

DANILO GOMES MOREIRA

TERMOGRAFIA CORPORAL EM REPOUSO DE HOMENS E MULHERES

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

DANILO GOMES MOREIRA

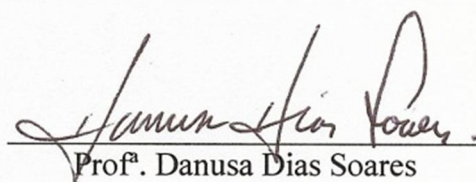
TERMOGRAFIA CORPORAL EM REPOUSO DE HOMENS E MULHERES

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

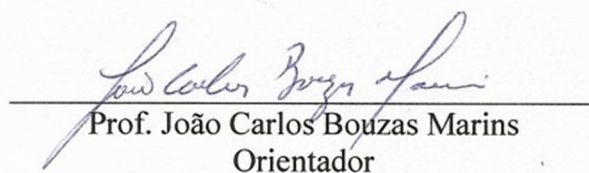
Aprovada em 29 de Junho de 2011.



Prof. Paulo Roberto S. Amorim
Co-orientador



Profª. Danusa Dias Soares



Prof. João Carlos Bouzas Marins
Orientador

*A Deus, aos meus pais, Walter e Iracema,
e aos meus irmãos Ítalo e Victor.*

*Ao meu orientador João Carlos Bouzas
Marins.*

*A todos meus amigos que muito me
apoiaram.*

*“Aquele que não para nos momentos
difíceis, jamais será alcançado”.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por tudo que ele me concede a cada dia e pela constante proteção.

Aos meus pais, Walter e Iracema, por terem acreditado no meu sonho e se sacrificado para que eu o tornasse realidade. Agradeço o apoio, ajuda, carinho, amor e confiança que tiveram comigo.

Aos meus irmãos, Ítalo e Victor pelo apoio que cada um, a seu modo, depositou em mim.

Ao meu nobre amigo Matheus dos Santos Cerqueira, pelo apoio incondicional e incentivo pleno. Sua ajuda foi fundamental para que eu enxergasse sentido nas coisas que precisava fazer.

Aos meus companheiros de laboratório Alex, Fabrício e Carlos que estiveram presentes me ajudando de forma muito empenhada, contribuindo muito para que esse trabalho ficasse pronto.

Aos meus demais amigos, companheiros de jornada, Pedro Meloni, Bruno Moura, César, todos os parceiros do LAPEH, meu muito obrigado!

BIOGRAFIA

Danilo Gomes Moreira, filho de Walter Luiz Moreira e Iracema Maria Gomes Moreira, nasceu em 22 de Dezembro de 1984 em Manhuaçu, MG.

Em 2004, ingressou-se no curso de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, na qual em Julho de 2007 graduou-se Bacharel e Licenciado em Educação Física.

Em março de 2009 ingressou-se no Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Educação Física na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título em Junho de 2011...

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1 – INTRODUÇÃO GERAL	1
2 – ARTIGO 1 - Tempo para estabilização de imagens termográficas em repouso.....	9
2.1 – Resumo	9
2.2 – Introdução	13
2.3 – Materiais e métodos.....	15
2.4 – Resultados.....	20
2.5 – Discussão	26
3 – ARTIGO 2 - Análise termográfica da pele de homens e mulheres em condição de repouso.....	34
3.1 – Resumo	34
3.2 – Introdução	37
3.3 – Materiais e métodos	39
3.4 – Resultados	43
3.5 – Discussão	47
4 – MANUAL - Manual de Procedimentos Básicos para Aplicação da Termografia em Repouso.....	54
4.1 – Introdução.....	54
4.2 – Fatores que influenciam a TP.....	56
4.3 – Procedimentos prévios.....	59
4.4 – Procedimentos durante a coleta.....	61
4.5 – Procedimentos pós-coleta.....	69
4.6 – Interpretação das imagens térmicas.....	76
4.7 – Considerações finais.....	78
5 – CONCLUSÕES GERAIS	81

RESUMO

MOREIRA, Danilo Gomes, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, junho de 2011. **Termografia corporal em repouso de homens e mulheres.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Co-Orientador: Paulo Roberto S. Amorim.

Esta dissertação foi proposta com o objetivo principal de investigar a utilização da termografia em repouso em homens e mulheres. Para alcançar este objetivo, foi necessário conduzir 2 estudos investigativos e 1 manual. O primeiro estudo objetivou identificar o tempo necessário na condição de repouso para que ocorra um equilíbrio da TP em homens e mulheres de idade universitária. Quarenta e quatro sujeitos participaram do estudo, sendo 18 homens ($22,3 \pm 3,1$ anos) e 26 mulheres ($21,7 \pm 2,5$ anos). Foram coletadas imagens termográficas através de um termovisor (Fluke[®]), totalizando 44 fotos em um período de 20 minutos em cada avaliado. A TP foi avaliada nos pontos de análise que abrangeu os minutos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20. As regiões corporais de interesse (RCI) analisadas englobam as mãos, antebraços, braços, coxas, pernas, peitoral e abdômen. Empregou-se o teste de Friedman com post-hoc de Dunn's, com intuito de se estabelecer o tempo necessário na condição de repouso para haver um equilíbrio da TP. Um nível de significância de $p < 0.05$ foi adotado em todos os cálculos. Os resultados mostraram que as mulheres obtiveram maiores variações de temperatura que os homens ($p < 0.01$) ao longo do tempo. Nos homens, apenas as região corporal do abdômen obteve diferença significativa ($p < 0.05$) durante o período analisado, tanto na porção anterior, quanto na porção posterior do corpo. Nas mulheres, a região anterior do abdômen e coxas (direita e esquerda) apontaram diferenças significativas ($p < 0.05$), enquanto que a mão direita, mão esquerda, antebraço direito, antebraço esquerdo e abdômen obtiveram diferenças significativas nas RCI posterior do corpo. Tomando como base os resultados encontrados, pode-se concluir que o tempo

necessário na condição de repouso para que ocorra um equilíbrio da TP em homens e mulheres em idade universitária é variável. Para análise de todo o corpo, recomenda-se um mínimo 10 minutos para ambos os gêneros. O segundo artigo objetivou comparar a simetria entre segmentos corporais, além de identificar se o fator gênero influencia no comportamento da TP em jovens brasileiros em idade universitária. Quarenta e quatro sujeitos participaram do estudo, sendo 18 homens ($22,3 \pm 3,1$ anos) e 26 mulheres ($21,7 \pm 2,5$ anos). Foram coletadas imagens termográficas através de um termovisor (Fluke®), totalizando 4 imagens em cada avaliado. As regiões corporais de interesse (RCI) analisadas englobam as mãos, antebraços, braços, coxas e pernas. Empregou-se o teste de t pareado para verificar a diferença entre lado direito e esquerdo e o teste t de Student para comparar homens e mulheres. Um nível de significância de $p < 0.05$ foi adotado em todos os cálculos. Em nenhuma RCI foi identificado diferença estatística entre os lados direito e esquerdo do corpo. A diferença média entre os lados do corpo não excedeu $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para todas as regiões. A média da temperatura dos homens foi significativamente maior em 14 das 20 áreas analisadas, sobretudo nas áreas mais distais como coxa, perna e mãos. O manual de procedimentos básicos para aplicação da termografia em repouso objetivou descrever os procedimentos que devem ser adotados para realização de coletas de temperatura da pele (TP) utilizando a técnica da termografia, de forma confiável, reprodutível e organizada, tendo em vista um uso rotineiro na prática profissional em ambiente esportivo, cujo objetivo principal é a detecção de lesões. O manual descreve os fatores que podem influenciar a TP e descreve os procedimentos antes, durante e depois da coleta de imagens termográficas. Em conclusão, a TP de homens e mulheres jovens possui uma simetria contralateral inferior a 0.5°C , além disso, a TP em homens possui valores maiores que as mulheres.

ABSTRACT

MOREIRA, Danilo Gomes, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, June, 2011. **Infrared body at rest of men and women.** Advisor: João Carlos Bouzas Marins. Co-advisor: Paulo Roberto S. Amorim.

This work was proposed with the main objective of investigating the use of thermal imaging at rest in men and women. To achieve this objective, it was necessary to conduct two research studies and a manual. The first study aimed to identify the time needed at rest to equilibrate the skin temperature (ST) in men and women of college age. Forty-four subjects participated in the study, 18 men (22.3 ± 3.1 years) and 26 women (21.7 ± 2.5 years). Thermographic images were collected using a thermal imager (Fluke ®), a total of 44 photos in a period of 20 minutes in each assessed. The ST was evaluated at the points of analysis that included the minutes 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 and 20. The body regions of interest (ROI) analyzed include the hands, forearms, upper arms, thighs, legs, chest and abdomen. We used the Friedman test with post hoc Dunn's, in order to establish the time at rest to be a balance of ST. A significance level of $p < 0.05$ was adopted in all calculations. The results showed that women had greater temperature changes than men ($p < 0.01$) over time. In men, only the body region of the abdomen obtained significant difference ($p < 0.05$) during the period analyzed, both in the anterior, and posterior portion of the body. In women, the anterior abdomen and thighs (right and left) showed significant differences ($p < 0.05$), while the right hand, left hand, right forearm, left forearm and abdomen obtained significant differences in RCI back of the body. Based on these results, one can conclude that the time at rest so that there is a balance of PD in men and women of college age is variable. For analysis of the whole body, it is recommended at least 10 minutes for both genders. The second article aimed to compare the symmetry between body segments,

and identify the gender factor influencing the behavior of the TP college-age young Brazilians. Forty-four subjects participated in the study, 18 men (22.3 ± 3.1 years) and 26 women (21.7 ± 2.5 years). Thermographic images were collected using a thermal imager (Fluke ®), a total of four pictures in each assessed. The body regions of interest (RCI) analyzed include the hands, forearms, upper arms, thighs and legs. We used the paired t test to check the difference between right and left side and the Student t test to compare men and women. A significance level of $p < 0.05$ was adopted in all calculations. All RCI has been identified in any statistical difference between right and left sides of the body. The average difference between the sides of the body did not exceed 0.5°C for all regions. The average temperature of the men was significantly higher in 14 of the 20 areas analyzed, especially in areas such as distal thigh, leg and hands. The manual of standardized procedures for application of thermal imaging at rest aimed to describe the procedures that should be adopted to carry out collections of skin temperature (ST) using the technique of thermography, reliably reproducible and organized with a view to a routine use professional practice in sport environment, whose main goal is the detection of lesions. The manual describes the factors that can influence the TP and describes the procedures before, during and after collection of thermographic images. In conclusion, the ST of young men and women have a contralateral symmetry less than 0.5°C , in addition, ST has higher values in men than women.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O organismo humano, quando submetido a diferentes temperaturas, realiza o controle termorregulatório por meio de mecanismos que favorecem a troca de calor entre o corpo e ambiente. Dependendo das circunstâncias ambientais de umidade e temperatura, o corpo humano pode perder ou reter calor, buscando um balanço térmico(1). A temperatura corporal central (TC) deve ser preservada a fim de resguardar as funções vitais do organismo, enquanto a temperatura da pele ou cutânea (TP) realiza trocas de calor com o ambiente no intuito de conservar a TC(2).

A regulação da circulação cutânea é uma importante reposta da termorregulação humana. Durante período de estresse térmico, a elevação da temperatura da pele e central estimula aumento reflexo no fluxo sanguíneo para a pele(3). Em ambientes termicamente neutros, a pele recebe aproximadamente 500 ml ou 5-10% do débito cardíaco, enquanto que em condições de estresse térmico, até 8 litros por minuto ou 50-70% do débito cardíaco podem ser deslocados para a pele(4, 5). Assim, o reflexo termorregulatório ajusta o fluxo sanguíneo para a pele durante exposição ao calor, frio e/ou exercício.

O principal mecanismo para estimular as respostas de perda de calor da circulação sanguínea da pele e sudorese é o do circuito de feedback hipotalâmico, o qual recebe um sinal de integração do núcleo hipotálamo e da TP(6). Durante o exercício físico, quando ocorre um aumento da temperatura corporal, é necessário que o fluxo sanguíneo para a pele seja aumentado a fim de regular a temperatura corporal e

preservar as funções do sistema nervoso central(7). Em virtude desse fluxo sanguíneo aumentado na pele, há um estímulo para a produção de sudorese pelas glândulas sudoríparas, de forma que a evaporação deste suor permita a perda de calor corporal. Deste modo a temperatura central é preservada sem risco de hipertermia(8).

Existe uma variedade de métodos que permitem o estudo da temperatura corporal. Lim et al.(9) realizaram uma revisão na qual destacam os pontos positivos e negativos de 6 formas de mensuração de temperatura em situações de repouso e exercício, que são: temperatura oral, axilar, timpânica, retal, esofágica e gastrointestinal. Entre os principais problemas destacados pelos autores, pode-se citar falta de precisão nas medidas de temperatura oral, axilar e timpânica, uma vez que os resultados podem ser facilmente influenciados por fatores externos, como temperatura ambiente, umidade e suor. Já as temperaturas retal, esofágica e gastrointestinal, possuem uma maior precisão de medida, no entanto constituem métodos invasivos, gerando um desconforto para o avaliado.

Além das formas de aferir a temperatura citadas anteriormente, pode-se acrescentar a termometria cutânea (termografia) como método emergente nos estudos que envolvem a análise da temperatura da pele. Trata-se de uma técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho e permite visualizar a temperatura da superfície corporal(10). Alguns trabalhos têm utilizado essa tecnologia para medição da temperatura corporal em situação de repouso(11, 12) e exercício(13-15).

A utilização da termografia em estudos científicos com seres humanos tem evoluído principalmente na área clínica, cujas pesquisas desenvolveram técnicas para a aplicabilidade deste instrumento na identificação, tratamento e avaliação de algumas doenças, como problemas vasculares(16), varizes(17), trombose venosa profunda(18),

microangiopatia diabética(19, 20) e câncer(21, 22). Entretanto, no campo da Educação Física, ainda há uma vasta possibilidade de aplicação da termografia que necessita ser explorada. Entre as possibilidades destacam-se o estudo da temperatura corporal na melhora da performance(13), a identificação dos pontos de dissipação do calor corporal (23), a identificação e prevenção de processos inflamatórios e lesões nos esportes(24), a avaliação das LER/DORT em praticantes de atividades repetitivas(25), o acompanhamento da recuperação de uma lesão ou uma intervenção cirúrgica(26) e por último o estudo sobre o tipo de vestimenta esportiva e seu impacto na termogênese corporal(27).

A utilização da termografia no campo da atividade física e esportes requer a adoção de uma série de procedimentos para a obtenção de dados confiáveis e reproduzíveis. Os estudos desenvolvidos na área(13, 14) têm adotado os procedimentos oriundos da termografia clínica, cuja aplicação desta técnica já tem sido desenvolvida desde a década de 60(28). Contudo, é importante considerar que, na condição de exercício e na análise de atletas, a forma de se analisar os termogramas necessita ser diferenciada, uma vez que estas situações podem promover alterações na distribuição da TP. Sujeitos atletas estão expostos a um treinamento físico extenuante, no qual podem alterar diversos processos fisiológicos e metabólicos com impacto direto na geração de calor(13). Dessa forma, uma proposta de normatização específica para aplicação da termografia em esportistas será um dos temas da presente dissertação.

A praticidade, facilidade e precisão da termografia têm estimulado a confecção de trabalhos que visem desenvolver técnicas para o seu emprego em seres humanos(29, 30). Dentre os procedimentos básicos para a aplicação da termografia, destaca-se o tempo necessário para estabilização da TP. Geralmente, é recomendado que o avaliado

fique em repouso em uma sala com temperatura controlada antes da coleta de imagens termográficas, por um período ideal de 15 minutos(28). No entanto, o tempo de estabilização varia entre os estudos que utilizam a termometria cutânea, sendo encontradas proposições de 10 minutos(12, 14), 15 minutos(15) e 20 minutos(13) de repouso na sala com temperatura e umidade controlada. Essa falta de consenso entre os estudos pode gerar dificuldades na comparação entre os mesmos, além de poder influenciar na interpretação dos resultados. Assim, este será um dos focos de estudo da presente dissertação, visando estabelecer qual o tempo necessário para realização de uma imagem termográfica em função de condições ambientais pré-determinadas de temperatura, umidade, vento, radiação solar e altitude.

Recentemente, a aplicação profissional da termografia no âmbito esportivo tem se pautado principalmente na detecção de lesões em atletas(26). O uso da termografia para este fim utiliza-se da comparação contralateral entre os segmentos corporais. Em humanos saudáveis, a distribuição da TP deve exibir uma simetria contralateral entre os segmentos(31). Normalmente, um padrão assimétrico é um forte indicador de lesões esportivas, visto que o grau de diferença entre os lados opostos do corpo deve ser inferior a 0.7°C (26). Desse modo, por meio da comparação entre um membro lesionado e outro normal, pode-se identificar a presença de alguma anormalidade fisiológica ou estrutural em atletas. Dessa forma, um dos trabalhos desta dissertação será comparar o nível de simetria termográfica em 5 segmentos corporais, nas regiões anterior e posterior do corpo, tanto em homens como em mulheres.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Esta dissertação foi proposta com o objetivo principal de investigar a utilização da termografia em repouso em homens e mulheres. Para alcançar este objetivo, foi necessário conduzir um manual e 2 estudos investigativos. Os objetivos específicos inerentes a cada estudo são listados abaixo:

1.1.2 Específicos

Manual:

- a) Descrever os procedimentos que devem ser adotados para realização de coletas de temperatura da pele utilizando a técnica da termografia, de forma confiável, reprodutível e organizada.

Artigo 1:

- a) Identificar o tempo necessário na condição de repouso para que ocorra um equilíbrio da temperatura da pele em um grupo homens e mulheres de idade universitária em determinadas condições ambientais controladas.

Artigo 2:

- a) comparar a simetria entre segmentos corporais, além de identificar se o fator gênero influencia no comportamento da TP em um grupo de jovens brasileiros em idade universitária em determinadas condições ambientais controladas.

REFERÊNCIAS

1. Romanovsky AA. Thermoregulation: some concepts have changed. Functional architecture of the thermoregulatory system. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2007 Jan;292(1):R37-46.
2. Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol*. 2006 May;100(5):1692-701.
3. Johnson JM, Park MK. Effect of upright exercise on threshold for cutaneous vasodilation and sweating. *J Appl Physiol*. 1981 Apr;50(4):814-8.
4. Rowell LB. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol Rev*. 1974 Jan;54(1):75-159.
5. Crandall CG, Johnson JM, Kosiba WA, Kellogg DL, Jr. Baroreceptor control of the cutaneous active vasodilator system. *J Appl Physiol*. 1996 Nov;81(5):2192-8.
6. Boulant JA. Role of the preoptic-anterior hypothalamus in thermoregulation and fever. *Clin Infect Dis*. 2000 Oct;31 Suppl 5:S157-61.
7. Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J Appl Physiol*. 2010 Dec;109(6):1989-95.
8. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Front Biosci*. 2010;15:259-90.
9. Lim CL, Byrne C, Lee JK. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singapore*. 2008 Apr;37(4):347-53.
10. Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG. Skin temperature during running--a study using infra-red colour thermography. *J Physiol*. 1977 May;267(1):53-62.
11. Savastano DM, Gorbach AM, Eden HS, Brady SM, Reynolds JC, Yanovski JA. Adiposity and human regional body temperature. *Am J Clin Nutr*. 2009 Nov;90(5):1124-31.
12. Choi JK, Miki K, Sagawa S, Shiraki K. Evaluation of mean skin temperature formulas by infrared thermography. *Int J Biometeorol*. 1997 Nov;41(2):68-75.
13. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng*. 2009 Jan;38(1):158-63.

14. Ferreira JJ, Mendonca LC, Nunes LA, Andrade Filho AC, Rebelatto JR, Salvini TF. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. *Ann Biomed Eng*. 2008 Aug;36(8):1420-7.
15. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng*. 1998 Nov-Dec;26(6):988-93.
16. Soulen RL, Lapayowker MS, Tyson RR, Korangy AA. Angiography, ultrasound, and thermography in the study of peripheral vascular disease. *Radiology*. 1972 Oct;105(1):115-9.
17. Wojciechowski J, Holm J, Zachrisson BF. Thermography and phlebography in the detection of incompetent perforating veins. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. 1982;23(3A):199-201.
18. Sandler DA, Martin JF. Liquid crystal thermography as a screening test for deep-vein thrombosis. *Lancet*. 1985 Mar 23;1(8430):665-7.
19. Zykova TA, Popov VA. [Possibilities of infrared thermography in the differential diagnosis of functional and organic stages of microangiopathy in diabetes mellitus]. *Probl Endokrinol (Mosk)*. 1981 Sep-Oct;27(5):29-31.
20. Fushimi H, Inoue T, Nishikawa M, Matsuyama Y, Kitagawa J. A new index of autonomic neuropathy in diabetes mellitus: heat stimulated thermographic patterns. *Diabetes Res Clin Pract*. 1985 Aug;1(2):103-7.
21. Acharya UR, Ng EY, Tan JH, Sree SV. Thermography Based Breast Cancer Detection Using Texture Features and Support Vector Machine. *J Med Syst*. 2010 Oct 19.
22. Levy A, Dayan A, Ben-David M, Gannot I. A new thermography-based approach to early detection of cancer utilizing magnetic nanoparticles theory simulation and in vitro validation. *Nanomedicine*. 2010 Dec;6(6):786-96.
23. Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H. Fall in skin temperature of exercising man. *Br J Sports Med*. 1992 Mar;26(1):29-32.
24. Thomas D, Siahhamis G, Marion M, Boyle C. Computerised infrared thermography and isotopic bone scanning in tennis elbow. *Ann Rheum Dis*. 1992 Jan;51(1):103-7.
25. Gold JE, Cherniack M, Hanlon A, Dennerlein JT, Dropkin J. Skin temperature in the dorsal hand of office workers and severity of upper extremity musculoskeletal disorders. *Int Arch Occup Environ Health*. 2009 Nov;82(10):1281-92.
26. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors*. 2010;10(5):4700-15.

27. Vainer BG. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. *Phys Med Biol*. 2005 Dec 7;50(23):R63-94.
28. Ring E, Ammer A. The Technique of infra red imaging in medicine. *Thermology International*. 2000;10(1).
29. Roy RA, Boucher JP, Comtois AS. Digitized infrared segmental thermometry: time requirements for stable recordings. *J Manipulative Physiol Ther*. 2006 Jul-Aug;29(6):468 e1-10.
30. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Narhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas*. 2008 Apr;29(4):515-24.
31. Herry CL, Frize M. Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging. *Biomed Eng Online*. 2004 Jun 28;3(1):19.

1. ARTIGO 1 – Tempo para estabilização de imagens termográficas em repouso

Revista para submissão: Annals of Biomedical Engineering

Qualis Capes: A2

2.1 RESUMO

A aplicação da termografia na prática profissional e em estudos científicos requer uma série de procedimentos para obtenção de imagens que devem ser normatizados. Entre esses procedimentos destaca-se o tempo necessário para estabilização do avaliado no ambiente controlado. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi de identificar o tempo necessário na condição de repouso para que ocorra um equilíbrio da temperatura da pele (TP) em um grupo de homens e mulheres de idade universitária. Quarenta e quatro sujeitos participaram do estudo, sendo 18 homens ($22,3 \pm 3,1$ anos) e 26 mulheres ($21,7 \pm 2,5$ anos). Foram coletadas imagens termográficas através de um termovisor (Fluke[®]), totalizando 44 fotos em um período de 20 minutos em cada avaliado. A TP foi avaliada nos pontos de análise que abrangeu os minutos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20. As regiões corporais de interesse (RCI) analisadas englobam as mãos, antebraços, braços, coxas, pernas, peitoral e abdômen. Empregou-se o teste de Friedman com post-hoc de Dunn's, com intuito de se estabelecer o tempo necessário na condição de repouso para haver um equilíbrio da TP. O teste de Mann-Whitney foi usado para comparar a idade, IMC, percentual de gordura e variações de temperatura entre homens e mulheres. Um nível de significância de $p < 0.05$ foi adotado em todos os cálculos. Os resultados mostraram que as mulheres obtiveram maiores variações de temperatura que os homens ($p < 0.01$) ao longo do tempo. Nos homens, apenas as

região corporal do abdômen obteve diferença significativa ($p < 0.05$) durante o período analisado, tanto na porção anterior, quanto na porção posterior do corpo. Nas mulheres, a região anterior do abdômen e coxas (direita e esquerda) apontaram diferenças significativas ($p < 0.05$), enquanto que a mão direita, mão esquerda, antebraço direito, antebraço esquerdo e abdômen obtiveram diferenças significativas nas RCI posterior do corpo. Tomando como base os resultados encontrados, pode-se concluir que o tempo necessário na condição de repouso para que ocorra um equilíbrio da TP em homens e mulheres em idade universitária é variável. Para análise de todo o corpo, recomenda-se um mínimo 10 minutos para ambos os gêneros.

Palavras Chaves: Termorregulação; Termografia; imagens térmicas.

ABSTRACT

Time to stabilization of thermographic images at rest

The application of thermography in professional practice and researches requires a series of procedures to obtain images that should be standardized. One point to highlight from these methods is the time required for acclimatization evaluated in a controlled environment. Thus, the purpose of this study is to identify the time needed at rest to equilibrate the skin temperature (ST) in men and women of college age. Forty-four subjects participated in the study, 18 men (22.3 ± 3.1 years) and 26 women (21.7 ± 2.5 years). Thermographic images were collected using a thermal imager, a total of 44 photos in a period of 20 minutes in each was assessed. ST was evaluated at each the points of analysis, which included the minutes 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 and 20. The body regions of interest (ROI) analyzed include the hand, forearm, arm, thigh, leg, chest and abdomen. We applied the Friedman test with Dunn's post hoc, in order to determine the time required to equilibrate the ST. The Mann-Whitney test was used to compare age, BMI, fat percentage and temperature variations between men and women. A significance level of $p < 0.05$ was used in all calculations. The results showed that women had greater temperature variations than men over time ($p < 0.01$). In men, only the body region of the abdomen showed significant difference ($p < 0.05$) during the period examined, both in the anterior and posterior portion of the body. In women, the anterior abdomen and thighs (right and left) showed significant differences ($p < 0.05$), while the right hand, left hand, right forearm, left forearm and abdomen had significant differences in posterior of the body. Based on these results, we can conclude that the

time required to equilibrate the ST in men and women of college age is variable. For analysis of the whole body, it is recommended at least 10 minutes for both genders.

Keywords: Thermoregulation; Thermography, thermal imaging.

2.2 INTRODUÇÃO

A temperatura corporal central (TC) dos seres humanos permanece em níveis quase constantes por meios de ajuste dos mecanismos fisiológicos destinados a alcançar o equilíbrio entre a produção de calor interna e o calor perdido no ambiente(1). Tais adaptações são fundamentais para conservação da temperatura interna em torno de 37°C, preservando assim as funções metabólicas vitais. Por outro lado, a temperatura da pele (TP) apresenta variações importantes oscilando entre 10 e 42°C(2). Isso ocorre principalmente pela exposição a certas condições ambientais, como temperaturas extremas, umidade e radiação solar(3), durante a realização de exercício(4) e certas condição patológicas como febre(5) e câncer(6).

O ambiente frio promove uma vasoconstrição da pele visando preservar o calor interno para os órgãos vitais(1). Na exposição ao calor ocorre o inverso, há uma vasodilatação no sentido de facilitar a perda de calor corporal, impactando assim também a TP(7). Em situação de exercício, há a elevação da TC, isso torna necessário ampliar os mecanismos de perda de calor corporal, para evitar um estado de hipertermia. Um dos principais mecanismos é o aumento da circulação cutânea enquanto que o volume sistólico é diminuído. O aumento do fluxo de sangue na pele favorece a troca de calor, mediado pela evaporação do suor, podendo elevar a temperatura da pele até 38°C(8, 9). Por outro lado, em ambiente termoneutro e em repouso, a temperatura da pele tende a permanecer em equilíbrio, sendo que o aumento ou diminuição acentuada de seus níveis normais podem ser uma indicação de estado patológico.

A análise da temperatura por meio de termometria cutânea (termografia) tem sido vista como método promissor em estudos que visam analisar a temperatura da pele. A termometria cutânea é um procedimento não invasivo que registra a distribuição da temperatura por meio de um termovisor que recebe e processa a radiação infravermelha emitida pela superfície do corpo(10). Sua aplicação em estudos científicos iniciou-se por meio de pesquisas da área médica, objetivando o diagnóstico de doenças vasculares(11), inflamações(12), tumores(6, 13), desordens metabólicas e anormalidades da temperatura corporal (12). Entretanto, no campo da atividade física e esportes, alguns trabalhos utilizaram esta técnica para estudar a diferença na termogênese de jovens e idosos(14), o efeito do exercício físico na temperatura das mãos(8) e a distribuição e variação da TP em exercício progressivo(4).

A aplicação da termografia na prática profissional e em estudos científicos requer uma série de procedimentos para obtenção de imagens fidedignas. Ring e Ammer (2000)(15) fizeram uma revisão na qual propuseram uma metodologia para coleta de imagem termográfica. Um ponto para destacar entre estes métodos é o tempo necessário para estabilização do avaliado no ambiente controlado, podendo ser entendida como o tempo necessário para que a TP se estabilize e não sofra influência do meio ambiente. Os autores propõem 15 minutos como tempo para estabilização da TP, sendo 10 minutos o mínimo, além disso, alertam para a possibilidade de uma oscilação da temperatura que pode gerar uma assimetria entre os lados direito e esquerdo quando ultrapassados 30 minutos de estabilização. No entanto, Roy et. al. (2006)(16) realizaram um estudo no qual utilizaram a termografia para analisar o tempo de estabilização da temperatura na região da coluna vertebral e encontraram um tempo mínimo de 8 minutos e máximo de 16 minutos para medidas confiáveis. O tempo de estabilização

varia entre os estudos que utilizam a termometria cutânea, sendo encontradas proposições de 10 minutos(14, 17), 15 minutos(8) e 20 minutos(4) de repouso na sala com temperatura e umidade controlada. Essa variação pode ter sido influenciada pelas condições ambientais dos estudos, principalmente na temperatura externa à sala de coleta.

Tal falta de consenso(4, 8, 14-17) dificulta a padronização dos procedimentos, uma vez que possuem tempos diferentes para atingir a estabilidade da temperatura cutânea. Assim, prejudica-se a homogeneização dos resultados para uma perfeita interpretação e comparação dos estudos. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é identificar o tempo necessário na condição de repouso para que ocorra um equilíbrio da TP em um grupo de homens e mulheres de idade universitária.

2.3 MATERIAIS E MÉTODOS

2.3.1 Amostra

Uma amostra por conveniência de quarenta e quatro sujeitos participou do estudo, sendo 18 homens [22.3 ± 3.1 anos, 177.3 ± 4.9 cm de estatura, 76.1 ± 9.1 kg de massa corporal, 24.3 ± 3.3 kg/m² de índice de massa corporal (IMC), e 19 ± 6.2 % de gordura corporal] e 26 mulheres (21.7 ± 2.5 anos, 163 ± 5.2 cm de estatura, 56.8 ± 5.3 kg de massa corporal, 21.4 ± 1.8 kg/m² de IMC e 28 ± 5.4 % de gordura corporal). A amostra compreendeu sujeitos entre 18-30 anos, estudantes de Educação Física da

Universidade Federal de Viçosa. Eles não reportaram nenhum tipo de dor ou problemas com suas atividades diárias e também não estavam consumindo nenhum tipo de medicamento no período de 2 semanas antes das medições. Os avaliados não podiam ser fumantes ou portadores de alguma condição patológica que pudesse alterar a temperatura da pele. Esses requisitos foram conferidos previamente por meio de um questionário. O comitê de ética da Universidade Federal de Viçosa aprovou os procedimentos do estudo. Todos os avaliados assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

2.3.2 Procedimentos

Após uma refeição matinal os sujeitos foram instruídos a não consumir bebida alcoólica ou cafeína, não utilizar nenhum tipo de hidratante na pele nas últimas 6 horas e não realizar exercícios físicos vigorosos no período de 24 horas que antecedeu as medições. Tais recomendações foram enviadas por correio eletrônico e conferidas imediatamente antes das coletas, através de um questionário. Todas as coletas foram feitas no período da manhã. As temperaturas das regiões corporais foram analisadas pelas médias da TP, obtidas através de imagens termográficas, seguindo os critérios descritos por Ring e Ammer(15).

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da Universidade Federal de Viçosa durante os meses de outubro a novembro, correspondendo assim a estação da primavera. Os sujeitos, assim que chegavam ao LAPEH, eram instruídos a trocar de roupa, utilizando sunga ou short os homens e top e

short as mulheres. Logo após, eram dirigidos para uma sala climatizada ($19^{\circ} \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $65,8 \pm 3,8\%$ de umidade) onde foram coletadas as imagens termográficas. Realizou-se 44 imagens termográficas em um período de 20 minutos em cada avaliado, acompanhando a TP nos pontos de análise que abrangeu os minutos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20. Em cada ponto de análise, eram coletadas 4 imagens, que incluem duas imagens da região anterior do corpo (uma dos membros inferiores e uma dos membros superiores/tronco) e duas imagens correspondentes da parte posterior do corpo.

O avaliado, assim que adentrava a sala climatizada, era instruído a se posicionar em cima de um tapete de borracha que se encontrava a 4m de distância do termovisor. Ele permanecia em pé durante todo o tempo e as imagens eram coletadas a cada 2 minutos, na posição anatômica. Foi pedido para não executar movimentos bruscos, não cruzar os braços e não esfregar as mãos durante todo o procedimento. As regiões corporais de interesse (RCI) analisadas englobam mão, antebraço, braço, coxa e perna, nas extremidades direita e esquerda. Além disso, o peitoral, abdômen, dorsal inferior e dorsal superior também foram coletados. Essas regiões eram selecionadas no software Smartview, sendo delimitado um retângulo nas mesmas, utilizando pontos anatômicos marcados no corpo dos avaliados previamente, no qual era apontado a temperatura média da região analisada. Para configuração dos retângulos foram determinados pontos anatômicos, sendo eles: a) mão: junção do 3º metacarpo com a 3º falange proximal e processo estilóide da ulna; b) antebraço: 1º terço distal do antebraço e fossa cubital; c) braço: fossa cubital e linha axilar; d) abdômen: processo xifóide e 5 cm abaixo da cicatriz umbilical; e) peitoral: linha do mamilo e borda superior do esterno; f) coxa: 5 cm acima da borda superior da patela e linha inguinal; g) perna: 5 cm abaixo da borda

inferior da patela e 10 cm acima do maléolo. Os pontos correspondentes da região posterior do corpo foram marcados com uma fita métrica paralela ao solo, realizando uma circunferência da região analisada. A figura 1 apresenta um exemplo das imagens realizadas em cada avaliado no tempo dos 20 minutos com as respectivas RCI. Dessa forma, as temperaturas obtidas eram tabuladas em planilhas no programa Excel, versão 2010, (Microsoft).

O aparelho empregado para obtenção das imagens termográficas foi o termovisor TIR-25 (Fluke, Everett, EUA), com amplitude de medição de -20 a +350 °C, precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ou 2%, sensibilidade $\leq 0,1^{\circ}\text{C}$, banda de espectral dos infravermelhos de 7,5 μm a 14 μm , taxa de atualização de 9 Hz e Sistema FPA (Focal Plane Array) de 160 x 120 pixels. Posteriormente, as imagens foram analisadas por meio do software Smartview[®], versão 2.1. As imagens foram obtidas utilizando um grau de emissividade de 0.98(18).

Após a coleta dos dados termográficos, os avaliados se dirigiam à Divisão de Saúde da Universidade Federal de Viçosa para realizarem o exame de composição corporal com o método absorciometria por dupla emissão de raios X (DXA). As avaliações foram realizadas por um técnico em radiologia credenciado e apto a realizar os procedimentos com o densitômetro Lunar Prodigy Advance DXA system, versão do software: 13.31 (GE Healthcare, Diegem, Bélgica). O peso foi aferido por meio da balança ID-M (Filizola, São Paulo, Brasil) e a estatura através do estadiômetro de parede Standart (Sanny, São Bernardo do Campo, Brasil).

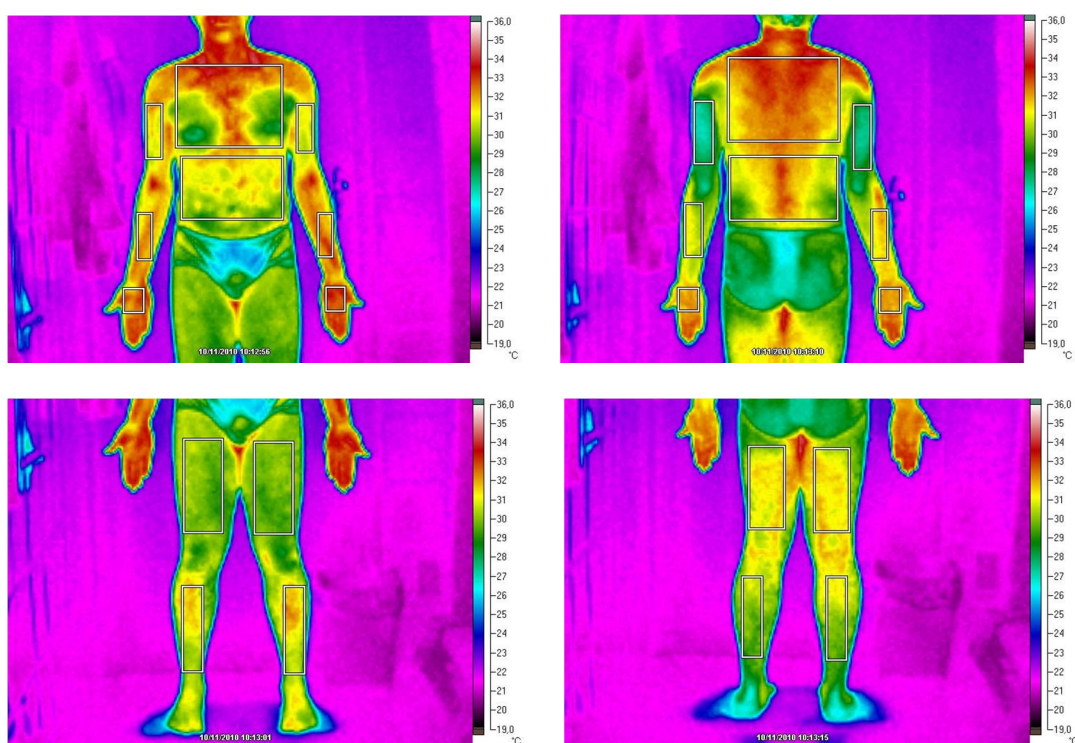


Figura 1. Imagem termográfica de um voluntário homem (21 anos) com as RCI em destaque.

2.3.3 Análise estatística

Aplicou-se uma estatística descritiva através de média e desvio-padrão para apresentação dos dados. Foi testada a normalidade (Shapiro-Wilk test) e a homogeneidade das variâncias (f-test). Empregou-se o teste de Friedman com post-hoc de Dunn's, com intuito de se estabelecer o tempo necessário na condição de repouso para haver um equilíbrio da TP. O teste de Mann-Whitney foi usado para comparar a idade, IMC, percentual de gordura e variações de temperatura entre os gêneros. Um nível de significância de $p < 0.05$ foi adotado em todos os cálculos, os quais foram feitos com a utilização do programa Sigmaplot, versão 11.

2.4 RESULTADOS

As amostras de homens e mulheres foram idênticas na idade, porém os homens tiveram maior IMC ($p < 0.01$) e as mulheres obtiveram maior percentual de gordura ($p < 0.001$). Pode-se observar nas tabelas 1 e 2 os valores da TP nas regiões corporais analisadas e as diferenças de temperatura entre o início da estabilização (minuto zero) até o final (minuto 20). Ocorreram variações de temperatura durante os 20 minutos analisados. As regiões centrais abdômen e peitoral apresentaram valores de TP maiores que regiões periféricas, como mãos e pernas. As mulheres obtiveram maiores variações de temperatura que os homens ($p < 0.01$).

Tabela 1. Temperatura cutânea (°C) de homens (n = 18) com idade universitária.

Região anterior				
RCI	Minuto 0	Minuto 20	Δ absoluta	Δ relativa
Mão direita	30.1 $\pm$ 1.2	30.3 $\pm$ 2.0	0.2	0.7%
Mão esquerda	30.1 $\pm$ 1.2	30.5 $\pm$ 2.0	0.4	1.3%
Antebraço direito	30.8 $\pm$ 1.1	30.8 $\pm$ 0.9	0.0	0.0%
Antebraço esquerdo	30.8 $\pm$ 1.1	31.0 $\pm$ 0.8	0.2	0.6%
Braço direito	31.0 $\pm$ 1.2	30.9 $\pm$ 0.9	-0.1	-0.3%
Braço esquerdo	30.9 $\pm$ 1.2	30.8 $\pm$ 1.0	-0.1	-0.3%
Abdômen	31.7 $\pm$ 1.1	30.7 $\pm$ 0.8*	-1.0	-3.2%
Peitoral	31.9 $\pm$ 0.9	31.4 $\pm$ 0.6	-0.5	-1.6%
Coxa direita	30.3 $\pm$ 1.2	29.7 $\pm$ 0.9	-0.6	-2.0%
Coxa esquerda	30.4 $\pm$ 1.3	29.9 $\pm$ 0.9	-0.5	-1.6%
Perna direita	30.3 $\pm$ 1.3	30.4 $\pm$ 1.0	0.1	0.3%
Perna esquerda	30.4 $\pm$ 1.3	30.6 $\pm$ 0.8	0.2	0.7%
Região posterior				
Mão direita	29.9 $\pm$ 1.6	29.9 $\pm$ 1.4	0.0	0.0%
Mão esquerda	29.6 $\pm$ 1.7	29.5 $\pm$ 1.4	-0.1	-0.3%
Antebraço direito	31.0 $\pm$ 0.8	30.4 $\pm$ 0.8	-0.6	-1.9%
Antebraço esquerdo	30.7 $\pm$ 0.8	30.0 $\pm$ 0.7	-0.7	-2.3%
Braço direito	29.5 $\pm$ 1.3	29.0 $\pm$ 0.9	-0.5	-1.7%
Braço esquerdo	29.2 $\pm$ 1.3	28.7 $\pm$ 0.9	-0.5	-1.7%
Dorsal inferior	31.6 $\pm$ 0.8	30.6 $\pm$ 0.7*	-1.0	-3.2%
Dorsal superior	32.3 $\pm$ 0.8	31.7 $\pm$ 0.7	-0.6	-1.9%
Coxa direita	30.6 $\pm$ 1.2	30.3 $\pm$ 0.9	-0.3	-1.0%
Coxa esquerda	30.6 $\pm$ 1.2	30.3 $\pm$ 0.9	-0.3	-1.0%
Perna direita	30.4 $\pm$ 1.2	30.2 $\pm$ 0.8	-0.2	-0.7%

Perna esquerda	30.2 ± 1.1	30.1 ± 0.8	-0.1	-0.3%
----------------	------------	------------	------	-------

RCI, região corporal de interesse; Δ, diferença entre o minuto 20 e o minuto 0; valores em média ± DP. * Diferença estatística com o minuto 0 (p < 0.05).

Tabela 2. Temperatura cutânea (°C) de mulheres (n = 26) com idade universitária.

Região anterior				
RCI	Minuto 0'	Minuto 20'	Δabsoluta	Δrelativa
Mão direita	28.9 ± 1.6	27.8 ± 2.1	-1.1	-3.8%
Mão esquerda	28.9 ± 1.6	28.0 ± 2.3	-0.9	-3.1%
Antebraço direito	30.5 ± 1.1	30.3 ± 0.9	-0.2	-0.7%
Antebraço esquerdo	30.5 ± 1.2	30.3 ± 0.9	-0.2	-0.7%
Braço direito	30.7 ± 1.3	30.3 ± 0.8	-0.4	-1.3%
Braço esquerdo	30.7 ± 1.3	30.4 ± 1.0	-0.3	-1.0%
Abdômen	31.7 ± 1.2	30.5 ± 1.1*	-1.2	-3.8%
Coxa direita	28.6 ± 1.0	27.8 ± 0.6*	-0.8	-2.8%
Coxa esquerda	28.8 ± 1.2	28.0 ± 0.6*	-0.8	-2.8%
Perna direita	29.6 ± 1.3	29.5 ± 0.7	-0.1	-0.3%
Perna esquerda	29.7 ± 1.2	29.7 ± 0.7	0.0	0.0%
Região posterior				
Mão direita	29.1 ± 1.7	27.7 ± 1.7*	-1.4	-4.8%
Mão esquerda	28.8 ± 1.8	27.3 ± 1.7*	-1.5	-5.2%
Antebraço direito	30.9 ± 1.1	29.9 ± 0.7*	-1.0	-3.2%
Antebraço esquerdo	30.8 ± 1.2	29.5 ± 0.8*	-1.3	-4.2%
Braço direito	28.6 ± 1.4	27.9 ± 1.0	-0.7	-2.4%

Braço esquerdo	28.5 ± 1.4	27.6 ± 1.0	-0.9	-3.2%
Dorsal inferior	31.8 ± 1.1	30.3 ± 0.8*	-1.5	-4.7%
Coxa direita	29.2 ± 0.9	28.7 ± 0.6	-0.5	-1.7%
Coxa esquerda	29.2 ± 0.9	28.7 ± 0.6	-0.5	-1.7%
Perna direita	29.0 ± 0.8	28.6 ± 0.6	-0.4	-1.4%
Perna esquerda	28.9 ± 0.8	28.5 ± 0.6	-0.4	-1.4%

RCI, região corporal de interesse; Δ , diferença entre o minuto 20 e o minuto 0; valores em média $\pm$ DP. * Diferença estatística com o minuto 0 ($p < 0.05$).

Nos homens, apenas a região corporal do abdômen obteve diferença significativa ($p < 0.05$) durante o período analisado, tanto na porção anterior, quanto na porção posterior do corpo (tabela 1). Nas mulheres, a região anterior do abdômen e coxas (direita e esquerda) apontaram diferenças significativas ($p < 0.05$), enquanto que a mão direita, mão esquerda, antebraço direito, antebraço esquerdo e dorsal inferior obtiveram diferenças significativas nas RCI posterior do corpo (tabela 2).

Os gráficos 1 e 2 apresentam a evolução na temperatura durante o experimento nas regiões em que foram identificadas diferenças estatísticas.

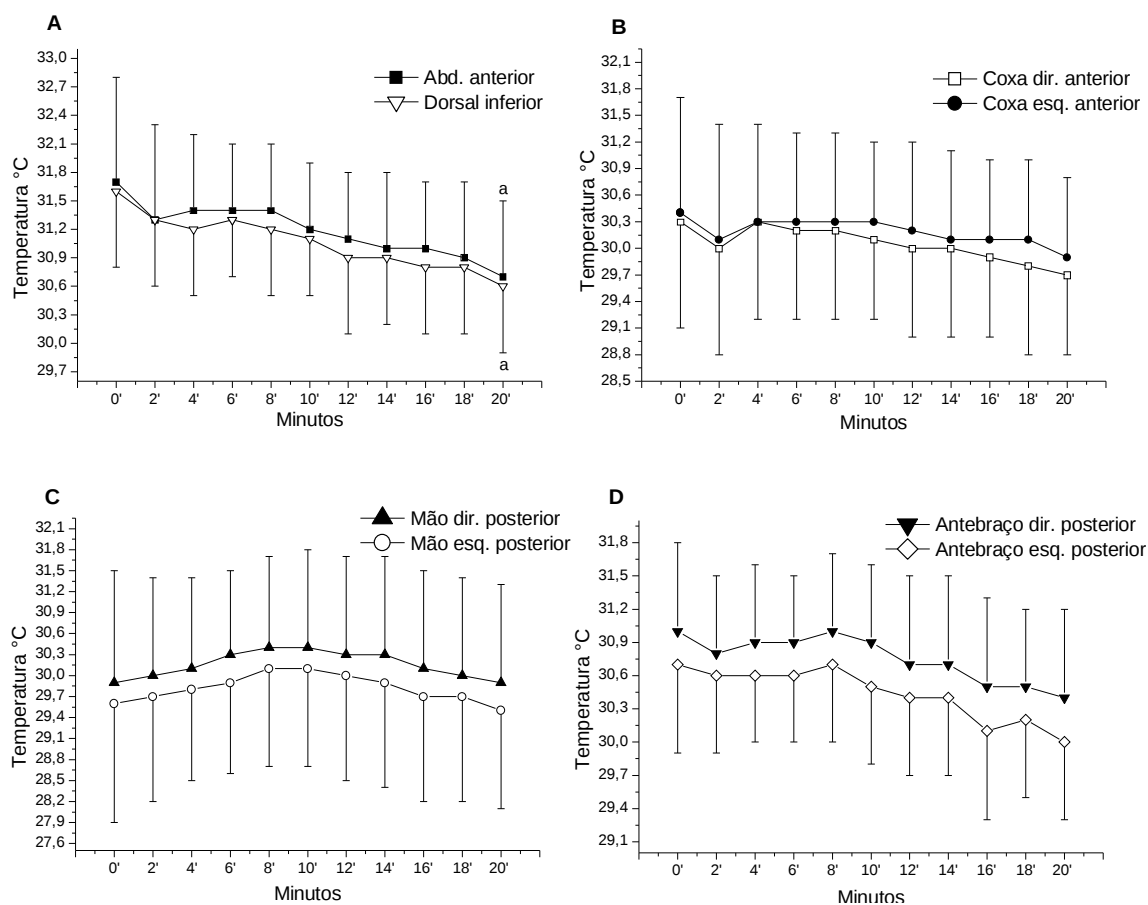


Gráfico 1. Média da TP de homens ($n = 18$) na região abdominal anterior e dorsal inferior (A), coxa anterior direita e esquerda (B), mão posterior direita e esquerda (C) e antebraço posterior direito e esquerdo (D). ^a Diferença significativa em relação ao minuto 0 ($p < 0.05$).

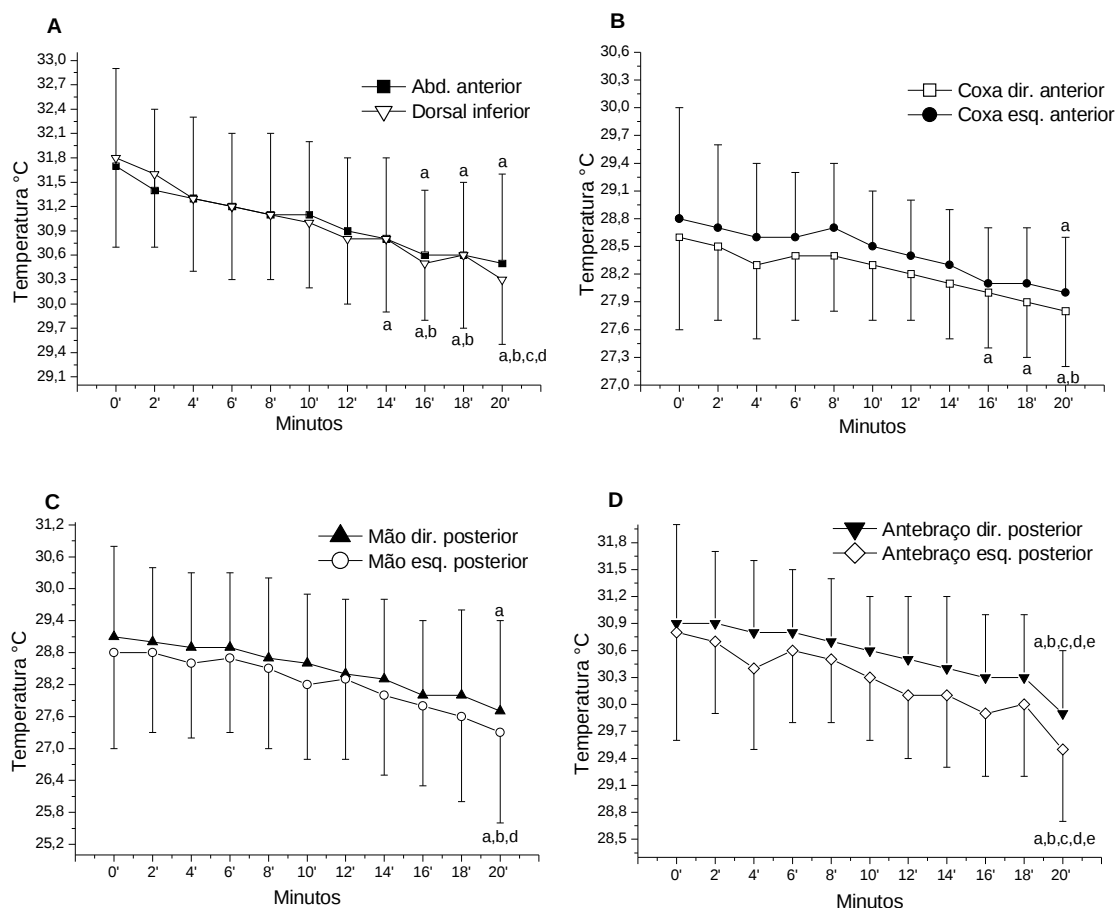


Gráfico 2. Média da TP de mulheres (n = 26) na região abdominal anterior e dorsal inferior (A), coxa anterior direita e esquerda (B), mão posterior direita e esquerda (C) e antebraço posterior direito e esquerdo (D). ^a Diferença com 0'; ^b Diferença com 2'; ^c Diferença com 4'; ^d Diferença com 6'; ^e Diferença com 8'; Todos os cálculos com $p < 0.05$.

2.5 DISCUSSÃO

As evidências das tabelas 1 e 2 mostram que algumas regiões corporais possuem variações de temperatura maiores que as demais. Nos homens, as principais alterações foram no abdômen e dorsal inferior, apontando 3.2% de queda. Nas mulheres, destacaram-se na região anterior do corpo o abdômen (-3.8%) e mão direita (-3.8%). Na região posterior, a mão direita (-4.8%), mão esquerda (-5.2%) e dorsal inferior (-4.7%) obtiveram as maiores variações. Uma vez identificada essa diferença, tais dados sugerem que o período de estabilização depende da região corporal analisada. Em apenas 2 de 24 RCI dos homens e 8 de 22 RCI das mulheres foram identificadas diferenças estatísticas. Embora nem todas as regiões corporais tenham exibido diferenças estatísticas, uma clara tendência a diminuição da temperatura pode ser observada nos gráficos 1 e 2, mesmo que em diferentes graus. Esses resultados tornam evidente que existem ajustes térmicos na pele, reforçando assim a necessidade de adaptação corporal à temperatura ambiente, conforme recomendado em trabalhos anteriores(15, 16).

As regiões corporais centrais (abdômen e peitoral) obtiveram maiores valores de temperatura em comparação às regiões periféricas (mão, antebraço, braço, coxa e perna). Em situação de repouso, o corpo humano desloca o fluxo sanguíneo para regiões centrais onde ficam localizados órgãos vitais como coração e pulmão(1). Este comportamento do aparelho termorregulador humano pode ser um fator determinante para a região central possua valores de TP superiores às extremidades. Outros estudos

corroboram com nossos achados, já que também apontaram maiores valores de TP em abdômen de crianças(19), adultos e idosos(20).

Observou-se uma queda mais aguda da TP das mulheres em relação aos homens. Durante o tempo de estabilização analisado no presente estudo, pode-se notar uma queda significativa da temperatura abdominal de homens e mulheres, contudo apenas as mulheres apresentaram quedas significativas nas extremidades. O maior percentual de gordura das mulheres pode ser um fator influenciador deste resultado. Há evidências na literatura de que regiões corporais com maior acúmulo gordura possuem TP menores(21, 22). Em um estudo termográfico, Savastano et al. (2009)(23) compararam a TP de sujeitos eutróficos e obesos, encontrando temperatura abdominal mais fria e temperatura da ponta dos dedos mais quente em sujeitos obesos. Os resultados da tabela 2 não identificaram TP mais elevadas nas extremidades das mulheres, porém, fatores como idade da amostra, percentual de gordura e gênero dificultam a comparação entre os estudos.

Por outro lado, essa diferença no tempo de aclimação de homens/mulheres e região central/periférica sugere que o tempo mínimo necessário para obter o equilíbrio da TP pode ser determinado de acordo com o objetivo. Alguns trabalhos na área da termografia avaliaram somente membros inferiores(14), apenas mãos(8) ou o corpo todo(4). Com base nos resultados do presente estudo, pode-se propor tempos de estabilização diferenciados para diferentes áreas corporais, ou seja, um estudo que analisa apenas membros inferiores de homens(14) pode ter um tempo de estabilização menor que outro que examina o corpo todo(4), sem, contudo, alterar a qualidade dos resultados. A possibilidade de conseguir coletar dados confiáveis com menos tempo facilita principalmente a aplicação da termografia em atividades profissionais, já que o

tempo de estabilização pode ser um fator limitante na dinâmica diária de equipes esportivas, trabalhadores de fábricas ou pacientes hospitalizados.

Os dados do presente estudo apontam para um tempo de estabilização mínimo de 2 minutos para todas as regiões dos homens. Para as mulheres, encontrou-se um tempo de 4 minutos para coxas (anterior), 8 minutos para abdominal anterior, dorsal inferior e mãos (posterior), 10 minutos para antebraços (posterior) e 2 minutos para as demais regiões. Como forma de facilitar a aplicação da termografia na prática profissional, recomenda-se, para análises cujo objetivo é investigar o corpo inteiro, o tempo mínimo de 10 minutos de estabilização para homens e mulheres. Apesar de uma clara evidência de que algumas regiões corporais possuem tempos de estabilização menores que 10 minutos, sobretudo nos homens, ainda não estão claros os mecanismos que diferenciam o tempo de estabilização entre os gêneros. Desse modo, é recomendável considerar, para todo o corpo, um tempo de estabilização que englobem tanto homem quanto mulheres, ou seja, 10 minutos.

Algumas evidências(20, 24, 25) apontam para influência da exposição ao ambiente externo no tempo de estabilização. Os dados de TP normativas coletados em Taiwan(20) comparados com valores da região escandinava(25) apresentaram diferenças de temperatura atribuídas ao impacto da exposição ao frio. Tanto a exposição ao frio extremo quanto à radiação solar pode aumentar o tempo necessário para estabilização(25). Cabe ressaltar, no entanto, que as variações de temperatura são maiores quando há um estresse pelo frio(24), sugerindo um maior tempo de estabilização em ambientes frios como as regiões de inverno intenso. Quando o avaliado estiver submetido a um ambiente externo de frio ou calor extremos, é necessário que o tempo de estabilização seja diferente do observado no presente estudo, tendo em vista

que os referenciais propostos tomam como base que os avaliados vinham de um ambiente externo de clima tropical de altitude e que no interior da sala as condições climáticas indicaram $19^{\circ} \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $65,8 \pm 3,8\%$ de umidade.

A aplicação da termografia do campo da atividade física tem focado principalmente a detecção precoce de lesões, que é avaliada por meio da diferença contralateral entre um membro lesionado e outro normal(26). Entretanto, este uso profissional da técnica requer uma funcionalidade e praticidade no quesito tempo necessário para executar as análises, já que atletas profissionais possuem uma rotina de treino diária a qual não pode ser, em muitos casos, modificada. O presente estudo apresentou evidências de que é possível, em algumas regiões, diminuir o tempo necessário de estabilização para utilização profissional da termografia na rotina de treino.

A necessidade de um tempo de estabilização mínimo de 10 minutos para estabilização da TP de todo o corpo(15) foram confirmadas apenas nas mulheres. Para análises com objetivo apenas de comparação do equilíbrio bilateral como forma de avaliação do risco lesional, os tempos de estabilização podem ser menores. Nossos achados identificaram que, mesmo com um tempo reduzido, pode-se realizar análises sem prejuízos aos dados. Cabe destacar que, antes da aplicação da termografia, é necessário avaliar criteriosamente os fatores influenciadores do tempo de estabilização que foram apontados no presente trabalho, sendo eles: região corporal, gênero e objetivo.

Tomando como base os resultados obtidos é possível concluir que o tempo necessário na condição de repouso para que ocorra um equilíbrio da TP em homens e mulheres em idade universitária é variável. Para análise de todo o corpo, recomenda-se

10 minutos para ambos os gêneros. Quando há análise de segmentos corporais específicos, o tempo de estabilização poderá ser menor. Estes resultados contribuem para o desenvolvimento de métodos no emprego da termografia em estudos científicos e na prática profissional.

2.6 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida. À empresa Fluke, pelo apoio técnico e logístico na condução deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS

1. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Front Biosci.* 2010;15:259-90.
2. Drinkwater E. Effects of peripheral cooling on characteristics of local muscle. *Med Sport Sci.* 2008;53:74-88.
3. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports.* 2010 Oct;20 Suppl 3:29-39.
4. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng.* 2009 Jan;38(1):158-63.
5. McBride WJ, Buikstra E, FitzGerald M. Investigation of febrile passengers detected by infrared thermal scanning at an international airport. *Aust N Z J Public Health.* 2010 Feb;34(1):5-10.
6. Acharya UR, Ng EY, Tan JH, Sree SV. Thermography Based Breast Cancer Detection Using Texture Features and Support Vector Machine. *J Med Syst.* 2010 Oct 19.
7. Crandall CG, Johnson JM, Kosiba WA, Kellogg DL, Jr. Baroreceptor control of the cutaneous active vasodilator system. *J Appl Physiol.* 1996 Nov;81(5):2192-8.
8. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng.* 1998 Nov-Dec;26(6):988-93.
9. Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J Appl Physiol.* 2010 Dec;109(6):1989-95.
10. Vainer BG. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. *Phys Med Biol.* 2005 Dec 7;50(23):R63-94.
11. Soulen RL, Lapayowker MS, Tyson RR, Korangy AA. Angiography, ultrasound, and thermography in the study of peripheral vascular disease. *Radiology.* 1972 Oct;105(1):115-9.

12. Anbar M. Clinical thermal imaging today. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 1998 Jul-Aug;17(4):25-33.
13. Levy A, Dayan A, Ben-David M, Gannot I. A new thermography-based approach to early detection of cancer utilizing magnetic nanoparticles theory simulation and in vitro validation. *Nanomedicine.* 2010 Dec;6(6):786-96.
14. Ferreira JJ, Mendonca LC, Nunes LA, Andrade Filho AC, Rebelatto JR, Salvini TF. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. *Ann Biomed Eng.* 2008 Aug;36(8):1420-7.
15. Ring E, Ammer A. The Technique of infra red imaging in medicine. *Thermology International.* 2000;10(1).
16. Roy RA, Boucher JP, Comtois AS. Digitized infrared segmental thermometry: time requirements for stable recordings. *J Manipulative Physiol Ther.* 2006 Jul-Aug;29(6):468 e1-10.
17. Choi JK, Miki K, Sagawa S, Shiraki K. Evaluation of mean skin temperature formulas by infrared thermography. *Int J Biometeorol.* 1997 Nov;41(2):68-75.
18. Steketee J. Spectral emissivity of skin and pericardium. *Phys Med Biol.* 1973 Sep;18(5):686-94.
19. Kolosovas-Machuca ES, Gonzalez FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Research and Technology.* 2011 Feb 22.
20. Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, et al. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei).* 2001 Aug;64(8):459-68.
21. Claessens-van Ooijen AM, Westerterp KR, Wouters L, Schoffelen PF, van Steenhoven AA, van Marken Lichtenbelt WD. Heat production and body temperature during cooling and rewarming in overweight and lean men. *Obesity (Silver Spring).* 2006 Nov;14(11):1914-20.
22. Leblanc J. Subcutaneous fat and skin temperature. *Can J Biochem Physiol.* 1954 Jul;32(4):354-8.
23. Savastano DM, Gorbach AM, Eden HS, Brady SM, Reynolds JC, Yanovski JA. Adiposity and human regional body temperature. *Am J Clin Nutr.* 2009 Nov;90(5):1124-31.
24. Frim J, Livingstone SD, Reed LD, Nolan RW, Limmer RE. Body composition and skin temperature variation. *J Appl Physiol.* 1990 Feb;68(2):540-3.

25. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Narhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas*. 2008 Apr;29(4):515-24.
26. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors*. 2010;10(5):4700-15.

3. ARTIGO 2 - Análise termográfica da pele de homens e mulheres em condição de repouso.

Revista para submissão: Skin Research and Technology

Fator de Impacto: 1.307

3.1 RESUMO

Introdução: A temperatura da pele deve possuir uma simetria entre os segmentos corporais. Contudo, diferenças superiores a 0.7 °C podem estar associadas a quadros de anormalidades fisiológicas ou estruturais.

Objetivo: Comparar a simetria entre segmentos corporais, além de identificar se o fator gênero influencia no comportamento da TP em um grupo de jovens brasileiros em idade universitária.

Metodologia: Quarenta e quatro sujeitos participaram do estudo, sendo 18 homens (22,3 ± 3,1 anos) e 26 mulheres (21,7 ± 2,5 anos). Foram coletadas imagens termográficas através de um termovisor (Fluke®), totalizando 4 imagens em cada avaliado. As regiões corporais de interesse (RCI) analisadas englobam as mãos, antebraços, braços, coxas e pernas. Empregou-se o teste de t pareado para verificar a diferença entre lado direito e esquerdo e o teste t de Student para comparar homens e mulheres. Um nível de significância de $p < 0.05$ foi adotado em todos os cálculos.

Resultados: Em nenhuma RCI foi identificado diferença estatística entre os lados direito e esquerdo do corpo. A diferença média entre os lados do corpo não excedeu 0.5 °C para todas as regiões. A média da temperatura dos homens foi significativamente

maior em 14 das 20 áreas analisadas, sobretudo nas áreas mais distais como coxa, perna e mãos.

Conclusão: A TP de homens e mulheres jovens possuem uma simetria contralateral inferior a 0.5°C , além disso a TP em homens possui valores maiores que as mulheres.

Palavras-chave: Termorregulação, termografia, imagem térmica.

ABSTRACT

Thermographic analysis of skin of men and women in the resting condition

Background: The skin temperature must have symmetry between the body segments. However, differences exceeding 0.7°C may be associated with manifestations of physiological or structural abnormalities.

Objective: To compare the symmetry between body segments, and identify the gender factor influencing Skin temperature (ST) in Brazilian young college age.

Methods: Forty-four subjects participated in the study, 18 men (22.3 ± 3.1 years) and 26 women (21.7 ± 2.5 years). Thermographic images were collected using a thermal imager (Fluke [®]), totaling four pictures in each assessed. The body regions of interest (RCI) analyzed include the hands, forearms, upper arms, thighs and legs. We applied the Student t test to verify the difference between right and left side, comparing men and women. A significance level of $p < 0.05$ was used in all calculations.

Results: In no RCI was found statistical difference between right and left sides of the body. The average difference between the sides of the body did not exceed 0.5°C for all regions. The average temperature of the men was significantly higher in 14 of the 20 areas studied, especially on distal areas, such as thigh, leg and hand.

Conclusion: The ST of young men and women have symmetry below 0.5°C , in addition the TP has higher values in men than women.

Keywords: Thermoregulation, thermography, thermal image.

3.2 INTRODUÇÃO

A regulação da circulação cutânea é uma resposta determinante da termorregulação humana. A elevação ou diminuição da temperatura da pele (TP) são reflexos de alterações na atividade vasomotora a fim de manter inalterável a temperatura central, que geralmente é de 37°C(1). Qualquer estimulação patológica de diferentes caráter e graus, como por exemplo: inflamações, infecções ou tumores, podem direta ou indiretamente influenciar a TP(2), o que torna importante pesquisas sobre este assunto. Além disso, outros fatores também podem alterar a TP, tais como: exposição ao calor, frio ou exercício físico(3).

A medida da temperatura corporal pode ser realizado mediante várias técnicas, sendo a temperatura retal(4), oral(5), axilar(6), timpânica(7), gastrointestinal(8) e esofágica(9) as mais usualmente empregadas. Porém, recentemente tem-se destacado o emprego da análise termográfica como método promissor de examinação da TP(2, 10-18). A Termografia infravermelha pode precisamente detectar e gravar a TP e suas modificações. Trata-se de um instrumento que permite captar a radiação infravermelha emitida por um corpo e averiguar sua temperatura(11). Suas principais vantagens são atribuídas à sua característica não invasiva e sem contato, sendo utilizada em diversos estudos que analisaram a TP em repouso(2, 10-12) e em exercício(13-18).

Em humanos saudáveis, a distribuição da TP deve exibir uma simetria contralateral entre mãos, antebraços, braços coxas e pernas(19). Normalmente, um padrão assimétrico é um forte indicador de anormalidade, visto que o grau de diferença entre os lados opostos do corpo deve ser inferior a 0.7°C(20). Contudo, certos tipos de condições patológicas como neoplasias(21, 22), osteoartrite patelar(23), LER/DORT

(24), dores crônicas(19), disfunções do nervo simpático(12) e lesões esportivas(20) tem sido sugeridos com agentes causadores de uma assimetria contralateral superior a 0.7 °C.

Alguns estudos foram realizados em sujeitos normais assintomáticos(12), chineses(2, 10) e crianças(11) com intuito de investigar distribuição e simetria da TP em diferentes populações. Contudo, Hildebrandt et al.(20) destacam que ainda é preciso novos trabalhos que agreguem conhecimento para a criação de um padrão de referência de imagens termográficas, facilitando assim, a comparação e identificação de sujeitos em situações normais e patológicas. Uma pesquisa na base de dados Scielo e Pubmed com as palavras *thermography*, *symmetry* e *skin temperature* em 14/05/2011 não identificou estudos desta natureza com população brasileira.

A diferença de temperatura entre homens e mulheres foi apontada em alguns estudos com população adulta(2, 10). Entretanto, esse resultado não foi observado em crianças(11). A influência do gênero na termorregulação da pele e os possíveis mecanismos para essa disparidade não estão claros e necessitam de novos estudos(10). Deste modo, trabalhos que promovam a identificação de padrões da TP em homens e mulheres podem facilitar as interpretações dos termogramas, contribuindo para uma análise fidedigna.

Investigar a distribuição da TP e sua simetria entre os segmentos em jovens brasileiros de ambos os gêneros irá colaborar formando uma base de dados para o estabelecimento de uma rotina de uso dessa técnica em diversos ambientes profissionais, mais precisamente voltado ao campo da atividade física em geral e esporte competitivo. Uma diferença $\geq 0,7^{\circ}\text{C}$ (20) entre os segmentos tem sido associada a uma anormalidade fisiológica ou anatômica do sistema locomotor, assim sendo, a

identificação dos padrões termográficos auxiliará na tomada de decisão sobre qual conduta a ser adotada no intuito de preservar a integridade física do praticante de atividade física ou atleta. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi comparar a simetria entre segmentos corporais, além de identificar se o fator gênero influencia no comportamento da TP em um grupo jovens brasileiros em idade universitária.

3.3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.3.1 Amostra

Uma amostra por conveniência de quarenta e quatro sujeitos participou do estudo, sendo 18 homens [22.3 ± 3.1 anos, 177.3 ± 4.9 cm de estatura, 76.1 ± 9.1 kg de massa corporal, 24.3 ± 3.3 kg/m² de índice de massa corporal (IMC), e 19 ± 6.2 % de gordura corporal] e 26 mulheres (21.7 ± 2.5 anos, 163 ± 5.2 cm de estatura, 56.8 ± 5.3 kg de massa corporal, 21.4 ± 1.8 kg/m² de IMC e 28 ± 5.4 % de gordura corporal). A amostra compreendeu sujeitos entre 18-30 anos, estudantes de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa. Eles não reportaram nenhum tipo de dor ou problemas com suas atividades diárias e também não estavam consumindo nenhum tipo de medicamento no período de 2 semanas antes das medições. Os avaliados não podiam ser fumantes ou portadores de alguma condição patológica que pudesse alterar a temperatura da pele. Esses requisitos foram conferidos previamente por meio de um questionário. O comitê de ética da Universidade Federal de Viçosa aprovou os

procedimentos do estudo. Todos os avaliados assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

3.3..2 Procedimentos

Após uma refeição matinal os sujeitos foram instruídos não consumir bebida alcoólica ou cafeína, não utilizar nenhum tipo de hidratante na pele nas últimas 6 horas e não realizar exercícios físicos vigorosos no período de 24 horas que antecedeu as medições. Tais recomendações foram enviadas por correio eletrônico e conferidas imediatamente antes das coletas, através de um questionário. Todas as coletas foram feitas no período da manhã. As temperaturas das regiões corporais foram analisadas pelas médias da TP, obtidas através de imagens termográficas, seguindo os critérios descritos por Ring e Ammer(25).

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da Universidade Federal de Viçosa durante os meses de outubro a novembro, correspondendo assim a estação da primavera. Os sujeitos, assim que chegavam ao LAPEH, eram instruídos a trocar de roupa, utilizando sunga ou short os homens e top e short as mulheres. Logo após, eram dirigidos para uma sala climatizada ($19^{\circ} \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $65,8 \pm 3,8\%$ de umidade) onde foram coletadas as imagens termográficas. Os avaliados permaneciam 10 minutos dentro da sala para ter a TP estabilizada (aclimatação). Realizou-se 4 imagens termográficas que incluem duas imagens da região anterior do corpo (uma imagem dos membros inferiores e uma dos membros superiores) e duas imagens correspondentes da parte posterior do corpo.

O avaliado, assim que adentrava a sala climatizada, era instruído a se posicionar em cima de um tapete que se encontrava a 4 m de distância do termovisor. Ele permanecia em pé durante todo o tempo de estabilização (10 min) e logo após eram coletadas as imagens. Foi pedido para não executar movimentos bruscos, não cruzar os braços e não esfregar as mãos durante todo o procedimento. As regiões corporais de interesse (RCI) analisadas englobam mão, antebraço, braço, coxa e perna, nas extremidades direita e esquerda. Essas regiões eram selecionadas no software Smartview, sendo delimitado um retângulo simétrico para cada RCI analisadas, utilizando pontos anatômicos marcados no corpo dos avaliados previamente, no qual era apontado a temperatura média da região analisada. Para configuração dos retângulos foram determinados pontos anatômicos, sendo eles: a) mão: junção do 3º metacarpo com a 3º falange proximal e processo estilóide da ulna; b) antebraço: 1º terço distal do antebraço e fossa cubital; c) braço: fossa cubital e linha axilar; d) coxa: 5 cm acima da borda superior da patela e linha inguinal; e) perna: 5 cm abaixo da borda inferior da patela e 10 cm acima do maléolo. Os pontos correspondentes da região posterior do corpo foram marcados com uma fita métrica paralela ao solo, realizando uma circunferência da região analisada. A figura 1 apresenta um exemplo das fotos realizadas em cada avaliado com as respectivas RCI. Dessa forma, as temperaturas obtidas eram tabuladas em planilhas no programa Excel, versão 2010, (Microsoft).

O aparelho empregado para obtenção das imagens termográficas foi o termovisor TIR-25 (Fluke, Everett, EUA), com amplitude de medição de -20 a +350 °C, precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ou 2%, sensibilidade $\leq 0,1^{\circ}\text{C}$, banda de espectral dos infravermelhos de 7,5 μm a 14 μm , taxa de atualização de 9 Hz e Sistema FPA (Focal Plane Array) de 160 x 120 pixels. Posteriormente, as imagens foram analisadas por meio do software

Smartview[®], versão 2.1. As imagens foram obtidas utilizando um grau de emissividade de 0.98(26).

Após a coleta dos dados termográficos, os avaliados se dirigiam à Divisão de Saúde da Universidade Federal de Viçosa para realizarem o exame de composição corporal com o método absorciometria por dupla emissão de raios X (DXA). As avaliações foram realizadas por um técnico em radiologia credenciado e apto a realizar os procedimentos com o densitômetro Lunar Prodigy Advance DXA system, versão do software: 13.31 (GE Healthcare, Diegem, Bélgica). O peso foi aferido por meio da balança ID-M (Filizola, São Paulo, Brasil) e a estatura através do estadiômetro de parede Standart (Sanny, São Bernardo do Campo, Brasil).

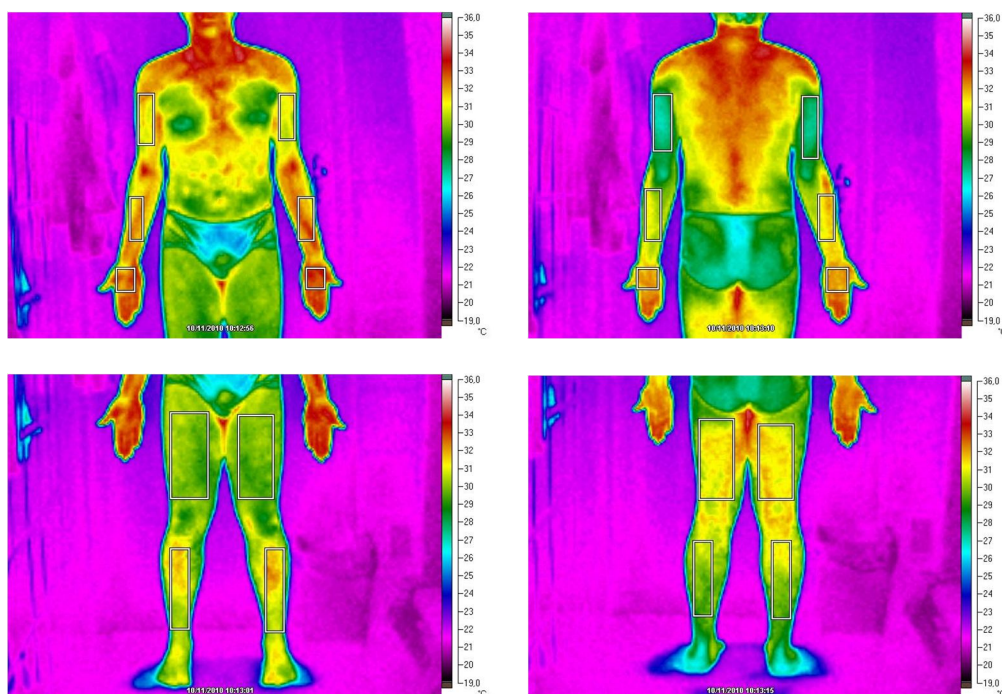


Figura 1. Imagem termográfica de um voluntário homem (21 anos) com as RCI em destaque.

3.3.3 Análise estatística

Aplicou-se uma estatística descritiva através de média e desvio-padrão para apresentação dos dados. Foi testada a normalidade (Shapiro-Wilk test) e a homogeneidade das variâncias (f-test). Empregou-se o teste de t pareado para verificar a diferença entre lado direito e esquerdo e teste t de Student para comparar homens e mulheres. O teste de Mann-Whitney foi usado para comparar a idade, IMC, percentual de gordura entre os gêneros. Um nível de significância de $p < 0.05$ foi adotado em todos os cálculos, os quais foram feitos com a utilização do programa Sigmaplot, versão 11.

3.4 RESULTADOS

As amostras de homens (22.3 ± 3.1 anos) e mulheres (21.7 ± 2.5 anos) foram idênticas na idade, porém os homens ($24.3 \pm 3.3 \text{ kg/m}^2$) tiveram maior IMC ($p < 0.01$) que as mulheres ($21.4 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$). Quanto ao percentual de gordura ($p < 0.001$), as mulheres ($28 \pm 5.4 \%$) obtiveram maior valor que os homens ($19 \pm 6.2 \%$). A tabela 1 mostra a temperatura nas 10 RCI de homens ($n=18$) e a tabela 2 apresenta o resultado das mulheres ($n=26$). Em nenhuma RCI foi identificado diferença estatística entre os lados direito e esquerdo do corpo. A diferença média entre os lados do corpo não excedeu $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ para todas as regiões (tabelas 1 e 2).

A média da temperatura dos homens foi significativamente maior em 14 das 20 áreas analisadas (gráficos 1, 2, 3 e 4), sobretudo nas áreas mais distais como coxa, perna e mãos.

Tabela 1. Distribuição da temperatura corporal em homens de idade universitária.

Homens (n=18)					
No.	RCI	Direita	Esquerda	ΔT médio	p-valor
1	Mão anterior	30.9 ± 1.8	31.1 ± 1.7	0.5 ± 0.3	0.751
2	Antebraço anterior	31.2 ± 0.9	31.3 ± 0.9	0.3 ± 0.2	0.836
3	Braço anterior	31.1 ± 0.9	31.1 ± 0.8	0.3 ± 0.3	0.775
4	Coxa anterior	30.1 ± 0.9	30.3 ± 0.9	0.2 ± 0.1	0.476
5	Perna anterior	30.6 ± 0.9	30.7 ± 1.0	0.2 ± 0.2	0.754
6	Mão posterior	30.4 ± 1.4	30.1 ± 1.4	0.4 ± 0.4	0.499
7	Antebraço posterior	30.9 ± 0.7	30.5 ± 0.7	0.4 ± 0.4	0.096
8	Braço posterior	29.3 ± 0.8	29.1 ± 1.0	0.3 ± 0.3	0.402
9	Coxa posterior	30.7 ± 0.9	30.6 ± 0.9	0.2 ± 0.2	0.704
10	Perna posterior	30.5 ± 0.8	30.4 ± 0.8	0.2 ± 0.1	0.659

RCI, região corporal de interesse; valores em média $\pm$ DP.

Tabela 2. Distribuição da temperatura corporal em mulheres de idade universitária.

Mulheres (n = 26)					
No.	RCI	Direita	Esquerda	ΔT médio	p-valor
1	Mão anterior	28.7 ± 1.9	28.8 ± 2.0	0.3 ± 0.3	0.823
2	Antebraço anterior	30.8 ± 0.8	30.9 ± 0.8	0.3 ± 0.3	0.843
3	Braço anterior	30.9 ± 0.9	30.9 ± 1.0	0.4 ± 0.3	0.898
4	Coxa anterior	28.3 ± 0.6	28.5 ± 0.6	0.4 ± 0.2	0.232
5	Perna anterior	29.9 ± 0.9	30.0 ± 0.9	0.3 ± 0.2	0.509
6	Mão posterior	28.6 ± 1.3	28.2 ± 1.4	0.4 ± 0.5	0.264
7	Antebraço posterior	30.6 ± 0.6	30.3 ± 0.7	0.5 ± 0.3	0.140
8	Braço posterior	28.3 ± 0.9	28.0 ± 1.0	0.3 ± 0.4	0.240
9	Coxa posterior	29.1 ± 0.6	29.0 ± 0.6	0.3 ± 0.3	0.703
10	Perna posterior	28.9 ± 0.6	28.8 ± 0.7	0.2 ± 0.2	0.656

RCI, região corporal de interesse; valores em média $\pm$ DP.

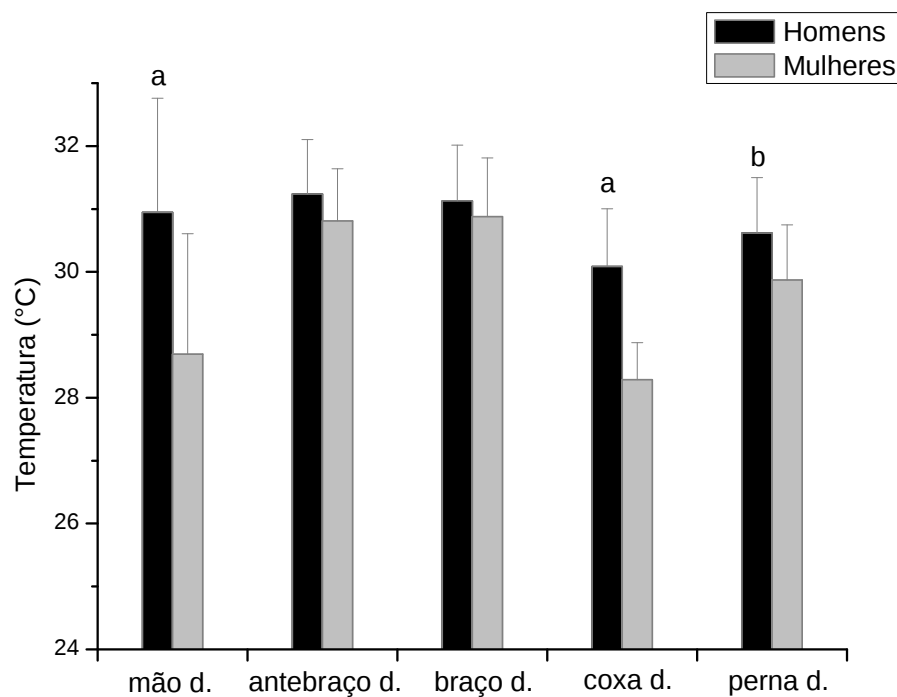


Gráfico 1. Temperatura cutânea da região anterior de homens (n=18) e mulheres (n=26). d., direita; ^a Diferença entre gêneros $p < 0.001$; ^b Diferença entre gêneros $p < 0.01$.

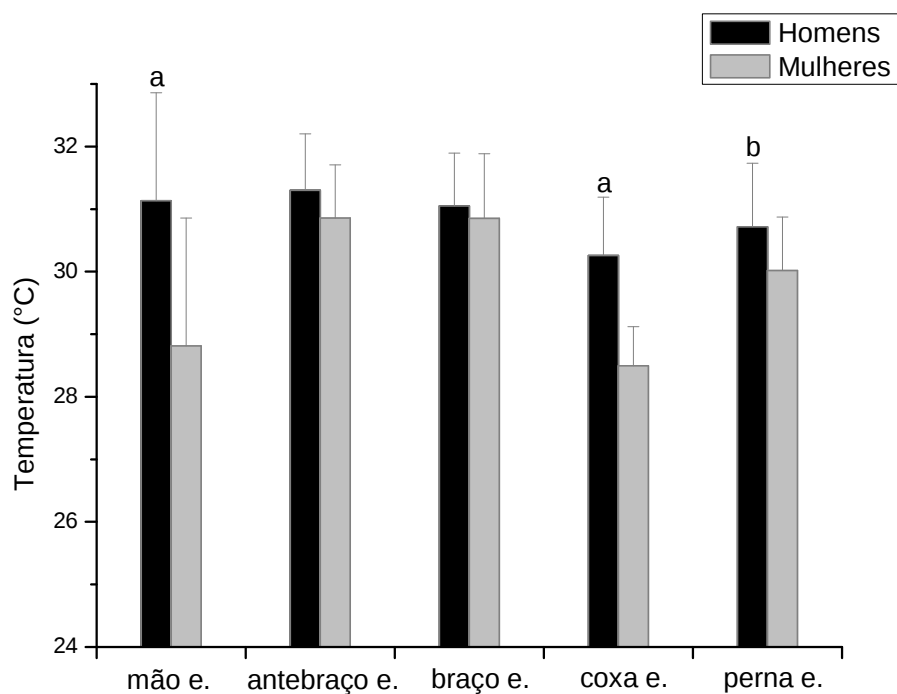


Gráfico 2. Temperatura cutânea da região anterior de homens (n=18) e mulheres (n=26). e., esquerda; ^a Diferença entre gêneros $p < 0.001$; ^b Diferença entre gêneros $p < 0.01$.

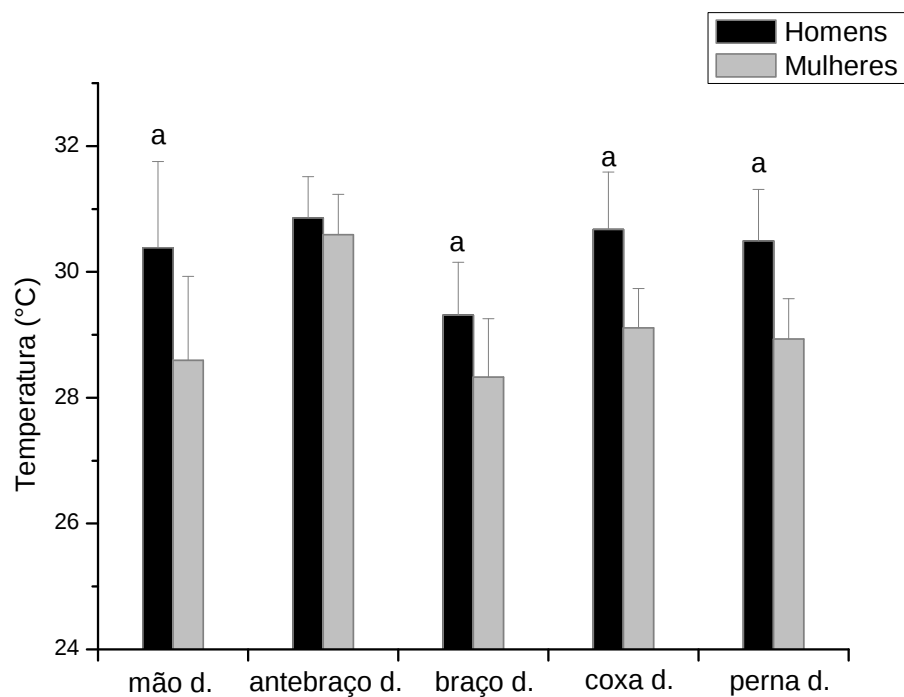


Gráfico 3. Temperatura cutânea da região posterior de homens (n=18) e mulheres (n=26). d., direita; ^a Diferença entre gêneros $p < 0.001$.

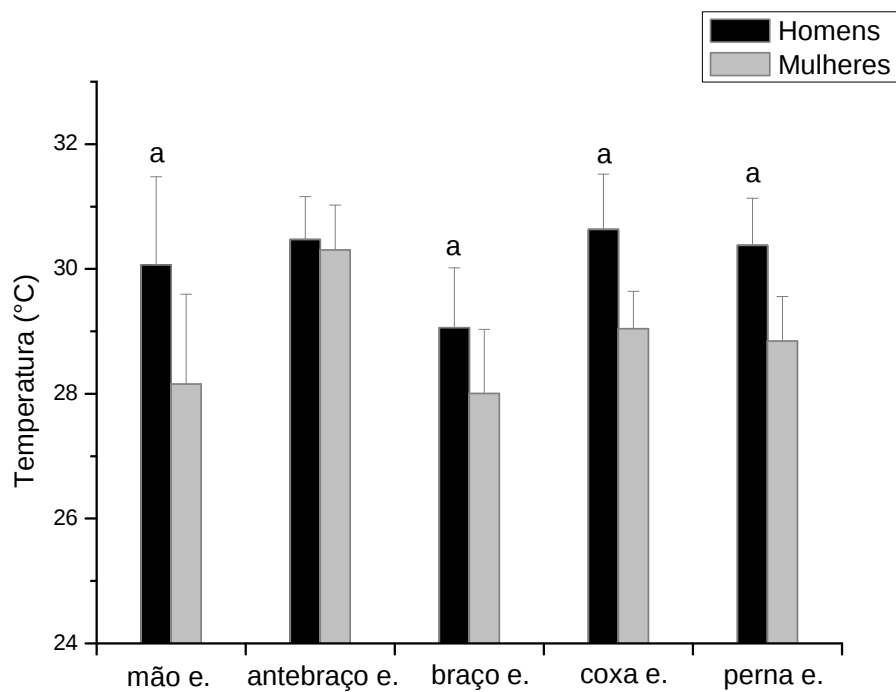


Gráfico 4. Temperatura cutânea da região posterior de homens (n=18) e mulheres (n=26). e., esquerda; ^a Diferença entre gêneros $p < 0.001$.

3.5 DISCUSSÃO

Os achados apresentam sólidas evidências de que existe uma simetria da TP. O grau de diferença contralateral encontrado não excedeu o valor médio de 0.5 °C. Isso reforça os cuidados metodológicos prévios seguidos antes da realização das imagens, assim como o fato dos sujeitos analisados não apresentarem nenhum tipo de lesão osteomioligamentar relatada. Niu et al.(10) em sua pesquisa com 57 voluntários chineses saudáveis, sendo 35 homens e 22 mulheres, com idades entre 24 a 80 anos encontrou resultado idêntico, onde a diferença média de temperatura entre os lados do corpo também não superou 0.5 °C. Esses dados podem indicar que as variações bilaterais de temperatura termográfica tanto em homens quanto em mulheres deve ser igual ou menor que 0.5 °C.

Por outro lado, Kolosovas-Machuca et. al.(11) analisaram 25 crianças saudáveis com idade média de 7.8 anos (15 homens e 10 mulheres) e encontrou uma variação contralateral média de 0.7 °C. Esse resultado é interessante, pois crianças podem apresentar um perfil termográfico diferente de adultos. Na verdade, existem evidências que o sistema termorregulador de crianças é diferente do adulto, devido principalmente à sua menor área corporal para realização de trocas de calor(27, 28), sugerindo assim uma nova linha de investigação em grupos etários variados, tendo em vista que idosos também possuem respostas térmicas diferentes(15).

No presente estudo, a amostra foi composta por homens e mulheres sem qualquer problema de saúde, baseado no auto-relato, cujo resultado da TP foi simétrico em ambos os lados do corpo (tabelas 1 e 2), concordando com estudos previamente desenvolvidos(10, 12). Os ajustes termorregulatórios são oriundos de um processo

autônomo regulado pela porção anterior do hipotálamo que, a partir de estímulos centrais, oriundos de sinais do componente pré-motor do córtex cerebral, e periféricos, provocados principalmente por reflexos não térmicos como mecanoreflexo, metaborreflexo e barorreflexo, controla a circulação sanguínea junto à pele por meio de vasoconstrição e vasodilatação(1). Quando não existe nenhum fator influenciando esses ajustes nervosos, como por exemplo em um processo inflamatório ou de ruptura tecidual que eleva a temperatura, é normal que ocorra um equilíbrio entre os segmentos corporais, fato evidenciado nesse estudo independentemente do gênero.

O critério mais recente para análise termográfica proposto por Hildebrandt et al.(20) considera uma diferença contralateral máxima de até 0.7 °C como ponto de corte na identificação de lesões esportivas. É importante destacar que, no presente estudo, a amostra avaliada (tabelas 1 e 2), composta por jovens universitários saudáveis sem presença de lesões relatadas, apresentou raros registros de diferenças contralaterais superiores a 0.7 °C. De um total de 440 comparações bilaterais obtidas, somente 31 foram superiores a essa diferença, representando assim, apenas 7 % da amostra. Os avaliados relataram por meio de questionário uma condição saudável, porém não foram realizados exames clínicos que pudessem comprovar este fato. Assim, é possível que essas diferenças encontradas já sejam um quadro indicativo de uma lesão que não tenha se manifestado clinicamente.

Outro achado interessante do presente estudo foi a influência do fator gênero na TP. Existe uma forte evidência de que os homens apresentam uma TP maior que as mulheres (graficos 1, 2, 3 e 4). As características de composição corporal diferiram entre os gêneros, as mulheres (28 ± 5.4 %) tiveram maior percentual de gordura que os homens (19 ± 6.2 %). Tal diferença na composição corporal pode influenciar a TP. A

gordura corporal humana exerce importante papel de isolante térmico a fim de dificultar a condução de calor interno para a pele. Esta característica fisiológica da gordura pode influenciar a TP em sujeitos que possuem maior percentual de gordura(29). Apenas a região do braço anterior, antebraço anterior e antebraço posterior não apresentaram diferenças estatísticas entre homens e mulheres. Tais regiões possuem a característica comum de terem baixas camadas de gordura, o que pode explicar tais resultados. Por outro lado, a região anterior da perna também possui baixa camada de gordura e apresentou diferenças estatísticas. Uma limitação do presente estudo foi não reportar o período de ciclo menstrual das mulheres, tendo em vista que a temperatura interna da mulher varia até 1 °C durante o ciclo menstrual(30). Contudo, não foram encontrados estudos que avaliassem através da termografia a TP em mulheres durante o ciclo menstrual. Alguns trabalhos(30, 31) explicaram que a resposta termogênica das mulheres é diferente dos homens, principalmente devido à alteração dos níveis dos hormônios estrogênio e progesterona durante o ciclo menstrual. Esse comportamento fisiológico também pode ter influência na TP, exercendo, conseqüentemente, um papel na diferenciação da TP entre gêneros. Essas respostas são interrogativas interessantes que devem estimular a realização de novos estudos, centrando no efeito do ciclo menstrual e a variação da resposta da termografia.

A simetria bilateral em segmentos corporais encontrada em ambos os gêneros e a diferença de TP em homens e mulheres constituem os principais achados do presente trabalho, confirmando os resultados encontrados em pesquisas anteriores(2, 10, 12, 20), o que indica uma semelhança nas respostas da população brasileira em comparação com outras populações.

Em conclusão, a TP de homens e mulheres jovens possuem uma simetria contralateral inferior a 0.5°C , além disso a TP em homens possui valores maiores que as mulheres. Estes dados são importantes para utilização da termografia no Brasil, pois estabelece o primeiro padrão normativo de TP para jovens brasileiros em idade universitária. Sugere-se que confecção de novos trabalhos que investiguem grupos etários diferenciados, o nível de influencia da gordura corporal na TP, além de apontar os mecanismos que expliquem as diferenças entre gêneros.

3.6 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida. À empresa Fluke, pelo apoio técnico e logístico na condução deste trabalho.

3.7 REFERÊNCIAS

1. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Front Biosci.* 2010;15:259-90.
2. Zhu WP, Xin XR. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. *Ann N Y Acad Sci.* 1999 Oct 30;888:300-13.
3. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports.* 2010 Oct;20 Suppl 3:29-39.
4. Lim CL, Chung KK, Hock LL. The effects of prolonged passive heat exposure and basic military training on thermoregulatory and cardiovascular responses in recruits from a tropical country. *Mil Med.* 1997 Sep;162(9):623-7.
5. Fordham DP, McCarthy TT, Rowlinson P. An evaluation of milk temperature measurement for detecting oestrus in dairy cattle. II. Variations in body and milk temperature associated with oestrus. *Vet Res Commun.* 1987;11(4):381-91.
6. El-Radhi AS, Barry W. Thermometry in paediatric practice. *Arch Dis Child.* 2006 Apr;91(4):351-6.
7. Amoateng-Adjepong Y, Del Mundo J, Manthous CA. Accuracy of an infrared tympanic thermometer. *Chest.* 1999 Apr;115(4):1002-5.
8. Wilkinson DM, Carter JM, Richmond VL, Blacker SD, Rayson MP. The effect of cool water ingestion on gastrointestinal pill temperature. *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Mar;40(3):523-8.
9. Lim CL, Byrne C, Lee JK. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singapore.* 2008 Apr;37(4):347-53.
10. Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, et al. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei).* 2001 Aug;64(8):459-68.
11. Kolosovas-Machuca ES, Gonzalez FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Research and Technology.* 2011 Feb 22.
12. Uematsu S, Edwin DH, Jankel WR, Kozikowski J, Trattner M. Quantification of thermal asymmetry. Part 1: Normal values and reproducibility. *J Neurosurg.* 1988 Oct;69(4):552-5.

13. Vainer BG. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. *Phys Med Biol*. 2005 Dec 7;50(23):R63-94.
14. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng*. 2009 Jan;38(1):158-63.
15. Ferreira JJ, Mendonca LC, Nunes LA, Andrade Filho AC, Rebelatto JR, Salvini TF. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. *Ann Biomed Eng*. 2008 Aug;36(8):1420-7.
16. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng*. 1998 Nov-Dec;26(6):988-93.
17. Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H. Fall in skin temperature of exercising man. *Br J Sports Med*. 1992 Mar;26(1):29-32.
18. Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG. Skin temperature during running--a study using infra-red colour thermography. *J Physiol*. 1977 May;267(1):53-62.
19. Herry CL, Frize M. Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging. *Biomed Eng Online*. 2004 Jun 28;3(1):19.
20. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors*. 2010;10(5):4700-15.
21. Lapayowker MS, Salen S, Ziskin M, Rosemond GP. Breast cancer detection by manual surface temperature detector: comparison with results of thermography and mammography. *Cancer*. 1973 Apr;31(4):777-83.
22. Acharya UR, Ng EY, Tan JH, Sree SV. Thermography Based Breast Cancer Detection Using Texture Features and Support Vector Machine. *J Med Syst*. 2010 Oct 19.
23. Denoble AE, Hall N, Pieper CF, Kraus VB. Patellar skin surface temperature by thermography reflects knee osteoarthritis severity. *Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord*. 2010;3:69-75.
24. Gold JE, Cherniack M, Buchholz B. Infrared thermography for examination of skin temperature in the dorsal hand of office workers. *Eur J Appl Physiol*. 2004 Oct;93(1-2):245-51.
25. Ring E, Ammer A. The Technique of infra red imaging in medicine. *Thermology International*. 2000;10(1).

26. Steketee J. Spectral emissivity of skin and pericardium. *Phys Med Biol.* 1973 Sep;18(5):686-94.
27. Rowland T. Thermoregulation during exercise in the heat in children: old concepts revisited. *J Appl Physiol.* 2008 Aug;105(2):718-24.
28. Falk B. Effects of thermal stress during rest and exercise in the paediatric population. *Sports Med.* 1998 Apr;25(4):221-40.
29. Savastano DM, Gorbach AM, Eden HS, Brady SM, Reynolds JC, Yanovski JA. Adiposity and human regional body temperature. *Am J Clin Nutr.* 2009 Nov;90(5):1124-31.
30. Barron ML, Fehring RJ. Basal body temperature assessment: is it useful to couples seeking pregnancy? *MCN Am J Matern Child Nurs.* 2005 Sep-Oct;30(5):290-6; quiz 7-8.
31. Charkoudian N, Joyner MJ. Physiologic considerations for exercise performance in women. *Clin Chest Med.* 2004 Jun;25(2):247-55.

4. MANUAL DE PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA EM REPOUSO

4.1 INTRODUÇÃO

A termografia tem sido amplamente utilizada na área médica na detecção de doenças vasculares(1), inflamações(2), tumores(3, 4), desordens metabólicas e anormalidades da temperatura corporal(2). No âmbito da atividade física e esportes, está emergindo a aplicabilidade desta técnica principalmente na prevenção, detecção e tratamento de lesões em desportistas(5). Contudo, é possível prever seu uso em outras aplicações como na relação da vestimenta esportiva (material, qualidade e cor) sobre o impacto termogênico, o efeito da desidratação sobre a dissipação do calor corporal em exercício, a evolução de um quadro pós-lesional ou cirúrgico, a eficiência dos processos termorregulatórios na prevenção da hipertermia, além de como os fatores idade, gênero e gordura corporal podem influir na perda de calor, tanto em repouso quanto em exercício. A termografia, dessa forma, representa uma técnica especial para ampliar a capacidade de análise sobre esses campos de estudo.

A utilização da termografia no cenário esportivo requer a adoção de uma série de procedimentos que necessitam ser adaptados, visto que a forma de interpretação dos termogramas deve considerar o perfil dos avaliados e os objetivos da análise.

O presente manual tem por objetivo descrever os procedimentos que devem ser adotados para realização de coletas de temperatura da pele (TP) utilizando a técnica de

termografia, de forma confiável, reproduzível e organizada, tendo em vista um uso rotineiro na prática profissional em ambiente esportivo, cujo objetivo principal é a detecção de lesões. Trata-se de uma descrição dos cuidados e ações adotados na realização de imagens termográficas na condição de repouso. Não se pretende, no entanto, criar um procedimento fixo e inalterável, mas sim propor normatização prática de aplicação do método, baseada na análise criteriosa de todos os artigos presentes nessa dissertação e nas recomendações propostas por Ring e Ammer(6), no intuito de contribuir para o uso correto da termografia.

Para melhor entendimento e organização deste manual, inicialmente optou-se por apresentar os aspectos referentes à interpretação das imagens térmicas e os fatores que influenciam a TP, os quais devem ser considerados criteriosamente na análise dos resultados. Posteriormente apresentam-se os procedimentos para realização das imagens termográficas em três momentos: antes, durante e após as coletas.

4.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A TP

Deve-se atentar para os fatores que podem influenciar a TP, visto que uma imagem termográfica pode ser modificada por diversas variáveis, impondo a necessidade de se realizar uma avaliação de forma mais ampla. Portanto, durante uma avaliação, devem ser considerados os agentes que influenciam a TP, os quais podem produzir um padrão termográfico que induza uma interpretação equivocada caracterizando uma lesão esportiva. Abaixo estão descritos alguns fatores que podem alterar a TP e precisam ser considerados em uma análise termográfica.

Grupo 1: Fatores Naturais

Esse grupo de variáveis é formado por fatores fisiológicos, físicos e ambientais que podem influenciar a TP, sendo eles:

- a) Emissividade: constitui a capacidade de um corpo refletir calor. Desse modo, é importante considerar que o grau de emissividade pode variar de acordo com a cor da pele (preto absorve - branco reflete)(7);
- b) Radiação reflexa(5). Deve-se evitar que agentes que emitam calor possam refletir calor ou frio na pele do avaliado, influenciando, dessa forma, a aferição da temperatura da pele, como, por exemplo, o fluxo de vento de um ar condicionado;
- c) Temperatura e umidade relativa do ar(8);
- d) Distância da medida(5);

- e) Hora do dia: é preciso padronizar horário da coleta, preferencialmente pela manhã, pois pode haver a influência da variação circadiana. Cabe destacar que uma menor temperatura central é verificada entre 4h a 6h e maior temperatura entre 18h a 20h(9);
- f) Gênero: Fatores hormonais influenciam a temperatura da pele nas mulheres(10).
- g) Ciclo menstrual(11);
- h) Hábitos: Coçar, posição na cadeira, atitude viciosa e tique nervoso.

Grupo 2: Fatores artificiais

Esse grupo de fatores envolvem os variantes externos que podem afetar a distribuição da TP. São eles:

- a) Uma alimentação grande pode afetar a distribuição de calor(6);
- b) Consumo de bebidas alcoólicas(6);
- c) Tabaco(6);
- d) Aplicações de cremes dermatológicos(12, 13);
- e) Cicatriz. O tecido conjuntivo formado pelas cicatrizes altera a circulação cutânea e consequentemente o padrão termográfico(14);
- f) Tatuagens. Alteram a circulação cutânea e a distribuição de calor(14);
- g) Técnicas fisioterápicas prévias à avaliação. Técnicas como massagem e infravermelho estimulam a circulação sanguínea na pele, aumentando a temperatura(6);
- h) Consumo de certos medicamentos com ação termogênica tipo anti-térmico(6).

Grupo 3: Fatores esportivos.

A prática de exercícios físicos por desportistas é composta por uma rotina diária de treinamentos, em muitos casos extenuantes. Dependendo do tipo de atividade realizada, ocorre uma vasodilatação mais caracterizada em um segmento corporal, como por exemplo o braço que empunha a raquete de tênis, influenciando assim a distribuição da temperatura da pele e, conseqüentemente, o padrão termográfico. Dessa forma, a seguir apresentam-se alguns pontos que devem ser observados durante uma análise termográfica de atletas.

- a) Existe um perfil específico por modalidade. Por exemplo, jogador de futebol pode possuir um maior calor no tibial anterior da perna dominante de controle de bola;
- b) Suor na pele interfere na emissividade(6);
- c) Prática da atividade física prévia, relacionada a um possível efeito EPOC(6);
- d) O tipo de esporte praticado pode exercer influência(14);
- e) Histórico médico, por exemplo, lesões anteriores(6);
- f) Uso de bandagens ou ataduras(14).

4.3 PROCEDIMENTOS PRÉVIOS

É necessário informar ao avaliado acerca de alguns cuidados exigidos antes de realizar a coleta de dados termográficos. A TP é o produto do calor dissipado pelos vasos e órgãos internos do corpo, sendo que o efeito do ambiente e de outros fatores podem alterar o seu resultado(8). Existe uma série de agentes controláveis que podem influenciar a análise termográfica(6), tais como cosméticos aplicados na pele, grandes refeições, ingestão de álcool ou café, fumo, exercícios físicos, roupas apertadas, procedimentos fisioterápicos e drogas que alterem o sistema cardiovascular. Assim sendo, é preciso que estes fatores sejam controlados para uma correta interpretação dos resultados. Sugere-se que os avaliados sejam informados por meio de uma carta escrita ou e-mail, contendo as informações e os procedimentos necessários para evitar possíveis erros de medida. A seguir é apresentado um modelo da carta informativa que deve ser entregue ao avaliado com uma antecedência mínima de 48 horas.



“data”

Prezado avaliado(a) “Nome do avaliado”,

Agradecemos sua participação na pesquisa de imagens termográficas.

A sua coleta de dados termográficos está agendada para o dia “data”, às “horas”, no Laboratório de Performance Humana (LAPEH) da Universidade Federal de Viçosa. A avaliação requer que você adote os procedimentos listados abaixo:

1. Vestimenta recomendada: Para homens recomenda-se o uso de short ou sunga. Para mulheres sugere-se top e short ou biquíni. Não é permitido uso de shorts que comprimam a pele. Os shorts devem ser curtos para manter a região da coxa descoberta;
2. Não realizar exercício físico vigoroso nas últimas 24 horas;
3. Não aplicar creme, gel ou spray na pele;
4. Não receber tratamento, terapia ou massagem nas últimas 24 horas;
5. Não ingerir bebida alcoólica ou café nas últimas 6 horas;
6. Não ficar exposto ao sol ou raios UVA antes da avaliação;
7. Não tomar banho 6 horas antes da avaliação.

É muito importante seguir todas essas recomendações para garantir a qualidade do exame. Qualquer dúvida ou algum problema mantenha contato pelo telefone _____ ou pelo e-mail: termografia@ufv.br

Atenciosamente,

“Nome do pesquisador” – Pesquisador responsável

4.4 PROCEDIMENTOS DURANTE A COLETA

É necessário haver um rigoroso cuidado para a obtenção das imagens termográficas visando a reprodutibilidade de sua execução(15). Assim, quatro elementos básicos se destacam com recomendações específicas, sendo eles: a) a sala de investigação; b) equipamento de leitura (termovisor); c) a estabilização; d) o avaliado. A seguir será apresentado as recomendações para cada elemento.

4.4.1 Sala de investigação

O local de avaliação é fundamental para a obtenção de uma boa imagem termográfica. Isso implica no controle das condições ambientais, espaço físico e determinados materiais. Serão apresentadas as condições ideais de uma sala para coleta de imagens termográficas.

A) Temperatura da sala

A faixa de variação da temperatura da sala pode ter um mínimo de 18 °C e máximo de 25 °C(6). Cabe destacar que o sistema de ar condicionado da sala não deve estar direcionado para o avaliado, devendo ser mantido na menor potência possível. Recomenda-se também que a sala seja previamente climatizada, ligando o ar condicionado pelo menos 15 minutos antes de começar a avaliação.

B) Dimensões

A sala usada para coletar as imagens térmicas deve ter espaço suficiente para abrigar o avaliado e pelo menos mais dois avaliadores, além dos equipamentos necessários. Recomenda-se o tamanho mínimo de 3x4 metros(6).

C) Equipamentos

Entre os equipamentos necessários para uma sala termográfica sugere-se a seguinte configuração:

- a) Um termovisor (figura 1);
- b) Um tripé com regulagem de altura;
- c) Uma plataforma (tapete) com marcação precisa do posicionamento do avaliado;
- d) Dois termômetros digitais. Um para aferir a temperatura da sala e outro para a temperatura externa;
- e) Um plano de fundo para evitar reflexos da radiação;
- f) Um condicionador de ar para manter a temperatura entre 18 e 25 °C;
- g) Um notebook para análise dos dados;
- h) Outros acessórios importantes são: balança, estadiômetro e compasso de dobras cutâneas para caracterização do perfil antropométrico do avaliado.

A figura 2 apresenta o exemplo de uma sala montada em condições de realizar as imagens termográficas.



Figura1. Termovisor Fluke TIR-25 e seus periféricos.



Figura 2. Visão da sala de coleta de dados termográficos com seus equipamentos.

4.4.2 Termovisor

As informações aqui descritas têm como base a utilização do termovisor TIR-25 (Fluke, Everett, EUA), com amplitude de medição de -20 a +350 °C, precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ou 2%, sensibilidade $\leq 0,1^{\circ}\text{C}$, banda de espectral dos infravermelhos de 7,5 μm a 14 μm , taxa de atualização de 9 Hz e Sistema FPA (Focal Plane Array) de 160 x 120 pixels. As imagens são analisadas por meio do software Smartview[®], versão 2.1. Recomenda-se que o grau de emissividade seja ajustado para 0.98(7).

O ajuste da distância e altura do termovisor é fundamental para a coleta de imagens termográficas. Sugere-se o uso de um tripé com ajuste de altura na intenção de manter o ângulo de 90° entre a câmera e a superfície analisada. A distância de 4 metros é necessária para que sejam geradas imagens de todo corpo, o qual necessita de 2 imagens, uma dos membros inferiores e outra dos membros superiores/tronco. O procedimento adotado na parte anterior do corpo pode ser repetido na parte posterior sem haver alterações. Cabe ressaltar a importância de ajustar o foco com precisão, uma vez que este é feito de forma manual nesse modelo de termovisor. É imprescindível o ajuste correto do foco para a verificação da temperatura.

4.4.3 Estabilização

Antes da realização do exame termográfico é necessário que o avaliado aguarde um período dentro da sala climatizada para que ocorra a estabilização de sua

temperatura corporal, sendo considerado o tempo com o avaliado já com a vestimenta necessária para realização das imagens.

É preciso orientar o avaliado a não cruzar os braços, não colocar a sola do pé em superfície fria, não realizar movimentos bruscos e não esfregar as mãos ou qualquer outra parte do corpo durante o período de estabilização.

A recomendação da termografia médica aponta para um tempo entre 10 a 20 minutos de estabilização(6). No entanto, em jovens de idade universitária (18 a 25 anos), é possível diminuir esse tempo sem ocorrer prejuízos na qualidade dos dados, caso sejam feitas imagens termográficas de regiões específicas corporais. Os valores da tabela 1 apontam o tempo de estabilização, por região corporal, em jovens de idade universitária (dados referentes ao artigo 1 da presente dissertação).

O tempo de estabilização pode depender de alguns fatores como a região corporal analisada, o gênero e idade da amostra. Para análise de outros grupos populacionais e todo o corpo de jovens de idade universitária, recomenda-se a utilização de um tempo mínimo de 10 minutos para ambos os gêneros.

Tabela 1. Tempo de estabilização em homens e mulheres de idade universitária.

Região corporal de interesse (RCI)	Tempo de estabilização necessário (min.)	
	Homens	Mulheres
Mão anterior	2	2
Mão posterior	2	8
Antebraço anterior	2	2
Antebraço posterior	2	10
Braço anterior	2	2
Braço Posterior	2	2
Abdômen	2	8
Dorsal inferior	2	8
Peitoral	2	10
Dorsal superior	2	10
Coxa anterior	2	4
Coxa superior	2	2
Perna anterior	2	2
Perna posterior	2	2

min., minutos.

Fonte: Artigo 1

4.4.4 Avaliado

O avaliado deve permanecer na distância determinada (4 m) sem ter contato direto com o solo ou parede da sala. Ele deve permanecer na posição anatômica, em cima de um tapete de borracha ou plataforma de madeira que impeça o contato com o chão. A posição do corpo durante a coleta de imagens deve ser a mesma adotada durante a estabilização. Portanto, sugere-se que o avaliado realize a estabilização e a avaliação termográfica de pé a fim de impedir modificações na TP oriundas da posição do corpo. Não é recomendável comparar resultados de avaliados sentados com outros que tiveram sua coleta realizada na posição em pé(6). Também é importante que as imagens sejam coletadas na mesma hora do dia, preferencialmente na parte da manhã, a fim de padronizar o horário e facilitar comparações futuras. A figura 3 apresenta a posição anatômica que deve ser adotada pelo avaliado na análise de uma visão anterior (A) e posterior (B).

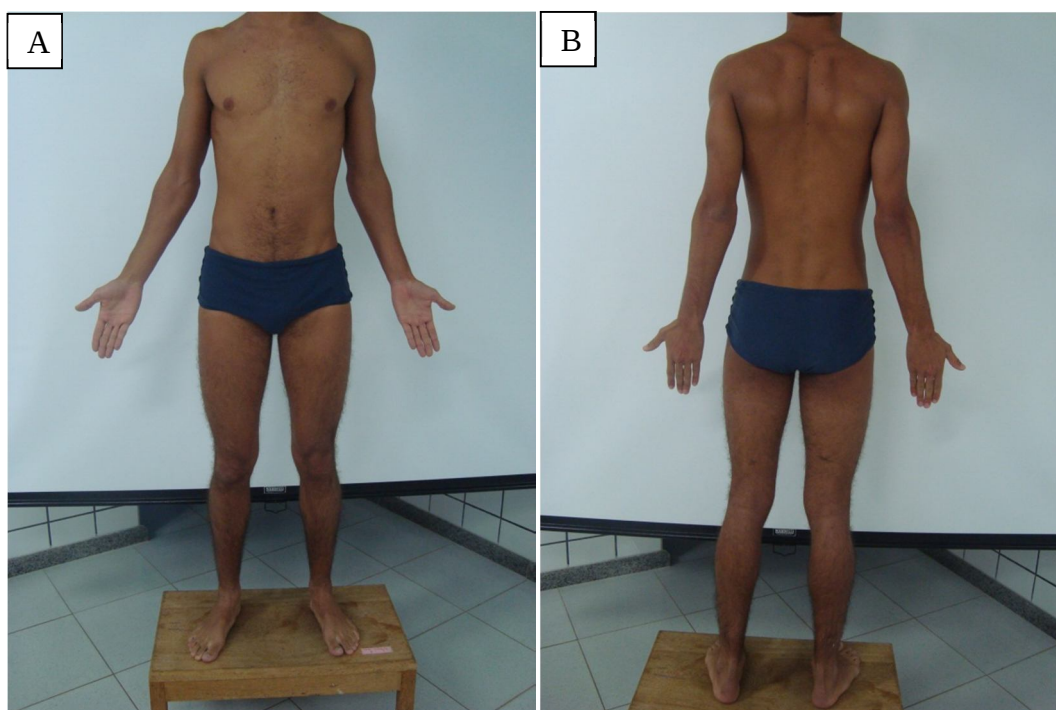


Figura 3. Posição do avaliado para coleta de imagens termográficas.

4.5 PROCEDIMENTOS PÓS-COLETA

Essa etapa trata dos procedimentos de análise das imagens termográficas. Após a coleta de dados, os arquivos devem ser transferidos para o computador e analisados por meio do software Smartview[®], versão 3.1. O processo de análise é feito de forma individual, no qual é delimitada a área de interesse através da confecção manual de um retângulo. O programa fornece a temperatura média, mínima e máxima desta área selecionada, contudo, para análise com objetivo de detecção de lesões, utiliza-se prioritariamente a temperatura média deste retângulo, a qual é tabulada em planilhas de Excel[®], versão 2010, (Microsoft). Cabe ressaltar que a temperatura máxima pode constituir uma ferramenta interessante como forma de análise mais refinada no ponto específico em que pode haver um problema.

A definição das regiões corporais de interesse (RCI) (tabela 1) leva em consideração pontos anatômicos, podendo ou não ser identificados com adesivos corporais (figura 4). Os pontos anatômicos propostos para direcionar a formação dos retângulos são apresentados no quadro 1. Os pontos correspondentes da região posterior devem ser marcados traçando uma linha paralela ao solo, que pode ser feita realizando uma circunferência da região corporal por meio de uma fita métrica. A figura 4 apresenta um conjunto de imagens termográficas onde o avaliado encontra-se em condições para início da coleta com todas as marcações. Em sequência é exibido as respectivas imagens térmicas onde é possível identificar as diferentes áreas de calor para processamento das imagens no software.

Quadro 1. Pontos anatômicos da porção anterior do corpo.

RCI	Ponto Anatômico
a) Mão	Junção do 3º metacarpo com a 3º falange proximal e processo estilóide da ulna
b) Antebraço	1º terço distal do antebraço e fossa cubital
c) Braço	fossa cubital e linha axilar
d) Abdômen e dorsal inferior	Processo xifóide e 5 cm abaixo da cicatriz umbilical
e) Peitoral e dorsal superior	Linha do mamilo e borda superior do esterno
f) Coxa	5 cm acima da borda superior da patela e linha inguinal
g) Perna	5 cm abaixo da borda inferior da patela e 10 cm acima do maléolo

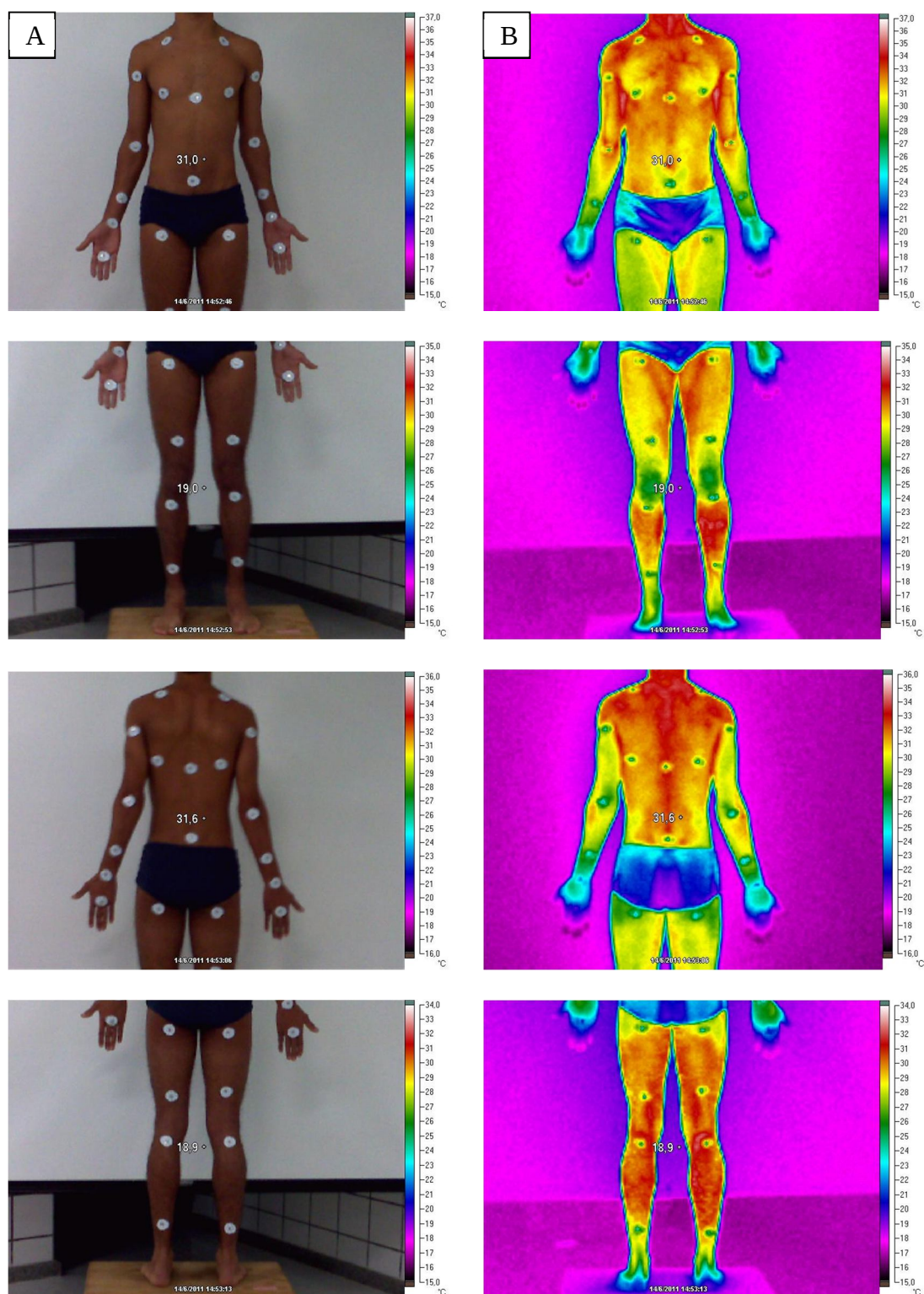


Figura 4. Demarcação dos pontos anatômicos corporais (A) e imagens térmicas (B).

Para análise de articulações ou regiões corporais específicas, como joelho, tornozelo e pulso, é recomendado que a imagem seja feita com 1 metro de distância do avaliado, focando a região corporal em questão. A seguir, a figura 5 apresenta uma imagem da região do joelho onde há uma ruptura do ligamento anterior cruzado no joelho direito.

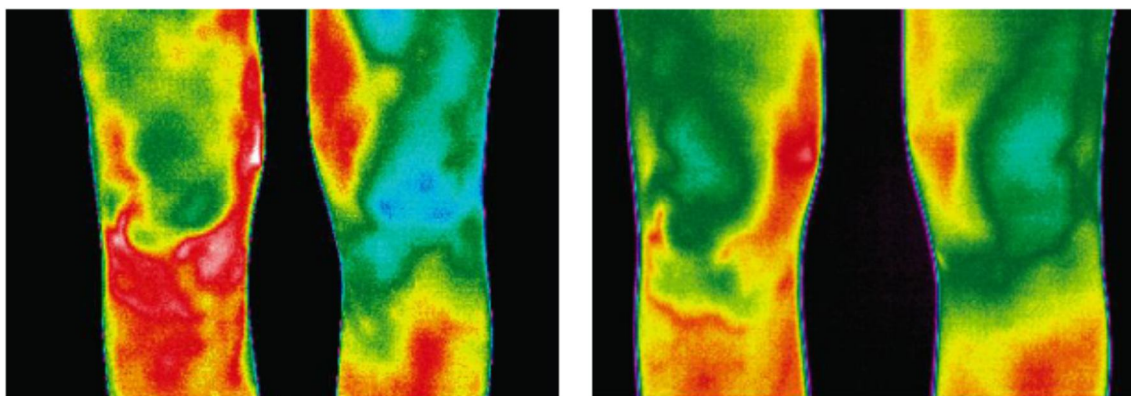


Figura 5. Imagem termográfica do aspecto anterior do joelho (ruptura do ligamento anterior cruzado no joelho direito). Fonte: Hildebrandt et al. (5).

4.5.1 Organização dos dados

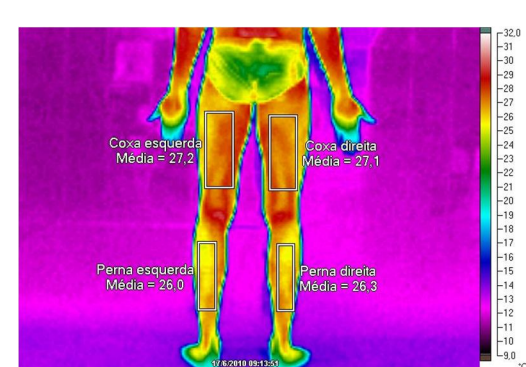
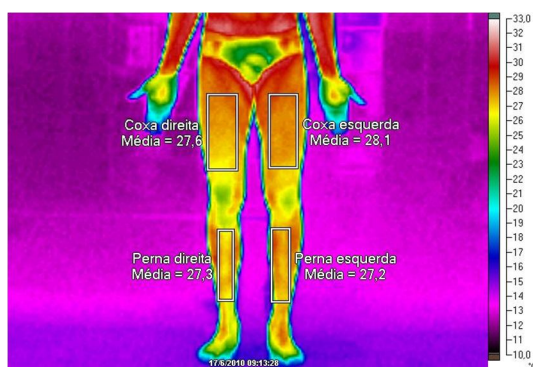
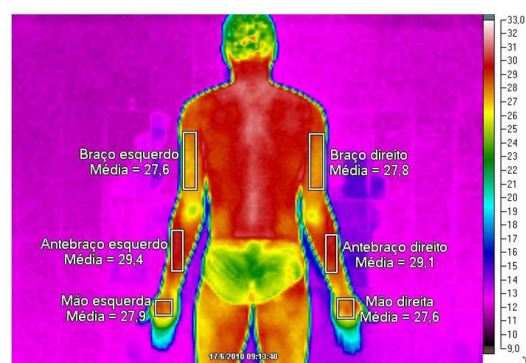
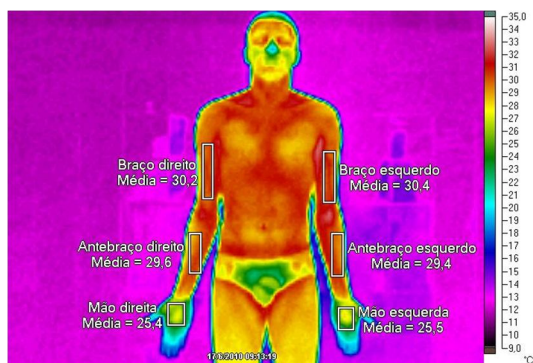
Visando padronizar o processo de registro dos dados, foi proposto um modelo de ficha em formato do Excel[®], versão 2010 (Microsoft), no intuito de facilitar a confecção do relatório a ser entregue ao avaliado, sendo composto por quatro partes.

A primeira parte trata das informações básicas do avaliado e das condições relevantes para a coleta, além de conferir, por meio de 11 perguntas, o cumprimento das recomendações necessárias para a realização da análise de imagens termográficas. As perguntas contidas na ficha devem ser preenchidas antes do avaliado entrar na sala climatizada. Após isto, o avaliado deve trocar de roupa e adentrar à sala para o período de estabilização.

A segunda parte consta as imagens termográficas do avaliado, as quais podem estar destacando algum ponto de possível lesão. A terceira parte foi elaborada para possuir um sistema de alerta durante o preenchimento da temperatura obtida quanto à possível diferença de temperatura contralateral, com as 24 RCI, apresentando também os valores de temperatura médios de cada região analisada. A quarta parte apresenta as observações com informações mais detalhadas acerca das condições identificadas no exame termográfico.

Encontra-se exemplificado abaixo um modelo de ficha de avaliação termográfica configurado no Excel[®].

FICHA DE AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA			
Fotografias:	Hora:	Temperatura na Sala:	Externa:
Nome:			Tipo de Pele:
Data de Nascimento:		Tel:	e-mail:
Objetivo da Avaliação:		Lesionado:	Área:
Mão Dominante:		Pé Dominante:	
Perguntas:			
1) Aplicou algum creme, gel ou Spray na Pele? 2) Recebeu algum tratamento, terapia ou massagem? 3) Realizou exercícios nas últimas 6 horas? 4) Teve relações sexuais nas últimas 12 horas? 5) Tomou café nas últimas 6 horas? 6) Ingeriu bebida alcoólica nas últimas 6 horas? 7) Tomou sol ou raios UVA antes da avaliação? 8) Fumou nas últimas 6 horas? 9) Tem tomando algum remédio? 10) Tomou banho exatamente antes da avaliação? 11) Quantos dias fazem que teve seu último período menstrual?			



FICHA DE AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA						
Membro	°C	Avaliação	Membro	°C	Avaliação	
Anterior			Posterior			
Mão Direita		NORMAL	Mão Direita		NORMAL	
Mão Esquerda			Mão Esquerda			
Antebraço Direita		NORMAL	Antebraço Direita		NORMAL	
Antebraço Esquerdo			Antebraço Esquerdo			
Braço Esquerdo		NORMAL	Braço Esquerdo		NORMAL	
Braço Direito			Braço Direito			
Abdômen			Lombar			
Peitoral			Dorsal			
Coxa Direita		NORMAL	Coxa Direita		NORMAL	
Coxa Esquerda			Coxa Esquerda			
Perna Direita		NORMAL	Perna Direita		NORMAL	
Perna Esquerda			Perna Esquerda			

Observações:

PORÇÃO ANTERIOR	
MÃOS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
ANTEBRAÇOS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
BRAÇOS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
COXAS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
PERNAS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
PORÇÃO POSTERIOR	
MÃOS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
ANTEBRAÇOS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
BRAÇOS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
COXAS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	
PERNAS = Variação da Temperatura Bilateral dentro da normalidade.	

4.6 INTERPRETAÇÃO DAS IMÁGENS TÉRMICAS

Existem critérios e pontos a serem destacados na análise dos termogramas. Para aplicação da termografia na detecção de lesões, tem sido sugerido uma diferença contralateral de até 0.7°C como ponto de corte(5). Por outro lado, pesquisadores da Facultad de Ciencias de la Actividad Fisica y del Deporte (INEF) da Espanha (<http://www.group-pema.com>), propuseram uma sugestão mais detalhada de análise (quadro 2), com critérios progressivos de nível de atenção, a fim de se classificar o nível de comprometimento lesional de atletas. Entre ambas as propostas, tem-se claro que uma diferença contralateral $\geq 1^{\circ}\text{C}$ indica uma anormalidade térmica, sugerindo um possível quadro de lesão. Ambos os critérios podem ser utilizados na interpretação de imagens termográficas.

Quadro 2. Classificação da diferença contralateral entre segmentos corporais.

DIFERENÇA DE TEMPERATURA	NÍVEL DE ATENÇÃO
$\leq 0,2^{\circ}\text{C}$	Normal
$0,3^{\circ} - 0,4^{\circ}\text{C}$	Acompanhamento
$0,5^{\circ} - 1^{\circ}\text{C}$	Prevenção
$1^{\circ} - 1,5^{\circ}\text{C}$	Alarme
$\geq 1,5^{\circ}\text{C}$	Gravidade

As condições de avaliação de diferença de temperatura indicadas no quadro anterior apontam que o nível de atuação classificado como “normal” não requer nenhum tipo de monitoramento especial. Já a classificação “acompanhamento” requer que o

atleta tenha um monitoramento diário das imagens térmicas visando assegurar se a diferença será aumentada. Quando houver um estado de “prevenção” recomenda-se a redução da carga de treino, ou mesmo sua suspensão pois pode ser um quadro indicativo de algum processo inflamatório ou lesão no segmento corporal monitorizado, sendo prudente um monitoramento médico e/ou fisioterápico. A classificação de “alarme” é indicativo para a suspensão do treino e monitoramento médico e/ou fisioterápico. O estado de “gravidade” será claro indicativo de uma lesão já presente, neste caso o atleta não deverá treinar, devendo ser encaminhado ao médico para estabelecer o diagnóstico de lesão, sua gravidade e procedimentos para o tratamento.

.

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A boa aplicação da técnica é fundamental para coleta de imagens termográficas, assim como analisar e interpretar seus resultados. Os procedimentos e detalhes aqui descritos visam melhorar e apontar um direcionamento na utilização da termografia no campo da atividade física e esportes. Estudos com metodologias semelhantes às descritas neste manual são necessários para melhorar o emprego da técnica e contribuir para a utilização profissional em desportistas.

REFERÊNCIAS

1. Soulen RL, Lapayowker MS, Tyson RR, Korangy AA. Angiography, ultrasound, and thermography in the study of peripheral vascular disease. *Radiology*. 1972 Oct;105(1):115-9.
2. Anbar M. Clinical thermal imaging today. *IEEE Eng Med Biol Mag*. 1998 Jul-Aug;17(4):25-33.
3. Levy A, Dayan A, Ben-David M, Gannot I. A new thermography-based approach to early detection of cancer utilizing magnetic nanoparticles theory simulation and in vitro validation. *Nanomedicine*. 2010 Dec;6(6):786-96.
4. Acharya UR, Ng EY, Tan JH, Sree SV. Thermography Based Breast Cancer Detection Using Texture Features and Support Vector Machine. *J Med Syst*. 2010 Oct 19.
5. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors*. 2010;10(5):4700-15.
6. Ring E, Ammer A. The Technique of infra red imaging in medicine. *Thermology International*. 2000;10(1).
7. Steketee J. Spectral emissivity of skin and pericardium. *Phys Med Biol*. 1973 Sep;18(5):686-94.
8. Jiang LJ, Ng EY, Yeo AC, Wu S, Pan F, Yau WY, et al. A perspective on medical infrared imaging. *J Med Eng Technol*. 2005 Nov-Dec;29(6):257-67.
9. Ring EF. Quantitative thermal imaging. *Clin Phys Physiol Meas*. 1990;11 Suppl A:87-95.
10. Savastano DM, Gorbach AM, Eden HS, Brady SM, Reynolds JC, Yanovski JA. Adiposity and human regional body temperature. *Am J Clin Nutr*. 2009 Nov;90(5):1124-31.
11. Barron ML, Fehring RJ. Basal body temperature assessment: is it useful to couples seeking pregnancy? *MCN Am J Matern Child Nurs*. 2005 Sep-Oct;30(5):290-6; quiz 7-8.
12. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng*. 2009 Jan;38(1):158-63.

13. Ferreira JJ, Mendonca LC, Nunes LA, Andrade Filho AC, Rebelatto JR, Salvini TF. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. *Ann Biomed Eng.* 2008 Aug;36(8):1420-7.
14. Vainer BG. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. *Phys Med Biol.* 2005 Dec 7;50(23):R63-94.
15. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Narhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas.* 2008 Apr;29(4):515-24.

5 CONCLUSÕES GERAIS

A condução Manual de procedimentos básicos para aplicação da termografia em repouso e os 2 artigos puderam gerar as seguintes conclusões:

- a) A boa aplicação da técnica para coleta de imagens termográficas é fundamental, assim como analisar e interpretar seus resultados. Os procedimentos e detalhes aqui descritos no manual visam melhorar e apontar um direcionamento na utilização da termografia no campo da atividade física e esportes.
- b) O tempo necessário na condição de repouso para que ocorra um equilíbrio da TP em homens e mulheres em idade universitária é variável. Para análise de todo o corpo, recomenda-se 10 minutos para ambos os gêneros. Quando há análise de segmentos corporais específicos, o tempo de estabilização poderá ser menor.
- c) A TP de homens e mulheres jovens possuem uma simetria contralateral inferior a 0.5°C, além disso a TP em homens possui valores maiores que as mulheres. Estes dados são importantes para utilização da termografia no Brasil, pois estabelece o primeiro padrão normativo de TP para jovens brasileiros em idade universitária. Sugere-se que confecção de novos trabalhos que investiguem grupos etários diferenciados, o nível de influencia da gordura corporal na TP, além de apontar os mecanismos que expliquem as diferenças entre gêneros.