão e de exposição, mas fragilidades recorrentes no controle de fatores de confusão, notadamente composição corporal, fase do ciclo menstrual e nível de hidratação, e no relato de cegamento do avaliador dos termogramas. Nenhum estudo relatou a totalidade dos quinze itens do TISEM; a

mediana foi de dez itens, e os menos relatados foram a emissividade adotada, o ângulo de captura e o controle de ingestão de cafeína, álcool ou tabaco.

Tabela 2 - Síntese dos estudos incluídos na revisão integrativa, n=20. Ribeirão Preto-SP, 2026.

Autor, ano, país	Delineamento e amostra	Região	Principais achados
GÓMEZ-CARMONA P, et al., 2020, Espanha	Transversal prospectivo; 24 jogadores profissionais de futebol	Membro inferior	Programa preventivo guiado por termografia reduziu de 15 para 6 as lesões na pré-temporada e de 156 para 14 os dias de afastamento.
TEIXEIRA RM, et al., 2020, Brasil	Transversal; 59 atletas de futebol	Membro inferior	Assimetria $>0,5^{\circ}\text{C}$ em 52,5% da amostra, sem concordância com desequilíbrio isocinético (sensibilidade 22%; especificidade 32,2%).
MAJANO C, et al., 2023a, Espanha	Transversal; 20 jogadores de elite	Membro inferior	Assimetria $\geq 0,2^{\circ}\text{C}$ em isquiotibiais associou-se a pior desempenho em sprints repetidos e em salto vertical.
MAJANO C, et al., 2023b, Espanha	Longitudinal; 30 jogadores de elite, 12 semanas	Membro inferior e tronco	Assimetrias em adutores, joelho e isquiotibiais associaram-se a estresse, dor muscular, fadiga e menor volume de ações de alta intensidade.
ESCAMILLA-GALINDO VL, et al., 2025a, Espanha	Coorte; 30 jogadores profissionais, ambos os sexos	Membro inferior	Assimetria do joelho decresceu $0,01^{\circ}\text{C}$ por dia ao longo de um ano de reabilitação após reconstrução do ligamento cruzado anterior.
ESCAMILLA-GALINDO VL, et al., 2025b, Espanha	Retrospectivo; 26 entorses de tornozelo em atletas de elite	Membro inferior	Hipertermia imediata ($\Delta = +0,594^{\circ}\text{C}$; $d = 0,918$), redução semanal de $0,109^{\circ}\text{C}$ e normalização em cerca de quatro semanas.
ESCAMILLA-GALINDO VL, et al., 2025c, Espanha	Longitudinal; equipe profissional, 14 jogos	Membro inferior	Maior exposição a corrida de alta velocidade associou-se a maior queda pós-jogo da temperatura dos isquiotibiais ($\beta = -1,79^{\circ}\text{C}$).
MOLINA-PAYÁ FJ, et al., 2023, Espanha	Caso-controle; 26 atletas com tendinopatia patelar e 27 assintomáticos	Membro inferior	Diferença térmica maior no grupo sintomático (efeito $0,53^{\circ}\text{C}$), correlacionada à resistência vascular intratendínea e ao escore VISA-P.
CABIZOSU A, et al., 2024, Espanha	Descritivo pré-pós; 11 marchadores de nível nacional e internacional	Membro inferior	Queda no quadril ($-1,92^{\circ}\text{C}$) e nos isquiotibiais ($-1,23^{\circ}\text{C}$) após competição, com aumento na região posterior da perna ($+0,50^{\circ}\text{C}$).
LINO-SAMANIEGO A, et al., 2022, Espanha	Cruzado; 15 handebolistas nacionais	Membro inferior	Queda térmica após esforço isométrico e auxotônico a 70% da carga máxima, com retorno aos valores basais em 15 minutos.
ALBURQUERQUE SANTANA PV, et al., 2022, Brasil	Pré-pós; 10 homens fisicamente ativos	Membro inferior	Pliometria elevou creatina quinase e dor tardia em 24-48 h, com efeitos moderados a grandes sobre a temperatura da coxa, sem significância.
CARRIÓN-GONZÁLEZ C, et al., 2025, Espanha	Pré-pós controlado; 15 adultos fisicamente ativos	Membro inferior	Dano muscular induzido não alterou o fluxo sanguíneo cutâneo nem a temperatura da coxa em 24 h, apesar da elevação de creatina quinase e dor.
DE LEÓN-MUÑOZ A, et al., 2024, Espanha	Transversal; 10 jogadores profissionais de padel	Membro superior	Aumento significativo da temperatura no lado dominante (antebraço $30,8$ vs. $29,1^{\circ}\text{C}$), sem correlação com fadiga percebida.
MACHADO AS, et al., 2023, Brasil e Espanha	Pré-pós; 21 mulheres destreinadas	Membro superior	Fadiga cumulativa elevou as temperaturas mínima e média, com assimetria em relação ao

Autor, ano, país	Delineamento e amostra	Região	Principais achados
			braço controle e correlação com a perda de força.
DE MORAIS ACL, et al., 2024, Brasil e Espanha	Ensaio randomizado; 39 homens e mulheres	Membro superior	Intensidades e volumes distintos produziram dor tardia diferente, sem resposta térmica correspondentemente distinta.
SILVA AG, et al., 2022, Brasil e Espanha	Cruzado; 18 remadores	Membro superior, inferior e tronco	A mesma musculatura respondeu de forma distinta conforme a demanda do teste, evidenciando ajustes hemodinâmicos locais.
AMARO AM, et al., 2019, Portugal	Transversal; tenistas	Membro superior	Termografia identificou sinais de risco de epicondilite lateral associados à vibração mão-braço durante o saque.
TROVATO B, et al., 2023, Itália	Transversal; 160 adultos praticantes e inativos	Coluna vertebral	Inativos apresentaram temperatura significativamente maior nas regiões cervical, torácica e lombar do que os praticantes de esporte.
DINDORF C, et al., 2022, Alemanha	Pré-pós com seguimento; 41 adultos ativos	Coluna e tronco	Fadiga unilateral do tronco gerou assimetrias dorsais e ventrais no pós-teste, ausentes no basal e após 24 h.
BRANDL A, et al., 2023, Alemanha e Áustria	Pareado por atividade; 16 adultos	Coluna lombar	Exercício excêntrico de extensores do tronco elevou a temperatura lombar em 24 h (31,6 para 32,7 °C) e em 48 h (31,6 para 32,9 °C).

Fonte: GOMES GGC, et al., 2026.

Coluna vertebral

A coluna vertebral configurou a lacuna mais expressiva desta revisão. Não foi identificado nenhum estudo prospectivo que tenha testado a capacidade da TIV de prever lesão ou dor lombar em atletas, nem estudo que tenha acompanhado atletas com dor lombar relacionada ao esporte ao longo de um processo de retorno à competição.

A evidência disponível é indireta e de três naturezas. A primeira é descritiva: a comparação entre 160 indivíduos saudáveis agrupados por prática esportiva demonstrou que os inativos apresentam temperaturas significativamente mais altas nas regiões cervical, torácica e lombar do que praticantes de esportes coletivos, individuais ou de musculação, resultado que sugere adaptação termorreguladora ao treinamento, mas não informa sobre risco lesional (TROVATO B, et al., 2023). A segunda é experimental: protocolo de flexões laterais até a exaustão produziu assimetrias térmicas dorsais e ventrais no pós-teste imediato, ausentes tanto no basal quanto 24 horas depois, indicando que a assimetria axial induzida por fadiga é fenômeno transitório e não marcador estável de desequilíbrio (DINDORF C, et al., 2022). A terceira relaciona-se ao dano tecidual: exercício excêntrico máximo de extensores do tronco

elevou a temperatura lombar em 24 e 48 horas, acompanhando o espessamento do tecido conjuntivo extramuscular paravertebral e o aumento da dor à palpação, sem correlação linear entre os desfechos (BRANDL A, et al., 2023).

Evidência oriunda de populações não atléticas complementa o quadro. Em dor radicular lombossacral, a TIV apresentou acurácia de 80%, sensibilidade de 89% e especificidade de 66% para diferenças térmicas entre 0,8 e 2,2 °C, com ganho adicional quando combinada à avaliação clínica (LIU H, et al., 2024). Revisão sistemática sobre escoliose idiopática concluiu que o método discrimina diferenças térmicas entre os lados convexo e côncavo, mas ressaltou que as recomendações específicas de aquisição raramente são cumpridas (ROGGIO F, et al., 2023). Nenhum desses achados, contudo, foi obtido em atletas nem testado contra desfechos de lesão.

Membro superior

A evidência sobre o membro superior concentrou-se em respostas agudas ao esforço, e não em predição lesional. Em jogadores profissionais de padel, a temperatura do lado dominante elevou-se de forma significativa em relação ao lado não dominante no antebraço anterior, no ombro anterior e no braço posterior imediatamente após treino técnico padronizado, com magnitudes de efeito grandes; entretanto, essas assimetrias não se correlacionaram com fadiga percebida, dor global, anos de experiência ou volume semanal de treino (DE LEÓN-MUÑOZ A, et al., 2024). O achado é metodologicamente instrutivo, pois demonstra que a TIV detecta o padrão de solicitação da modalidade, mas não que esse padrão indique risco.

Em tenistas, a análise conjunta da vibração mão-braço durante o saque e do mapa térmico do antebraço permitiu identificar sinais compatíveis com risco de epicondilite lateral, sugerindo aplicação ergonômica do método na seleção de equipamento e empunhadura (AMARO AM, et al., 2019). Em remadores, a manipulação dos grupos musculares envolvidos alterou a resposta térmica das mesmas ROI, evidenciando que a temperatura cutânea reflete ajustes hemodinâmicos locais dependentes da demanda, e não uma propriedade fixa do segmento (SILVA AG, et al., 2022).

Em modelos de fadiga cumulativa do bíceps braquial em mulheres destreinadas, a TIV registrou elevação das temperaturas mínima e média com assimetria em relação ao membro controle, e as variações térmicas correlacionaram-se com as perdas de força, um dos poucos achados que aproximam a medida térmica de um desfecho funcional (MACHADO AS, et al., 2023). Em contrapartida, ensaio randomizado com homens e mulheres demonstrou que

protocolos de intensidades e volumes distintos produziram graus diferentes de dor muscular de início tardio sem produzir respostas térmicas correspondentemente distintas, e que as alterações observadas ocorreram tanto no membro exercitado quanto no contralateral (DE MORAIS ACL, et al., 2024).

Membro inferior

O membro inferior concentrou a maior parte da evidência e também as maiores divergências. O estudo de maior impacto prático comparou duas pré-temporadas consecutivas de uma equipe da primeira divisão espanhola e observou redução do número de lesões de 15 para 6 e dos dias de afastamento de 156 para 14 após a implantação de um programa preventivo orientado por termografia, com queda concentrada em lesões de coxa, quadril e virilha (GÓMEZ-CARMONA P, et al., 2020). Em sentido oposto, investigação com 59 jogadores brasileiros verificou que 52,5% apresentavam assimetria térmica superior a 0,5 °C e 37,3% apresentavam desequilíbrio de torque isocinético superior a 15%, sem concordância entre os métodos, com sensibilidade de 22% e especificidade de 32,2% (TEIXEIRA RM, et al., 2020).

Resultados intermediários sugerem que a especificidade da região avaliada é determinante. Em jogadores de elite, assimetrias iguais ou superiores a 0,2 °C nos isquiotibiais, mas não em coxas e panturrilhas, associaram-se a pior desempenho em teste de sprints repetidos e a menor altura de salto vertical após o esforço (MAJANO C, et al., 2023a). Em acompanhamento longitudinal de doze semanas, assimetrias em adutores associaram-se a estresse e dor muscular, assimetrias no joelho associaram-se a fadiga e à qualidade do descanso, e jogadores com alta assimetria em isquiotibiais completaram menos ações de alta intensidade (MAJANO C, et al., 2023b). Em nível de exposição, maior distância percorrida em alta velocidade associou-se a maior queda pós-jogo da temperatura dos isquiotibiais (ESCAMILLA-GALINDO VL, et al., 2025c).

No domínio do monitoramento pós-lesional, a evidência é mais coerente. Em entorses laterais de tornozelo, observou-se hipertermia significativa imediatamente após a lesão, com redução semanal consistente e normalização da assimetria em aproximadamente quatro semanas (ESCAMILLA-GALINDO VL, et al., 2025b). Em jogadores submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior, a assimetria térmica do joelho decresceu de forma previsível ao longo de um ano de reabilitação, permitindo a proposição de critérios fisiológicos complementares aos critérios funcionais de retorno ao esporte (ESCAMILLA-GALINDO VL,

et al., 2025a). Em tendinopatia patelar, atletas sintomáticos apresentaram diferença térmica maior entre membros e menor resistência vascular intratendínea que assintomáticos (MOLINA-PAYÁ FJ, et al., 2023).

Quanto à resposta aguda ao esforço, os achados são consistentes na direção da queda térmica imediata, observada tanto em handebolistas após esforços isométricos e auxotônicos (LINO-SAMANIEGO A, et al., 2022) quanto em marchadores após competição (CABIZOSU A, et al., 2024). Já no dano muscular induzido, a resposta é inconsistente: a pliomетria produziu efeitos moderados a grandes sobre a temperatura da coxa em 48 horas sem significância estatística (ALBURQUERQUE SANTANA PV, et al., 2022), e protocolo de saltos em profundidade não alterou nem o fluxo sanguíneo cutâneo nem a temperatura da coxa em 24 horas, apesar da elevação de creatina quinase e de dor (CARRIÓN-GONZÁLEZ C, et al., 2025).

Equipamentos e parâmetros de aquisição

Entre os 20 estudos incluídos, doze utilizaram câmeras da marca FLIR, com predomínio das séries T e E, e os demais empregaram equipamentos de outros fabricantes ou não especificaram o modelo além da marca. A resolução do detector, quando relatada, variou de 320x240 a 640x480 pixels, e a sensibilidade térmica situou-se entre 0,03 e 0,10 °C. Parte dos estudos utilizou software de segmentação automatizada de regiões de interesse; os demais recorreram a delimitação manual. Essa dispersão instrumental tem consequência analítica direta, pois diferenças de sensibilidade da ordem de 0,05 °C representam fração relevante dos limiares de assimetria empregados na literatura, situados entre 0,2 e 0,5 °C. Estudo específico sobre reprodutibilidade demonstrou que a temperatura média e a máxima apresentam concordância excelente entre avaliadores com diferentes níveis de experiência, ao passo que a temperatura mínima e a amplitude térmica são substancialmente menos estáveis (DA SILVA W, et al., 2022).

DISCUSSÃO

Esta revisão permite três conclusões estruturantes. A primeira é que a termografia infravermelha é sensível a alterações fisiológicas associadas ao treinamento e ao reparo tecidual. A segunda é que essa sensibilidade não se traduz, na evidência disponível, em capacidade preditiva isolada de lesão. A terceira é que a distribuição do conhecimento entre segmentos corporais é profundamente desigual, com o membro inferior razoavelmente coberto, o membro

superior parcialmente explorado e a coluna vertebral praticamente inexplorada no contexto atlético.

A distinção entre valor preditivo e capacidade de detecção é o eixo interpretativo mais importante desta síntese. O único estudo que avaliou desfecho de incidência lesional relatou redução expressiva no número de lesões e nos dias de afastamento após a adoção de programa preventivo guiado por termografia, mas seu delineamento, uma comparação entre duas pré-temporadas consecutivas da mesma equipe sem grupo controle concorrente, não permite isolar o efeito da termografia de efeitos de aprendizagem da comissão técnica, de mudanças na periodização, de alterações no elenco ou de regressão à média (GÓMEZ-CARMONA P, et al., 2020). Revisão sistemática recente sobre o futebol caracterizou o método como promissor para a avaliação de fadiga estrutural e metabólica e para o desenho de protocolos individualizados de recuperação, reservando termos mais cautelosos para a predição lesional propriamente dita (BARAJAS RAMÓN Y, et al., 2026).

Contra a hipótese preditiva pesa a demonstração de que assimetrias térmicas e desequilíbrios de força não coincidem (TEIXEIRA RM, et al., 2020). Se a assimetria térmica não identifica sequer um fator de risco estabelecido e mensurável, como o desequilíbrio isocinético, é improvável que capture de forma confiável a construção multifatorial que precede uma lesão. A leitura mais defensável dos dados é que a temperatura cutânea informa sobre o estado termorregulatório e circulatório momentâneo da região, e que esse estado se relaciona apenas parcialmente com a vulnerabilidade mecânica do tecido subjacente. Uma nuance importante emerge da especificidade regional, já que assimetrias em isquiotibiais mostraram associação com desempenho e com marcadores de bem-estar, enquanto assimetrias em coxa e panturrilha não o fizeram, o que sugere que limiares globais aplicados indistintamente a todas as regiões podem diluir sinais localmente informativos (MAJANO C, et al., 2023a; MAJANO C, et al., 2023b).

Um padrão temporal razoavelmente consistente atravessa os estudos: nos primeiros 15 a 30 minutos após esforço intenso predomina a queda da temperatura cutânea, atribuível à redistribuição do fluxo sanguíneo para a musculatura ativa; nas janelas de 24 a 72 horas, quando se manifestam os processos de reparo, predomina a elevação térmica (MASUR L, et al., 2024). Essa bifasicidade tem implicação prática direta, pois o momento da captura determina o significado do achado: uma queda térmica registrada dez minutos após o treino é resposta fisiológica esperada, ao passo que a mesma queda registrada 48 horas depois pode indicar

inibição neuromuscular ou hipoperfusão relativa. A ausência de padronização temporal entre estudos é, portanto, fonte de heterogeneidade tão relevante quanto a variação instrumental.

É preciso registrar que a associação entre dano muscular e resposta térmica está longe de ser estabelecida. Estudo que combinou termografia e fluxometria por laser Doppler demonstrou que, 24 horas após protocolo de dano, nem o fluxo sanguíneo cutâneo nem a temperatura da coxa se alteraram, ainda que os marcadores bioquímicos e a dor estivessem elevados (CARRIÓN-GONZÁLEZ C, et al., 2025). Ensaio randomizado que variou intensidade e volume de exercício produziu graus distintos de dor sem produzir respostas térmicas distintas, e observou alterações também no membro não exercitado (DE MORAIS ACL, et al., 2024). O conjunto sugere que a temperatura cutânea e o dano muscular são fenômenos apenas parcialmente acoplados, mediados por uma camada de tecido subcutâneo cuja espessura varia entre indivíduos.

A composição corporal é o confundidor mais bem documentado. Estudos com adolescentes demonstraram que indivíduos com maior percentual de gordura apresentam temperaturas cutâneas significativamente mais baixas em praticamente todas as regiões, com correlações negativas fortes no tronco anterior e posterior (REIS HHT, et al., 2023). Como o tecido adiposo subcutâneo funciona como isolante térmico, atletas com maior adiposidade tendem a exibir gradientes atenuados, o que reduz a sensibilidade do método justamente na região de maior espessura tecidual, o tronco, e pode contribuir para explicar a escassez de achados robustos na coluna vertebral.

A questão do sexo é tratada de forma insuficiente na literatura analisada. Perfis térmicos de referência para adultos brasileiros demonstraram diferenças significativas entre homens e mulheres em treze de vinte e quatro regiões, com as maiores discrepâncias nas coxas ventral e dorsal, da ordem de 1,0 °C, magnitude que excede em muito os limiares de assimetria empregados como sinal de alerta (MARINS JCB, et al., 2014). Apesar disso, quatorze dos vinte estudos incluídos avaliaram exclusivamente homens, e nenhum controlou explicitamente a fase do ciclo menstrual, apesar do efeito conhecido das flutuações hormonais sobre a vasomotricidade cutânea. Trata-se de lacuna que compromete a generalização dos limiares atualmente propostos para atletas mulheres.

A termografia deve ser posicionada em relação, e não em substituição, aos métodos consolidados. A ultrassonografia oferece informação estrutural direta sobre tendões e músculos e, quando combinada ao Doppler, permite quantificar neovascularização e resistência vascular

intratendínea, dimensão que a TIV apenas sugere indiretamente (MOLINA-PAYÁ FJ, et al., 2023). Metanálise sobre acurácia diagnóstica em tendinopatias identificou sensibilidade global de 72% e especificidade de 95%, com desempenho superior na epicondilite lateral, o que indica método mais adequado para confirmar do que para excluir a condição, perfil característico de exame de segunda linha e não de triagem populacional (DIAS DE LACERDA AP, et al., 2022). A dinamometria permanece o padrão para a quantificação de desequilíbrios de força, e a eletromiografia de superfície informa sobre recrutamento e fadiga neuromuscular em tempo real, dimensão inacessível à TIV. É precisamente na localização espacial não invasiva e repetível que a termografia oferece contribuição própria.

A partir da evidência sintetizada, é possível formular recomendações operacionais para fisioterapeutas e comissões técnicas. A termografia deve ser posicionada como ferramenta de monitoramento longitudinal intraindividual, e não como teste de triagem transversal, uma vez que seu maior valor demonstrado está no acompanhamento seriado do mesmo atleta, em que cada indivíduo é seu próprio controle. Recomenda-se estabelecer um mapa térmico basal na pré-temporada, realizar avaliações semanais em horário fixo durante o microciclo competitivo e capturas em 24 e 48 horas após cargas excêntricas elevadas. O achado termográfico isolado nunca deve determinar a exclusão de um atleta de treino ou competição, devendo funcionar como gatilho para reavaliação clínica dirigida (Tabela 3).

Tabela 3 - Protocolo mínimo recomendado para avaliação termográfica em contexto esportivo. Ribeirão Preto-SP, 2026.

Parâmetro	Recomendação operacional
Ambiente	Sala entre 20 e 24 °C, umidade relativa entre 40 e 60%, sem corrente de ar, luz solar direta ou fontes radiantes.
Aclimação	Repouso de 10 a 15 minutos, com a região de interesse exposta, na mesma sala da captura.
Restrições prévias	Sem exercício nas 12 horas anteriores; sem banho quente ou frio, cremes, pomadas, fisioterapia, álcool, cafeína ou tabaco nas 2 horas anteriores.
Câmera	Detector com resolução mínima de 320x240 pixels, sensibilidade térmica de até 0,08 °C, calibração vigente e emissividade fixada em 0,98.
Posicionamento	Distância padronizada entre 1,0 e 2,0 m, eixo óptico perpendicular à região de interesse e tripé com altura fixa.
Região de interesse	Delimitação por referências anatômicas fixas, bilateral e simétrica, priorizando temperatura média e máxima.
Periodicidade	Avaliação basal na pré-temporada, semanal durante o microciclo competitivo e em 24 e 48 horas após cargas excêntricas elevadas.
Interpretação	Diferença contralateral inferior a 0,3 °C indica normalidade; entre 0,3 e 0,5 °C, atenção; acima de 0,5 °C, alerta com reavaliação clínica.

Fonte: GOMES GGC, et al., 2026; parâmetros adaptados de MOREIRA DG, et al., 2017.

Esta revisão apresenta limitações. A restrição a quatro bases de dados e a três idiomas pode ter excluído estudos relevantes indexados em outras plataformas, e a limitação temporal exclui estudos fundadores do campo. O critério operacional adotado para a faixa etária pode ter incluído participantes individuais fora do intervalo pretendido, e não houve registro prospectivo do protocolo. Quanto aos estudos incluídos, predominaram delineamentos observacionais com amostras pequenas, com acentuado desequilíbrio de sexo e raro controle de fatores de confusão. A heterogeneidade de protocolos, equipamentos, regiões de interesse e limiares de assimetria impediu qualquer agregação quantitativa. Por fim, a quase totalidade dos estudos avaliou desfechos intermediários, e não desfechos clínicos de incidência lesional, o que constitui a principal fragilidade da base de evidência sobre a qual a prática preventiva vem sendo construída.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evidência publicada entre 2020 e 2026 sustenta que a termografia infravermelha é um método sensível a alterações fisiológicas associadas à carga de treinamento e ao reparo tecidual em atletas, com desempenho mais consistente no acompanhamento longitudinal intraindividual do que na triagem transversal. Na coluna vertebral, a evidência em atletas é insuficiente para qualquer recomendação clínica, configurando a principal lacuna identificada. No membro superior, os estudos disponíveis documentam padrões de assimetria compatíveis com a demanda da modalidade, sem demonstrar valor preditivo. No membro inferior, a evidência é a mais robusta e aponta utilidade sobretudo no monitoramento do retorno ao esporte após entorse de tornozelo, reconstrução ligamentar e tendinopatia patelar.

A capacidade da termografia de prever lesão musculoesquelética, tomada isoladamente, não está estabelecida. Sua contribuição atual é a de método complementar de baixo risco e alta repetibilidade, cujo achado deve funcionar como gatilho para avaliação clínica dirigida, jamais como critério isolado de decisão. O avanço da área depende menos de novos equipamentos e mais de rigor metodológico: adesão integral ao checklist TISEM, inclusão equilibrada de atletas de ambos os sexos com controle do ciclo menstrual, mensuração de fatores de confusão e, sobretudo, delineamentos prospectivos com desfecho de incidência lesional. Estudos com essas características na coluna vertebral e no membro superior constituem a prioridade de pesquisa mais evidente decorrente desta revisão.

REFERÊNCIAS

1. ALBURQUERQUE SANTANA PV, et al. Relationship between infrared thermography and muscle damage markers in physically active men after plyometric exercise. *Journal of Thermal Biology*, 2022; 104: 103187.
2. AMARO AM, et al. Hand-arm vibration assessment and changes in the thermal map of the skin in tennis athletes during the service. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019; 16(24): 5117.
3. BARAJAS RAMÓN Y, et al. Infrared thermography to assess fatigue, injury risk factors and recovery in soccer: a systematic review of original studies. *Frontiers in Physiology*, 2026; 17: 1835464.
4. BRANDL A, et al. Effects of maximal eccentric trunk extensor exercise on lumbar extramuscular connective tissue: a matched-pairs ultrasound study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2023; 22(3): 447-454.
5. CABIZOSU A, et al. Infrared thermography sensor in the analysis of acute metabolic stress response during race walking competition. *Biosensors*, 2024; 14(10): 478.
6. CARRIÓN-GONZÁLEZ C, et al. Skin blood flow and skin temperature 24 h after induced muscle damage. *Physiological Reports*, 2025; 13(11): e70410.
7. CÔRTE ACR, HERNANDEZ AJ. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2016; 22(4): 315-319.
8. DA SILVA W, et al. Reproducibility of skin temperature analyses by novice and experienced evaluators using infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 2022; 110: 103345.
9. DE LEÓN-MUÑOZ A, et al. Preliminary application of infrared thermography to monitoring of skin temperature asymmetries in professional padel players. *Sensors*, 2024; 24(14): 4534.
10. DE MORAIS ACL, et al. Intensity and volume of physical exercise influence DOMS and skin temperature differently in healthy adults. *Scientific Reports*, 2024; 14(1): 30282.
11. DIAS DE LACERDA AP, et al. Accuracy of infrared thermography in detecting tendinopathy: a systematic review with meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 2022; 58: 117-125.
12. DINDORF C, et al. Effects of unilateral muscle fatigue on thermographic skin surface temperature of back and abdominal muscles: a pilot study. *Sports*, 2022; 10(3): 41.
13. ESCAMILLA-GALINDO VL, et al. Return-to-play criteria based on infrared thermography during anterior cruciate ligament rehabilitation in football players. *Biology of Sport*, 2025a; 42(2): 161-167.
14. ESCAMILLA-GALINDO VL, et al. Reframing ankle sprain management: the role of thermography in ligament injury monitoring. *Journal of Clinical Medicine*, 2025b; 15(1): 134.

15. ESCAMILLA-GALINDO VL, et al. Skin temperature as a marker of physical fitness profile: the impact of high-speed running in professional soccer players. *Sports*, 2025c; 13(12): 443.
16. GÓMEZ-CARMONA P, et al. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2020; 29(8): 1222-1227.
17. LINO-SAMANIEGO A, et al. Acute effect of auxotonic and isometric contraction evaluated by infrared thermography in handball players. *Journal of Thermal Biology*, 2022; 109: 103318.
18. LIU H, et al. The diagnostic accuracy of infrared thermography in lumbosacral radicular pain: a prospective study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2024; 19(1): 409.
19. MACHADO AS, et al. Can infrared thermography serve as an alternative to assess cumulative fatigue in women? *Journal of Thermal Biology*, 2023; 115: 103612.
20. MAJANO C, et al. Relationship between repeated sprint ability, countermovement jump and thermography in elite football players. *Sensors*, 2023a; 23(2): 631.
21. MAJANO C, et al. Association between physical demands, skin temperature and wellbeing status in elite football players. *Scientific Reports*, 2023b; 13(1): 13780.
22. MARINS JCB, et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). *Journal of Thermal Biology*, 2014; 42: 1-8.
23. MASUR L, et al. 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. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2024; 6: 1479608.
24. MOLINA-PAYÁ FJ, et al. Infrared thermography, intratendon vascular resistance, and echotexture in athletes with patellar tendinopathy: a cross-sectional study. *Ultrasonic Imaging*, 2023; 45(2): 47-61.
25. MOREIRA DG, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: a Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *Journal of Thermal Biology*, 2017; 69: 155-162.
26. REIS HHT, et al. Can adipose tissue influence the evaluation of thermographic images in adolescents? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023; 20(5): 4405.
27. ROGGIO F, et al. Infrared thermography for the evaluation of adolescent and juvenile idiopathic scoliosis: a systematic review. *Journal of Thermal Biology*, 2023; 113: 103524.
28. SILVA AG, et al. Effect of whole-, upper-, and lower-body high-intensity rowing exercise on skin temperature measured by thermography. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2022; 94(1): 226-236.

29. TEIXEIRA RM, et al. Muscular strength imbalances are not associated with skin temperature asymmetries in soccer players. *Life*, 2020; 10(7): 102.
30. TROVATO B, et al. Thermal profile classification of the back of sportive and sedentary healthy individuals. *Journal of Thermal Biology*, 2023; 118: 103751.