

CARLOS MAGNO AMARAL COSTA

**TÉCNICAS DE MENSURAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL:  
UMA ESPECIAL ATENÇÃO PARA AS VARIAÇÕES DA TEMPERATURA DA  
PELE MENSURADAS POR TERMOGRAFIA AO LONGO DO DIA**

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  
2012**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

C837t  
2012

Costa, Carlos Magno Amaral, 1981-

Técnicas de mensuração da temperatura corporal : uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia / Carlos Magno Amaral Costa. – Viçosa, MG, 2012.  
xii, 95f. : il. (algumas color.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: João Carlos Bouzas Marins

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Exercícios físicos. 2. Temperatura corporal - Regulação.  
3. Termografia. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Educação Física. Programa de Pós-  
Graduação em Educação Física. II. Título.

CDD 22. ed. 613.71

**CARLOS MAGNO AMARAL COSTA**

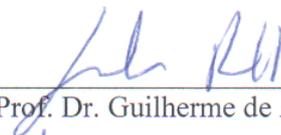
TÉCNICAS DE MENSURAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL:  
UMA ESPECIAL ATENÇÃO PARA AS VARIAÇÕES DA TEMPERATURA DA  
PELE MENSURADAS POR TERMOGRAFIA AO LONGO DO DIA

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*.

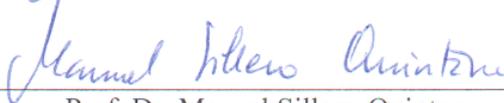
Aprovada em 20 de Dezembro de 2012.



Prof. Dr. Ciro José Brito



Prof. Dr. Guilherme de Azambuja Pussieldi



Prof. Dr. Manuel Sillero-Quintana  
Co-orientador



Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
Orientador

*A Deus, a minha mãe Maria Antonieta e  
minha namorada Thais, e aos meus  
irmãos, Michelle e Thiago.*

*Ao meu orientador João Carlos Bouzas  
Marins.*

*A todos os meus amigos que sempre me  
incentivaram e apoiaram.*

*“A dor é temporária, desistir dura para sempre”.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todos os momentos de proteção e inspiração, pela vida e por todas as oportunidades concedidas nos momentos de dificuldade.

A minha mãe, Maria Antonieta, e a minha namorada Thais, por sempre terem acreditado no meu sonho, me apoiado nos momentos de dificuldade e se sacrificado nos momentos de minha ausência para que esse sonho se tornasse realidade. Agradeço o apoio, a ajuda, o carinho, o amor, a confiança e a paciência que tiveram comigo.

Aos meus irmãos, Michelle e Thiago, pela força e confiança que cada um, ao seu modo, sempre depositou em mim.

Ao meu orientador João Carlos Bouzas Marins, pela paciência, pela dedicação, pelo esforço e pela competência na condução de todos os momentos deste trabalho.

Ao T Cel Perius, ex-chefe e incentivador do meu trabalho, agradeço pelos momentos de ausência, concedidos para que este sonho tivesse continuidade.

Aos meus companheiros de laboratório, Alex, Fabrício e Cristiane, que me ajudaram de forma competente e dedicada, unindo esforços para que este trabalho tivesse um fim.

Ao meu grande amigo Danilo, que me recebeu de forma brilhante, num ambiente até então desconhecido, apresentando-me, com todo entusiasmo, o LAPEH, e demonstrando, nos poucos momentos de convivência, sua dedicação à pesquisa e o interesse pela ciência.

Aos demais companheiros, Pedro Meloni e Bruno Moura e a todos integrantes do LAPEH, meu muito obrigado!

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FPA = Focal plane array

ISAK = International Society for Advancement in Kinanthropometry

RCI = Região corporal de interesse

$T_a$  = Temperatura ambiente

$T_{\text{abdomen}}$  = Temperatura do abdômen

$T_{\text{antebraço post dir}}$  = Temperatura do antebraço posterior direito

$T_{\text{central}}$  = Temperatura central

$T_{\text{corporal}}$  = Temperatura corporal

$T_{\text{coxa ant dir}}$  = Temperatura da coxa anterior direita

$T_{\text{esofágica}}$  = Temperatura esofágica

TIR = Termografia infravermelha

$TM_{\text{pele}}$  = Temperatura média da pele

$T_{\text{oral}}$  = Temperatura oral

$T_{\text{pele}}$  = Temperatura da pele

$T_{\text{perna post dir}}$  = Temperatura da perna posterior direita

$T_{\text{retal}}$  = Temperatura retal

$T_{\text{timpânica}}$  = Temperatura timpânica

UR = Umidade relativa

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1 – INTRODUÇÃO GERAL .....	01
2 – OBJETIVOS .....	03
2.1 – Geral .....	03
2.2 – Específicos .....	03
2.2.1 – Capítulo 1 .....	03
2.2.2 – Capítulo 2 .....	03
2.2.3 – Capítulo 3 .....	04
REFERÊNCIAS .....	05
3 – CAPÍTULO 1 - TÉCNICAS DE MENSURAÇÃO DA TEMPERATURA CENTRAL E SUA APLICAÇÃO NO EXERCÍCIO FÍSICO .....	07
3.1 – Resumo .....	07
3.2 – Introdução .....	08
3.3 – Método .....	10
3.4 – Temperatura Oral .....	12
3.5 – Temperatura Timpânica .....	14
3.6 – Temperatura Retal .....	17
3.7 – Temperatura Esofágica .....	21
3.8 – Temperatura Gastrointestinal .....	23
3.9 – Temperatura da Artéria Pulmonar .....	26
3.10 – Conclusões .....	27
3.11 – Referências .....	29
4 – CAPÍTULO 2 - VARIAÇÕES DA TEMPERATURA DA PELE AO LONGO DE UM DIA EMPREGANDO A TÉCNICA DE TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA EM HOMENS MILITARES .....	35
4.1 – Resumo .....	35
4.2 – Introdução .....	37
4.3 – Materiais e Métodos .....	39
4.3.1 – Amostra .....	39
4.3.2 – Procedimentos .....	41
4.3.3 – Equipamentos .....	46

4.3.4 – Análise estatística .....	47
4.4 – Resultados .....	47
4.5 – Discussão .....	53
4.6 – Conclusões .....	58
4.7 – Referências .....	59
4.8 – Anexo 1 .....	62
4.9 – Anexo 2 .....	63
5 – CAPÍTULO 3 - UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA IDENTIFICAR VARIAÇÕES DA TEMPERATURA DA PELE DE MULHERES MILITARES AO LONGO DE UM DIA .....	64
5.1 – Resumo .....	64
5.2 – Introdução .....	66
5.3 – Materiais e Métodos .....	68
5.3.1 – Amostra .....	68
5.3.2 – Procedimentos .....	70
5.3.3 – Equipamentos .....	75
5.3.4 – Análise estatística .....	76
5.4 – Resultados .....	76
5.5 – Discussão .....	83
5.6 – Conclusão .....	88
5.7 – Referências .....	89
5.8 – Anexo 1 .....	93
5.9 – Anexo 2 .....	94
6 – CONCLUSÕES GERAIS .....	95

## RESUMO

COSTA, Carlos Magno Amaral, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2012. **Técnicas de mensuração da temperatura corporal: uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientador: Manuel Sillero-Quintana.

Esta dissertação foi proposta com dois objetivos principais: a) analisar os diferentes métodos de mensuração da temperatura central, seus aspectos favoráveis e desfavoráveis durante o exercício físico; b) identificar a ocorrência de variação diária da temperatura da pele ( $T_{pele}$ ), tanto de homens como de mulheres, utilizando a técnica de termografia infravermelha. Para elucidar o primeiro objetivo, foi realizado um estudo de revisão que identificou as seis principais técnicas de mensuração da temperatura central. A temperatura retal e a temperatura gastrointestinal parecem ser os métodos mais aplicados em exercício físico, contudo nenhum método deverá ser excluído sem que antes sejam analisadas suas limitações, o tipo de exercício físico realizado e os objetivos do registro da temperatura central. Para alcançar o segundo objetivo, realizaram-se dois estudos em que participaram 31 militares do sexo masculino e 20 militares do sexo feminino. Os avaliados estavam sob o mesmo treinamento físico por, no mínimo, seis meses, não eram fumantes ou portadores de condição patológica inflamatória, ou apresentavam algum problema que pudesse alterar a  $T_{pele}$ . As imagens termográficas foram coletadas em uma sala climatizada a  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  e obtidas através de termovisor posicionado a 4 m de distância do avaliado. Foram coletadas 4 imagens englobando 25 regiões corporais de interesse (RCI), esse procedimento foi repetido ao longo do mesmo dia em cinco ocasiões: às 7h, às 11h, às 15h, às 19h e às 23h. Para o comportamento térmico geral, também foi considerada a temperatura média da pele. Empregou-se a ANOVA One Way com medidas repetidas, seguida pelo teste *post-hoc* de Tukey, para

localizar a diferença significativa entre os diferentes horários do dia em cada RCI. O nível de significância adotado foi  $p < 0,05$ , realizado no software SigmaPlot, versão 11. Em todas as RCI, tanto em homens como em mulheres, foram registradas diferenças significativas, indicando claramente uma mudança da temperatura da pele ao longo do dia, com cada RCI apresentando um comportamento térmico específico. Contudo, tanto para os homens [ $31,4 \pm 0,7^\circ\text{C}$ ] quanto para as mulheres [ $30,2 \pm 0,7^\circ\text{C}$ ], a menor temperatura média da pele tende a ocorrer às 7h. Quanto ao pico de temperatura, nos homens [ $32,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ ] tende a ocorrer às 23h e nas mulheres [ $32,5 \pm 0,4^\circ\text{C}$ ], esse comportamento foi mais claramente observado às 15h. As diferenças de temperatura entre os segmentos, quando comparados os dimídios corporais, são usualmente inferiores a  $0,5^\circ\text{C}$  em ambos os gêneros. Nos homens, a face anterior das mãos foi a região que apresenta maior variação ao longo do dia, com diferença de  $4,4$  e  $4,5^\circ\text{C}$  entre o primeiro e o último registro. Nas mulheres, a região que apresentou maior diferença foram as mãos direita e esquerda, anteriores e posteriores, com variações de  $3,1$  e  $3,0^\circ\text{C}$  e  $2,7$  e  $3,0^\circ\text{C}$ , respectivamente. Consideram-se como conclusões desse trabalho: 1<sup>a</sup>) os métodos de registro da  $T_{\text{central}}$  recomendados durante o exercício físico são a  $T_{\text{retal}}$ , principalmente em ambiente laboratorial, além da  $T_{\text{gastrointestinal}}$  que apresenta como vantagem o uso em condições reais de exercício mesmo fora do laboratório; 2<sup>a</sup>) tanto em homens como em mulheres, a  $T_{\text{pele}}$  de todas as RCI analisadas e a  $TM_{\text{pele}}$  demonstraram variações ao longo do dia com menores valores no início da manhã (7h); 3<sup>a</sup>) as variações de temperatura observadas são específicas em função da RCI, havendo períodos de estabilização térmica em algumas regiões e tendência ascendente da  $T_{\text{pele}}$  ao longo do dia; e 4<sup>a</sup>) as RCI bilaterais apresentam mesmo comportamento térmico.

## ABSTRACT

COSTA, Carlos Magno Amaral, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, December 2012. **Techniques for measuring body temperature: a special attention to changes in skin temperature measured by thermography throughout the day.** Advisor: João Carlos Bouzas Marins. Co-Advisor: Manuel Sillero-Quintana.

This dissertation was proposed with two main objectives: a) analyze the different methods for measurement of core temperature, favorable and unfavorable aspects during exercise; b) identifying the occurrence of daily variation in skin temperature ( $T_{skin}$ ) both men and women using the technique of infrared thermography. To elucidate the first objective was a study review that identified six main techniques for measuring the core temperature. The rectal and gastrointestinal temperature seem to be the most used methods in physical exercise, however, no method should be deleted without first being analyzed its limitations, the type of exercise performed and the goals of the central temperature record. To achieve the second objective two studies were conducted which involved a total sample of 31 male military and 20 women military. The evaluated were subjected to the same physical training for at least six months, were nonsmokers or patients with inflammatory pathological condition or a problem that could change the  $T_{skin}$ . The thermographic images were collected in a room heated to  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  and obtained by the thermal imager positioned 4 m away from the volunteer. We collected 4 images encompassing the 25 body regions of interest (RBI), this procedure was repeated along the same day on five occasions at 7h, 11h, 15h, 19h and 23h. For the thermal behavior was also considered the overall average temperature of the skin. We applied the One Way ANOVA with repeated measures followed by post-hoc Tukey test to determine significant differences between different times of day in each RBI. The

significance level of  $p < 0,05$  was adopted for all calculations which were performed in SigmaPlot software, version 11. In all the RBI in both men and women statistical differences were observed, clearly indicating a change in temperature of the skin throughout the day with RCI each having a specific thermal behavior. However, both for men [ $31.4 \pm 0.7^\circ\text{C}$ ] as for women [ $30.2 \pm 0.7^\circ\text{C}$ ], the lowest temperature tends to be 7h, temperature peak in men [ $32.3 \pm 0.8^\circ\text{C}$ ] tends to be 23h, in women [ $32.5 \pm 0.4^\circ\text{C}$ ] this behavior was most clearly observed 15h. Temperature differences between the segments when comparing the sides of the body are usually lower than  $0.5^\circ\text{C}$  in both genres. In men, the anterior surface of the hands was the region with the greatest variation throughout the day, with a difference of  $4.4$  and  $4.5^\circ\text{C}$  between the first and last record. The women the region with the biggest difference were the right and left hands regions preceding and subsequent with oscillations of  $3.1$  to  $3.0^\circ\text{C}$  and  $2.7$  and  $3.0^\circ\text{C}$  respectively. Are considered as findings of this work: 1<sup>a</sup>) The methods of registration of core temperature recommended during physical exercise are  $T_{\text{rectal}}$ , mainly in laboratory environment, and  $T_{\text{gastrointestinal}}$  besides having the advantage use in real-world exercise even outside the laboratory; 2<sup>a</sup>) both in men as in women, the  $T_{\text{skin}}$  of all RBI analyzed and mean skin temperature ( $MT_{\text{Skin}}$ ) showed fluctuations throughout the day with lowest values in the early morning (7h); 3<sup>a</sup>) The temperature fluctuations are observed depending on the specific RBI, with periods of thermal stabilization in some regions and an increasing trend of  $T_{\text{skin}}$  throughout the day; 4<sup>a</sup>) The bilateral RBI have the same thermal behavior.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O controle da temperatura corporal ( $T_{\text{corporal}}$ ) em humanos se faz necessário para manter em níveis seguros as repostas fisiológicas de produção, absorção e perda de calor. Os mecanismos termorregulatórios são os responsáveis pela homeostase da temperatura humana durante o repouso e, principalmente, durante o esforço físico, ajustando em aproximadamente  $37^{\circ}\text{C}$  a temperatura central ( $T_{\text{central}}$ ) a fim de evitar hipertermia e hipotermia em níveis perigosos (1).

Apesar da disponibilidade e da variedade de métodos de mensuração da  $T_{\text{corporal}}$ , a seleção do método de termometria para qualquer população específica não é simples, especialmente durante a prática de exercício físico e participação no esporte. Contudo, avanços relacionados à mensuração da  $T_{\text{corporal}}$  têm desempenhado funções importantes na pesquisa de termorregulação humana, por permitirem que os pesquisadores quantifiquem e analisem a temperatura usando diferentes estratégias.

A  $T_{\text{corporal}}$  é um dos principais marcadores utilizados para identificar as variações circadianas diárias do ritmo biológico (2, 3), as quais ocorrem a partir do sistema interno orgânico que permite a antecipação e a preparação relacionadas às mudanças diárias (4). Existem várias técnicas de registro da  $T_{\text{corporal}}$  e, em todas, foi observado que existem variações ao longo de 24 horas, porém com faixas de normalidade diferenciadas em função do tipo de técnica empregada (5).

A proposta de utilização da termografia infravermelha (TIR) para controle de mensuração da temperatura corporal apresenta aspectos interessantes. Em humanos, essa técnica teve seu início na área médica com o objetivo de diagnosticar doenças vasculares (6), inflamações (7), tumores (8, 9) e desordem metabólica, bem como anormalidades da  $T_{\text{corporal}}$  (7).

A TIR registra a distribuição da temperatura por meio de termovisor que capta e processa a radiação infravermelha emitida pela superfície do corpo (10). Sua aplicação é considerada vantajosa, pois permite análise imediata, de forma geral ou específica, focada em determinada parte do corpo. A TIR é um procedimento não invasivo e não necessita contato físico com o avaliado, podendo ser utilizada como técnica alternativa para o estudo da variação térmica diária (11, 12).

Estudos da variação térmica diária são frequentemente realizados através das mensurações da temperatura retal (13-15), gastrointestinal (16), oral (17), axilar (14, 16) e da pele (18), no entanto, após pesquisa na base de dados *Medline*, não foi possível identificar trabalhos que tenham aplicado a TIR para estabelecer o mapa térmico diário da temperatura da pele, o que torna este estudo pioneiro quanto a esse aspecto.

Estabelecer a possível variação diária da temperatura da pele pode auxiliar treinadores, preparadores físicos e fisioterapeutas a selecionar os melhores horários para determinadas intervenções, tomando como base que certas ações são indicadas ou não em função da variação do ritmo biológico (19), ou a aplicar, no estudo da prevenção de lesões, que utiliza a comparação contralateral com o acompanhamento diário da temperatura da pele (12).

Dessa forma, o conteúdo desta dissertação está dividido em três manuscritos. O primeiro manuscrito, que consta de revisão de literatura, apresenta e analisa as diferentes formas de mensuração da temperatura corporal humana e suas aplicações no exercício físico. Já o segundo e o terceiro manuscritos apresentam como objetivo central identificar as variações da temperatura da pele de homens e mulheres, ao longo do dia, utilizando a técnica de termografia infravermelha (TIR), com os avaliados em repouso e em condições ambientais controladas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Investigar as técnicas de mensuração da temperatura corporal e, em especial, estudar a variação da temperatura da pele através da utilização da termografia infravermelha em homens e mulheres em repouso, ao longo do dia. Para tal, foi conduzido um estudo de revisão e dois estudos investigativos. Os objetivos específicos inerentes a cada estudo são listados abaixo:

### **2.2 Específicos**

#### 2.2.1 Manuscrito 1

Analisar, por meio de revisão de literatura, as diferentes formas de mensuração da  $T_{\text{central}}$  humana, os aspectos favoráveis e os desfavoráveis, a fidedignidade e a relação entre os métodos de mensuração, quando aplicados durante a prática de exercício físico.

#### 2.2.2 Manuscrito 2

Identificar a variação da temperatura da pele, através da técnica de termografia infravermelha, em homens militares em repouso e em determinadas condições ambientais controladas em diferentes períodos do dia.

### 2.2.3 Manuscrito 3

Identificar a ocorrência de variação da temperatura da pele, através da técnica de termografia infravermelha, em mulheres militares em repouso e em determinadas condições ambientais controladas em diferentes períodos do dia.

## REFERÊNCIAS

1. Moran DS, Mendal L. Core temperature measurement: methods and current insights. *Sports Med.* 2002;32(14):879-85.
2. Hofstra WA, de Weerd AW. How to assess circadian rhythm in humans: a review of literature. *Epilepsy Behav.* 2008;13(3):438-44.
3. Ortiz-Tudela E, Martinez-Nicolas A, Campos M, Rol MA, Madrid JA. A new integrated variable based on thermometry, actimetry and body position (TAP) to evaluate circadian system status in humans. *PLoS Comput Biol.* 2010;6(11):e1000996.
4. Vitaterna MH, Takahashi JS, Turek FW. Overview of circadian rhythms. *Alcohol Res Health.* 2001;25(2):85-93.
5. Sund-Levander M, Forsberg C, Wahren LK. Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. *Scand J Caring Sci.* 2002;16(2):122-8.
6. Soulen RL, Lapayowker MS, Tyson RR, Korangy AA. Angiography, ultrasound, and thermography in the study of peripheral vascular disease. *Radiology.* 1972;105(1):115-9.
7. Anbar M. Clinical thermal imaging today. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 1998 Jul-Aug;17(4):25-33.
8. 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;6(6):786-96.
9. 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.
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;50(23):R63-94.
11. Fernandes AA, Amorim PRS, Primola-Gomes TN, Sillero-Quinata M, Fernandez-Cuevas I, Silva RG, et al. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia por radiação infravermelha: uma revisão sistemática. *Rev Andal Med Deporte.* 2012;5:113-7.
12. 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.
13. Monk TH, Buysse DJ, Reynolds CF, 3rd, Kupfer DJ, Houck PR. Circadian temperature rhythms of older people. *Exp Gerontol.* 1995;30(5):455-74.

14. Thomas KA, Burr R, Wang SY, Lentz MJ, Shaver J. Axillary and thoracic skin temperatures poorly comparable to core body temperature circadian rhythm: results from 2 adult populations. *Biol Res Nurs*. 2004;5(3):187-94.
15. Dijk DJ, Duffy JF, Silva EJ, Shanahan TL, Boivin DB, Czeisler CA. Amplitude reduction and phase shifts of melatonin, cortisol and other circadian rhythms after a gradual advance of sleep and light exposure in humans. *PLoS One*. 2012;7(2):e30037.
16. Edwards B, Waterhouse J, Reilly T, Atkinson G. A comparison of the suitabilities of rectal, gut, and insulated axilla temperatures for measurement of the circadian rhythm of core temperature in field studies. *Chronobiol Int*. 2002;19(3):579-97.
17. Edwards B, Waterhouse J, Reilly T. Circadian rhythms and their association with body temperature and time awake when performing a simple task with the dominant and non-dominant hand. *Chronobiol Int*. 2008;25(1):115-32.
18. Pronina TS, Rybakov BP. [Features of the circadian rhythm of temperature of the skin at children of 8-9 years and young men and girls]. *Fiziol Cheloveka*. 2011;37(4):98-104.
19. Teo WP, Newton MJ, McGuigan MR. Circadian rhythms in exercise performance: Implications for hormonal and muscular adaptation. *J Sport Sci Med*. 2011;10(4):600-6.

### 3 CAPÍTULO 1 – Técnicas de mensuração da temperatura central e sua aplicação no exercício físico

#### 3.1 RESUMO

Durante a prática de exercício físico, a atuação do mecanismo termorregulador é mais evidente devido à necessidade de manter a homeostase fisiológica. O aumento na temperatura central durante o exercício, de forma não controlada, vem sendo atribuído como fator desencadeante de fadiga central. Escolher o melhor método de mensuração da temperatura central requer o conhecimento frente às limitações. Dessa forma, o propósito deste estudo é analisar as diferentes formas de mensurar a temperatura central humana, de modo a destacar pontos favoráveis e pontos desfavoráveis quanto a sua aplicação durante o exercício físico. Foram utilizados na base de dados *Medline* os principais termos de busca: *oral temperature measurement, tympanic temperature measurement, rectal temperature measurement, oesophagus temperature measurement e gastrointestinal temperature measurement* os quais forneceram 263 estudos publicados nos últimos cinco anos. Dentre esses, foram selecionados estudos realizados em humanos; que avaliaram a eficiência entre os métodos de mensuração da  $T_{\text{central}}$ ; estudos realizados em comparação com o “padrão ouro fisiológico” de mensuração da  $T_{\text{central}}$  e estudos com mensurações realizadas durante a prática de exercícios físicos, quando eram descritos o método e os procedimentos de mensuração da  $T_{\text{central}}$ . A  $T_{\text{retal}}$  e a  $T_{\text{gastrointestinal}}$  são os métodos mais recomendados em situação de exercício físico, principalmente em ambiente laboratorial, pois oferecem similaridades quanto ao registro de temperatura. Todavia, nenhum método deverá ser excluído sem que antes sejam analisadas suas limitações, as condições de registro da temperatura e o tipo de exercício físico realizado.

Palavras-chave: Termorregulação. Temperatura humana. Avaliação física.

### 3.2 INTRODUÇÃO

Os humanos produzem calor internamente para regular a temperatura corporal ( $T_{\text{corporal}}$ ) utilizando balanço na produção, na absorção, e na perda de calor. A homeostase fisiológica é dependente do mecanismo termorregulatório não apenas em situação de repouso, mas principalmente durante o esforço físico, em que a atuação do mecanismo termorregulador torna-se mais evidente, fazendo da espécie humana um ser hábil em ajustar a  $T_{\text{corporal}}$ , pois uma divergência de  $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$  na temperatura central ( $T_{\text{central}}$ ), de aproximadamente  $37^{\circ}\text{C}$ , pode resultar em hipotermia ou hipertermia em níveis perigosos alterando as respostas fisiológicas (1).

O aumento da  $T_{\text{corporal}}$  pode ser influenciado por dois mecanismos distintos: o primeiro é resultante do funcionamento inadequado de um ou mais sistemas internos do corpo, acompanhado de possível infecção ou contaminação, resultando em quadro febril (2); o segundo é demonstrado pelo desequilíbrio entre a quantidade de calor absorvido pelo ambiente, a produção metabólica de calor e a quantidade de calor emitido pelo corpo, que ocorre durante mudanças no calor metabólico induzido pela atividade física (3) e/ou pela exposição o ambiente mais quente (4). Sob condições de desequilíbrio, as respostas compensatórias são elevação do fluxo de sangue para a pele e estímulo para produção de sudorese. Essas respostas ocorrem através de feedback negativo hipotalâmico para manter maior taxa da perda de calor e evaporação, na tentativa de manter a  $T_{\text{central}}$  no ponto de referência de termorregulação (5, 6).

Considera-se como  $T_{\text{central}}$  a temperatura do sangue na circulação que perfunde as células do hipotálamo anterior e que permite ao organismo humano a constatação da temperatura sanguínea (7), sendo o padrão ouro para sua mensuração a temperatura do sangue

da artéria pulmonar (8). Porém, mesmo que esse local seja geralmente considerado o "padrão-ouro fisiológico", ele é acessível apenas sob condições cirúrgicas ou experimentais e sendo impraticável para a detecção de febre em um ambiente clínico (9), o que o torna também inviável para mensuração em competições e/ou durante a prática de exercícios físicos.

O organismo humano tem baixa eficiência mecânica. Durante a prática de exercício físico, aproximadamente 25% da energia química proveniente da oxidação dos nutrientes costuma se transformar em energia responsável pelo movimento, sendo o restante transformado em energia térmica (10), o que ocasiona aumento imediato na produção metabólica de calor seguido de um aumento gradual da perda de calor total. Esse desequilíbrio inicial entre a perda de calor total e a produção de calor metabólico levará à mudança no conteúdo de calor corporal, acompanhado por alteração na  $T_{\text{central}}$  (11). Pesquisas têm demonstrado que a hipertermia pode funcionar como sinal desencadeador de resposta de fadiga central durante exercício intenso (12), ocorrendo queda no desempenho aeróbio mesmo com  $T_{\text{central}}$  não ultrapassando 38°C (13), o que ainda parece ser intensificado com a desidratação (14). Dessa forma, em provas de longa duração, como as ultramaratonas, as maratonas e o triathlon, é importante que não ocorra elevação aguda da  $T_{\text{central}}$ , e seu controle pode auxiliar no desempenho nessas competições.

O monitoramento da resposta termorregulativa durante a prática de exercício físico demonstra ser importante para a proteção do atleta, principalmente quando este se encontra exposto a ambientes de temperaturas extremas, por exemplo, provas de resistência, como o ciclismo de estrada ou uma partida de futebol, realizados em ambientes extremos de calor e de umidade elevados. Importante destacar que exposições prolongadas a esses ambientes causam morte associadas a problemas termorregulativos, afetando os mecanismos homeostáticos da termorregulação (15). Assim, o monitoramento da  $T_{\text{central}}$  pode auxiliar na prevenção de acidentes termorregulativos que, se não controlados, podem induzir à morte, além de auxiliar

na compreensão de como ocorrem os ajustes termorregulativos e suas especificidades, considerando-se vestimenta, hidratação e sobrecarga no exercício físico (10).

Avanços relacionados ao campo da mensuração da  $T_{\text{central}}$  têm desempenhado um importante papel na pesquisa de termorregulação humana, por permitirem que os pesquisadores quantifiquem e analisem a  $T_{\text{corporal}}$ . Apesar da disponibilidade de variedade de métodos invasivos e não invasivos, ainda há desafios em medir com precisão a  $T_{\text{central}}$ . A melhor escolha do método de termometria para qualquer população específica não é uma questão simples, especialmente durante exercício e participação no esporte.

O propósito deste estudo foi analisar, por meio de revisão de literatura, as diferentes formas de mensuração da  $T_{\text{central}}$  humana, os aspectos favoráveis e os desfavoráveis, a fidedignidade e a relação entre os métodos de mensuração quando aplicados durante a prática de exercício físico.

### 3.3 MÉTODO

A realização da presente revisão ocorreu através de pesquisas bibliográficas nas bases de dados *Medline*, utilizando como principais termos de busca: *oral temperature measurement*, *tympanic temperature measurement*, *rectal temperature measurement*, *oesophagus temperature measurement* e *gastrointestinal temperature measurement*.

Os procedimentos empregados nas buscas e seleção inicial dos artigos foi semelhante ao empregado recentemente nos trabalhos de Silva *et al.* ao fazer uma revisão sobre imunoglobulina A salivar e exercício (16).

A estratégia de busca inicial forneceu um total de 263 estudos para a seleção inicial e todos os artigos obtidos na busca eletrônica tiveram seus resumos extraídos em arquivo texto e analisados de maneira independente. Foram incluídos: a) estudos que avaliaram a eficiência entre os métodos de mensuração da  $T_{\text{central}}$ ; b) estudos realizados em comparação com o “padrão ouro fisiológico” de mensuração da  $T_{\text{central}}$ ; c) mensurações realizadas em exercícios físicos quando eram descritos o método e os procedimentos de mensuração da  $T_{\text{central}}$ . Foi utilizada a busca limitada em artigos de pesquisa realizada em humanos nos últimos cinco anos.

Foram selecionadas as publicações que atenderam aos critérios de inclusão e limitações. A partir da obtenção e leitura dos artigos, suas referências bibliográficas foram rastreadas à procura de outros trabalhos potencialmente utilizáveis. Publicações com ênfase na termorregulação humana e que contribuiriam para suporte de informações complementares também foram consideradas.

Não foram realizadas restrições quanto à faixa etária, gênero ou modalidade esportiva, mas estudos envolvendo exercícios físicos foram preferencialmente escolhidos. Foram excluídos artigos que, mesmo apresentando os termos de busca utilizados, não contemplavam claramente a descrição do método e os procedimentos de mensuração da temperatura.

Após os critérios de inclusão, foram revisadas seis técnicas de mensuração da  $T_{\text{central}}$ , sendo elas: a) oral; b) timpânica; c) retal; d) esofágica; e) gastrointestinal; e f) artéria pulmonar. A seguir serão apresentadas com mais detalhes cada uma dessas formas de mensuração, sendo indicadas a técnica de registro, pontos positivos e negativos do emprego delas e a aplicabilidade no ambiente esportivo.

### 3.4 TEMPERATURA ORAL

Para o registro da temperatura oral ( $T_{\text{oral}}$ ) podem ser utilizados três procedimentos: o termômetro de mercúrio em vidro, o termômetro químico e o termômetro eletrônico. Recomenda-se que esses sejam colocados no lado direito ou esquerdo do bolso posterior sublingual(17), com o fechamento dos lábios de forma a acomodá-los ao redor do termômetro com a finalidade de assegurar menor interferência da temperatura ambiente e obter medição mais precisa da temperatura.

Atualmente se recomenda o emprego de termômetros eletrônicos que substituíram os termômetros de mercúrio em vidro e os termômetros químicos por realizar, no modo preditivo, mensuração mais rápida, além de minimizar os erros de leitura da  $T_{\text{oral}}$  por parte do avaliador (18), e ainda atualizar continuamente a mensuração da  $T_{\text{oral}}$ , que pode ser realizadas com alguns modelos de dispositivos eletrônicos (17).

Estudo realizado por Potter *et al.* (19) demonstrou alta relação entre as mensurações de  $T_{\text{oral}}$  obtidas por termômetros químicos de uso descartável e termômetros eletrônicos em pacientes entubados por via oral, internados em unidade de terapia intensiva. Contudo, Fallis *et al.* (20) demonstraram variação entre as medidas realizadas por termômetro químico de uso descartável e termômetros eletrônicos apontando o termômetro químico como um dispositivo não confiável na aplicação em mulheres saudáveis.

Apesar do desconforto com o termômetro eletrônico na medida sublingual, ele é mais seguro na realização de mensurações em exercício físico, evitando problemas na quebra do termômetro de mercúrio, composto de vidro e mercúrio, o que provocaria grande desconforto e possível intoxicação.

A  $T_{\text{oral}}$  é utilizada na prática clínica como método alternativo e não invasivo de mensuração da  $T_{\text{corporal}}$  (21). Apesar de Moran e Mendal (1) recomendarem faixa de mensuração de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  para termômetros exatos, grande parte parece apontar para confiabilidade da  $T_{\text{oral}}$  variando abaixo de  $0,5^{\circ}\text{C}$  da  $T_{\text{central}}$ , medida através de cateter na artéria pulmonar (8). Todavia, estudo realizado em condições de hipertermia demonstrou diferença acima de  $0,59^{\circ}\text{C}$  em relação à temperatura medida na artéria pulmonar (22), o que pode diminuir a confiabilidade na mensuração da  $T_{\text{central}}$  na prática de atividade física.

Na prática clínica, a aplicação da mensuração da  $T_{\text{oral}}$  é vantajosa por ser um método não invasivo que oferece rápida variação da  $T_{\text{corporal}}$  (1). Também possui dispositivo de fácil manuseio e aplicação, diminuindo assim a possibilidade de erro do avaliador na leitura da mensuração da temperatura. O custo acessível dos dispositivos eletrônicos e de mercúrio em vidro também oferecem vantagem em relação a outros métodos de mensuração (23).

Alguns fatores envolvendo o uso dessa técnica de controle da  $T_{\text{central}}$  durante a prática de exercício físico devem ser considerados. É possível citar como fatores de desvantagens para o uso: a) a hidratação necessária com ingestão de líquido antes, durante e após o exercício físico pode afetar a mensuração da  $T_{\text{oral}}$  e possibilitar diferença na detecção da  $T_{\text{corporal}}$ , visto que alterações na medida de  $T_{\text{oral}}$  foram identificadas com o efeito da água gelada, levando em média 14,04min para retorno da medida basal (24); b) possibilidade de erro de leitura devido ao consumo de bebidas frias ou quentes e padrões irregular de respiração (1); c) influências do ambiente externo também foram justificadas como um dos efeitos influenciadores de  $T_{\text{oral}}$  mais baixa, com diferença de até  $1^{\circ}\text{C}$ , comparada com a medida de temperatura retal ( $T_{\text{retal}}$ ) (25); d) a mensuração da  $T_{\text{oral}}$  com a aplicação do termômetro de mercúrio em vidro ou eletrônico requer o pressionamento dos lábios ao redor do termômetro com a obstrução da respiração por via oral (17), diminuindo o aporte de oxigênio, o que poderia comprometer o desempenho durante o exercício físico; e) a

dificuldade em manter a sonda do termômetro na posição do bolso sublingual posterior, pois a colocação incorreta da sonda na cavidade oral tem dado origem a diferenças de até 1,7°C na temperatura (18); f) risco de acidente durante o exercício, com a quebra do termômetro, caso esse seja de mercúrio em vidro, ocasionando, assim, lesões na boca.

O uso desse equipamento pode ser considerado interessante em condições de repouso, porém não é recomendado em exercício (17), uma vez que, além de ser desconfortável para o avaliado, proporciona dificuldades no ritmo respiratório normal, modificando a dinâmica do exercício, podendo aumentar o risco de acidentes. Dessa forma a  $T_{\text{oral}}$  não deverá ser considerada como prioritária durante o exercício físico.

### 3.5 TEMPERATURA TIMPÂNICA

Para registro da temperatura timpânica ( $T_{\text{timpânica}}$ ) são utilizados os termômetros infravermelhos que contêm um sensor óptico, geralmente uma termopilha (18), que tem como princípio básico de funcionamento a mensuração da quantidade de energia infravermelha emitida pela membrana timpânica, convertendo o fluxo de calor em corrente elétrica. Esta corrente é convertida em analógico-digital demonstrando, em seu visor, a temperatura encontrada (26).

A temperatura medida em repouso por essa técnica tem como valor de normalidade estabelecida uma faixa entre 35,6 a 37,4°C. A  $T_{\text{timpânica}}$  corresponde à média de toda área da membrana timpânica captada pelo feixe infravermelho do termômetro (18), pois essa recebe o suprimento sanguíneo da artéria carótida e sua temperatura pode refletir a temperatura do sangue que flui para o hipotálamo, o que tem estreita correlação com a  $T_{\text{central}}$  (27).

Em clínica médica, pesquisa realizada com recém-nascidos ( $n=663$ ) demonstra correlação ( $r=0,94$ ) entre a mensuração obtida com o termômetro timpânico e com o termômetro de mercúrio de vidro axilar (28). Com crianças de um a seis anos ( $n=244$ ), avaliadas de duas a três vezes em cada membrana com objetivo de encontrar a estabilidade e a repetibilidade da termometria timpânica, os resultados demonstram uma variação de  $0,6^{\circ}\text{C}$  na temperatura e houve pouca evidência de que a idade e o gênero tenham feito alguma diferença na temperatura (29). Em ambos os estudos os resultados apontam a  $T_{\text{timpânica}}$  como método aceitável e prático.

A  $T_{\text{timpânica}}$  mensurada em ambientes hospitalares (30), na pediatria (27, 31, 32), com indivíduos jovens e idosos (33, 34) e na terapia em baixa temperatura (35) demonstra haver uma confiabilidade ao comparar resultados de outros termômetros que realizam o monitoramento da  $T_{\text{central}}$  em locais distintos.

Contudo, em evento esportivo que envolve variações climáticas e a imersão em águas abertas de baixa temperatura, o uso da termometria timpânica não foi recomendado para a detecção de hipotermia, sendo entre os principais problemas encontrados a presença de água fria no conduto auditivo e a influência das condições externas (36), o que corrobora com os resultados de Rogers *et al.* (37).

Flouris & Cheung (38) analisaram a eficácia da  $T_{\text{timpânica}}$  e  $T_{\text{oral}}$  em relação à  $T_{\text{retal}}$  em duas situações distintas de calor e frio. Os voluntários foram imersos em água a  $42^{\circ}\text{C}$  e depois em água a  $12^{\circ}\text{C}$  até que a  $T_{\text{retal}}$  aumentasse e diminuísse  $0,5^{\circ}\text{C}$  em relação ao valor basal. Os resultados demonstram a correlação das mensurações timpânica e oral com a  $T_{\text{retal}}$ , porém a  $T_{\text{timpânica}}$  demonstrou atraso na resposta às mudanças em equilíbrio térmico o que pode comprometer a mensuração em atividades físicas que envolvem mudanças rápidas de temperatura.

Alguns estudos vêm relacionando a  $T_{\text{timpânica}}$  e exercício físico (36, 37, 39). Gagnon *et al.* (39), com o objetivo de apresentar as respostas temporais da  $T_{\text{timpânica}}$  durante condição de estresse de calor e após dois cenários de recuperação, submeteram 24 indivíduos saudáveis a um protocolo de exercício em esteira com intensidade de 70% do  $\text{VO}_2\text{max}$  em câmara com temperatura controlada em 42°C e 30% UR. O exercício foi interrompido quando a  $T_{\text{retal}}$  atingiu 39,5°C. O período de recuperação consistiu em imersão em água a 26°C para o grupo 1 (n=12) com tempo médio de permanência  $14 \pm 5\text{min}$  e repouso em câmara a 30°C e 30% umidade relativa (UR). Para o grupo 2 com permanência de  $29 \pm 7\text{min.}$ , ambos os períodos de recuperação foram interrompidos quando a  $T_{\text{retal}}$  atingiu 37,5°C. Os autores concluem que as diferenças entre os locais de medição do corpo foram evidentes ao longo de ambos os cenários, e essas são provavelmente devido às diferenças regionais em termos físicos (massa de tecido) ou fisiológicos (o fluxo sanguíneo) entre as características dos locais do corpo.

Uma das dificuldades da mensuração da  $T_{\text{timpânica}}$  é a influência do ambiente externo, por isso, com o objetivo de diminuir essas influências, Nagano *et al.* (40) desenvolveram um novo método envolvendo a inserção segura de sensor de temperatura por meio de tampão tipo esponja, que sela o canal auditivo externo. Durante o experimento, quando a temperatura ambiente aumentou, as temperaturas do canal auditivo seguiram as modificações da  $T_{\text{retal}}$ , indicando a sensibilidade do método utilizado. Observou-se também pouca divergência entre as mensurações de temperatura durante as sessões de exercícios, indicando que a  $T_{\text{timpânica}}$  pode controlar com precisão a  $T_{\text{retal}}$  durante esforço físico.

A vantagem de utilização do termômetro timpânico é a facilidade de manuseio, não necessitando de grande experiência do avaliador devido à fácil leitura da temperatura (17), assim como o resultado rápido da temperatura medida, e pouco desconforto para o avaliado (26).

Em algumas situações, apesar da  $T_{\text{timpânica}}$  parecer ser fidedigna e correlacionada à  $T_{\text{retal}}$ , no exercício físico alguns fatores parecem oferecer desvantagens, como: a) a obstrução do canal auricular por qualquer tipo de líquido, sendo água ou suor proveniente de atividades aquáticas ou da transpiração (36, 37) b); a mensuração em movimento pode comprometer a correta aplicação na membrana timpânica o que poderia subestimar a temperatura através da mensuração em outros tecidos do canal auricular (41); c) as influências do ambiente externo, caso o termômetro utilizado não seja tipo sonda com possibilidade de selar o canal auditivo externo (40); d) na recuperação do exercício físico a  $T_{\text{timpânica}}$  parece não ter correlação com a  $T_{\text{retal}}$  (39).

Entretanto, mesmo estudos apontando a confiabilidade da  $T_{\text{timpânica}}$  em relação a outros métodos de mensuração da  $T_{\text{central}}$  (21), no exercício físico parece não haver um consenso sobre sua aplicação, demonstrando que a utilização da  $T_{\text{timpânica}}$  dependerá do objetivo e da técnica de mensuração.

### 3.6 TEMPERATURA RETAL

A  $T_{\text{retal}}$  é a mais utilizada para mensuração da  $T_{\text{corporal}}$  em atendimento pediátrico, sendo esse método considerado o padrão ouro para verificação da  $T_{\text{central}}$  nos sistemas de saúde de diversos países (42), e recomendado pela *National Athletic Trainers Association* (43) como critério padrão para mensuração da  $T_{\text{central}}$  em condições de repouso, durante e após o exercício (43).

A mensuração da  $T_{\text{retal}}$  em exercício físico pode ser realizada através da inserção de um sensor, chamado termistor entre 10 e 15cm (43-45) ou com a inserção de uma cápsula tipo

supositório entre 8 e 10cm (13, 14) na cavidade retal, e na prática clínica, com a inserção de um termômetro de 3 a 6cm de profundidade. Na clínica médica, o tempo de mensuração varia de acordo com o tipo de termômetro utilizado. É necessário de 3 a 5min ao utilizar termômetros de mercúrio de vidro (46), enquanto que, os termômetros digitais, são necessários 16s, após a temperatura estabilizar e não subir mais que 0,1°C (17).

Os valores de normalidade em repouso da  $T_{\text{retal}}$  encontrados estão entre 34,4°C a 37,8°C (18), podendo atingir, durante o exercício físico, valores normais entre 36°C a 40°C (43). Valores acima de 40°C caracterizam o estado de hipertemia de esforço que pode ocorrer durante a atividade esportiva ou de lazer, sendo influenciada pela intensidade do exercício, condições ambientais, roupas, equipamentos e fatores individuais (47).

Apesar de haver atraso na resposta da temperatura em comparação com a temperatura esofágica ( $T_{\text{esofágica}}$ ) e/ou temperatura da artéria pulmonar ( $T_{\text{artéria pulmonar}}$ ), a mensuração da  $T_{\text{retal}}$  também tem sido utilizada para mensuração de temperatura de atletas em condições de hipertermia (1). Um estudo (45) utilizou  $T_{\text{retal}}$  para comparar a fidedignidade de outros locais de mensuração da temperatura, de forma que apenas a temperatura gastrointestinal ( $T_{\text{gastrointestinal}}$ ), mensurada pela ingestão de termistores, foi considerada como o único método em que não houve diferença significativa mensurada durante o exercício intenso, em ambiente quente, ao ar livre (45).

É importante considerar que a  $T_{\text{retal}}$  se relaciona com a intensidade do exercício, apresentando aumento da temperatura quanto maior for a intensidade do exercício (48). O monitoramento da carga térmica em exercício com o uso da  $T_{\text{retal}}$  é razoavelmente frequente. Trabalhos realizados para verificar os efeitos do calor e da aclimação ao exercício nas alterações intracelulares e extracelulares de proteína de choque térmico em repouso e após exercício físico (49), bem como estudos para detectar hipertermia em atletas (43), ou

identificar o efeito da administração de cafeína na  $T_{\text{central}}$  durante exercício físico, realizado em ambiente quente (50), são exemplos de trabalhos utilizando a técnica de registro da  $T_{\text{retal}}$ .

Alguns fatores como o nível de hidratação (14), as condições ambientais (47), a intensidade do exercício (48) e o ciclo circadiano (51) parecem influenciar a  $T_{\text{retal}}$ . Contudo, segundo Horswill *et al.* não há um consenso se a ingestão de carboidrato influencia a  $T_{\text{retal}}$  (52).

Diferentemente do que ocorre com a temperatura da pele ( $T_{\text{pele}}$ ) que varia principalmente pela exposição a certas condições ambientais, como temperaturas extremas, umidade e radiação solar (53), a  $T_{\text{retal}}$  responde lentamente quando ocorrem essas exposições e mudanças rápidas de temperatura. Também existem indícios de que diferentes profundidades de inserção do dispositivo no reto causam variações na identificação da  $T_{\text{retal}}$  (54), o que justifica a necessidade de haver padronização na inserção do sensor na cavidade retal.

Lee *et al.* (54) investigaram (n=19 homens) as diferenças no período de latência e mudança na  $T_{\text{retal}}$  com sonda de sete pontos (4, 6, 8, 10, 13, 16 e 19cm do esfíncter anal) mensurada a cada 10s durante o exercício dinâmico e recuperação. Foi encontrado uma  $T_{\text{retal}}$  média mais baixa no ponto de 4cm do que nos demais pontos, e em exercício essa diferença estatística desapareceu, sendo compensada de alguma forma. Importante destacar que na recuperação não houve resposta da mesma forma que durante o exercício, apresentando-se diferenças na temperatura entre as profundidades de forma reversa. A temperatura aumentou no ponto de 4cm, permaneceu constante quando medida no ponto de 10cm e caiu gradualmente nos pontos acima de 13cm.

No exercício físico, alguns estudos utilizam do método de mensuração da  $T_{\text{retal}}$  como parâmetro de  $T_{\text{central}}$  (45, 51, 52, 55). Em um desses estudos foram analisados os efeitos da duração do aquecimento ativo na flutuação diurna no desempenho anaeróbico. Os autores mensuraram (n=12), através de um termistor, a  $T_{\text{retal}}$  nas seguintes situações: a) em repouso;

b) no final do aquecimento de durações de 5min e 15min; c) antes e depois do teste de *Wingate*, realizado no período da manhã e a tarde. Os resultados demonstraram aumento significativo dos valores de  $T_{\text{retal}}$  durante o dia, encontrando maior  $T_{\text{retal}}$  no período da tarde. Contudo, as performances anaeróbias foram independentes do tempo de aquecimento, o que sugerem que a diferença circadiana da  $T_{\text{central}}$  não foi a única explicação para os efeitos nas performances anaeróbias (51).

Mesmo a  $T_{\text{retal}}$  sendo caracterizada como a temperatura que melhor representa a  $T_{\text{central}}$  em condições normais de repouso, essa oferece desvantagens em relação aos outros métodos de mensuração, sendo os mais observados: a) o desconforto e a aflição emocional, sendo considerado método invasivo (42); b) ocorrência de perfurações durante as mensurações devido a movimentos bruscos (42); c) possibilidade de infecção com transmissão de micro-organismos (42); d) resposta lenta a mudanças de intensidade do exercício (51); e) dificuldade de registro em condições de exercício realizado no campo e inviabilidade de registro durante competições, visto que diferentes profundidades de inserção do dispositivo no reto causam variações na identificação da  $T_{\text{retal}}$  (54).

Apesar das desvantagens na sua aplicação, a mensuração da  $T_{\text{retal}}$  tem sido utilizada por ser eficaz para estimar a  $T_{\text{central}}$  durante exercício, recuperação e repouso em ambientes controlados de laboratório.

### 3.7 TEMPERATURA ESOFÁGICA

A mensuração da  $T_{\text{esofágica}}$  é utilizada como método aceitável para estimar a  $T_{\text{central}}$  (21), e também como referência para determinar a eficiência de outros métodos não invasivos de mensuração da  $T_{\text{central}}$  (56).

A  $T_{\text{esofágica}}$  é obtida através de estetoscópio esofágico que detém um sensor de temperatura (57) ou através de sonda termopar descartável que consiste de um tubo de plástico fino, inserida através de uma narina ou cavidade oral para o esôfago até aproximadamente 45cm, alcançando este órgão ao nível do coração (58), sendo o local ideal a região do esôfago delimitada pelo ventrículo esquerdo e aorta, correspondente ao nível da oitava e nona vértebras torácicas (59).

Em clínica médica, apesar de poder haver influências dos gases inalados, as mensurações de  $T_{\text{esofágica}}$  vêm sendo destacadas como método preferido de mensuração da  $T_{\text{central}}$  em indivíduos adultos (60) e crianças anestesiadas (61). Porém, durante ablação cardíaca por rádio-frequência, Horneo & Berjano (62) relataram ocorrer diferenças nos valores de  $T_{\text{esofágica}}$  de acordo com a distância entre o eletrodo e a parede do esôfago, mostrando que o posicionamento incorreto da sonda de  $T_{\text{esofágica}}$  pode subestimar a temperatura atingida no esôfago.

A  $T_{\text{esofágica}}$  é cerca de  $\pm 0,1$  a  $0,2^{\circ}\text{C}$  da temperatura aferida na artéria pulmonar, porém a mensuração da  $T_{\text{esofágica}}$  é evitada devido à dificuldade e o desconforto de inserção da sonda através das fossas nasais e orais (27). A  $T_{\text{esofágica}}$  seria um método preferencial de medição da temperatura se os pacientes e voluntários de pesquisas não fossem adversos ao processo de inserção da sonda para o esôfago (63).

Em exercício físico, a  $T_{\text{esofágica}}$  é também utilizada como método alternativo de identificação da  $T_{\text{central}}$  em ambiente laboratorial (64-66). Estudo realizado com oito indivíduos em um calorímetro, utilizando protocolo de repouso por 45min até adaptação ao ambiente ( $30^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  e  $30 \pm 5\%$  UR) e posteriormente exercício em cicloergômetro por 60min a 70W de trabalho, mostrou que a  $T_{\text{esofágica}}$  subiu paralelamente ao aumento do calor produzido pelo corpo, entretanto, após 10min de recuperação, a  $T_{\text{esofágica}}$  permaneceu alta, enquanto que o calor produzido voltou a níveis pré-exercício (64).

Sancheti & White (66) investigaram a reprodutibilidade das relações entre a  $T_{\text{esofágica}}$ , ventilação e seus componentes durante o exercício incremental. O protocolo consistia de duas sessões de exercício em cicloergômetro com fase inicial em repouso e incremento de 40W de carga a cada 2min até a exaustão. Os resultados indicam que o volume corrente e frequência da respiração têm relações reproduzíveis com a  $T_{\text{esofágica}}$ . Em temperaturas mais baixas do esôfago, os aumentos na ventilação foram principalmente devido a maiores volumes correntes, enquanto que em temperaturas mais altas do esôfago, o aumento da ventilação surgiu devido a maior frequência da respiração.

Mesmo sendo considerado um método aceitável de identificação da  $T_{\text{central}}$  e não terem sido encontrados relatos de limitações em estudos durante exercícios físicos, a  $T_{\text{esofágica}}$  parece fornecer algumas dificuldades na sua aplicação, entre elas: a) a manutenção da sonda no local indicado para mensuração da temperatura e próximo à parede do esôfago (62); b) a possível interferência de gases inalados em ambientes com temperaturas extremas (60); c) a rejeição de inserção da sonda pelo indivíduo voluntário ou atleta esportivo (63); d) a dificuldade e a possibilidade de interferência da hidratação oral durante o exercício físico, visto que a temperatura é aferida diretamente no esôfago através de sonda (58); e) a limitação de aplicação em exercícios estacionários (cicloergômetros e esteiras), tornando inviável o

registro em ambiente de campo, como em uma partida de futebol devido à inserção da sonda na narina ou cavidade oral (58).

Apesar da vantagem em fornecer resposta mais rápida de modificação da  $T_{\text{central}}$  no início do exercício e também exibir relações diretas com a intensidade do exercício físico, a  $T_{\text{esofágica}}$  é considerada um método invasivo, sendo sua aplicação condicionada ao objetivo específico de alguns estudos realizados em laboratório, portanto, não recomendada para situações diárias de controle da  $T_{\text{central}}$  em exercícios físicos.

### 3.8 TEMPERATURA GASTROINTESTINAL

A  $T_{\text{gastrointestinal}}$  é um método alternativo de mensuração da  $T_{\text{central}}$  utilizado em aplicações laboratoriais, revelando-se útil e aceitável também como parâmetro de  $T_{\text{central}}$  em estudos de campo com pesquisas que envolvem métodos com mensurações frequentes durante longos períodos (67), em atividades esportivas de longa duração (68, 69) e futebol (70).

A mensuração da  $T_{\text{gastrointestinal}}$  é realizada através da ingestão de cápsula telemétrica revestida de silicone com 20mm de comprimento e 10mm de diâmetro. O encapsulamento contém um sistema de telemetria e sensor de temperatura de cristal de quartzo que transmite a temperatura ambiente gastrointestinal para um receptor externo através de ondas de rádio de baixa frequência (71). Hunt & Setewart (71) recomendam calibração antes do uso das cápsulas para determinar possível variação nos valores de temperatura mensurada, já que a utilização da cápsula é descartável. O procedimento de calibração inclui: 1ª) a utilização de quatro temperaturas da água na faixa de 33-41°C, 2ª) as cápsulas devem ser imersas por

período mínimo de 4min antes de mensurar a temperatura, 3<sup>a</sup>) para ajustar os dados brutos deverá utilizar a regressão linear entre a temperatura mensurada pela cápsula e um termômetro padrão.

A cápsula deverá ser ingerida em tempo hábil para garantir a passagem pelo estômago e não ocorrer sua expulsão. O tempo médio ideal de ingestão parece ser de 6h antes da coleta dos dados (67), contudo, o tempo de ingestão pode ser dependente do objetivo do estudo e da modalidade esportiva, podendo ser encontrado o tempo de 3h antes de uma prova de thiathlon (69), 4h antes de uma partida de futebol (70) e 8 a 10h antes de uma prova de corrida (68).

Algumas atividades esportivas são consideradas de longa duração, podendo exigir do atleta mais de 12h de atividade, sendo assim, Domitrovich *et al.* (72) avaliaram o mesmo indivíduo ingerindo uma cápsula 24h e outra 40min antes do exercício. Os dados de temperatura foram registrados simultaneamente e os resultados mostram que não houve diferença significativa entre as mensurações realizadas com cada cápsula, indicando que o tempo de ingestão da cápsula e a sua posição no trato gastrointestinal não influenciaram na obtenção dos valores de  $T_{\text{central}}$  durante o exercício.

A dificuldade de estabelecer o tempo de ingestão da cápsula ocorre devido à ingestão de alimentos e também da hidratação durante o exercício físico. O efeito da ingestão de água foi demonstrado por Wilkinson *et al.* (73) que comparam a  $T_{\text{gastrointestinal}}$  com a  $T_{\text{retal}}$ . Os voluntários ingeriram uma cápsula 11h e 30min antes do café da manhã, e outra cápsula foi ingerida com 250ml de água (5 a 8°C) 2h após o café, iniciando em seguida o período de 8h e 30min de atividades intermitentes, alternando 30min de atividade laboral de combate a incêndio com 30min de descanso passivo; a ingestão de 250ml de água ocorria 2min após o início de cada período de repouso. Os resultados do estudo mostram que a ingestão de água 30-60min antes do exercício físico influencia nos valores de  $T_{\text{gastrointestinal}}$  mensurados pela

cápsula ingerida imediatamente antes do exercício físico, mas não influencia os valores da cápsula ingerida acima de 10h antes do exercício, e essa demonstrou estar em concordância com os valores de  $T_{\text{retal}}$ .

Assim como em outros métodos, a mensuração da  $T_{\text{gastrointestinal}}$  é um método alternativo e requer o teste de confiabilidade para indicar valores de  $T_{\text{central}}$  na aplicação médica (74) como também em condições de repouso e exercícios físicos. Recentemente, ao comparar as mensurações realizadas pela cápsula gastrointestinal com a  $T_{\text{retal}}$  e  $T_{\text{timpânica}}$ , os pesquisadores não encontraram diferença nos valores em repouso entre os três métodos, e entre a  $T_{\text{gastrointestinal}}$  e  $T_{\text{retal}}$  houve similaridade no aumento da temperatura durante a realização do exercício físico. Isso demonstrou que o método de telemetria da cápsula gastrointestinal é válido para obter a  $T_{\text{central}}$  em repouso e em hipertermia induzida pelo exercício físico (75).

O método de mensuração da  $T_{\text{gastrointestinal}}$  tem sido utilizado no esporte para monitorar e estudar a resposta termorregulativa em condições de competição. No futebol, os autores mensuraram os valores de  $T_{\text{central}}$  em jogadores recreacionais e profissionais e encontraram em ambos os grupos diferença significativa entre os valores do final do primeiro e segundo tempo em relação aos valores de repouso mensurado antes da partida (70). Contudo, relataram as dificuldades de acesso aos jogadores profissionais e a mensuração da  $T_{\text{gastrointestinal}}$  durante o jogo devido ao dispositivo de captação da frequência de rádio não possuir transmissão remota.

A utilização da cápsula gastrointestinal é considerada um método aceitável de identificação da  $T_{\text{central}}$ , entretanto algumas limitações parecem fornecer dificuldades na sua aplicação, podendo-se citar entre elas: a) o tempo de ingestão da cápsula e sua passagem pelo trato gastrointestinal (67-70); b) a influência da hidratação durante o exercício físico (73); c) o controle do tipo de alimentação posterior à ingestão da cápsula (73); d) a perda de dados devida a interferências na frequência de rádio (70); e) a aplicação em esportes de contato e

acíclicos quando utilizado o receptor de frequência (70) e; f) o custo de aquisição da cápsula descartável e possível necessidade de calibração para obtenção de dados confiáveis (71). Entre outros, ainda há recomendações de fabricantes, restringindo o uso em indivíduos com: a) massa corporal menor que 36,29 kg; b) suspeita ou diagnóstico de doenças do trato gastrointestinal; c) histórico de distúrbios ou comprometimento do reflexo de gag; d) cirurgia gastrointestinal anterior; e) fenilização do esôfago; f) possibilidade de realização de ressonância magnética no período em que a cápsula estiver ingerida; g) distúrbio de motilidade do trato gastrointestinal e; h) marcapasso cardíaco ou outro dispositivo eletromédico implantado.

Portanto, pesquisas demonstram a confiabilidade na mensuração da  $T_{\text{central}}$  através da cápsula gastrointestinal e sua relação com a intensidade do exercício. O método é também considerado não invasivo (72, 74), o que o faz procedimento interessante de ser aplicado no ambiente esportivo, seja laboratorial ou de campo, ressalvadas as condições limitantes descritas anteriormente.

### **3.9 TEMPERATURA DA ARTÉRIA PULMONAR**

A mensuração da  $T_{\text{artéria pulmonar}}$  é realizada através da inserção de catéter na artéria pulmonar direita. É o melhor método que representa a temperatura do sangue que banha o hipotálamo (72), portanto considerado o “padrão ouro fisiológico” para identificar a  $T_{\text{central}}$  (4) na condição de repouso. Contudo, é invasivo (4, 26), sendo substituído na prática diária por outros locais de mensuração da temperatura em adultos e crianças (26). O método não é

utilizado em situações de exercício físico (75), sendo substituído por outros métodos de mensuração da  $T_{\text{central}}$ , dentre esses, a  $T_{\text{retal}}$  e a  $T_{\text{gastrointestinal}}$ .

### 3.10 CONCLUSÕES

O controle da  $T_{\text{central}}$  humana faz-se necessário para estudos das respostas termorregulativas em condições de repouso e principalmente em exercício físico. Essas respostas tornam-se ainda mais importantes em condições ambientais extremas. A análise dos diferentes métodos apresenta pontos desfavoráveis, sendo a  $T_{\text{oral}}$  não recomendada em exercício físico, principalmente pelo risco lesional e a dificuldade de manter o ritmo respiratório; a  $T_{\text{timpânica}}$  que poderá sofrer influências de líquidos no canal auricular; a  $T_{\text{esofágica}}$  por ser invasiva e aplicada em condições laboratoriais; e a  $T_{\text{artéria pulmonar}}$ , mesmo considerada o “padrão ouro” de identificação da  $T_{\text{central}}$ , é invasiva, sendo utilizada apenas em algumas condições de internação clínica.

A  $T_{\text{retal}}$  e  $T_{\text{gastrointestinal}}$  parecem ser os métodos mais aplicados em exercício físico, já que ambos oferecem similaridade na temperatura registrada durante o exercício. A  $T_{\text{retal}}$ , apesar de recomendada para mensuração da  $T_{\text{central}}$  em exercício físico, oferece desconforto ao avaliado. Importante destacar que, com exceção da  $T_{\text{artéria pulmonar}}$ , nenhum método deverá ser excluído sem que antes sejam analisadas suas limitações, os objetivos do registro da  $T_{\text{central}}$  e o tipo de exercício físico realizado.

Considerando os pontos apresentados anteriormente, foi possível elaborar a tabela 1, que apresenta de forma resumida, as vantagens e desvantagens do emprego dos diferentes métodos de registro da  $T_{\text{central}}$  durante exercícios físicos.

Tabela 1 - Resumo das vantagens e desvantagens dos diferentes métodos de mensuração da  $T_{\text{central}}$  aplicados durante exercícios físicos.

Técnica	Vantagens	Desvantagens
Oral	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) não invasivo;</li> <li>b) dispositivo de fácil manuseio;</li> <li>c) mensuração rápida da variação na <math>T_{\text{corporal}}</math>; e</li> <li>d) custo acessível do dispositivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) interferência da hidratação;</li> <li>b) ingestão de alimentos quentes;</li> <li>c) influências do ambiente externo;</li> <li>d) obstrução da respiração por via oral;</li> <li>e) a dificuldade em manter a sonda do termômetro na posição do bolso sublingual posterior; e</li> <li>f) risco de acidente durante o exercício.</li> </ul>
Timpânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) não invasivo;</li> <li>b) não necessita experiência prévia do avaliador;</li> <li>c) resultado rápido da temperatura mensurada; e</li> <li>d) pouco desconforto para o avaliado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) a obstrução do canal auricular por qualquer tipo de líquido;</li> <li>b) a mensuração em movimento pode comprometer a correta aplicação na membrana timpânica;</li> <li>c) as influências do ambiente externo; e</li> <li>d) na recuperação do exercício físico a <math>T_{\text{timpânica}}</math> parece não ter correlação com a <math>T_{\text{retal}}</math>.</li> </ul>
Retal	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) recomendada como critério padrão para mensuração da <math>T_{\text{central}}</math> em condições de repouso, durante e após o exercício;</li> <li>b) relaciona com a intensidade do exercício; e</li> <li>c) utilizado em estudo por ser eficaz para mensuração da <math>T_{\text{central}}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) o desconforto e a aflição emocional;</li> <li>b) ocorrência de perfurações durante as mensurações devido a movimentos bruscos;</li> <li>c) possibilidade de complicações com transmissão de micro-organismos;</li> <li>d) resposta lenta a mudanças de intensidade do exercício ;</li> <li>e) limitação do tipo de exercício; e</li> <li>f) dificuldade de registro em condições de exercício realizado no campo e inviabilidade em competições.</li> </ul>
Esofágica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) resposta rápida na variação da <math>T_{\text{central}}</math>; e</li> <li>b) relação direta com a intensidade do exercício.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) a manutenção da sonda no local indicado</li> <li>b) a possível interferência de gases inalados em ambientes com temperaturas extremas</li> <li>c) a rejeição de inserção da sonda pelo indivíduo voluntário ou atleta esportivo</li> <li>d) a interferência da hidratação oral durante o exercício físico;</li> <li>e) a limitação de aplicação em exercícios estacionários</li> </ul>
Gastrointestinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) não invasivo;</li> <li>b) relação com a intensidade do exercício;</li> <li>c) utilizado em modalidades esportivas para estudo de campo; e</li> <li>d) método aceitável para detecção de hipertermia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) o tempo de ingestão da cápsula e sua passagem pelo trato gastrointestinal</li> <li>b) a influência da hidratação durante o exercício físico;</li> <li>c) o controle do tipo de alimentação posterior à ingestão da cápsula;</li> <li>d) a perda de dados devido às interferências na frequência de rádio;</li> <li>e) a aplicação em esportes de contato e acíclicos quando utilizado receptor de frequência e;</li> <li>f) o custo de aquisição da cápsula descartável e uma possível necessidade de calibração para obtenção de dados confiáveis.</li> </ul>
Artéria pulmonar	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) na prática clínica é considerada o padrão ouro para mensuração da <math>T_{\text{central}}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O método não é utilizado em situações de exercício físico</li> </ul>

Fonte: Dados da pesquisa

### 3.11 REFERENCIAS

1. Moran DS, Mendal L. Core temperature measurement: methods and current insights. *Sports Med.* 2002;32(14):879-85.
2. Ring EF. Progress in the measurement of human body temperature. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 1998;17(4):19-24.
3. Fisher M, Paolone V, Rosene J, Drury D, Van Dyke A, Moroney D. The effect of submaximal exercise on recovery hemodynamics and thermoregulation in men and women. *Res Q Exerc Sport.* 1999;70(4):361-8.
4. Fulbrook P. Core temperature measurement in adults: a literature review. *J Adv Nurs.* 1993;18(9):1451-60.
5. Cabanac M. Adjustable set point: to honor Harold T. Hammel. *J Appl Physiol.* 2006;100(4):1338-46.
6. Boulant JA. Neuronal basis of Hammel's model for set-point thermoregulation. *J Appl Physiol.* 2006;100(4):1347-54.
7. Montain SJ, Coyle EF. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J Appl Physiol.* 1992;73(3):903-10.
8. Giuliano KK, Scott SS, Elliot S, Giuliano AJ. Temperature measurement in critically ill orally intubated adults: a comparison of pulmonary artery core, tympanic, and oral methods. *Crit Care Med.* 1999;27(10):2188-93.
9. Michael Marcy S, Kohl KS, Dagan R, Nalin D, Blum M, Jones MC, et al. Fever as an adverse event following immunization: case definition and guidelines of data collection, analysis, and presentation. *Vaccine.* 2004;22(5-6):551-6.
10. Carvalho T, Mara LS. Hydration and Nutrition in Sports. *Rev Bras de Med Esporte.* 2010;16(2):144-8.
11. Gagnon D, Dorman LE, Jay O, Hardcastle S, Kenny GP. Core temperature differences between males and females during intermittent exercise: physical considerations. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105(3):453-61.
12. Nielsen B, Nybo L. Cerebral changes during exercise in the heat. *Sports Med.* 2003;33(1):1-11.
13. Ely BR, Chevront SN, Kenefick RW, Sawka MN. Aerobic performance is degraded, despite modest hyperthermia, in hot environments. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(1):135-41.
14. Kenefick RW, Chevront SN, Palombo LJ, Ely BR, Sawka MN. Skin temperature modifies the impact of hypohydration on aerobic performance. *J Appl Physiol.* 2010;109(1):79-86.

15. Nixdorf-Miller A, Hunsaker DM, Hunsaker JC, 3rd. Hypothermia and hyperthermia medicolegal investigation of morbidity and mortality from exposure to environmental temperature extremes. *Arch Pathol Lab Med.* 2006;130(9):1297-304.
16. Silva RPd, Natali AJ, Paula SOd, Locatelli J, Marins JCB. Salivary Immunoglobulin A (s-IgA) and Exercise: Relevance of its Control in Athletes and Methodological Implications. *Rev Bras de Med Esporte.* 2009;15(6):459-66.
17. Crawford D, Greene N, Wentworth S. Thermometer review : UK market survey 2005. Medicines and Healthcare products Regulatory Agency. 2005;MHRA 04144:1-82.
18. Davie A, Amoore J. Best practice in the measurement of body temperature. *Nurs Stand.* 2010;24(42):42-9.
19. Potter P, Schallom M, Davis S, Sona C, McSweeney M. Evaluation of chemical dot thermometers for measuring body temperature of orally intubated patients. *Am J Crit Care.* 2003;12(5):403-7.
20. Fallis WM, Hamelin K, Wang X, Symonds J. A multimethod approach to evaluate chemical dot thermometers for oral temperature measurement. *J Nurs Meas.* 2006;14(3):151-62.
21. Hooper VD, Andrews JO. Accuracy of noninvasive core temperature measurement in acutely ill adults: the state of the science. *Biol Res Nurs.* 2006;8(1):24-34.
22. Erickson RS, Meyer LT. Accuracy of infrared ear thermometry and other temperature methods in adults. *Am J Crit Care.* 1994;3(1):40-54.
23. Crawford DC, Hicks B, Thompson MJ. Which thermometer? Factors influencing best choice for intermittent clinical temperature assessment. *J Med Eng Technol.* 2006;30(4):199-211.
24. Cole FL. Temporal variation in the effects of iced water on oral temperature. *Res Nurs Health.* 1993;16(2):107-11.
25. Bagger H. [Body temperature measurement. Rectal--oral?]. *Ugeskr Laeger.* 1990;152(9):607-9.
26. Betta V, Cascetta F, Sepe D. An assessment of infrared tympanic thermometers for body temperature measurement. *Physiol Meas.* 1997;18(3):215-25.
27. El-Radhi AS, Barry W. Thermometry in paediatric practice. *Arch Dis Child.* 2006;91(4):351-6.
28. Uslu S, Ozdemir H, Bulbul A, Comert S, Bolat F, Can E, et al. A Comparison of Different Methods of Temperature Measurements in Sick Newborns. *J Trop Pediatr.* 2011;57(6):418-23.
29. Purssell E, While A, Coomber B. Tympanic thermometry--normal temperature and reliability. *Paediatr Nurs.* 2009;21(6):40-3.

30. Simões ALB, Martino MMFd. Variabilidade circadiana da temperatura oral, timpânica e axilar em adultos hospitalizados. *Revista da Escola de Enfermagem* 2007;41(3):485-91.
31. El-Radhi AS, Patel S. An evaluation of tympanic thermometry in a paediatric emergency department. *Emerg Med J*. 2006;23(1):40-1.
32. Vertedor-Hurtado MV, Padin-Lopez S, Carreira-Pastor MJ, Lopez-Martinez JM. [The tympanic thermometer in pediatrics as an alternative to the mercury-in-glass thermometer]. *Enferm Clin*. 2009;19(3):115-20.
33. Rabbani MZ, Amir M, Malik M, Mufti M, Bin Pervez M, Iftekhhar S. Tympanic temperature comparison with oral mercury thermometer readings in an OPD setting. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2010;20(1):33-6.
34. Onur OE, Guneysel O, Akoglu H, Aydin YD, Denizbasi A. Oral, axillary, and tympanic temperature measurements in older and younger adults with or without fever. *Eur J Emerg Med*. 2008;15(6):334-7.
35. Hasper D, Nee J, Schefold JC, Krueger A, Storm C. Tympanic temperature during therapeutic hypothermia. *Emerg Med J*. 2011;28(6):483-5.
36. Bhangu A, Parmar R. Detection and management of hypothermia at a large outdoor endurance event in the United kingdom. *Wilderness Environ Med*. 2010;21(2):141-5.
37. Rogers IR, Brannigan D, Montgomery A, Khangure N, Williams A, Jacobs I. Tympanic thermometry is unsuitable as a screening tool for hypothermia after open water swimming. *Wilderness Environ Med*. 2007;18(3):218-21.
38. Flouris AD, Cheung SS. The validity of tympanic and exhaled breath temperatures for core temperature measurement. *Physiol Meas*. 2010;31(5):35-42.
39. Gagnon D, Lemire BB, Jay O, Kenny GP. Aural canal, esophageal, and rectal temperatures during exertional heat stress and the subsequent recovery period. *J Athl Train*. 2010;45(2):157-63.
40. Nagano C, Tsutsui T, Monji K, Sogabe Y, Idota N, Horie S. Technique for continuously monitoring core body temperatures to prevent heat stress disorders in workers engaged in physical labor. *J Occup Health*. 2010;52(3):167-75.
41. McCarthy PW, Heusch AI. The vagaries of ear temperature assessment. *J Med Eng Technol*. 2006;30(4):242-51.
42. Paes BF, Vermeulen K, Brohet RM, van der Ploeg T, de Winter JP. Accuracy of tympanic and infrared skin thermometers in children. *Arch Dis Child*. 2010;95(12):974-8.
43. Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, Kleiner DM, Plummer PE. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Exertional Heat Illnesses. *J Athl Train*. 2002;37(3):329-43.

44. Judelson DA, Maresh CM, Yamamoto LM, Farrell MJ, Armstrong LE, Kraemer WJ, et al. Effect of hydration state on resistance exercise-induced endocrine markers of anabolism, catabolism, and metabolism. *J Appl Physiol.* 2008;105(3):816-24.
45. Casa DJ, Becker SM, Ganio MS, Brown CM, Yeargin SW, Roti MW, et al. Validity of devices that assess body temperature during outdoor exercise in the heat. *J Athl Train.* 2007;42(3):333-42.
46. Edelu BO, Ojinnaka NC, Ikefuna AN. Fever detection in under 5 children in a tertiary health facility using the infrared tympanic thermometer in the oral mode. *Ital J Pediatr.* 2011;37:8.
47. Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, Roberts WO. American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(3):556-72.
48. Tyler CJ, Sunderland C. Cooling the neck region during exercise in the heat. *J Athl Train.* 2011;46(1):61-8.
49. Magalhaes Fde C, Amorim FT, Passos RL, Fonseca MA, Oliveira KP, Lima MR, et al. Heat and exercise acclimation increases intracellular levels of Hsp72 and inhibits exercise-induced increase in intracellular and plasma Hsp72 in humans. *Cell Stress Chaperones.* 2010;15(6):885-95.
50. Roelands B, Buyse L, Pauwels F, Delbeke F, Deventer K, Meeusen R. No effect of caffeine on exercise performance in high ambient temperature. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(12):3089-95.
51. Souissi N, Driss T, Chamari K, Vandewalle H, Davenne D, Gam A, et al. Diurnal variation in Wingate test performances: influence of active warm-up. *Chronobiol Int.* 2010;27(3):640-52.
52. Horswill CA, Stofan JR, Lovett SC, Hannasch C. Core temperature and metabolic responses after carbohydrate intake during exercise at 30 degrees C. *J Athl Train.* 2008;43(6):585-91.
53. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(3):29-39.
54. Lee JY, Wakabayashi H, Wijayanto T, Tochihara Y. Differences in rectal temperatures measured at depths of 4-19 cm from the anal sphincter during exercise and rest. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(1):73-80.
55. Ganio MS, Brown CM, Casa DJ, Becker SM, Yeargin SW, McDermott BP, et al. Validity and reliability of devices that assess body temperature during indoor exercise in the heat. *J Athl Train.* 2009;44(2):124-35.
56. Kimberger O, Thell R, Schuh M, Koch J, Sessler DI, Kurz A. Accuracy and precision of a novel non-invasive core thermometer. *Br J Anaesth.* 2009;103(2):226-31.

57. Calonder EM, Sendelbach S, Hodges JS, Gustafson C, Macheimer C, Johnson D, et al. Temperature measurement in patients undergoing colorectal surgery and gynecology surgery: a comparison of esophageal core, temporal artery, and oral methods. *J Perianesth Nurs.* 2010;25(2):71-8.
58. Basset FA, Cahill F, Handrigan G, Ducharme MB, Cheung SS. The effect of lower body cooling on the changes in three core temperature indices. *Physiol Meas.* 2011;32(4):385-94.
59. Mekjavic IB, Rempel ME. Determination of esophageal probe insertion length based on standing and sitting height. *J Appl Physiol.* 1990;69(1):376-9.
60. Robinson J, Charlton J, Seal R, Spady D, Joffres MR. Oesophageal, rectal, axillary, tympanic and pulmonary artery temperatures during cardiac surgery. *Can J Anaesth.* 1998;45(4):317-23.
61. Robinson JL, Seal RF, Spady DW, Joffres MR. Comparison of esophageal, rectal, axillary, bladder, tympanic, and pulmonary artery temperatures in children. *J Pediatr.* 1998;133(4):553-6.
62. Hornero F, Berjano EJ. Esophageal temperature during radiofrequency-catheter ablation of left atrium: a three-dimensional computer modeling study. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2006;17(4):405-10.
63. Lim CL, Byrne C, Lee JK. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singapore.* 2008;37(4):347-53.
64. Kenny GP, Webb P, Ducharme MB, Reardon FD, Jay O. Calorimetric measurement of postexercise net heat loss and residual body heat storage. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(9):1629-36.
65. Hayashi K, Honda Y, Ogawa T, Kondo N, Nishiyasu T. Relationship between ventilatory response and body temperature during prolonged submaximal exercise. *J Appl Physiol.* 2006;100(2):414-20.
66. Sancheti A, White MD. Reproducibility of relationships between human ventilation, its components and oesophageal temperature during incremental exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96(5):495-504.
67. Byrne C, Lim CL. The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *Br J Sports Med.* 2007;41(3):126-33.
68. Byrne C, Lee JK, Chew SA, Lim CL, Tan EY. Continuous thermoregulatory responses to mass-participation distance running in heat. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(5):803-10.
69. Laursen PB, Suriano R, Quod MJ, Lee H, Abbiss CR, Nosaka K, et al. Core temperature and hydration status during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med.* 2006;40(4):320-5.

70. Edwards AM, Clark NA. Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. *Br J Sports Med.* 2006;40(2):133-8.
71. Hunt AP, Stewart IB. Calibration of an ingestible temperature sensor. *Physiol Meas.* 2008;29(11):71-8.
72. Domitrovich JW, Cuddy JS, Ruby BC. Core-temperature sensor ingestion timing and measurement variability. *J Athl Train.* 2010;45(6):594-600.
73. 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;40(3):523-8.
74. Coyne MD, Kesick CM, Doherty TJ, Kolka MA, Stephenson LA. Circadian rhythm changes in core temperature over the menstrual cycle: method for noninvasive monitoring. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2000;279(4):1316-20.
75. Easton C, Fudge BW, Pitsiladis YP. Rectal, telemetry pill and tympanic membrane thermometry during exercise heat stress. *J Therm Biol.* 2007;32(2):78-86.

## 4 CAPÍTULO 2 - Variações da temperatura da pele ao longo de um dia empregando a técnica de termografia infravermelha em homens militares.

### 4.1 RESUMO

**INTRODUÇÃO:** É bem definido que o ser humano apresenta diversos ajustes fisiológicos ao longo do dia, entre esses, a temperatura corporal. A variação diária da temperatura corporal já foi realizada por diversos métodos que demonstraram variações em diferentes escalas ao longo do dia. Contudo, o método de termopares utilizado para mensuração da temperatura da pele ( $T_{pele}$ ) geralmente analisa pequeno número de regiões corporais, o que dificulta identificar as variações nas demais regiões do corpo. Por outro lado, a técnica de termografia infravermelha registra a distribuição da temperatura por meio de termovisor que capta e processa a radiação infravermelha, permitindo análise global e local. **OBJETIVOS:** Identificar as variações da  $T_{pele}$  ao longo do dia utilizando a técnica de termografia infravermelha em 25 regiões corporais de interesse (RCI) de homens militares. **METODOLOGIA:** Foram analisados 31 militares do sexo masculino, com média de idade de  $22,9 \pm 3,0$  anos, massa corporal de  $73,4 \pm 8,2$ kg e estatura de  $178,3 \pm 7,8$ cm e classificados como sujeitos fisicamente ativos. As imagens termográficas foram coletadas em cinco períodos do dia. Em todos foi utilizada sala climatizada a  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . e termovisor (Fluke<sup>®</sup>) posicionado a 4m de distância do avaliado com 0,98 de índice de emissividade. Foram coletadas 4 imagens englobando as 25 RCI. Para o comportamento térmico geral também foi considerada a Temperatura Média da pele ( $TM_{pele}$ ) que utiliza os valores de temperatura obtidas em 4 RCI. Empregou-se a ANOVA One Way com medidas repetidas seguido pelo

teste *post-hoc* de Tukey para determinar a diferença significativa entre os diferentes horários do dia em cada RCI. O nível de significância de  $p < 0,05$  foi adotado em todos os cálculos os quais foram realizados no software SigmaPlot, versão 11. **RESULTADOS:** A face anterior das mãos foram as que apresentaram maiores variações de  $T_{pele}$  ao longo do dia, com diferença de 4,4 e 4,5°C entre o primeiro e último registro. Nos membros inferiores, nas escápulas, abdominal, peitoral e dorsal inferior, a  $T_{pele}$  nos períodos de 11h, 15h, 19h e 23h foram todas diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) do período de 7h. Menores valores de  $TM_{pele}$  foram obtidos no início da manhã com aumentos no período da tarde e estabilização entre os horários de 15h, 19h e 23h. **CONCLUSÃO:** A  $T_{pele}$  de todas as 25 RCI analisadas e a  $TM_{pele}$  demonstraram variações ao longo do dia com menores valores no início da manhã (7h). As variações de temperatura observadas são específicas em função da RCI, havendo períodos de estabilização térmica em algumas regiões e tendência ascendente da  $T_{pele}$  ao longo do dia.

Palavras Chaves: Imagens Térmicas. Temperatura da pele. Termorregulação

## 4.2 INTRODUÇÃO

Está bem definido que o ser humano realiza ajustes fisiológicos ao longo de 24 horas, sendo ajustes controlados principalmente pelos neurônios do núcleo supraquiasmático (NSQ) (1) localizados no hipotálamo anterior, responsáveis por variações observadas em alguns órgãos e tecidos, tais como, coração, pulmão, fígado, intestino, glândula supra-renal e tecido adiposo (2), havendo assim, influência sobre fenômenos rítmicos que incluem não apenas o ciclo sono-vigília, mas também a respiração, batimentos cardíacos, pressão arterial, tônus do músculo liso, peristaltismo, sistema motor, frequência cardíaca, funções mentais e a atividade nervosa (3), bem como a temperatura corporal ( $T_{\text{corporal}}$ ) (4).

Para correta interpretação da temperatura corporal é importante considerar que essa demonstra variação diária (4). A variação da  $T_{\text{corporal}}$  já foi demonstrada pelos métodos de mensuração da temperatura retal ( $T_{\text{retal}}$ ) (5-7), axilar ( $T_{\text{axilar}}$ ) (6, 8), gastrointestinal ( $T_{\text{gastrointestinal}}$ ) (8), oral ( $T_{\text{oral}}$ ) (9) e pele ( $T_{\text{pele}}$ ) (10, 11). Em indivíduos com estilo de vida normal, a  $T_{\text{retal}}$  apresenta maiores valores entre 14 e 20h, com pico máximo aproximadamente às 17h e pico mínimo às 5h (12). Variações similares em diferentes horários do dia também foram encontradas na  $T_{\text{oral}}$  (9).

A  $T_{\text{pele}}$  mensurada por termopares também apresenta variação diária e sua relação com a  $T_{\text{retal}}$  parece ser dependente da região analisada. As regiões proximais, testa e infraclavicular têm mostrado associações positivas com a  $T_{\text{retal}}$ , enquanto a  $T_{\text{pele}}$  das regiões distais, mãos e pés demonstram relação inversa com a  $T_{\text{retal}}$  (6). Contudo, um dos problemas do monitoramento da  $T_{\text{pele}}$  empregando termopares é que esses geralmente analisam um número pequeno de regiões corporais (6, 10, 11), dificultando compreender o que ocorre nas diferentes regiões anatômicas.

A disponibilidade de novos equipamentos de termografia por infravermelho (TIR) é consequência do aprimoramento nos sensores de infravermelho que permitem resultados mais precisos das informações térmicas para variedade de aplicações. A TIR é um procedimento não invasivo que não necessita de contato físico com o avaliado, permitindo análise imediata de diversas regiões corporais, ou ainda, focada em determinada parte do corpo (13), o que a torna importante alternativa de apoio no estudo da  $T_{pele}$ .

O uso da TIR para mensuração da  $T_{pele}$  também pode representar instrumento importante para análise e pesquisa em fisiologia na produção e dissipação de calor (14, 15), podendo ser utilizada como técnica alternativa de apoio no estudo da variação da  $T_{pele}$  ao longo do dia.

É interessante destacar que apesar dos achados de van den Heuvel *et al.* (16) demonstrarem correlação positiva entre os métodos de TIR e termopares de contato, estes demonstraram a existência de diferenças significativas nos valores de  $T_{pele}$  obtidos com os diferentes métodos, sendo que a TIR apresentou valores de 1,3°C a 3,4°C inferiores aos termopares de contato (16). Esses resultados indicam que é necessário identificar os valores e as variações de  $T_{pele}$  ao longo do dia utilizando a técnica de TIR, tendo em vista que em estudos anteriores utilizando termopares de contato (10, 11) essas variações já estão bem definidas.

As diferenças entre esses métodos são decorrentes da forma física em que ocorrem os processos de registro da temperatura. Os termopares fazem contato físico com a pele, captando o calor gerado pelo corpo pelo processo de condução. Já a técnica de imagens de TIR registra a distribuição da temperatura por meio de termovisor que capta e processa a radiação infravermelha longa emitida pela superfície do corpo (14, 17). Cabe considerar ainda que a temperatura medida diretamente na pele ou músculo poderia induzir a interpretações equivocadas devido ao posicionamento de sensores próximos a vasos sanguíneos quentes, e

também porque o aquecimento não ocorre de maneira uniforme ao longo da totalidade do músculo (15).

Apesar de haver ampla base documental sobre variação da  $T_{\text{corporal}}$  realizada por diversas técnicas, não foi possível identificar na base de dados *Medline*, com as palavras chaves “*circadian rhythm and thermography*” e “*periods of the day and thermography*”, nenhum estudo que tenha utilizado a TIR para mensurar a  $T_{\text{pele}}$  ao longo do dia, o que torna esse estudo pioneiro sobre essa ótica de análise.

Estabelecer a variação da  $T_{\text{pele}}$  de diversas regiões do corpo ao longo do dia utilizando a TIR irá auxiliar na comparação entre os resultados de novos estudos, visto que as investigações com a TIR normalmente são realizadas em um único período do dia. Também poderá contribuir na interpretação das imagens termográficas, por profissionais da área médica, fisioterápica ou educação física. Portanto, o objetivo do presente estudo é identificar as variações da  $T_{\text{pele}}$  ao longo do dia utilizando a técnica de TIR em 25 RCI de homens militares.

### **4.3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **4.3.1 Amostra**

Foram avaliados trinta e um homens voluntários ( $22,9 \pm 3,0$  anos) que pertenciam à Escola de Especialistas de Aeronáutica da Força Aérea Brasileira no interior do Estado de São Paulo. As características gerais dos avaliados estão descritas na tabela 1.

Tabela 1: Características Antropométricas dos Avaliados do Estudo.

	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	% G*
Média	73,4	178,3	23,1	9,6
Dp	8,2	7,8	2,1	3,5
V-Max	92,8	191,0	27,7	18,7
V-Mín	60,2	159,0	18,9	5,1

*V-Max = Valor máximo; V-Mín = Valor mínimo; % G = Percentual de gordura corporal; \* Técnica de Jackson e Pollock(18); e Siri(19).*

Todos os avaliados foram considerados ativos fisicamente por realizarem sessões de treinamento físico de características militares com intensidade moderada a forte, com regularidade de quatro a cinco vezes por semana, por no mínimo, seis meses, superando assim as recomendações para classificação como sujeito ativo (20).

Tendo em vista que a  $T_{pele}$  pode sofrer interferências devido a fatores externos e internos (21), considerou-se como fatores de exclusão os sujeitos:

- a) que apresentassem histórico de problemas renais;
- b) algum tipo de lesão ósteo-mio-articular nos últimos dois meses ou que apresentasse alguma sintomatologia;
- c) realizando tratamento fisioterápico;
- d) consumindo algum medicamento como antitérmico ou diurético, bem como termogênicos e suplemento alimentar tipo creatina, com potencial interferência na homeostase hídrica ou na  $T_{corporal}$  nas últimas duas semanas;
- e) que fossem fumantes;
- f) com quadro de queimaduras na pele nas áreas corporais que fossem avaliadas, independentemente do grau;
- g) realizando tratamento dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local;
- h) com sintomatologia de dor em alguma região corporal;
- i) em quadro febril nos últimos sete dias;

j) com distúrbios do sono.

Os avaliados participaram de maneira voluntária enquanto permaneciam na base militar durante 32h. Após serem informados sobre a dinâmica do estudo e seus objetivos, assinavam o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1), não recebendo recompensa financeira. Dessa forma, seguiram-se os procedimentos aprovados pelo comitê de ética da Universidade Federal de Viçosa, conforme a Legislação Brasileira para estudos com seres humanos.

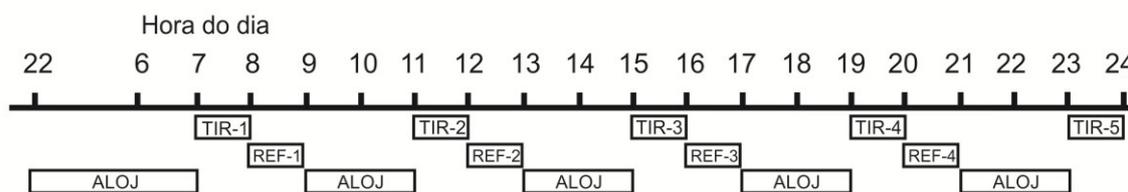
#### 4.3.2 Procedimentos

As coletas das imagens termográficas foram realizadas em dois dias correspondentes à estação da primavera, com temperatura média de 25,0°C, mínima 9,0°C e máxima de 27,0°C de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A padronização das condições de avaliação iniciou-se no dia anterior da coleta de dados. Os avaliados não realizaram exercício físico sistematizado caracterizado como vigoroso (22), restringindo-se somente a atividades diárias normais. Após a refeição noturna realizada na própria Base Militar, os avaliados se recolheram em seus respectivos alojamentos entre 21h 30min e 22h e mantiveram um período de 8h de sono.

As imagens termográficas foram coletadas no dia seguinte entre 7h e 24h, divididas em cinco momentos diferentes ao longo do dia, com intervalos de 3h entre cada período, o que possibilitou o registro às 7h-8h; 11h-12h; 15h-16h; 19h-20h e 23h-24h. Devido à dificuldade metodológica em manter o indivíduo acordado e o controle do sono, não foi

realizada coleta de dados no período de 3h-4h para fechar o ciclo diário. Ao longo de todo esse período do dia os avaliados estiveram reclusos em alojamentos, sem uso de ventilação artificial e realizando atividades consideradas sedentárias e de baixo consumo energético (< 1,6METs) (22).

Durante o dia os avaliados realizaram quatro refeições, sempre após a realização das imagens termográficas e com 2h de antecedência da próxima coleta de imagens, na tentativa de minimizar qualquer efeito termogênico provocado pela alimentação. A quantidade de alimentos ingeridos (60-65% de carboidratos, 15-20% de proteínas e menos de 25% de gorduras) foi padronizada em função do controle de alimentos feitos de forma individual no restaurante da Base Militar onde foi realizado o estudo. Também foi orientado que o consumo de líquidos fosse restrito somente a água, e que de nenhuma forma houvesse o consumo de outros alimentos, em especial o consumo de produtos contendo cafeína ou bebidas alcoólicas entre os intervalos de tempo de registro das imagens. A figura 1 ilustra de forma resumida a dinâmica do estudo.



ALOJ= Alojamento; TIR-1 = 1º período de coleta das imagens; TIR-2 = 2º período de coleta das imagens; TIR-3 = 3º período de coleta das imagens; TIR-4 = 4º período de coleta das imagens; TIR-5 = 5º período de coleta das imagens; REF-1 = Refeição Matinal; REF-2 = Almoço; REF-3 = Refeição da tarde; REF-4 = Jantar.

Figura 1: Rotina dos avaliados durante o dia de realização das imagens termográficas.

Para a realização das imagens termográficas foram seguidas condutas rígidas de padronização, referentes às condições laboratoriais, assim como dos avaliados, propostas pela “*European Association of Thermology*” (23). A seguir serão apresentadas com mais detalhes essas condutas.

A primeira conduta foi preparar previamente uma sala na própria Base Militar com 4m de comprimento, 6m de largura e 2,6m de altura, sem iluminação natural, e condições ambientais de temperatura de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade de  $50 \pm 5\%$ . As condições de temperatura da sala foram mantidas em função de um refrigerador cujo fluxo de ar não era direcionado para a área de realização das imagens. A iluminação da sala era feita de forma artificial por meio de lâmpadas fluorescentes que emitem pouca radiação de calor. Essas condições laboratoriais são semelhantes às realizadas por Moreira (21), que apresenta semelhanças metodológicas com o presente estudo.

Todas as imagens de TIR foram realizadas pelo mesmo avaliador, utilizando sempre o mesmo termovisor, posicionado em base fixa a 4m da posição do avaliado. Para preservar a homogeneização das condições de registro ao longo de todo o ciclo dos cinco períodos de realização das imagens termográficas, foram adotadas condutas semelhantes de comportamento frente aos avaliados, além das já descritas anteriormente sobre as questões de sono, atividade física e alimentação. Dessa forma, os avaliados chegavam ao laboratório entre 15 a 20min antes do horário previsto para o registro das imagens termográficas.

Em um primeiro momento, em uma antessala, os avaliados permaneciam sentados, por 5min, em repouso. Em seguida, vestindo apenas uma sunga, os sujeitos eram dirigidos à sala climatizada onde permaneciam por, no mínimo, 10min para adaptação à temperatura ambiente ( $T_a$ ) e estabilização da  $T_{pele}$  (21). Durante o período de adaptação, os sujeitos eram supervisionados e orientados a permanecerem em pé, sem cruzar os braços, sem realizar movimentos bruscos, coçar, esfregar as mãos ou qualquer outra parte do corpo, tendo em vista que essas ações de atrito podem modificar a temperatura local da pele.

Antes do primeiro registro termográfico, foi apresentado um questionário padrão usado pelo Laboratório de Performance Humana da Universidade Federal de Viçosa para estudos termográficos (Anexo 2), sendo já utilizado anteriormente por Moreira (21) onde são

estabelecidos últimos filtros de padronização das condições dos avaliados, podendo ser excluído do estudo, dependendo do tipo de resposta. Superada todas essas etapas preparatórias foram realizadas as imagens, sendo adotadas as rotinas descritas a seguir.

O avaliado se posicionava em pé na posição anatômica de frente para o termovisor para realização das imagens da região anterior, logo após o avaliado se posicionava de costas para permitir a realização de imagens da região posterior do corpo. Para cada avaliado foram realizadas quatro imagens termográficas em cada período de coleta, acompanhando os pontos de análise que abrangeu as regiões anterior superior, anterior inferior, posterior superior e posterior inferior. A figura 2 apresenta um exemplo das imagens de TIR realizadas em cada avaliado em um dos períodos, com as respectivas áreas selecionadas em cada RCI.

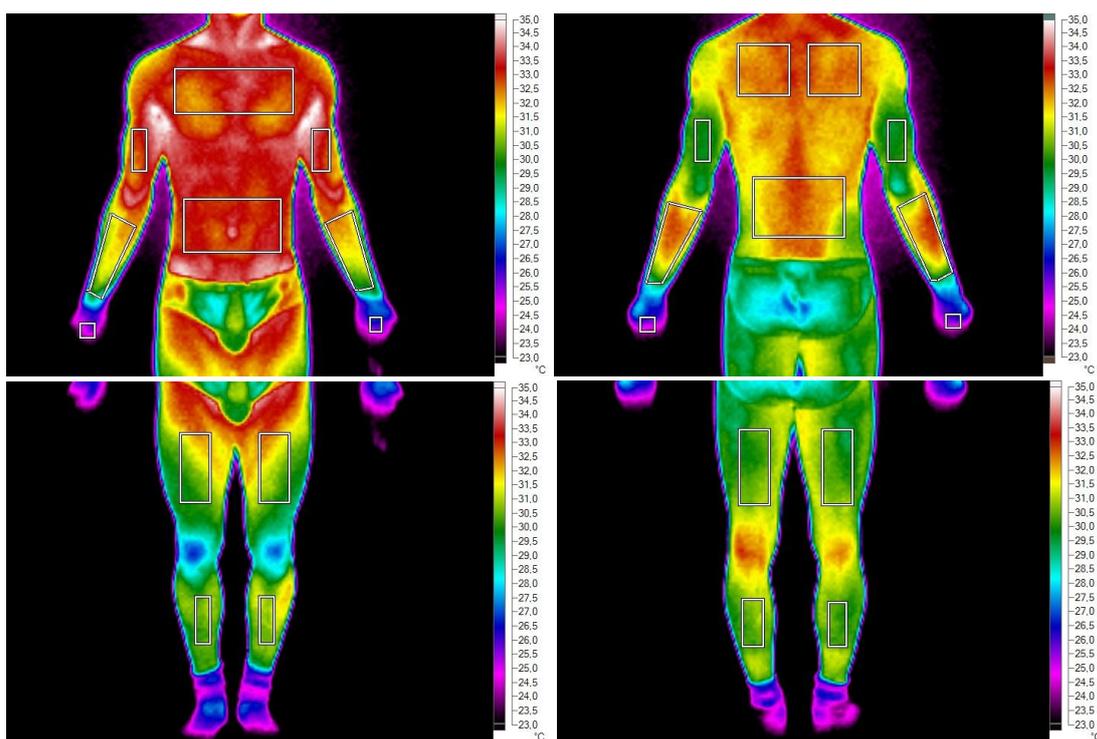


Figura 2: Localização das quinze RCI selecionadas para a realização do estudo

Essas quatro imagens permitiram estabelecer um total de 25 diferentes RCI localizadas na região anterior e posterior, sendo elas: peitoral, abdômen, dorsal inferior, e ainda, mãos, antebraços, braços, coxas, pernas e escápulas, nos hemicorpos direito e esquerdo.

Para definição das áreas das RCI analisadas, foram considerados pontos anatômicos de referência, delimitando a área para identificação das temperaturas médias tomando como referência os trabalhos realizados previamente por Moreira (21), Costa (24) e Rezende (25).

Para região anterior foram determinados os seguintes pontos anatômicos limítrofes:

- a) mão: junção do 3° metacarpo com a 3° falange proximal e processo estilóide da ulna;
- b) antebraço: 1° terço distal do antebraço e fossa cubital;
- c) braço: fossa cubital e linha axilar;
- d) abdômen: processo xifóide e 5cm abaixo da cicatriz umbilical;
- e) peitoral: linha do mamilo e borda superior do esterno;
- f) coxa: 5cm acima da borda superior da patela e 5cm da linha inguinal;
- g) perna: 5cm abaixo da borda inferior da patela e 10cm acima do maléolo.

Para definição das áreas das RCI posteriores foram estabelecidas os correspondentes da região anterior no plano frontal. Foi utilizado o software Smartview® para identificar a temperatura média das 25 RCI selecionadas (Figura 2) em cada período do dia, totalizando 125 valores médios de  $T_{pele}$  por indivíduo ao longo do dia e 3.875 valores médios de  $T_{pele}$  para realização do presente estudo. Os dados foram tabulados no software Excel (Microsoft®) para posterior análise em programa estatístico específico.

Também foi considerada a Temperatura Média da pele ( $TM_{pele}$ ) seguindo a proposta de Choi *et al.* (26) que a partir dos registros da  $T_{pele}$  das regiões do abdômen, antebraço direito (face posterior), coxa direita (face anterior) e perna direita (face posterior), é possível, por meio de uma equação, predizer a  $TM_{pele}$ . A fórmula empregada corresponde a:

$$TM_{pele} = 0,34 \times T_{abdomen} + 0,15 \times T_{antebraço\ post\ dir} + 0,33 \times T_{coxa\ ant\ dir} + 0,18 \times T_{perna\ post\ dir}$$

Por último, para a caracterização da amostra foram realizadas medidas de dobras cutâneas peitoral, abdominal e coxa média, além da massa corporal e estatura. Todos os procedimentos antropométricos foram realizados conforme as orientações metodológicas

propostas pela *International Society for Advancement in Kinanthropometry* (ISAK) (27). Para o cálculo da estimativa da densidade corporal foram utilizadas as equações do somatório de três dobras desenvolvidas por Jackson e Pollock (18) e, para o percentual de gordura, a equação de Siri (19). Os registros antropométricos da amostra foram realizados no dia da coleta das imagens termográficas, logo após o primeiro registro de imagens, antes da primeira refeição e no próprio local onde ocorria a dinâmica de coleta de dados.

#### 4.3.3 Equipamentos

O registro da temperatura e umidade relativa da sala utilizada para coleta das imagens termográficas foi através do termohigrômetro ITHT-2200 com escala de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$  e precisão de  $1^{\circ}\text{C}$ , enquanto que para umidade correspondeu a 5% de precisão e faixa escalar de 20 a 90%. As condições de refrigeração da sala foram por meio do condicionador de ar Consul<sup>®</sup> 10.000 BTUs Quente/Frio CCO10B.

O aparelho empregado para obtenção das imagens termográficas foi o termovisor TIR-25 (Fluke<sup>®</sup>, Everett, EUA), com amplitude de medição de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+350^{\circ}\text{C}$ , precisão de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  ou 2%, sensibilidade  $\leq 0,1^{\circ}\text{C}$ , banda de spectral dos infravermelhos de  $7,5\mu\text{m}$  a  $14\mu\text{m}$ , taxa de atualização de 9Hz e Sistema FPA (Focal Plane Array) de  $160 \times 120$  pixels. As imagens termográficas foram analisadas utilizando o software Smartview<sup>®</sup>, versão 2.1, adotando um grau de emissividade de 0.98 (17, 28).

As dobras cutâneas foram obtidas com plicômetro Lange<sup>®</sup> (EUA) com resolução de 1mm. A massa corporal e a estatura foram aferidas por meio da balança R-110 Welmy<sup>®</sup>

(BRASIL), calibrados sempre antes do uso. Empregou-se o sistema de informática Avaesporte® para cadastro dos dados antropométricos e cálculo da composição corporal.

#### 4.3.4 Análise estatística

Devido ao tamanho amostral ( $n \geq 20$ ), foram inicialmente utilizados os testes de normalidade (Shapiro-Wilk test) e homogeneidade das variâncias (F-test). Tendo em vista que os resultados desses testes apontaram que os dados são normais, foi realizada uma estatística descritiva com valores médios e desvio padrão de cada RCI.

Posteriormente foi empregado ANOVA One Way com medidas repetidas seguido pelo teste *post-hoc* de Tukey para determinar a diferença significativa entre os diferentes horários do dia em cada RCI. O nível de significância de  $p < 0,05$  foi adotado em todos os cálculos.

Também foi utilizado o cálculo percentual para estimar a distribuição de casos de menor e maior  $T_{pele}$  nas diferentes horas do dia em cada RCI. Empregou-se o programa Sigmaplot, Versão 11, para todos os testes estatísticos.

## 4.4 RESULTADOS

A figura 3 apresenta os valores médios de  $T_{pele}$  e as figuras 4 e 5 apresentam os valores médios e o desvio padrão da  $T_{pele}$  das RCI respectivamente da região anterior e posterior nos

diferentes períodos do dia. Em todas as RCI houve registros de diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na  $T_{pele}$  em algum momento ao longo do dia.

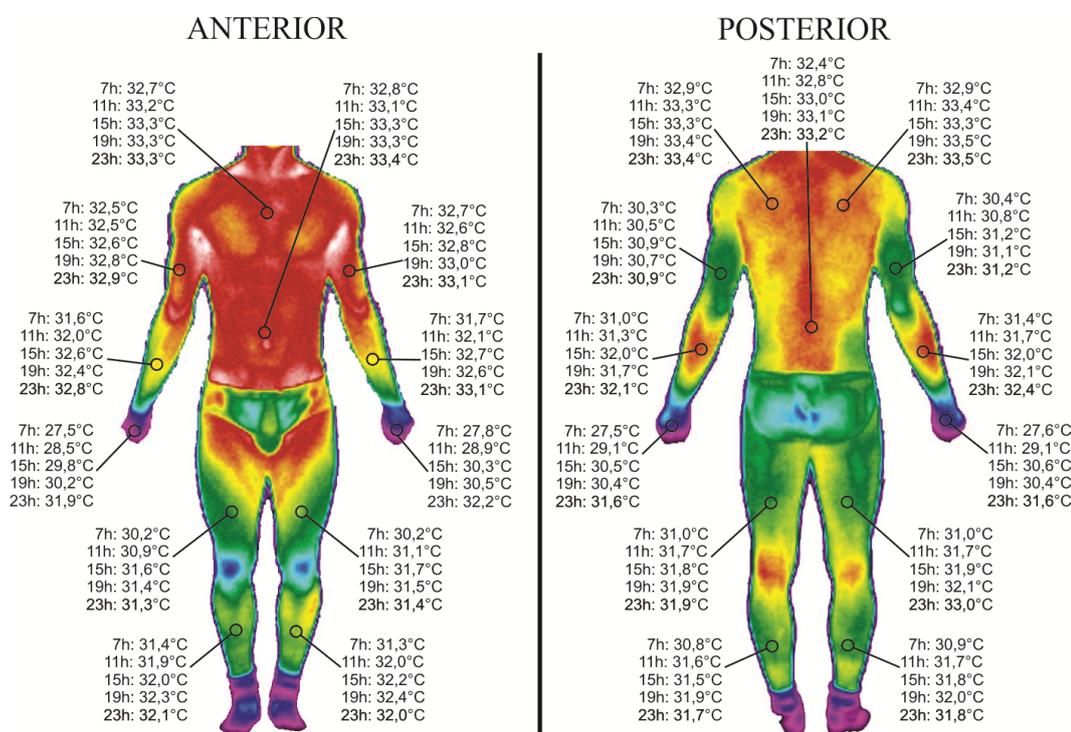


Figura 3: Média da  $T_{pele}$  (°C) de homens ( $n = 31$ ) das RCI anteriores e posteriores nos diferentes períodos do dia.

Cada RCI apresentou um comportamento específico de  $T_{pele}$  de forma que os valores médios são menores nas regiões distais mãos, antebraços, braços, pernas e coxas em comparação às regiões do peitoral, abdômen, escápulas e dorsal inferior. As regiões que apresentaram as maiores variações térmicas entre os sujeitos avaliados foram as mãos, tanto na região anterior com 11,4 e 11,5°C, respectivamente direita e esquerda, como posterior, ao registrar 10,5 e 10,6°C. Já a RCI de menor variação correspondeu à peitoral com apenas 3,5°C.

A  $T_{pele}$  do antebraço e braço anteriores e posteriores, abdômen e dorsal inferior não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os períodos de 7h e 11h, e também entre os períodos de 15h, 19h e 23h, com exceção do antebraço anterior que apresentou diferença ( $p < 0,05$ ) entre 19h e 23h.

Nas RCI coxas e pernas posteriores e anteriores, nas escápulas e peitoral, a  $T_{pele}$  nos períodos de 11h, 15h, 19h e 23h foram todas diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) do período de 7h, mostrando um aumento da  $T_{pele}$  no período da manhã e uma estabilização após o período de 11h, porém a  $T_{pele}$  das coxas anteriores também foram diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de 11h e 15h, bem como as pernas anteriores entre os períodos de 11h e 19h.

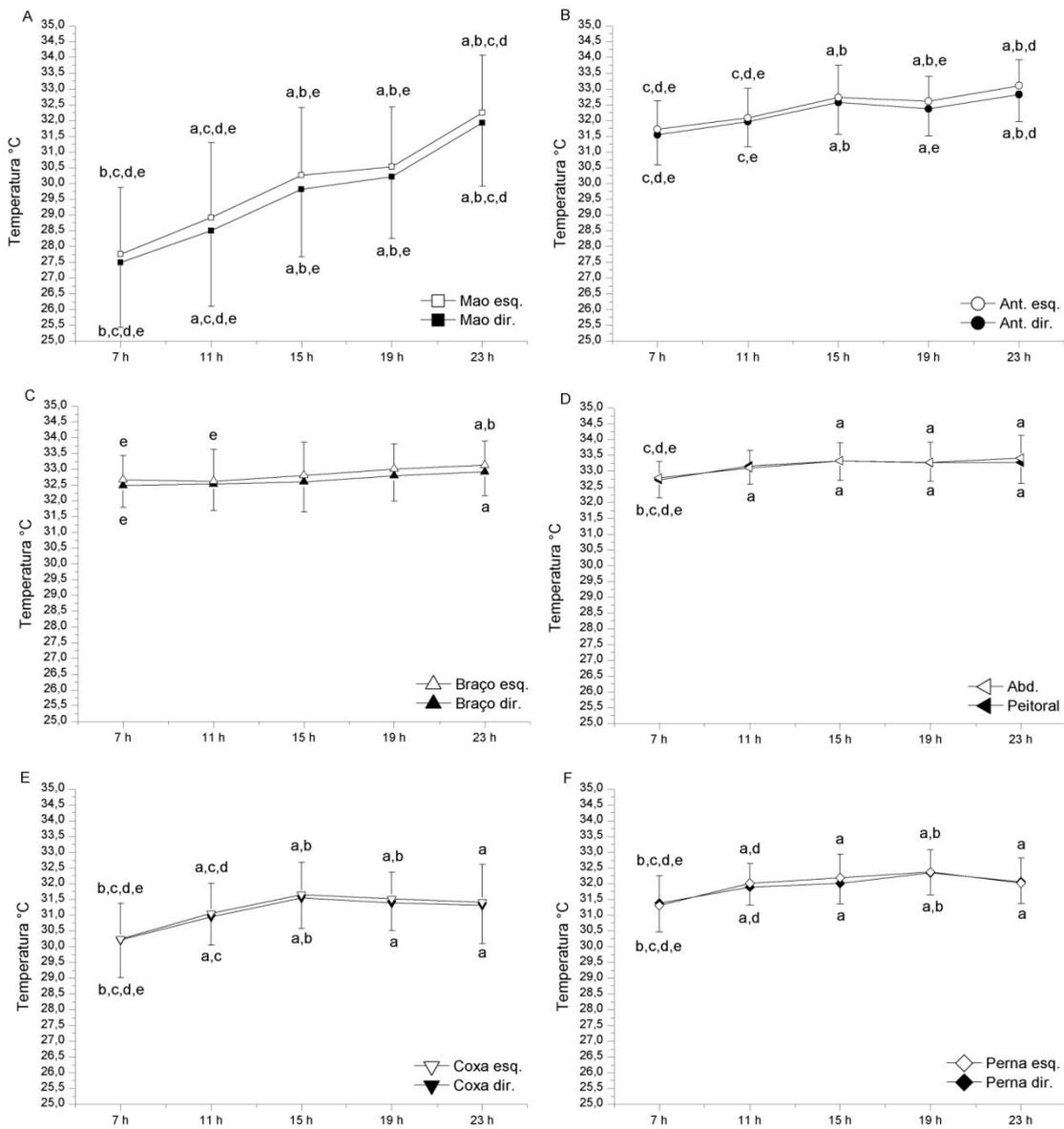


Figura 4: Média da  $T_{pele}$  de homens ( $n = 31$ ) das RCI anteriores; mão direita e esquerda (A), antebraço direito e esquerdo (B), braço direito e esquerdo (C), peitoral e abdominal (D), coxa direita e esquerda (E), perna direita e esquerda (F). (a) Diferença significativa em relação à 7h. (b) Diferença significativa em relação à 11h. (c) Diferença significativa em relação à 15h. (d) Diferença significativa em relação à 19h. (e) Diferença significativa em relação à 23h ( $p < 0,05$ ).

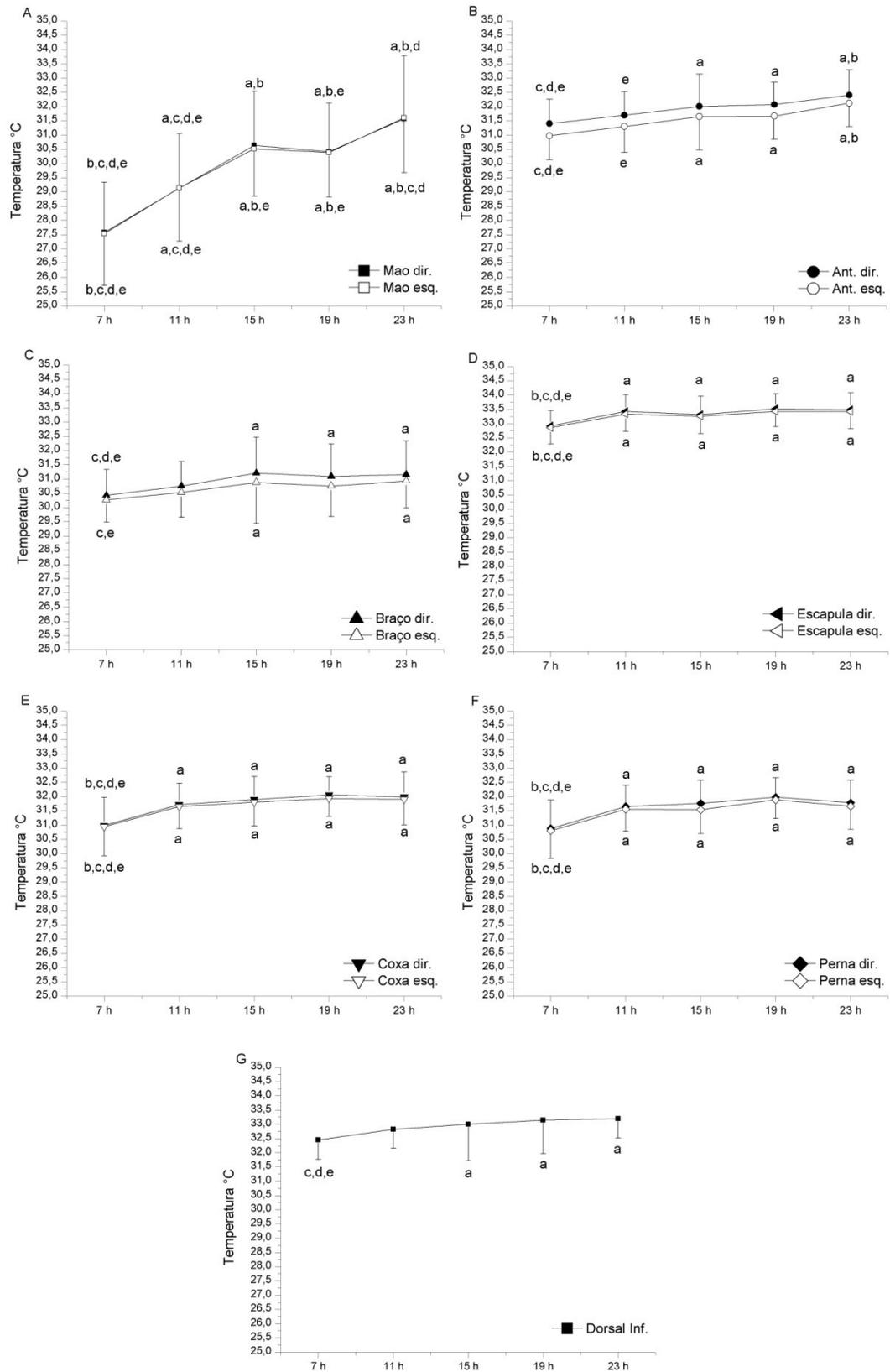


Figura 5: Média da  $T_{pele}$  de homens ( $n = 31$ ) das RCI posteriores; mão direita e esquerda (A), antebraço direito e esquerdo (B), braço direito e esquerdo (C), escápula direita e esquerda (D), coxa direita e esquerda (E), perna direita e esquerda (F), dorsal inferior (G). (a) Diferença significativa em relação à 7h. (b) Diferença significativa em relação à 11h. (c) Diferença significativa em relação à 15h. (d) Diferença significativa em relação à 19h. (e) Diferença significativa em relação à 23h ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2A: Distribuição percentual de casos de menor  $T_{pele}$  registrada nas diferentes horas do dia em cada região corporal de interesse (RCI) (n=31).

RCI	RCI Anterior					RCI Posterior				
	7h	11h	15h	19h	23h	7h	11h	15h	19h	23h
Mão direita	59%	29%	6%	6%	0%	68%	23%	3%	6%	0%
Mão esquerda	68%	23%	6%	3%	0%	78%	19%	0%	3%	0%
Antebraço direito	65%	23%	6%	6%	0%	45%	26%	16%	13%	0%
Antebraço esquerdo	49%	29%	16%	6%	0%	35%	39%	13%	13%	0%
Braço direito	32%	23%	29%	16%	0%	48%	19%	13%	10%	10%
Braço esquerdo	36%	32%	23%	3%	6%	40%	29%	19%	6%	6%
Coxa direita	68%	19%	0%	0%	13%	75%	16%	3%	3%	3%
Coxa esquerda	77%	13%	0%	0%	10%	65%	23%	6%	3%	3%
Perna direita	55%	16%	13%	3%	13%	75%	16%	3%	3%	3%
Perna esquerda	58%	13%	10%	3%	16%	58%	23%	10%	3%	6%
Abdominal	59%	19%	13%	3%	6%					
Peitoral	61%	10%	6%	10%	13%					
Dorsal Inferior						55%	16%	16%	10%	3%
Escápula direita						61%	13%	10%	6%	10%
Escápula esquerda						45%	16%	13%	10%	16%

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2B: Distribuição percentual de casos de maior  $T_{pele}$  registrada nas diferentes horas do dia em cada região corporal de interesse (RCI) (n=31).

RCI	RCI Anterior					RCI Posterior				
	7h	11h	15h	19h	23h	7h	11h	15h	19h	23h
Mão direita	0%	0%	6%	6%	88%	0%	0%	29%	13%	58%
Mão esquerda	0%	0%	13%	6%	81%	0%	0%	16%	19%	65%
Antebraço direito	0%	6%	39%	13%	42%	6%	13%	16%	13%	52%
Antebraço esquerdo	3%	10%	26%	10%	51%	6%	10%	23%	13%	48%
Braço direito	6%	16%	19%	26%	33%	3%	19%	29%	13%	36%
Braço esquerdo	10%	10%	26%	10%	44%	3%	19%	36%	6%	36%
Coxa direita	3%	16%	35%	13%	33%	0%	13%	16%	32%	39%
Coxa esquerda	0%	16%	39%	16%	29%	3%	23%	16%	29%	29%
Perna direita	0%	10%	19%	45%	26%	0%	19%	17%	32%	32%
Perna esquerda	0%	13%	19%	45%	23%	0%	19%	13%	36%	32%
Abdominal	0%	13%	19%	16%	52%					
Peitoral	0%	29%	23%	13%	35%					
Dorsal Inferior						6%	16%	16%	19%	43%
Escápula direita						0%	29%	13%	26%	32%
Escápula esquerda						0%	32%	19%	23%	26%

Fonte: Dados da pesquisa.

As tabelas 2A e 2B demonstram a distribuição percentual de frequência de menor e maior temperatura registrada nas diferentes horas do dia em cada RCI para a região anterior e posterior do corpo.

A figura 6 apresenta os valores de  $TM_{pele}$  obtidos através da utilização das  $T_{pele}$  de quatro RCI (abdômen, coxa direita anterior, antebraço direito posterior e perna direita posterior). Os resultados mostram que a  $TM_{pele}$  também varia durante os períodos analisados. Menores valores foram obtidos no início da manhã com aumentos no período da tarde e uma estabilização entre os horários de 15h, 19h e 23h, apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de 7h e 11h com os períodos de 15h, 19h e 23h.

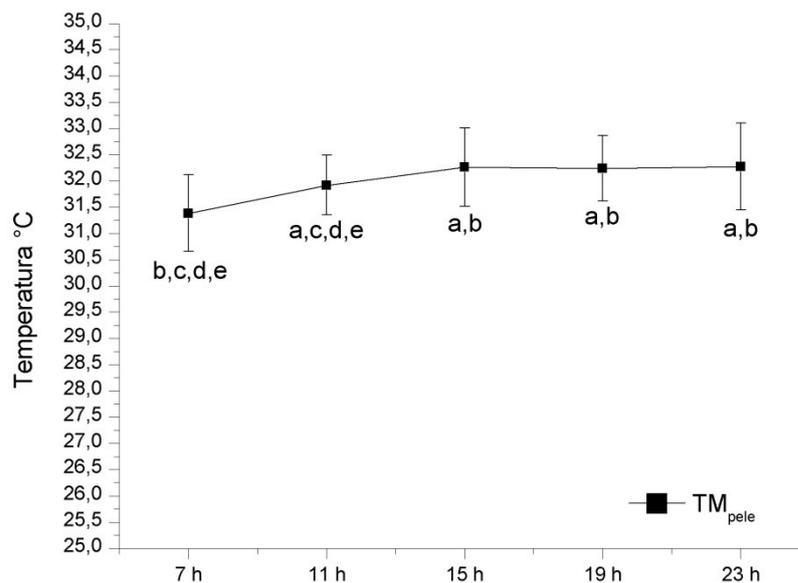


Figura 6: Temperatura Média da pele ( $TM_{pele}$ ) calculada com a  $T_{pele}$  de 4 RCI através da fórmula:  $TM_{pele} = 0,34 \times T_{abdomen} + 0,15 \times T_{antebraço\ post\ dir} + 0,33 \times T_{coxa\ ant\ dir} + 0,18 \times T_{perna\ post\ dir}$ . (a) Diferença significativa em relação à 7 h. (b) Diferença significativa em relação à 11 h. (c) Diferença significativa em relação à 15 h. (d) Diferença significativa em relação à 19 h. (e) Diferença significativa em relação à 23 h ( $p < 0,05$ ).

## 4.5 DISCUSSÃO

Os valores de temperatura obtidos através da TIR apresentam variações da  $T_{pele}$  nas RCI durante os cinco períodos do dia com diferentes magnitudes em função da área analisada, mostrando similaridades com estudos que identificaram variações diárias da  $T_{corporal}$  mensurada a partir da  $T_{retal}$  (5-7),  $T_{axilar}$  (6, 8),  $T_{gastrointestinal}$  (8),  $T_{oral}$  (9) e  $T_{pele}$  (10).

Torna-se claro que a  $T_{corporal}$  apresenta uma variação ao longo do dia, havendo assim um período ondulatório, que já foi confirmado nos estudos citados anteriormente com apenas um ponto de registro. Um fato observado no presente estudo (figura 4 e 5) são que essas alterações acontecem também distribuídas em todo o corpo, porém com magnitudes diferentes nos valores de  $T_{pele}$  de cada RCI, principalmente as extremidades corporais em comparação à região do tronco, o que gera a necessidade de estudar de forma individualizada cada região corporal.

Os valores da  $T_{pele}$  nas RCI obtidos no presente estudo foram sistematicamente menores no período da manhã (7h), tendo em vista que das 25 RCI analisadas, em 23 RCI os valores médios mais baixos de  $T_{pele}$  foram obtidos nesse horário (figura 4 e 5), enquanto que 18 RCI apresentaram temperatura mais elevada no período de 23h. Uma menor temperatura corporal no período da manhã, seguida de aumento no turno da tarde, também foi encontrada por outros autores empregando diferentes métodos de registro da temperatura. São exemplos os trabalhos de Monk *et al.* (5) empregando  $T_{retal}$  em adultos jovens e idosos; Edwards *et al.* (9) que utilizaram termômetro clínico sublingual; Pronina & Ribakov (10) que obtiveram a  $T_{pele}$  através de sensor fixado no ombro de crianças e adultos jovens. Tendo em vista a consonância desses resultados, fica claro que a TIR pode ser ferramenta alternativa para

avaliar as variações térmicas da  $T_{pele}$  principalmente focada em determinadas regiões corporais.

Existem vários ajustes metabólicos que podem justificar menor temperatura no início da manhã frente aos demais horários do dia. Segundo Wakamura & Tokura (29) um desses fatores seria que, durante o período noturno de sono, ocorre redução aguda da taxa metabólica, impondo assim, diminuição da  $T_{corporal}$ .

As maiores diferenças registradas ao longo do dia foram nas extremidades, principalmente nas mãos (figura 4A e 5A), que podem ser justificadas pelo fato de serem zonas que possuem função vasomotora de perda de calor (30). Além disso, as mãos possuem muitas anastomoses arteriovenosas, que possuem vasos sanguíneos de maiores diâmetros que os quais contribuem para maior taxa de fluxo sanguíneo e conseqüente maior  $T_{pele}$  nas mãos (31).

Apesar deste aumento da  $T_{pele}$  nas regiões distais, elas não chegaram a superar valores da  $T_{pele}$  nas regiões do tronco que, por sua vez, mantiveram-se mais homogêneas ao longo do dia. Essa menor variabilidade de  $T_{pele}$  na região central do corpo pode ser considerada como normal, haja vista a concentração dos grandes órgãos na região abdominal e torácica que, em condições de repouso, são os principais produtores de calor (32). Outros estudos corroboram com os resultados obtidos nesse trabalho, já que também apontaram maiores valores de  $T_{pele}$  em abdômen de crianças (33), adultos e idosos (34).

Os resultados obtidos apontam que se pode considerar a existência de um platô térmico entre 15h e 23h para as RCI braços, coxas e pernas anteriores e posteriores, escápulas, dorsal inferior, peitoral e abdominal. Quanto ao pico da  $T_{pele}$ , os resultados apontam a ocorrência dentro dessa faixa horária para as RCI dos braços anteriores (figura 4C), peitoral e abdômen (figura 4D), pernas anteriores (figura 4F), escápulas (figura 5D), coxas posteriores (figura 5E), pernas posteriores (figura 5F). O pico da  $T_{corporal}$  aproximadamente às 17h

também foi observado por outros autores através da mensuração da  $T_{pele}$  das regiões proximais utilizando o método de mensuração da  $T_{retal}$  (12), bem como através da  $T_{oral}$  (9).

Aschoff (4) já havia descrito pequenas variações da  $T_{pele}$  na região do peito e braço e grandes variações na região das mãos, com aumento dos valores mínimos a máximos, aproximadamente às 22h, quando inicia o declínio da  $T_{retal}$  (4). Esses resultados de  $T_{pele}$  estão em consonância com os obtidos no presente estudo que também identificaram aumentos da  $T_{pele}$  nas regiões distais, mão e antebraço (figura 4A, 4B, 5A e 5B), entre os horários de 19h e 23h.

Quando se compara a temperatura registrada às 7h frente às 23h se obtém menor variação da  $T_{pele}$  nas regiões do peito (1,69%), escápula direita e esquerda (1,70% e 1,72%) e abdômen (1,91%), em conjunto com maiores aumentos e variações da  $T_{pele}$  nas regiões distais, mão anterior direita e esquerda (16,11% e 16,18%) e posterior direita e esquerda (14,51% e 14,76%), antebraço anterior direito e esquerdo (4,02% e 4,35%) e posterior direito e esquerdo (3,19% e 3,70%). Esse comportamento diferenciado, segundo a RCI avaliada, parece indicar que a  $T_{pele}$  possui dinâmicas diferentes dependendo da RCI analisada. A ocorrência de menores variações da  $T_{pele}$  nas regiões do tronco (figura 4D, 5D e 5G), também foram encontrados por Krauchi *et al.* (12), em que os autores sugerem que a  $T_{pele}$  das regiões proximais seguem as variações diárias da  $T_{retal}$ , enquanto que, nas regiões distais, ocorrem de forma oposta. Entretanto, no estudo realizado por Thomas *et al.* (6), não foi encontrado nenhuma relação entre a  $T_{pele}$  e a  $T_{retal}$  mensuradas ao longo do dia. Porém, esses autores relatam que o tipo de vestimenta e a temperatura ambiente ( $T_a$ ) não controlada podem ter influenciado os resultados obtidos (6). No presente estudo, os avaliados foram submetidos a período mínimo de 10min de adaptação ao ambiente de avaliação e às condições de  $T_a$  foram similares nos cinco períodos de registro, de forma a minimizar qualquer fator interveniente no registro da TIR e possibilitando a comparação da  $T_{pele}$  entre os períodos.

Deve-se considerar a importância da  $T_a$  para o registro pela técnica de TIR. Isso ocorre em função dos estímulos gerados quanto à percepção de frio ou de calor (35). O nível de atividade tônica das fibras vasoconstritoras simpáticas é dependente das condições ambientais. Em ambiente frio é identificada significativa atividade simpática nessas fibras, enquanto que, em ambiente mais quente, ocorre pouca ou nenhuma atividade vasoconstritora (35). Portanto, sugere-se que o controle da  $T_a$  esteja sempre em uma mesma faixa de temperatura como proposto por Ring e Ammer (36), com a finalidade de diminuir possíveis interferências e alterações no fluxo sanguíneo da pele, e que possam alterar os resultados, gerando interpretação equivocada.

A distribuição da  $T_{pele}$  deve exibir simetria contralateral entre mãos, antebraços, braços, coxas e pernas (37), já que os ajustes termorregulatórios dos hemicorpos devem ser semelhantes em função da estimulação nervosa equilibrada. No presente estudo também foi observado equilíbrio da  $T_{pele}$  nos hemicorpos através de comportamento similar na resposta da variabilidade térmica bilateral nas RCI analisadas.

A TIR é utilizada no esporte para detectar diferença contralateral da  $T_{pele}$  dos hemicorpos direito e esquerdo com objetivo de anteceder o possível estado lesional (38). Dessa forma, os dados do presente estudo alertam que o uso profissional da TIR para acompanhamento longitudinal da  $T_{pele}$  deverá ser realizado sempre no mesmo horário do dia e com o registro da hora em que foi realizada a imagem, evitando, assim, erros de interpretação na análise termográfica.

A temperatura média da pele ( $TM_{pele}$ ) é frequentemente utilizada para comparar e estabelecer uma relação com a  $T_{central}$  (29), sendo sua estimativa obtida mediante número determinado de sítios de temperatura sobre a pele, visto que, muitas das vezes, é inviável determinar as  $T_{pele}$  ao longo de toda superfície do corpo. Sendo assim, com o objetivo de determinar as variações da  $TM_{pele}$  ao longo do dia, empregou-se a fórmula modificada para

técnica de TIR proposta por Choi *et al.* (26) obtendo-se os valores representados na figura 6. As variações de  $TM_{pele}$  encontradas ao longo do dia também indicam similaridade com outros estudos realizados por Aschoff (4), Monk *et al.* (5) e Wakamura & Tokura (29) sobre a variação diária da  $T_{corporal}$  realizada através da mensuração da  $T_{retal}$ . Assim como estudos realizados com a  $T_{retal}$  e também com termopares de pele, o presente estudo também sugere que estabelecer um mesmo horário do dia para obtenção das imagens térmicas, afim de estimar a  $TM_{pele}$ , é fundamental para obter resultados fidedignos.

A inexistência de estudos semelhantes empregando a técnica de TIR ao longo do dia dificulta a comparação dos resultados, mas atribui ao presente estudo o pioneirismo em estabelecer a variação da  $T_{pele}$  utilizando essa técnica. Dessa forma, é possível estimular a produção de novos trabalhos que investiguem o perfil termográfico diário da pele em diferentes grupos etários e gênero, tendo em vista que ocorrem respostas termogênicas específicas de crianças, mulheres e idosos (10). Nossos dados demonstram que futuros trabalhos em que se utilize a termografia para análise de  $T_{pele}$  devem conter em sua metodologia os horários de realização das imagens termográficas.

Podem ser considerada como limitações desse estudo a ausência de registro entre 23h e 7h da manhã, além da coleta da temperatura interna de forma retal ou gastrointestinal que permitiria maior compreensão dos resultados obtidos, e que forneceria maiores informações, ampliando, assim, a capacidade de compreensão de todo fenômeno.

## 4.6 CONCLUSÕES

A  $TM_{pele}$  indicou a existência de variações térmicas da pele ao longo do dia e todas as RCI analisadas apresentaram variações na  $T_{pele}$  com diferentes níveis de magnitude, sendo que as extremidades corporais apresentaram maiores variações, enquanto que as regiões centrais demonstraram menores variações térmicas diárias. O início da manhã concentrou os menores valores da  $T_{pele}$ , enquanto que no período da noite detectaram-se as maiores temperaturas nas RCI monitoradas.

#### 4.7 REFERÊNCIAS

1. Siepkha SM, Yoo SH, Park J, Lee C, Takahashi JS. Genetics and neurobiology of circadian clocks in mammals. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol.* 2007;72:251-9.
2. Garaulet M, Madrid JA. Chronobiology, genetics and metabolic syndrome. *Curr Opin Lipidol.* 2009;20(2):127-34.
3. Junker U, Wirz S. Review article: chronobiology: influence of circadian rhythms on the therapy of severe pain. *J Oncol Pharm Pract.* 2010;16(2):81-7.
4. Aschoff J. Circadian Control of Body-Temperature. *J Therm Biol.* 1983;8(1-2):143-7.
5. Monk TH, Buysse DJ, Reynolds CF, 3rd, Kupfer DJ, Houck PR. Circadian temperature rhythms of older people. *Exp Gerontol.* 1995;30(5):455-74.
6. Thomas KA, Burr R, Wang SY, Lentz MJ, Shaver J. Axillary and thoracic skin temperatures poorly comparable to core body temperature circadian rhythm: results from 2 adult populations. *Biol Res Nurs.* 2004;5(3):187-94.
7. Dijk DJ, Duffy JF, Silva EJ, Shanahan TL, Boivin DB, Czeisler CA. Amplitude reduction and phase shifts of melatonin, cortisol and other circadian rhythms after a gradual advance of sleep and light exposure in humans. *PLoS One.* 2012;7(2):e30037.
8. Edwards B, Waterhouse J, Reilly T, Atkinson G. A comparison of the suitabilities of rectal, gut, and insulated axilla temperatures for measurement of the circadian rhythm of core temperature in field studies. *Chronobiol Int.* 2002;19(3):579-97.
9. Edwards B, Waterhouse J, Reilly T. Circadian rhythms and their association with body temperature and time awake when performing a simple task with the dominant and non-dominant hand. *Chronobiol Int.* 2008;25(1):115-32.
10. Pronina TS, Rybakov BP. Features of the circadian rhythm of temperature of the skin at children of 8-9 years and young men and girls. *Fiziol Cheloveka.* 2011;37(4):98-104.
11. Le Fur I, Reinberg A, Lopez S, Morizot F, Mechkouri M, Tschachler E. Analysis of circadian and ultradian rhythms of skin surface properties of face and forearm of healthy women. *J Invest Dermatol.* 2001;117(3):718-24.
12. Krauchi K, Wirz-Justice A. Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men. *Am J Physiol.* 1994;267(3 Pt 2):819-29.
13. 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;29(6):257-67.
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;50(23):63-94.

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;36(8):1420-7.
16. van den Heuvel CJ, Ferguson SA, Dawson D, Gilbert SS. Comparison of digital infrared thermal imaging (DITI) with contact thermometry: pilot data from a sleep research laboratory. *Physiol Meas.* 2003;24(3):717-25.
17. Jones BF. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *IEEE Trans Med Imaging.* 1998;17(6):1019-27.
18. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40(3):497-504.
19. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition.* 1993;9(5):480-91.
20. Hallal PC, Victora CG, Wells JC, Lima RC. Physical inactivity: prevalence and associated variables in Brazilian adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(11):1894-900.
21. Moreira DG. Termografia corporal em repouso de homens e mulheres. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2011.
22. Norton K, Norton L, Sadgrove D. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *J Sci Med Sport.* 2010;13(5):496-502.
23. Ring EF, Kurt A. Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine. *Medical Devices and Systems: CRC Press;* 2006. p. 36:1-14.
24. Costa CM, Moreira DG, Fernandes AA, Silva FS, Rezende CM, Marins JCB. Comparação termográfica da temperatura da pele em membros inferiores de jovens futebolistas. *R Bras Ci e Mov.* 2011;19(4):68.
25. Rezende CM, Brito IS, Silva FS, Fernandes AA, Moreira DG, Costa CM, et al. Resposta termográfica da pele durante treinamento de caratê. *R Bras Ci e Mov.* 2011;19(4):221.
26. Choi JK, Miki K, Sagawa S, Shiraki K. Evaluation of mean skin temperature formulas by infrared thermography. *Int J Biometeorol.* 1997;41(2):68-75.
27. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. International standards for anthropometric assessment (ISAK). Australia2006.
28. Steketee J. Spectral emissivity of skin and pericardium. *Phys Med Biol.* 1973;18(5):686-94.
29. Wakamura T, Tokura H. Circadian rhythm of rectal temperature in humans under different ambient temperature cycles. *Journal of Thermal Biology.* 2002;27(5):439-47.

30. Machado-Moreira CA, Caldwell JN, Mekjavic IB, Taylor NA. Sweat secretion from palmar and dorsal surfaces of the hands during passive and active heating. *Aviat Space Environ Med.* 2008;79(11):1034-40.
31. Hirata K, Yutani M, Nagasaka T. Increased Hand Blood-Flow Limits Other Skin Vasodilation. *J Therm Biol.* 1993;18(5-6):325-7.
32. Campbell I. Body temperature and its regulation. *Anaesth Intens Care Med.* 2011;12(6):240-4.
33. Kolosovas-Machuca ES, Gonzalez FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Res Technol.* 2011;17(3):1-6.
34. 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;64(8):459-68.
35. Johnson JM, Kellogg DL, Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Front Biosci (Schol Ed).* 2010;2:825-53.
36. Ring E, Ammer A. The Technique of infra red imaging in medicine. *Thermol International.* 2000;10(1):7-14.
37. Herry CL, Frize M. Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging. *Biomed Eng Online.* 2004;28;3(1):19.
38. 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.

## 4.8 ANEXO 1

<b>Termo de Consentimento</b>
-------------------------------

AVALIADO: \_\_\_\_\_ MAT.: [ \_\_\_\_\_ ]



**FORMULÁRIO DE TERMO DE CONSENTIMENTO**

1. O professor de educação física e 2º Ten. QCOA EFI Carlos Magno Amaral Costa requisitou minha participação em um estudo de pesquisa nesta instituição.
2. Fui informado que o propósito da pesquisa é analisar a temperatura da pele de homens e mulheres na condição de repouso durante um ciclo de 24 h.
3. Minha participação vai envolver avaliação antropométrica, da temperatura e composição corporal com duração de 5 sessões.
4. Caso concorde em participar deste estudo, estou ciente de que não há desconfortos previstos.
5. Estou ciente de que os benefícios da minha participação na pesquisa são avaliação da composição corporal total e por regiões, que permite identificar indivíduos com potencial risco de doenças relacionadas à obesidade. Além disso, o mapeamento da temperatura corporal pode identificar lesões e problemas circulatórios ao detectar alterações na temperatura em determinado segmento corporal. Esses resultados podem indicar uma manutenção ou alteração do meu estilo de vida atual.
6. Eu estou ciente de que os resultados deste estudo de pesquisa podem ser publicados, mas que o meu nome ou identidade não serão revelados.
7. Fui informado de que não serei recompensado pela minha participação.
8. Fui informado de que todas as perguntas relativas ao estudo de pesquisa ou à minha participação nele, antes ou depois do meu consentimento, serão respondidas pelo 2º Ten. QCOA EFI Carlos Magno Amaral Costa, cujo endereço é: Escola de Especialistas de Aeronáutica, Av. Brigadeiro Adhemar Lyrio, S/N, Guaratinguetá-SP e telefone de contato (12) 2131-7669 (SEF/CA).
9. Li as informações acima. Recebi as explicações sobre natureza, as demandas, os riscos e os benefícios do projeto. Assumo e estou ciente de que posso retirar meu consentimento e interromper minha participação a qualquer momento, sem penalidades nem perda do meu benefício. Ao assinar este formulário de consentimento, não abro mão de qualquer reivindicação, direito ou reparação.

Assinatura do participante \_\_\_\_\_

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

13. Certifico que expliquei ao participante a natureza e o propósito e os potenciais benefícios e possíveis riscos associados à participação neste estudo de pesquisa e que respondi a todas as perguntas feitas e testemunhei a assinatura acima.

14. Os elementos deste consentimento informado estão de acordo com a Garantia dada pela Universidade Federal de Viçosa ao Departamento de Educação Física para proteção dos direitos de participantes humanos.

Assinatura do pesquisador \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## 4.9 ANEXO 2

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:				
<p>1) Aplicou algum creme, gel ou Spray na Pele?</p> <p>2) Recebeu algum tratamento, terapia ou massagem?</p> <p>3) Realizou exercícios nas últimas 6 horas?</p> <p>4) Teve relações sexuais nas últimas 12 horas?</p> <p>5) Tomou café nas últimas 6 horas?</p> <p>6) Ingeriu bebida alcoólica nas últimas 6 horas?</p> <p>7) Tomou sol ou raios UVA antes da avaliação?</p> <p>8) Fumou nas últimas 6 horas?</p> <p>9) Tem tomando algum remédio?</p> <p>10) Tomou banho exatamente antes da avaliação?</p> <p>11) Quantos dias faz que teve seu último período menstrual?</p>				

## 5 CAPÍTULO 3 - Utilização da técnica de termografia infravermelha para identificar variações da temperatura da pele ao de mulheres militares longo de um dia.

### 5.1 RESUMO

**INTRODUÇÃO:** Diversas respostas fisiológicas possuem diferentes níveis de atividade ao longo do dia, entre essas, a temperatura corporal. Dentre os métodos de mensuração da temperatura corporal, a termografia infravermelha (TIR) vem sendo utilizada como opção interessante para mensuração da temperatura da pele, pois capta e processa a radiação infravermelha emitida pela superfície do corpo, registrando a distribuição da temperatura da pele em todo corpo ou apenas de forma local. **OBJETIVOS:** Utilizar a técnica de termografia infravermelha para identificar, ao longo de um dia, as variações da  $T_{pele}$  em 25 regiões corporais de interesse (RCI) de mulheres militares. **METODOLOGIA:** Foram avaliadas 20 militares do sexo feminino, com média de idade de  $20,5 \pm 1,3$  anos, massa corporal de  $62,2 \pm 9,2$ kg e estatura de  $165,0 \pm 4,7$ cm. As avaliadas eram submetidas ao mesmo treinamento físico por, no mínimo, seis meses, não eram fumantes ou portadoras de condição patológica. As imagens termográficas foram coletadas em uma sala climatizada a  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  e obtidas através de um termovisor (Fluke<sup>®</sup>) com 0,98 de índice de emissividade e a 4m de distância da avaliada. Foram coletadas 4 imagens englobando as 25 RCI. Para o comportamento térmico geral também foi considerada a Temperatura Média da pele ( $TM_{pele}$ ) que utiliza os valores de temperatura obtidas em 4 RCI. Empregou-se a ANOVA One Way para medidas repetidas, seguido pelo teste *post-hoc* de Tukey para determinar a diferença significativa entre os diferentes horários do dia em cada RCI. Um nível de significância de  $p < 0,05$  foi adotado em todos os cálculos os quais foram realizados no software SigmaPlot, Versão 11.

**RESULTADOS:** A região do antebraço, braço e pernas anteriores e posteriores foram as RCI que apresentaram maior variabilidade ao longo do dia, bem como a região do peitoral e das escápulas. As médias apresentam menores valores nas regiões distais em comparação às regiões centrais e a região do peitoral apresentou os menores valores de desvio padrão. Nas RCI antebraço, braço, coxas e pernas posteriores e anteriores, escápulas, abdominal e peitoral, a  $T_{pele}$  nos períodos de 11h, 15h, 19h e 23h foram todas diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) do período de 7h. Menores valores de  $TM_{pele}$  foram obtidos no início da manhã com aumentos no período da tarde e uma estabilização entre os horários de 15h, 19h e 23h. **CONCLUSÃO:** A  $T_{pele}$  e a  $TM_{pele}$  de mulheres militares possuem variações ao longo do dia, sendo específicas em função da RCI avaliada e apresentando bilateralmente um mesmo comportamento térmico. Observa-se que, no período da manhã, às 7h, registram-se as  $T_{pele}$  mais baixas, enquanto que às 15h as  $T_{pele}$  mais altas.

## 5.2 INTRODUÇÃO

Os ajustes fisiológicos diários dos períodos noturno e diurno (1) são regulados principalmente pelo núcleo supraquiasmático (NSQ), localizado no hipotálamo anterior. Esses ajustes incluem variações em alguns órgãos e tecidos, tais como coração, pulmão, fígado, intestino, glândula supra-renal e tecido adiposo (2). Diversas funções do organismo são baseadas em fenômenos rítmicos como a respiração, batimentos cardíacos, pressão arterial, tônus do músculo liso, peristaltismo, o sistema motor, frequência cardíaca, funções mentais e a atividade nervosa, bem como a temperatura corporal ( $T_{\text{corporal}}$ ) (3).

Entre os fatores que interferem na  $T_{\text{corporal}}$ , o fator gênero (4-6) representa um dos principais. Essas diferenças em parte têm sido relacionadas pelo maior conteúdo de gordura corporal da mulher (7), controle da sudorese (6, 8), superfície corporal (6), na produção de calor metabólico (7, 9), variações hormonais mediadas pelo ciclo menstrual (10), uso de contraceptivos orais (7) durante fase da vida pré e pós-menopausa (11). Esses fatores tornam ainda mais complexo o comportamento térmico da mulher frente ao do homem.

Importante destacar que em mulheres podem ocorrer modificações na temperatura central ( $T_{\text{central}}$ ) associadas ao período do ciclo menstrual, sendo observados aumentos significativos de cerca de  $0,3^{\circ}\text{C}$  a  $0,4^{\circ}\text{C}$  durante a fase lútea (12) em comparação com a fase folicular (FF)(13). No entanto, a amplitude do aumento da  $T_{\text{central}}$  durante o dia é reduzida durante a FL, diminuindo potencialmente o efeito negativo do aumento da  $T_{\text{central}}$  nessa fase. Também é importante notar que nem o ciclo menstrual, nem o uso de contraceptivos orais modificam as respostas da perda de calor após exercício (14). Embora pesquisadores tenham descrito aumento no limiar para a vasodilatação cutânea e perda de calor durante FL, pouco se sabe sobre a influência do ciclo menstrual na temperatura da pele ( $T_{\text{pele}}$ ) (15).

Alguns trabalhos demonstram variações diárias da  $T_{\text{corporal}}$  ao longo do dia em mulheres, empregando diferentes técnicas de registro, tais como a  $T_{\text{retal}}$  (16),  $T_{\text{axilar}}$  (17),  $T_{\text{gastrointestinal}}$  (18),  $T_{\text{oral}}$  (19) e  $T_{\text{pele}}$  (20). Contudo, sabe-se que a  $T_{\text{corporal}}$  varia em função da região monitorada (21), sendo, portanto, necessário considerar que os procedimentos de registros são diferentes (11, 22) e apresentam como principal limitação o registro da temperatura em ponto único.

O uso da termografia por infravermelho (TIR) para mensuração de temperatura tem aumentado nos últimos anos devido à disponibilidade de novos equipamentos, e isso é consequência do aprimoramento dos sensores de infravermelho que melhoram os processamentos dos registros térmicos e permite uma análise mais precisa das imagens, gerando valores de temperatura mais precisos para uma variedade de aplicações. A TIR passou a ser usada como importante alternativa de apoio no estudo da  $T_{\text{pele}}$  por ser um procedimento não invasivo que não necessita de contato físico com o avaliado, além de permitir a análise imediata de diversas regiões do corpo ou focado em determinada região de interesse corporal (23, 24).

Embora haja diversas pesquisas sobre variação da  $T_{\text{corporal}}$  realizadas por diferentes técnicas, não foi possível identificar na base de dados *Medline*, com as palavras chaves “*circadian rhythm and thermography*” e “*periods of the day and thermography*” nenhum estudo que tenha aplicado a técnica de TIR para estabelecer o perfil termográfico da  $T_{\text{pele}}$  de mulheres ao longo do dia, o que torna esse estudo pioneiro sobre esse aspecto.

Tendo em vista que as investigações com a TIR normalmente são realizadas em único período do dia, torna-se interessante investigar como a  $T_{\text{pele}}$  varia ao longo do dia utilizando essa técnica, contribuindo com informações para as áreas da medicina, fisioterapia ou do treinamento físico e esportivo, visando aprimorar a prática profissional em suas atividades diárias, com melhor interpretação dos resultados. Portanto, o objetivo do presente estudo é

identificar as variações da  $T_{pele}$  nas diferentes regiões corporais de interesse (RCI) ao longo do dia utilizando a técnica de termografia infravermelha em 25 regiões corporais de mulheres militares.

### 5.3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 5.3.1 Amostra

Foram avaliadas vinte mulheres voluntárias ( $20,5 \pm 1,3$  anos), sendo que quatorze estava na fase folicular e outras seis na fase lútea do ciclo menstrual. Todas pertenciam à Escola de Especialistas de Aeronáutica da Força Aérea Brasileira no interior do Estado de São Paulo. As características gerais das avaliadas estão descritas na tabela 1.

Tabela 1: Características Antropométricas das avaliadas do Estudo

	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	% G*
Média	62,2	165,0	22,8	20,8
Dp	9,2	4,7	3,1	4,4
V-Max	82	180	28,2	28,2
V-Mín	46	159	17,7	9,5

*V-Max = Valor máximo; V-Mín = Valor mínimo; % G = Percentual de gordura corporal; \* Técnica de Jackson e Pollock(25); e Siri(26).*

Todas as avaliadas foram consideradas ativas por realizarem sessões de treinamento físico de características militares com intensidade moderada a forte, com regularidade de quatro a cinco vezes por semana por, no mínimo, seis meses, superando assim as

recomendações para classificação como sujeito ativo (27). As avaliadas apresentavam ciclo menstrual considerado regular, porém em diferentes fases de ciclo.

Tendo em vista que a  $T_{pele}$  pode sofrer interferências devido a fatores externos e internos (28), considerou-se como fatores de exclusão, as avaliadas:

- a) que apresentassem histórico de problemas renais;
- b) algum tipo de lesão ósteo-mio-articular nos últimos dois meses ou que apresentasse alguma sintomatologia;
- c) realizando tratamento fisioterápico;
- d) consumindo algum medicamento como antitérmico ou diurético, bem como termogênicos e suplemento alimentar tipo creatina, com potencial interferência na homeostase hídrica ou na  $T_{corporal}$  nas últimas duas semanas;
- e) que fossem fumantes;
- f) com quadro de queimaduras na pele nas áreas corporais que fossem avaliadas, independentemente do grau;
- g) realizando tratamento dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local;
- h) com sintomatologia de dor em alguma região corporal;
- i) em quadro febril nos últimos sete dias;
- j) com distúrbios do sono.
- k) alterações no ciclo menstrual como dismenorréia ou oligomenorréia

As avaliadas participaram de maneira voluntária enquanto permaneciam na base militar durante 32h. Após serem informadas sobre a dinâmica do estudo e seus objetivos, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1), não recebendo recompensa financeira. Dessa forma, seguiram-se os procedimentos aprovados pelo comitê de ética da

Universidade Federal de Viçosa conforme a Legislação Brasileira para estudos com seres humanos.

### 5.3.2 Procedimentos

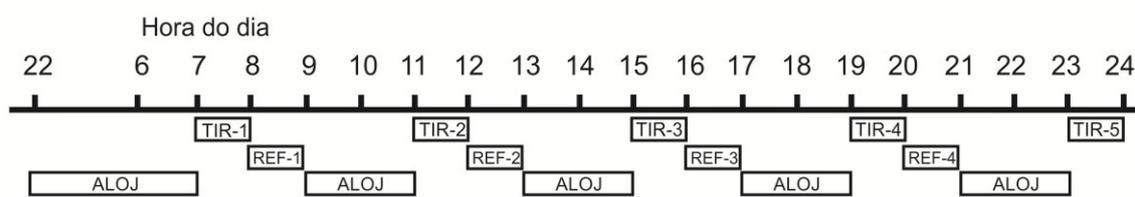
As coletas das imagens termográficas foram realizadas em um único dia correspondente à estação da primavera, com temperatura média de 22,5°C, mínima 14,0°C e máxima de 32,5°C de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A padronização das condições de avaliação iniciou-se no dia anterior da coleta de dados. Todas as avaliadas não realizaram exercício físico sistematizado caracterizado como vigoroso (29), restringindo-se somente a atividades diárias normais. Após a refeição noturna realizada na própria Base Militar, as avaliadas se recolheram em seus respectivos alojamentos entre 21h 30min e 22h horas e mantiveram um período de 8h de sono.

As imagens termográficas foram coletadas no dia seguinte entre 7h e 24h horas divididas em cinco momentos diferentes ao longo do dia com intervalos de 3h entre cada período, o que possibilitou o registro às 7h-8h; 11h-12h; 15h-16h; 19h-20h e 23h-24h. Devido à dificuldade metodológica em manter o indivíduo acordado e o controle do sono, não foi realizado coleta de dados no período de 3h-4h para fechar o ciclo diário.

Ao longo de todo esse período do dia as avaliadas estiveram reclusas nos alojamentos, sem uso de ventilação artificial e realizando atividades consideradas sedentárias e de baixo consumo energético (< 1,6 METs) (29).

Durante o dia as avaliadas realizaram quatro refeições, sempre após a realização das imagens termográficas e com 2h de antecedência da próxima coleta de imagens, na tentativa

de minimizar qualquer efeito termogênico provocado pela alimentação. A quantidade de alimentos ingeridos (60-65% de carboidratos, 15-20% de proteínas e menos de 25% de gorduras) foi padronizada em função do controle de alimentos feitos de forma individual no restaurante da Base Militar onde foi realizado o estudo. Também foi orientado que o consumo de líquidos fosse restrito somente a água, e que de nenhuma forma houvesse o consumo de outros alimentos, em especial o consumo de produtos contendo cafeína ou bebidas alcoólicas entre os intervalos de tempo de registro das imagens. A figura 1 ilustra de forma resumida a dinâmica do estudo.



ALOJ= Alojamento; TIR-1 = 1º período de coleta das imagens; TIR-2 = 2º período de coleta das imagens; TIR-3 = 3º período de coleta das imagens; TIR-4 = 4º período de coleta das imagens; TIR-5 = 5º período de coleta das imagens; REF-1 = Refeição Matinal; REF-2 = Almoço; REF-3 = Refeição da tarde; REF-4 = Jantar.

Figura 1 – Rotina das avaliadas durante o dia de realização das imagens termográficas.

Para a realização das imagens termográficas foram seguidas condutas rígidas de padronização, referentes às condições laboratoriais, assim como das avaliadas, propostas pela “*European Association of Thermology*” (30). A seguir serão apresentados com mais detalhes essas condutas.

A primeira conduta foi preparar previamente uma sala na própria Base Militar com 4m de comprimento, 6m de largura e 2,6m de altura, sem iluminação natural, e condições ambientais de temperatura de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade de  $50 \pm 5\%$ . As condições de temperatura da sala foram mantidas em função de um refrigerador cujo fluxo de ar não era direcionado para a área de realização das imagens. A iluminação da sala era feita de forma artificial por meio de lâmpadas fluorescentes que emitem pouca radiação de calor. Essas condições

laboratoriais são semelhantes a realizados por Moreira (28), que apresenta semelhanças metodológicas com o presente estudo.

Todas as imagens de TIR foram realizadas pelo mesmo avaliador, utilizando sempre o mesmo termovisor, posicionado em base fixa a 4m da posição do avaliado. Para preservar a homogeneização das condições de registro ao longo de todo o ciclo dos cinco períodos de realização das imagens termográficas, foram adotadas condutas semelhantes de comportamento frente as avaliadas, além das já descritas anteriormente sobre as questões de sono, atividade física e alimentação. Dessa forma, as avaliadas chegavam ao laboratório entre 15 a 20min antes do horário previsto para o registro das imagens termográficas.

Em um primeiro momento, em uma antessala, as avaliadas permaneciam sentadas, por 5min, em repouso. Em seguida, vestindo apenas bermuda e top de laycra, as avaliadas eram dirigidas à sala climatizada onde permaneciam por, no mínimo, 10min para adaptação à temperatura ambiente ( $T_a$ ) e estabilização da  $T_{pele}$  (28). Durante o período de adaptação os sujeitos eram supervisionados e orientados a permanecerem em pé, sem cruzar os braços, sem realizar movimentos bruscos, coçar, esfregar as mãos ou qualquer outra parte do corpo, tendo em vista que essas ações de atrito podem modificar a temperatura local da pele.

Antes do primeiro registro termográfico, foi apresentado um questionário padrão usado pelo Laboratório de Performance Humana da Universidade Federal de Viçosa para estudos termográficos (Anexo 2), sendo já utilizado anteriormente por Moreira (28), onde são estabelecidos últimos filtros de padronização das condições das avaliadas, podendo ser excluídas do estudo dependendo do tipo de resposta. Superadas todas essas etapas preparatórias foram realizadas as imagens, sendo adotadas as rotinas descritas a seguir.

A avaliada se posicionava em pé, na posição anatômica de frente para o termovisor, para realização das imagens da região anterior, logo após a avaliada se posicionava de costas para permitir a realização de imagens da região posterior do corpo. Para cada avaliada foram

realizadas quatro imagens termográficas em cada período de coleta, acompanhando os pontos de análise que abrangeu as regiões anterior superior, anterior inferior, posterior superior e posterior inferior. A figura 2 apresenta um exemplo das imagens de TIR realizadas em cada avaliada em um dos períodos com as respectivas áreas selecionadas em cada RCI.

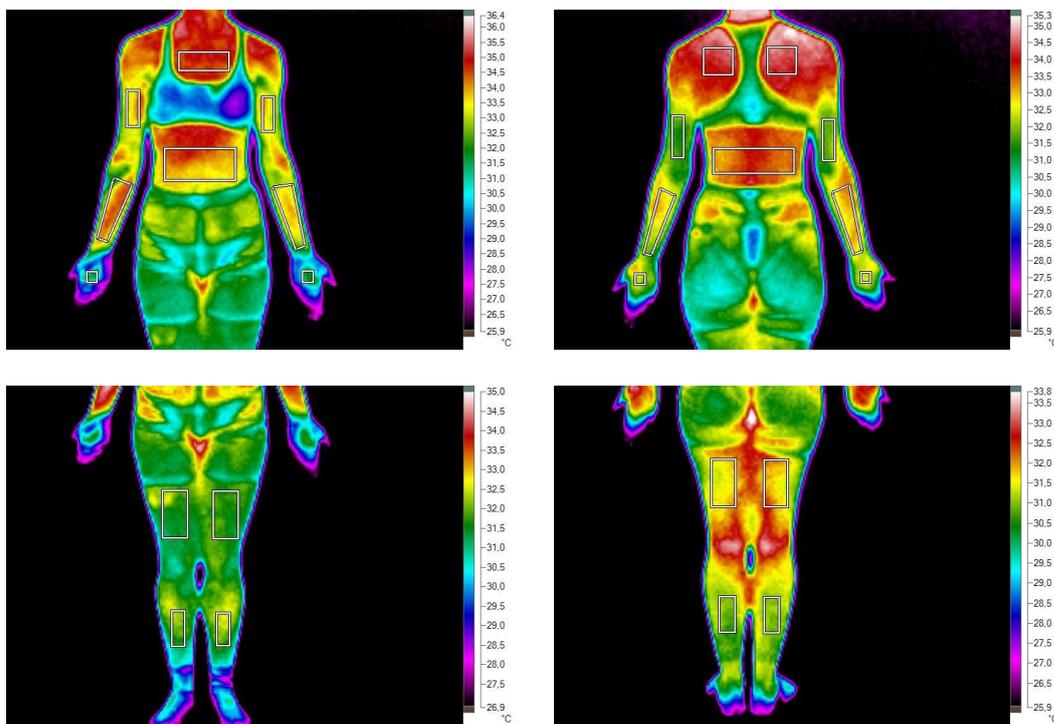


FIGURA 2: Localização das RCI para realização do estudo

Essas quatro imagens permitiram estabelecer um total de 25 diferentes RCI, sendo elas: peitoral, abdômen, dorsal inferior, e ainda mão, antebraço, braço, coxa, perna e escápula, nos hemisférios direito e esquerdo.

Para uma melhor definição das áreas das RCI analisadas, foram considerados pontos anatômicos de referência, delimitando a área para identificação das temperaturas médias, tomando como referências os trabalhos realizados previamente por Moreira (28), Costa (31) e Rezende (32).

Para região anterior foram determinados os seguintes pontos anatômicos limítrofes:

- a) mão: junção do 3º metacarpo com a 3ª 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 5cm abaixo da cicatriz umbilical;
- e) peitoral: linha do mamilo e borda superior do esterno;
- f) coxa: 5cm acima da borda superior da patela e 5cm da linha inguinal;
- g) perna: 5cm abaixo da borda inferior da patela e 10cm acima do maléolo.

Para definição das áreas das RCI posteriores foram estabelecidas os correspondentes da região anterior no plano frontal. Foi utilizado o software Smartview® para identificar a temperatura média das 25 RCI selecionadas (Figura 2) em cada período do dia, totalizando 125 valores médios de  $T_{pele}$  por indivíduo ao longo do dia e 2.500 valores médios de  $T_{pele}$  para realização do presente estudo. Os dados foram tabulados no software Excel (Microsoft®) para posterior análise em um programa estatístico específico.

Também foi considerada a Temperatura Média da pele ( $TM_{pele}$ ) seguindo a proposta de Choi *et al.* (33) que, a partir dos registros da  $T_{pele}$  das regiões do abdômen, antebraço direito (face posterior), coxa direita (face anterior) e perna direita (face posterior), é possível, por meio de uma equação, prever a  $TM_{pele}$ . A fórmula empregada corresponde a:

$$TM_{pele} = 0,34 \times T_{abdomen} + 0,15 \times T_{antebraço\ post\ dir} + 0,33 \times T_{coxa\ ant\ dir} + 0,18 \times T_{perna\ post\ dir}$$

Por último, para a caracterização da amostra foram realizadas medidas de dobras cutâneas tríceps, supra-iliaca e coxa média, além da massa corporal e estatura. Todos os procedimentos antropométricos foram realizados conforme as orientações metodológicas propostas pela *International Society for Advancement in Kinanthropometry*(ISAK) (34). Para o cálculo da estimativa da densidade corporal foram utilizadas as equações do somatório de três dobras desenvolvidas por Jackson e Pollock (25) e, para o percentual de gordura a equação de Siri (26). Os registros antropométricos da amostra foram realizados no dia da coleta das imagens termográficas, logo após o primeiro registro de imagens, antes da primeira refeição e no próprio local onde ocorria a dinâmica de coleta de dados.

### 5.3.3 Equipamentos

O registro da temperatura e umidade relativa da sala utilizada para coleta das imagens termográficas foi através do termohigrômetro ITHT-2200 com escala de -10°C a 50° C para temperatura e precisão de 1° C, enquanto que para umidade correspondeu a 5% de precisão e faixa escalar de 20 a 90%. As condições de refrigeração da sala foram por meio do condicionador de ar Consul® 10.000 BTUs Quente/Frio CCO10B.

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 $\mu\text{m}$  a 14 $\mu\text{m}$ , taxa de atualização de 9Hz e Sistema FPA (Focal Plane Array) de 160 x 120 pixels. As imagens termográficas foram analisadas utilizando o software Smartview®, Versão 2.1. adotando um grau de emissividade de 0.98 (35, 36).

As dobras cutâneas foram obtidas com plicômetro Lange® (EUA), com resolução de 1mm. A massa corporal e a estatura foram aferidos por meio da balança R-110 Welmy® (BRASIL), calibrados sempre antes do seu uso. Empregou-se o sistema de informática Avaesporte® para cadastro dos dados antropométricos e cálculo da composição corporal.

### 5.3.4 Análise estatística

Devido ao tamanho amostral ( $n \geq 20$ ), foram inicialmente utilizados os testes de normalidade (Shapiro-Wilk test) e homogeneidade das variâncias (F-test). Tendo em vista que os resultados desses testes apontaram que os dados são normais, foi realizada uma estatística descritiva com valores médios e desvio padrão de cada RCI.

Posteriormente foi empregado ANOVA One Way com medidas repetidas seguido pelo teste *post-hoc* de Tukey para determinar a diferença significativa entre os diferentes horários do dia em cada RCI. O nível de significância de  $p < 0,05$  foi adotado em todos os cálculos, assim como, também foi utilizado o cálculo percentual para estimar a distribuição de casos de menor e maior  $T_{pele}$  nas diferentes horas do dia em cada RCI. Empregou-se o programa Sigmaplot, versão 11, para todos os testes estatísticos.

## 5.4 RESULTADOS

A figura 3 apresenta os valores médios de  $T_{pele}$  e as figuras 4 e 5 apresentam os valores médios, desvio padrão e as variações da  $T_{pele}$  das RCI anteriores e posteriores nos diferentes períodos do dia. A figura 4 apresenta as RCI anteriores e a figura 5 apresenta as RCI posteriores. As mãos direita e esquerda anteriores e posteriores foram as regiões que apresentaram maiores diferenças nos valores de  $T_{pele}$  entre o horário de 7h e 23h com variações de 3,1 e 3,0°C e 2,7 e 3,0°C respectivamente. A região do peitoral na face anterior e as regiões do braço e escápulas na face posterior foram as RCI que apresentaram maior

número de diferenças estatísticas entre os cinco horários avaliados. As médias apresentam menores valores nas regiões distais, mão e antebraço, e também nas regiões das coxas anteriores e posteriores em comparação às regiões do peitoral, abdômen, escápulas e dorsal inferior, e a região do peitoral apresenta os menores valores de desvio padrão.

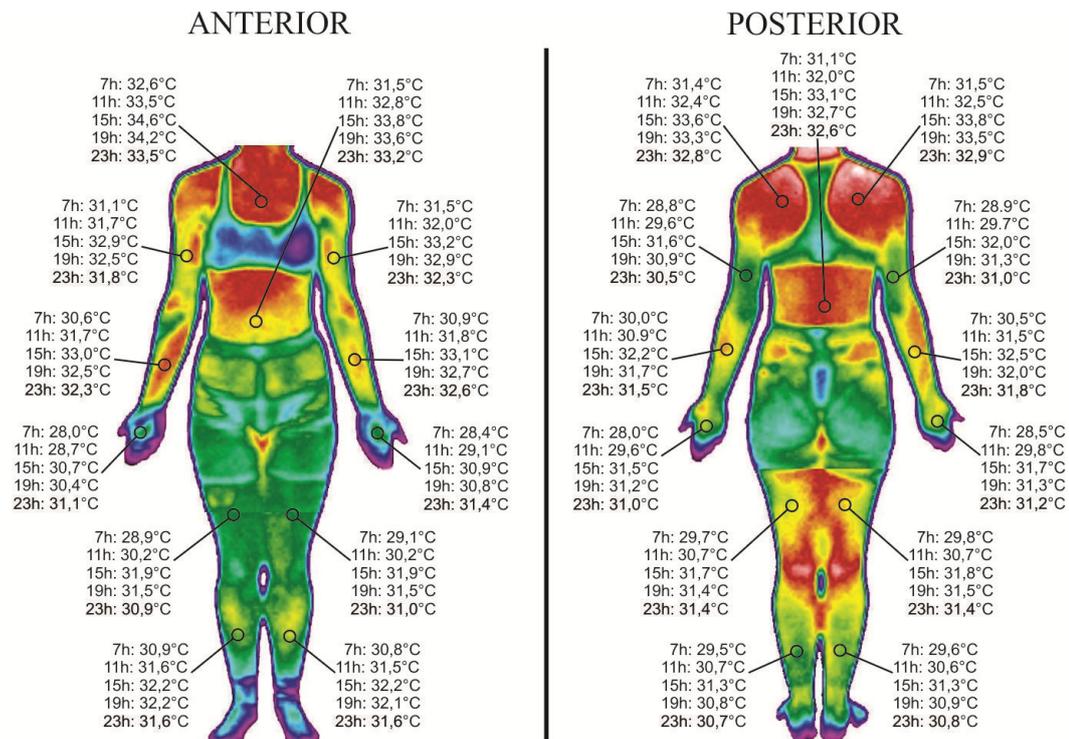


Figura 3: Média da  $T_{pele}$  (°C) de mulheres ( $n = 20$ ) das RCI anteriores e posteriores nos diferentes períodos do dia.

Nas RCI antebraço, braço, coxas e pernas posteriores e anteriores, escápulas, abdominal e peitoral, a  $T_{pele}$  nos períodos de 11h, 15h, 19h e 23h foram todas diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) do período de 7h, mostrando um aumento da  $T_{pele}$  no período da manhã e uma variação após o período de 11h, porém a  $T_{pele}$  da braço direito posterior não foi diferente significativamente ( $p > 0,05$ ) entre os períodos de 11h e 7h.

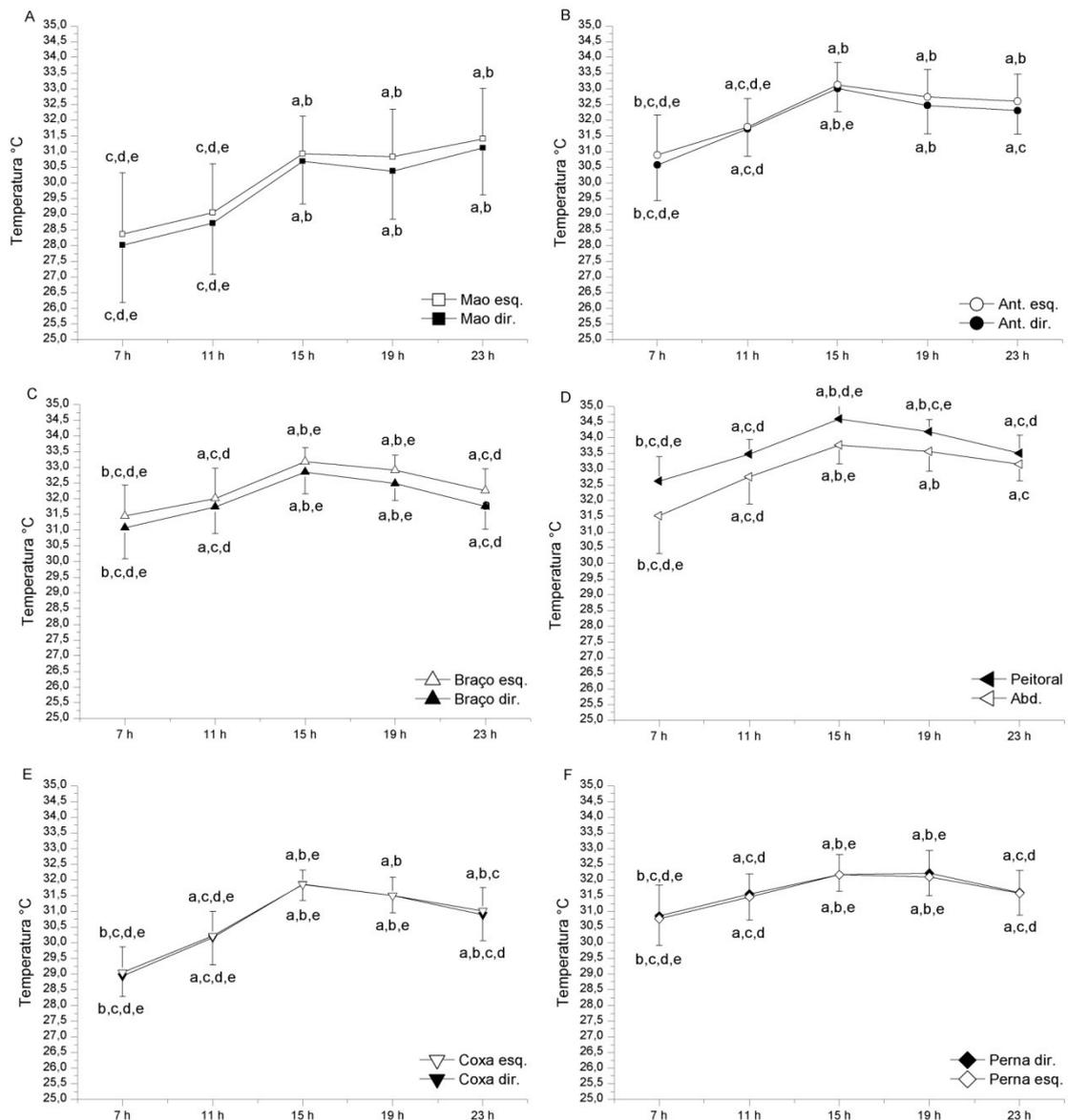


Figura 4: Média da  $T_{pele}$  de mulheres ( $n = 20$ ) das RCI anteriores; mão direita e esquerda (A), antebraço direito e esquerdo (B), braço direito e esquerdo (C), peitoral e abdominal (D), coxa direita e esquerda (E), perna direita e esquerda (F). (a) Diferença significativa em relação à 7h. (b) Diferença significativa em relação à 11h. (c) Diferença significativa em relação à 15h. (d) Diferença significativa em relação à 19h. (e) Diferença significativa em relação à 23h ( $p < 0,05$ ).

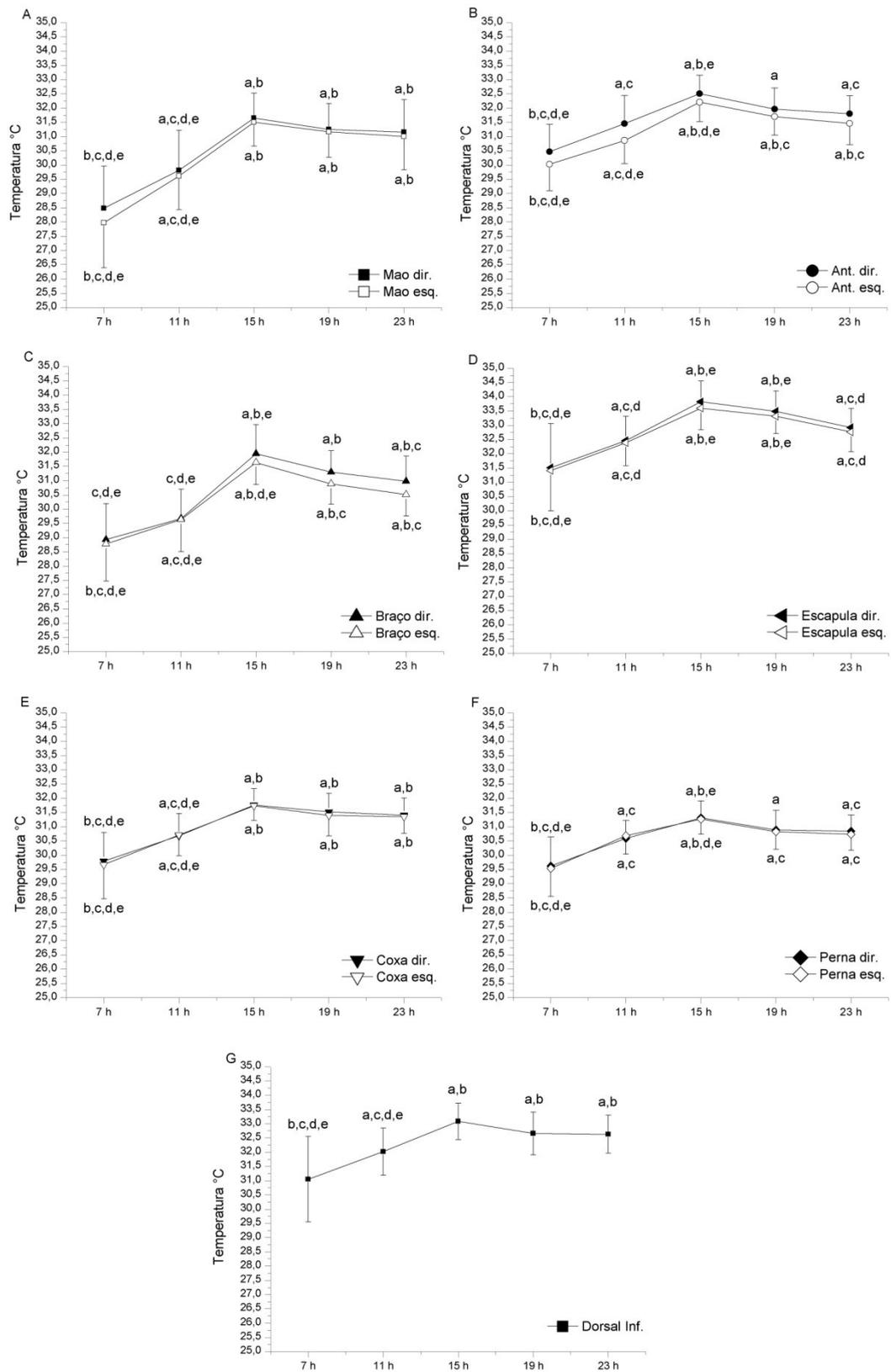


Figura 5: Média da  $T_{pele}$  de mulheres ( $n=31$ ) das RCI posteriores; mão direita e esquerda (A), antebraço direito e esquerdo (B), braço direito e esquerdo (C), escápula direita e esquerda (D), coxa direita e esquerda (E), perna direita e esquerda (F), dorsal inferior (G). (a) Diferença significativa em relação à 7h. (b) Diferença significativa em relação à 11h. (c) Diferença significativa em relação à 15h. (d) Diferença significativa em relação à 19h. (e) Diferença significativa em relação à 23h ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2A: Distribuição percentual de casos de menor  $T_{pele}$  registrada nas diferentes horas do dia em cada região corporal de interesse (RCI) (n=20).

RCI	RCI Anterior					RCI Posterior				
	7h	11h	15h	19h	23h	7h	11h	15h	19h	23h
Mão direita	70%	30%	0%	0%	0%	80%	10%	0%	0%	10%
Mão esquerda	60%	35%	0%	0%	5%	85%	5%	0%	0%	10%
Antebraço direito	85%	10%	0%	5%	0%	65%	30%	0%	5%	0%
Antebraço esquerdo	85%	5%	0%	0%	10%	75%	20%	0%	0%	5%
Braço direito	65%	30%	0%	0%	5%	70%	25%	0%	0%	5%
Braço esquerdo	60%	30%	0%	0%	10%	70%	30%	0%	0%	0%
Coxa direita	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Coxa esquerda	95%	0%	0%	0%	5%	100%	0%	0%	0%	0%
Perna direita	85%	10%	0%	0%	5%	85%	5%	0%	5%	5%
Perna esquerda	90%	5%	0%	0%	5%	90%	10%	0%	0%	0%
Abdominal	100%	0%	0%	0%	0%					
Peitoral	100%	0%	0%	0%	0%					
Dorsal Inferior						90%	5%	0%	0%	5%
Escápula direita						85%	10%	0%	0%	5%
Escápula esquerda						90%	10%	0%	0%	0%

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2B: Distribuição percentual de casos de maior  $T_{pele}$  registrada nas diferentes horas do dia em cada região corporal de interesse (RCI) (n=20).

RCI	RCI Anterior					RCI Posterior				
	7h	11h	15h	19h	23h	7h	11h	15h	19h	23h
Mão direita	0%	0%	35%	15%	50%	0%	0%	55%	15%	30%
Mão esquerda	0%	0%	25%	20%	55%	0%	0%	50%	15%	35%
Antebraço direito	0%	0%	65%	25%	10%	0%	5%	65%	25%	5%
Antebraço esquerdo	0%	0%	70%	10%	20%	0%	0%	80%	10%	10%
Braço direito	0%	5%	70%	20%	5%	0%	0%	60%	30%	10%
Braço esquerdo	0%	0%	70%	20%	10%	0%	5%	70%	25%	0%
Coxa direita	0%	0%	60%	20%	20%	0%	0%	55%	30%	15%
Coxa esquerda	0%	0%	65%	25%	10%	0%	0%	60%	30%	10%
Perna direita	0%	0%	35%	50%	15%	0%	5%	60%	15%	20%
Perna esquerda	0%	5%	55%	35%	5%	0%	10%	65%	15%	10%
Abdominal	0%	5%	60%	15%	20%					
Peitoral	0%	0%	95%	5%	0%					
Dorsal Inferior						0%	0%	55%	30%	15%
Escápula direita						0%	0%	65%	35%	0%
Escápula esquerda						0%	0%	65%	35%	0%

Fonte: Dados da pesquisa

As tabelas 2A e 2B demonstram a distribuição percentual de casos de menor e maior  $T_{pele}$  nas diferentes horas do dia em cada RCI. A tabela 2A mostra que todas as RCI analisadas, tanto anteriores quanto posteriores, apresentaram uma maior frequência de menores  $T_{pele}$  no período de 7h com destaque para as regiões abdominal e peitoral, face anterior e coxas face posterior, onde todos os registros mínimos foram obtidos às 7h. É possível também observar que a região de membros superiores quanto à distribuição de menores temperaturas foi mais heterogêneo que a de membros inferiores.

A tabela 2B mostra que nenhuma das avaliadas teve maiores valores  $T_{pele}$  às 7h e das 25 RCI analisadas, em apenas 7 RCI foram mensurados maiores valores às 11h. O horário das 15h foi o que concentrou os maiores valores de  $T_{pele}$ , com exceção da região anterior das mãos e perna direita anterior.

Com exceção das mãos e antebraço anteriores, a redução de  $T_{pele}$  após o período de 15h foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) na região anterior dos braços, peitoral, abdominal, coxas e pernas anteriores, enquanto que na face posterior esse comportamento se repetiu nos antebraços, braços, escápulas e pernas. A maior diferença absoluta em  $^{\circ}\text{C}$  entre 15h e 23h ocorreu na região anterior e posterior dos braços com 1,1 e 0,9 $^{\circ}\text{C}$  no hemicorpo direito e 1,0 e 1,1 $^{\circ}\text{C}$  no hemicorpo esquerdo. Já a menor diferença ocorreu nas coxas posteriores com 0,4 $^{\circ}\text{C}$  de diferença.

A comparação da bilateralidade entre a diferença de  $T_{pele}$  dos hemicorpos direito e esquerdo está representada na tabela 3. Os membros inferiores, coxa e perna, tanto anteriores quanto posteriores, demonstram menores diferenças entre os hemicorpos, não sendo encontrada nenhuma ou apenas 0,1 $^{\circ}\text{C}$  ao longo do dia; já os membros superiores demonstraram maiores diferenças, mas não superando 0,6 $^{\circ}\text{C}$ .

Tabela 3: Comparação da diferença da  $T_{pele}$  entre os hemisferos direito e esquerdo.

RCI*	Região Anterior					Região Posterior				
	7 h	11 h	15 h	19 h	23 h	7 h	11 h	15 h	19 h	23 h
Mão (°C)	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1
Antebraço (°C)	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	0,6	0,3	0,3	0,3
Braço (°C)	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,1	0,0	0,3	0,4	0,5
Coxa (°C)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
Perna (°C)	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
Escápula (°C)						0,1	0,1	0,2	0,2	0,2

\*RCI = região corporal de interesse.

Fonte: Dados da pesquisa.

A figura 6 apresenta os valores de temperatura média da pele ( $TM_{pele}$ ) obtidos através da utilização das  $T_{pele}$  de quatro RCI (abdômen, coxa direita anterior, antebraço direito posterior e perna direita posterior). Os resultados mostram que a  $TM_{pele}$  no horário de 7h é diferente estatisticamente ( $p < 0,05$ ) dos demais horários. Menores valores de  $TM_{pele}$  foram obtidos no início da manhã com aumentos no período da tarde e um pico de temperatura às 15h. Após esse período ocorre uma queda da  $TM_{pele}$ , apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre 15h e 23h.

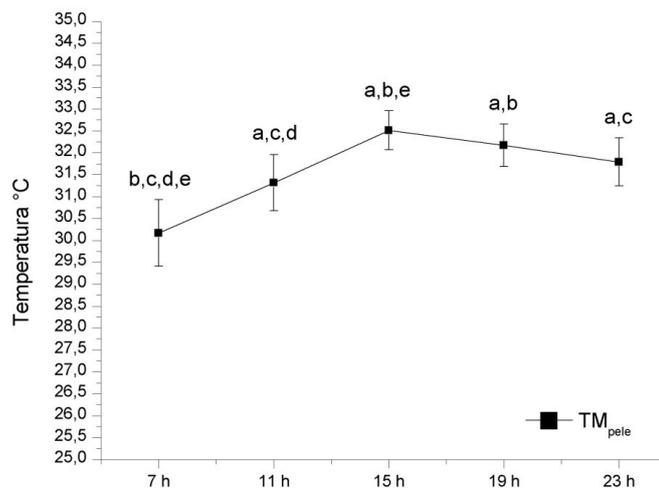


Figura 6: Temperatura Média da pele ( $TM_{pele}$ ) calculada com a  $T_{pele}$  de 4 RCI através da fórmula:  $TM_{pele} = 0,34 \times T_{abdomen} + 0,15 \times T_{antebraço\ post\ dir} + 0,33 \times T_{coxa\ ant\ dir} + 0,18 \times T_{perna\ post\ dir}$ . (a) Diferença significativa em relação à 7 h. (b) Diferença significativa em relação à 11 h. (c) Diferença significativa em relação à 15 h. (d) Diferença significativa em relação à 19 h. (e) Diferença significativa em relação à 23 h ( $p < 0,05$ ).

## 5.5 DISCUSSÃO

Os registros de  $T_{pele}$  obtidos através da TIR ao longo do dia em mulheres apontam haver diferenças significativas em todas as RCI analisadas, o que mostra similaridade com outros estudos que também observaram esse comportamento ao longo do dia, porém, utilizando outros métodos de mensuração, sendo exemplos, a  $T_{retal}$  (16),  $T_{axilar}$  (17),  $T_{gastrointestinal}$  (18),  $T_{oral}$  (19) e  $T_{pele}$  (20). Diferente da maior parte dos estudos citados anteriormente que monitoraram apenas um local, em sua maioria a temperatura interna, o presente estudo pode tornar evidente que essas variações apresentadas ao longo do dia ocorrem em diferentes magnitudes conforme a RCI, e não de forma igualitária em toda a superfície corporal. Assim que, diante das variações estatísticas apresentadas, parece ser clara que cada região corporal responde de forma específica de acordo com o horário do dia (Figura 4 e 5). Cabe ainda ressaltar que, quando se considera os respectivos dimídios corporais, o comportamento da variação térmica diária é similar.

A tabela 2A aponta para um comportamento interessante sobre os menores registros térmicos observados. Às 7h da manhã houve a concentração na totalidade dos registros de menor temperatura ao longo do dia na região anterior da coxa direita, peitoral e abdômen, enquanto que na região posterior observou-se esse comportamento na coxa direita e esquerda. Todas as 25 RCI analisadas apresentaram valores médios mais baixos de  $T_{pele}$  às 7h, indicando ser um comportamento consistente, independentemente da RCI.

Os trabalhos de Monk *et al.* (16) empregando a  $T_{retal}$  em adultos jovens e idosos, Edwards *et al.* (19) que utilizaram termômetro clínico sublingual e Pronina & Ribakov (20) que obtiveram a  $T_{pele}$  através de um sensor fixado no ombro de crianças e adultos jovens são exemplos de trabalhos que empregaram diferentes técnicas de registro de controle térmico e

também apresentaram menor temperatura no período da manhã, seguida de aumento no turno da tarde. Sendo assim, a similaridade dos nossos achados com os resultados desses trabalhos indicam que a técnica de TIR pode ser uma importante ferramenta para avaliar as variações térmicas não somente do corpo de forma geral, mas principalmente em determinadas regiões corporais, através da análise local. Esses estudos são importantes pois permite que se estabeleça que a  $T_{pele}$  é dinâmica e varia em função do horário do dia, sendo assim necessário estabelecer uma faixa de normalidade, visando caracterizar um estado de hipo ou hipertermia.

O pico de  $T_{corporal}$  aproximadamente às 17h foi observado por outros autores através da  $T_{pele}$  das regiões proximais e  $T_{retal}$  (37), bem como através da  $T_{oral}$  (19), sendo esse horário próximo ao encontrado no presente estudo, em que 23 das 25 RCI analisadas apresentaram pico de maior temperatura às 15h. Apenas a região anterior das mãos apresentou uma maior  $T_{pele}$  no período de 23h. Estatisticamente, também se pode considerar a existência de um platô térmico entre 15h e 23h para as RCI mãos anteriores (figura 4A), antebraço esquerdo anterior (figura 4B), mãos e coxas posteriores (figura 5A, 5E) e dorsal inferior (figura 5G). Considerando esse platô térmico, poderia ser interessante propor a realização do treinamento de força ou de flexibilidade nessa faixa horária, pois tem sido relacionado com um melhor nível de treinamento em função do pico da  $T_{corporal}$  ao longo do dia (38).

As maiores variações da  $T_{pele}$  podem ser observadas ao comparar os períodos da manhã com os períodos da tarde e noite. Waterhouse *et al.*(39) demonstram valores mínimos de  $T_{corporal}$  às 5h e entre 14 e 20h não encontraram grandes variações de temperatura e ainda, que tais mudanças refletem os efeitos combinados do relógio biológico, sono, atividade física e mental (39).

As variações diárias da  $T_{pele}$  encontradas em nosso estudo sugerem diferentes ajustes termogênicos em função das RCI. Apesar da ocorrência das variações registradas ao longo do dia nas RCI centrais, foram, nas extremidades e principalmente nas mãos (figura 4A e 5A),

que se registraram as maiores diferenças. Quando se compara a temperatura registrada às 7h frente às 23h se obtém uma menor variação da  $T_{pele}$  nas regiões centrais. A RCI do peito (2,71%), escápula direita e esquerda (4,46 e 4,41%) e abdômen (5,22%), tiveram pequenos aumentos, assim como as RCI das pernas anteriores (2,41 e 2,64%) e posteriores (4,12 e 4,05%) e os braços anteriores (2,20 e 2,58%). Já nas mãos os aumentos na  $T_{pele}$  anterior direita e esquerda foram de 11,03 e 10,61%, enquanto na região posterior direita e esquerda houve um aumento respectivamente de 9,35 e 10,83%. Essas variações mais amplas podem ser justificadas pelo fato das mãos serem zonas que possuem uma maior função vasomotora de perda de calor (40).

Mesmo com a ocorrência de variações e aumentos da  $T_{pele}$  nas RCI localizadas no tronco (peitoral, abdominal, dorsal inferior e escápulas), a  $T_{pele}$  dessas regiões não chegaram a ser superadas pelos aumentos da  $T_{pele}$  nas RCI distais ao longo do dia. Uma causa de maior temperatura na RCI central pode estar associada à concentração dos grandes órgãos na região abdominal e torácica que, em condições de repouso, são os principais produtores de calor (41). Outros estudos também apontaram maiores valores de  $T_{pele}$  em abdômen de crianças (42), adultos e idosos (43). Esses resultados são importantes por indicar que a TIR demonstra ser sensível ao captar esse tipo de comportamento da distribuição de calor corporal com apenas um registro de imagem térmica, indicando maior temperatura na região central e menor nas extremidades.

O nível de atividade tônica das fibras vasoconstritoras simpáticas é dependente das condições ambientais. Em ambiente frio é identificada significativa atividade simpática nessas fibras, enquanto que, em ambiente mais quente, ocorre pouca ou nenhuma atividade vasoconstritora (44). Portanto, é necessário o controle da temperatura ambiente ( $T_a$ ) para diminuir possíveis interferências e alterações no fluxo sanguíneo da pele, e conseqüentemente, evitar a influência sobre as variações circadianas da  $T_{pele}$ , ou mesmo,

influenciar valores de  $T_{pele}$  utilizados para identificar, por exemplo, a diferença contralateral nos membros superiores ou inferiores. No presente estudo a  $T_a$  foi controlada ( $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ) mantendo-se constante ao longo de todo o dia, de forma a permitir uma reprodução das condições de avaliação. Cabe também destacar que as avaliadas mantinham um tempo mínimo de aclimação de 10min (45).

A distribuição da  $T_{pele}$  deve exibir simetria contralateral entre mãos, antebraços, braços, coxas e pernas (46). Essa simetria parece também ocorrer ao longo do dia, pois os resultados do presente estudo apresentaram um equilíbrio da  $T_{pele}$  nos hemicorpos, através de um comportamento similar na resposta da variabilidade térmica bilateral nas RCI analisadas, que podem ser justificadas em função da estimulação nervosa equilibrada responsáveis por ajustes termorregulatórios dos hemicorpos. Um exemplo desse equilíbrio da bilateralidade térmica toma como base que apenas a região do antebraço posterior no período de 11h (tabela 3) obteve diferença superior ( $0,6^\circ\text{C}$ ) aos  $0,5^\circ\text{C}$  proposto por Niu *et al.* (43) como crítico para ser caracterizado como assimetria térmica.

Devido às grandes variações da  $T_{pele}$  apresentadas ao longo do dia, o uso profissional da TIR para acompanhamento longitudinal da  $T_{pele}$  deverá ser realizado sempre no mesmo horário do dia e com o registro da hora em que foi realizada a imagem, evitando, assim, erros de interpretação na análise da imagem termográfica, já que a TIR vem sendo utilizada no esporte (24) para se detectar uma possível diferença contralateral da  $T_{pele}$  dos hemicorpos direito e esquerdo com o objetivo de anteceder um estado lesional (47).

A temperatura média da pele ( $TM_{pele}$ ) é uma estimativa que é obtida mediante a um número determinado de sítios de temperatura sobre a pele e é frequentemente utilizada para comparar e estabelecer uma relação com  $T_{corporal}$  (48). A  $TM_{pele}$  calculada pela fórmula modificada para técnica de TIR proposta por Choi *et al.* (33) apresenta variações ao longo do dia (figura 6), confirmando também ser necessário estabelecer um mesmo horário do dia para

obter as imagens térmicas do sítios utilizados na fórmula para estimar a  $TM_{pele}$ , mesmo quando se utiliza o somatório de pontos analisados.

Podem ser consideradas como limitações desse estudo a ausência do registro de  $T_{pele}$  no período noturno de sono, entre 3-4h, o que possibilitaria totalizar o ciclo diário, a mensuração da temperatura interna através da técnica retal ou gastrointestinal e um maior controle do ciclo menstrual, o que permitiria uma maior compreensão dos resultados obtidos. Contudo, os hormônios menstruais parecem agir centralmente deslocando para cima o limiar termorregulador hipotalâmico durante FL (49), provavelmente devido às propriedades termogênicas da progesterona (50). Essas modificações que estão associadas ao período do ciclo menstrual ocasionam aumentos significativos da  $T_{corporal}$  durante a FL em comparação com a FF (13). Shechter *et al.* (13) relatam que mesmo a amplitude circadiana da  $T_{corporal}$  sendo reduzida durante a FL, seus estudos demonstram que a amplitude, a fase circadiana, os níveis de  $T_{pele}$  distal, o gradiente de temperatura centro-distal e a melatonina não são afetados pela fase do ciclo menstrual. O autor ainda relata que outros estudos também não encontraram diferença na  $T_{pele}$  em repouso e no fluxo sanguíneo do antebraço durante diferentes fases do ciclo menstrual, porém, esses estudos não registraram a temperatura ao longo do dia (13).

A inexistência de estudos semelhantes dificulta a comparação dos nossos resultados, mas atribui ao estudo o pioneirismo em estabelecer a variação circadiana termográfica da  $T_{pele}$  de mulheres. Tendo em vista a complexidade de respostas termorregulativas frente a outros fatores tanto internos como externos, sugere-se que novos trabalhos investiguem o perfil termográfico diário da  $T_{pele}$  em mulheres de diferentes grupos etários e, em especial, mulheres na fase da menopausa. Futuros trabalhos utilizando a termografia para análise de  $T_{pele}$  devem conter em sua metodologia os horários de realização das imagens termográficas.

## 5.6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e no perfil da amostra conclui-se que a  $T_{pele}$  e a  $TM_{pele}$  de mulheres militares possuem uma variação ao longo do dia com as RCI bilaterais apresentando um mesmo comportamento térmico com variações específicas em função da RCI avaliada. Tipicamente se observa que no período da manhã, às 7h, registram-se as  $T_{pele}$  mais baixas, enquanto que às 15h as  $T_{pele}$  mais altas.

## 5.7 REFERÊNCIAS

1. Vitaterna MH, Takahashi JS, Turek FW. Overview of circadian rhythms. *Alcohol Res Health*. 2001;25(2):85-93.
2. Garaulet M, Madrid JA. Chronobiology, genetics and metabolic syndrome. *Curr Opin Lipidol*. 2009;20(2):127-34.
3. Aschoff J. Circadian Control of Body-Temperature. *J Therm Biol*. 1983;8(1-2):143-7.
4. Druyan A, Makranz C, Moran D, Yanovich R, Epstein Y, Heled Y. Heat tolerance in women--reconsidering the criteria. *Aviat Space Environ Med*. 2012;83(1):58-60.
5. Kingma B, Frijns A, van Marken Lichtenbelt W. The thermoneutral zone: implications for metabolic studies. *Front Biosci (Elite Ed)*. 2012;4:1975-85.
6. Gagnon D, Kenny GP. Sex modulates whole-body sudomotor thermosensitivity during exercise. *J Physiol*. 2011;589(Pt 24):6205-17.
7. Kaciuba-Uscilko H, Grucza R. Gender differences in thermoregulation. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2001;4(6):533-6.
8. Ichinose-Kuwahara T, Inoue Y, Iseki Y, Hara S, Ogura Y, Kondo N. Sex differences in the effects of physical training on sweat gland responses during a graded exercise. *Exp Physiol*. 2010;95(10):1026-32.
9. Gagnon D, Jay O, Lemire B, Kenny GP. Sex-related differences in evaporative heat loss: the importance of metabolic heat production. *Eur J Appl Physiol*. 2008;104(5):821-9.
10. Charkoudian N, Joyner MJ. Physiologic considerations for exercise performance in women. *Clin Chest Med*. 2004;25(2):247-55.
11. Sund-Levander M, Grodzinsky E, Loyd D, Wahren LK. Errors in body temperature assessment related to individual variation, measuring technique and equipment. *Int J Nurs Pract*. 2004;10(5):216-23.
12. Flouris AD, Cheung SS. The validity of tympanic and exhaled breath temperatures for core temperature measurement. *Physiol Meas*. 2010;31(5):N35-42.
13. Shechter A, Boudreau P, Varin F, Boivin DB. Predominance of distal skin temperature changes at sleep onset across menstrual and circadian phases. *J Biol Rhythms*. 2011;26(3):260-70.
14. Racinais S. Different effects of heat exposure upon exercise performance in the morning and afternoon. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(3):80-9.
15. Charkoudian N, Johnson JM. Female reproductive hormones and thermoregulatory control of skin blood flow. *Exerc Sport Sci Rev*. 2000;28(3):108-12.

16. Monk TH, Buysse DJ, Reynolds CF, 3rd, Kupfer DJ, Houck PR. Circadian temperature rhythms of older people. *Exp Gerontol.* 1995;30(5):455-74.
17. Thomas KA, Burr R, Wang SY, Lentz MJ, Shaver J. Axillary and thoracic skin temperatures poorly comparable to core body temperature circadian rhythm: results from 2 adult populations. *Biol Res Nurs.* 2004;5(3):187-94.
18. Hoffmann ME, Rodriguez SM, Zeiss DM, Wachsberg KN, Kushner RF, Landsberg L, et al. 24-h core temperature in obese and lean men and women. *Obesity.* 2012;20(8):1585-90.
19. Edwards B, Waterhouse J, Reilly T. Circadian rhythms and their association with body temperature and time awake when performing a simple task with the dominant and non-dominant hand. *Chronobiol Int.* 2008;25(1):115-32.
20. Pronina TS, Rybakov BP. Features of the circadian rhythm of temperature of the skin at children of 8-9 years and young men and girls. *Fiziol Cheloveka.* 2011;37(4):98-104.
21. McArdle W, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano.* 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.
22. Khorshid L, Eser I, Zaybak A, Yapucu U. Comparing mercury-in-glass, tympanic and disposable thermometers in measuring body temperature in healthy young people. *J Clin Nurs.* 2005;14(4):496-500.
23. 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;29(6):257-67.
24. Fernandes AA, Amorim PRS, Primola-Gomes TN, Sillero-Quinata M, Fernandez-Cuevas I, Silva RG, et al. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia por radiação infravermelha: uma revisão sistemática. *Rev And Med Deporte.* 2012;5:113-7.
25. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12(3):175-81.
26. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition.* 1993;9(5):480-91.
27. Hallal PC, Victora CG, Wells JC, Lima RC. Physical inactivity: prevalence and associated variables in Brazilian adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(11):1894-900.
28. Moreira DG. *Termografia corporal em repouso de homens e mulheres.* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2011.
29. Norton K, Norton L, Sadgrove D. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *J Sci Med Sport.* 2010;13(5):496-502.
30. Ring EF, Kurt A. *Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine.* Medical Devices and Systems: CRC Press; 2006. p. 36:1-14.

31. Costa CM, Moreira DG, Fernandes AA, Silva FS, Rezende CM, Marins JCB. Comparação termográfica da temperatura da pele em membros inferiores de jovens futebolistas. *R Bras Ci e Mov.* 2011;19(4):68.
32. Rezende CM, Brito IS, Silva FS, Fernandes AA, Moreira DG, Costa CM, et al. Resposta termográfica da pele durante treinamento de caratê. *R Bras Ci e Mov.* 2011;19(4):221.
33. Choi JK, Miki K, Sagawa S, Shiraki K. Evaluation of mean skin temperature formulas by infrared thermography. *Int J Biometeorol.* 1997;41(2):68-75.
34. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. International standards for anthropometric assessment (ISAK). Australia2006.
35. Steketee J. Spectral emissivity of skin and pericardium. *Phys Med Biol.* 1973;18(5):686-94.
36. Jones BF. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *IEEE Trans Med Imaging.* 1998;17(6):1019-27.
37. Krauchi K, Wirz-Justice A. Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men. *Am J Physiol.* 1994;267(3 Pt 2):819-29.
38. Drust B, Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. Circadian rhythms in sports performance - An update. *Chronobiol Int.* 2005;22(1):21-44.
39. Waterhouse J, Drust B, Weinert D, Edwards B, Gregson W, Atkinson G, et al. The circadian rhythm of core temperature: origin and some implications for exercise performance. *Chronobiol Int.* 2005;22(2):207-25.
40. Machado-Moreira CA, Caldwell JN, Mekjavic IB, Taylor NA. Sweat secretion from palmar and dorsal surfaces of the hands during passive and active heating. *Aviat Space Environ Med.* 2008;79(11):1034-40.
41. Campbell I. Body temperature and its regulation. *Anaesth Intens Care Med.* 2011;12(6):240-4.
42. Kolosovas-Machuca ES, Gonzalez FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Res Technol.* 2011;17(3):1-6.
43. 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;64(8):459-68.
44. Johnson JM, Kellogg DL, Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Front Biosci (Schol Ed).* 2010;2:825-53.

45. Marins JCB, Moreira DG, Fernandes AA, Silva FS, Costa CM, Amorim PRS, et al. Time to stabilization of thermographic images at rest. 12th European Congress of Thermology; Porto: Thermology International. Viena: European Association of Thermology; 2012. p. 118-8.
46. Herry CL, Frize M. Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging. *Biomed Eng Online*. 2004;28;3(1):19.
47. 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.
48. Wakamura T, Tokura H. Circadian rhythm of rectal temperature in humans under different ambient temperature cycles. *J Therm Biol*. 2002;27(5):439-47.
49. Baker FC, Driver HS, Paiker J, Rogers GG, Mitchell D. Acetaminophen does not affect 24-h body temperature or sleep in the luteal phase of the menstrual cycle. *J Appl Physiol*. 2002;92(4):1684-91.
50. Cagnacci A, Arangino S, Tuveri F, Paoletti AM, Volpe A. Regulation of the 24h body temperature rhythm of women in luteal phase: role of gonadal steroids and prostaglandins. *Chronobiol Int*. 2002;19(4):721-30.

## 4.8 ANEXO 1

<b>Termo de Consentimento</b>
-------------------------------

AVALIADO: \_\_\_\_\_ MAT.: [ \_\_\_\_\_ ]



**FORMULÁRIO DE TERMO DE CONSENTIMENTO**

1. O professor de educação física e 2º Ten. QCOA EFI Carlos Magno Amaral Costa requisitou minha participação em um estudo de pesquisa nesta instituição.
2. Fui informado que o propósito da pesquisa é analisar a temperatura da pele de homens e mulheres na condição de repouso durante um ciclo de 24 h.
3. Minha participação vai envolver avaliação antropométrica, da temperatura e composição corporal com duração de 5 sessões.
4. Caso concorde em participar deste estudo, estou ciente de que não há desconfortos previstos.
5. Estou ciente de que os benefícios da minha participação na pesquisa são avaliação da composição corporal total e por regiões, que permite identificar indivíduos com potencial risco de doenças relacionadas à obesidade. Além disso, o mapeamento da temperatura corporal pode identificar lesões e problemas circulatórios ao detectar alterações na temperatura em determinado segmento corporal. Esses resultados podem indicar uma manutenção ou alteração do meu estilo de vida atual.
6. Eu estou ciente de que os resultados deste estudo de pesquisa podem ser publicados, mas que o meu nome ou identidade não serão revelados.
7. Fui informado de que não serei recompensado pela minha participação.
8. Fui informado de que todas as perguntas relativas ao estudo de pesquisa ou à minha participação nele, antes ou depois do meu consentimento, serão respondidas pelo 2º Ten. QCOA EFI Carlos Magno Amaral Costa, cujo endereço é: Escola de Especialistas de Aeronáutica, Av. Brigadeiro Adhemar Lyrio, S/N, Guaratinguetá-SP e telefone de contato (12) 2131-7669 (SEF/CA).
9. Li as informações acima. Recebi as explicações sobre natureza, as demandas, os riscos e os benefícios do projeto. Assumo e estou ciente de que posso retirar meu consentimento e interromper minha participação a qualquer momento, sem penalidades nem perda do meu benefício. Ao assinar este formulário de consentimento, não abro mão de qualquer reivindicação, direito ou reparação.

Assinatura do participante \_\_\_\_\_

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

13. Certifico que expliquei ao participante a natureza e o propósito e os potenciais benefícios e possíveis riscos associados à participação neste estudo de pesquisa e que respondi a todas as perguntas feitas e testemunhei a assinatura acima.

14. Os elementos deste consentimento informado estão de acordo com a Garantia dada pela Universidade Federal de Viçosa ao Departamento de Educação Física para proteção dos direitos de participantes humanos.

Assinatura do pesquisador \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## 4.9 ANEXO 2

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:		
<b>Perguntas:</b>				
<p>1) Aplicou algum creme, gel ou Spray na Pele?</p> <p>2) Recebeu algum tratamento, terapia ou massagem?</p> <p>3) Realizou exercícios nas últimas 6 horas?</p> <p>4) Teve relações sexuais nas últimas 12 horas?</p> <p>5) Tomou café nas últimas 6 horas?</p> <p>6) Ingeriu bebida alcoólica nas últimas 6 horas?</p> <p>7) Tomou sol ou raios UVA antes da avaliação?</p> <p>8) Fumou nas últimas 6 horas?</p> <p>9) Tem tomando algum remédio?</p> <p>10) Tomou banho exatamente antes da avaliação?</p> <p>11) Quantos dias faz que teve seu último período menstrual?</p>				

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

A condução desse trabalho possibilitou algumas conclusões relacionadas aos métodos de mensuração e controle da  $T_{\text{central}}$  e a identificação da variação da  $T_{\text{pele}}$  utilizando a técnica de termografia ao longo do dia.

A  $T_{\text{retal}}$  e  $T_{\text{gastrointestinal}}$  parecem ser os métodos mais aplicados em exercício físico, visto que ambos oferecem uma similaridade na temperatura registrada durante o exercício. A  $T_{\text{retal}}$ , apesar de utilizada para mensuração da  $T_{\text{central}}$  em exercício físico, oferece desconforto ao avaliado, porém, nenhum método deverá ser excluído sem que antes sejam analisadas suas limitações, os objetivos do registro da  $T_{\text{central}}$  e o tipo de exercício físico realizado.

Tanto em homens como em mulheres militares, a  $T_{\text{pele}}$  de todas as 25 RCI analisadas e a  $TM_{\text{pele}}$  demonstraram variações ao longo do dia, com menores valores no início da manhã (7h), sendo que nas mulheres ficou demonstrado que houve um pico de temperatura no período da tarde e em relação aos homens durante o período da noite. As variações de temperatura observadas são específicas em função de cada RCI, ocorrendo períodos de estabilização térmica em algumas regiões e uma tendência ascendente da  $T_{\text{pele}}$  em todas as RCI ao longo do dia. As RCI bilaterais, mãos, antebraços, braços, coxas, pernas e escápulas, tanto na face anterior quanto na face posterior apresentam um mesmo comportamento térmico.

Com os resultados encontrados pode-se afirmar que pesquisas utilizando termografia devem conter em sua metodologia o horário de realização das imagens termográficas, uma vez que torna possível a comparação de valores de  $T_{\text{pele}}$  entre os estudos.