

ALEX DE ANDRADE FERNANDES

**TEMPERATURA DA PELE DURANTE O EXERCÍCIO: COMPARAÇÃO DE  
MÉTODOS**

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  
2013

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

T

F363t  
2013

Fernandes, Alex de Andrade, 1982-

Temperatura da pele durante o exercício : comparação de métodos / Alex de Andrade Fernandes. – Viçosa, MG, 2013. xvii, 97f. : il. (algumas color.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: João Carlos Bouzas Marins

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Exercícios físicos. 2. Exercícios aeróbicos. 3. Temperatura corporal - Regulação. 4. Radiação infravermelha - Tecnologia.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

II. Título.

CDD 22. ed. 613.71

ALEX DE ANDRADE FERNANDES

**TEMPERATURA DA PELE DURANTE O EXERCÍCIO: COMPARAÇÃO DE  
MÉTODOS**

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: 05 de abril de 2013.

---

Ciro José Brito

---

Manuel Sillero-Quintana

---

Paulo Roberto dos Santos Amorim  
Coorientador

---

João Carlos Bouzas Marins  
Orientador

*A Deus, a minha mãe Zilka Maria Andrade Fernandes a meu irmão Alessandro de Andrade Fernandes, e ao meu saudoso pai Concesso Feliz Fernandes.*

*Ao meu orientador João Carlos Bouzas Marins.*

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

*“Tenha coragem, vá em frente. Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importam quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.” Dalai Lama*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção nas estradas nos 35 mil quilômetros percorridos durante a realização o mestrado, pela vida, família e por todas as oportunidades concedidas até agora e pelas futuras. Muito especial a minha mãe, Dona Zilka pelo amor, carinho, atenção, confiança, apoio, cuidado é um exemplo de seriedade, honestidade, dedicação e de força até mesmo nos momentos mais difíceis da vida. Ao meu grande irmão, “paizão” Alessandro, que brilhantemente assumiu grande responsabilidade com a família a minha eterna gratidão pela ajuda, confiança, cobrança, exemplo e carinho.

Ao meu orientador e amigo João Carlos Bouzas Marins, primeiro pela confiança, por acreditar em meu potencial, pela oportunidade proporcionada, pela dedicação aos trabalhos, pelo exemplo e ensinamentos passados ano longo dos anos.

A Myrian pelo carinho, atenção, confiança e paciência durante todo este período. Aos diretores Giovane, e Edilamar pela confiança, respeito, compreensão, incentivo e amizade. Aos amigos “Sasá” e “Baculejo” pelo acolhimento em Viçosa.

Ao professor Paulo Amorim pelos ensinamentos e ajuda no desenvolvimento do trabalho. Ao Danilo por ter me apresentado a termografia. Ao Anselmo pela ajuda nas coletas. Ao amigo Bernado “Cabeça” pelo exemplo de pessoa e de raça. Ao Cristiano pela parceria e ajuda. A todos os companheiros de laboratório, Carlos, Fabrício, Rafael, Juscélia, Matheus, Ricardo e Pedro. Aos voluntários da pesquisa, e funcionários do LAPEH, meu muito obrigado!

Aos professores Péricles “Pequim”, Crisiano “Paredão” e Gilton pela iniciação ao handebol e pela bolsa de estudos no ensino médio no melhor colégio de Ipatinga que me deu base para ingressar na UFV. A todos os amigos do handebol.

Agradecimento especial ao meu saudoso pai Concesso e ao amigo “Marcão”.

## BIOGRAFIA

Alex de Andrade Fernandes, filho de Zilka e Concesso, nasceu em 05 de Outubro de 1982 na cidade de Coronel Fabriciano, MG.

Aos 13 anos de idade já integrava a equipe de competição adulta de handebol da cidade de Ipatinga-MG, onde atuou até o ano de 2003. Neste período conquistou diversos campeonatos, JIMI, mineiro em diferentes categorias dentre outros, e participou de competições nacionais de clubes e seleções.

Em 2002, ingressou-se no curso de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, na qual em Maio de 2006 graduou-se Bacharel e Licenciado em Educação Física.

Trabalhou em academia, foi proprietário e professor de estúdio personal trainer, ministrou aulas de Educação Física no serviço público municipal e trabalhou com iniciação esportiva, além de preparação física de diferentes modalidades, handebol, futebol e basquetebol.

Em 2007, ingressou-se no Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu em Fisiologia e Cinesiologia da Atividade Física da Universidade Gama Filho, na qual concluiu em 2008, obtendo o título de Especialista.

Em 2011, ingressou-se no Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Educação Física na Universidade Federal de Viçosa, na qual concluiu em 2013, obtendo o título de *Magister Scientiae*.

## SUMÁRIO

<b>Lista de abreviaturas.....</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de tabelas.....</b>	<b>xii</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>xiii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xvi</b>
<b>1 - Introdução geral.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 - Objetivos.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 - Referências.....</b>	<b>5</b>
<b>2 - Artigo 1 - Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 - Resumo.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 - Abstract.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 - Introdução.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 - Métodos.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 - Resultados.....</b>	<b>11</b>
<b>2.6 - Discussão.....</b>	<b>12</b>
<b>2.7 - Conclusões.....</b>	<b>16</b>
<b>2.8 - Referências.....</b>	<b>17</b>
<b>3 - Artigo 2 - Comportamento da temperatura da pele de diferentes regiões corporais pós-exercício de carga progressiva.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 - Resumo.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 - Introdução.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 - Métodos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 - Resultados.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5 - Discussão.....</b>	<b>31</b>
<b>3.6 - Conclusões.....</b>	<b>33</b>
<b>3.7 - Referências.....</b>	<b>34</b>

<b>4 - Artigo 3 - Comportamento da temperatura da pele em diferentes regiões corporais durante a realização de exercício de intensidade moderada.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 - Resumo.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 - Introdução.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3 - Métodos.....</b>	<b>41</b>
<b>4.4 - Resultados.....</b>	<b>49</b>
<b>4.5 - Discussão.....</b>	<b>54</b>
<b>4.6 - Conclusões.....</b>	<b>60</b>
<b>4.7 - Referências.....</b>	<b>61</b>
<b>5 - Artigo 4 - Mensuração da temperatura da pele durante os momentos pré-exercício, exercício, e pós-exercício: a comparação entre dois métodos.....</b>	<b>65</b>
<b>5.1 - Resumo.....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 - Introdução.....</b>	<b>66</b>
<b>5.3 - Métodos.....</b>	<b>69</b>
<b>5.4 - Resultados.....</b>	<b>77</b>
<b>5.5 - Discussão.....</b>	<b>81</b>
<b>5.6 - Conclusões.....</b>	<b>86</b>
<b>5.7 - Referências.....</b>	<b>87</b>
<b>6 - Conclusões gerais.....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 1.....</b>	<b>94</b>

**LISTA DE ABREVIATURAS**

- $T_C$ : Temperatura central  
 $T_P$ : Temperatura da pele  
TIR: Termografia infravermelha  
RCI: Região corporal de interesse  
VIP: Peptídeo intestinal vasoativo  
 $T_{MP}$ : Temperatura média da pele  
ST: Sensação térmica  
CT: Conforto térmico  
*ACSM: American College of Sports Medicine*  
PSE: Percepção subjetiva do esforço  
FC: Frequência cardíaca  
 $FC_{máx}$ : Frequência cardíaca máxima  
 $VO_{2máx}$ : Consumo máximo de oxigênio  
DP: Desvio-padrão  
IT: Imagem térmica  
CV: Coeficiente de variação  
CCI: Coeficiente de correlação intraclasse  
LCS: Limite de concordância superior  
LCI: Limite de concordância inferior

## LISTA DE FIGURAS

<b>Artigo 1</b> .....	01
<b>Figura 1:</b> Etapas da pesquisa e resultados em cada base de dados.....	11
<b>Artigo 2</b> .....	20
<b>Figura 1:</b> Valores da $T_P$ nas RCI da face, pescoço, mãos, antebraços, braços, peitoral, abdômen, coxas e pernas, nos momentos pré-exercício, imediatamente pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação pós-exercício na visão anterior.....	28
<b>Figura 2:</b> Valores da $T_P$ nas RCI das mãos, antebraços, braços, costas, lombar, coxas e pernas, nos momentos pré-exercício, imediatamente pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação pós-exercício na visão posterior.....	29
<b>Figura 3:</b> Valores da $T_{MP}$ calculada através das fórmulas de Ramanathan (1964) e Nadel et al. (1973) nos momentos pré-exercício, imediatamente pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação pós-exercício.....	30
<b>Figura 4:</b> Valores da $T_P$ nas regiões da pele glabra e não glabra, nos momentos pré-exercício, imediatamente pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação pós-exercício.....	30
<b>Artigo 3</b> .....	38
<b>Figura 1:</b> Ações metodológicas realizadas no dia do experimento.....	44
<b>Figura 2:</b> Diagramação das RCI estudadas na visão anterior (A) e posterior (B).....	48
<b>Figura 3:</b> Comportamento da $T_P$ nas diferentes RCI face, pescoço, peitoral, abdômen e lombar, além das mãos, antebraços, braços, coxas e pernas nas visões anterior e posterior, nos momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.....	50

<b>Figura 4:</b> IT no minuto 30 do pré-exercício (A), 60 minutos de exercício (B) e 60 minutos pós-exercício (C) na visão anterior.....	51
<b>Figura 5:</b> IT no minuto 30 do pré-exercício (A), 60 minutos de exercício (B) e 60 minutos pós-exercício (C) na visão posterior.....	51
<b>Figura 6:</b> Comportamento da $T_{MP}$ nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.....	52
<b>Figura 7:</b> Comportamento da $T_C$ nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.....	53
<b>Figura 8:</b> FC nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.....	53
<b>Figura 9:</b> Consumo de oxigênio em diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.....	54
<b>Artigo 4</b> .....	65
<b>Figura 1:</b> Ações metodológicas realizadas nos dias do experimento.....	72
<b>Figura 2:</b> Locais ilustrativos dos pontos de referência para fixação dos termopares no dia específico de sua utilização e locais de referência para delimitação das RCI no dia específico da avaliação pela termografia, nas regiões da testa, peito, abdômen, escápula, braço, antebraço, coxa e perna.....	74
<b>Figura 3:</b> Plotagens do viés (média das diferenças) e limites de concordância superior e inferior (LCS e LCI; IC95%) entre os valores da $T_{MP}$ obtida através dos termopares e TIR. (A) plotagem com 15 minutos do pré-exercício, (B) 30 minutos de exercício e (C) 30 minutos do pós-exercício.....	79
<b>Figura 4:</b> Valores da $T_{MP}$ , nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício obtidos através dos termopares e TIR.....	80

**Figura 5:** Valores da  $T_p$ , nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício obtidos através dos termopares e TIR nas regiões do braço e da coxa.....81

**LISTA DE TABELAS**

<b>Artigo 1</b> .....	01
<b>Tabela 1:</b> Resumo dos artigos sobre avaliação da $T_p$ durante o exercício com termografia.....	12
<b>Artigo 2</b> .....	20
<b>Tabela 1:</b> Equações para cálculo da $T_{MP}$ .....	26
<b>Artigo 3</b> .....	38
<b>Tabela 1:</b> Características físicas e fisiológicas da amostra.....	42
<b>Artigo 4</b> .....	65
<b>Tabela 1:</b> Características físicas e fisiológicas da amostra.....	69
<b>Tabela 2.</b> Respostas fisiológicas e subjetivas obtidas nos seguintes através dos termopares e TIR nos momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.....	77

## RESUMO

FERNANDES, Alex de Andrade, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2013. **Temperatura da pele durante o exercício: comparação de métodos.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientador: Paulo Roberto dos Santos Amorim.

Esta dissertação foi proposta com o objetivo de analisar o comportamento da temperatura da pele ( $T_p$ ) em diferentes condições de exercício, sendo um de carga progressiva outro de intensidade moderada, avaliados através da termografia infravermelha (TIR), além de comparar os valores da  $T_p$  obtidos por dois métodos de mensuração: termopares e TIR. Para tal, foram desenvolvidos quatro estudos. No primeiro realizou-se revisão sistemática da literatura utilizando os termos (*exercise*) and (*thermography*) nas bases de dados da *MEDLINE/PubMed*, *IEEEExplore* e *SciELO*, tendo como principais fatores de inclusão, estudos com humanos e sem nenhum tipo de comprometimento físico e metabólico durante a realização do exercício físico em esteira ou bicicleta. Foram selecionados, após a aplicação dos critérios, oito estudos. Como resultado, verificou-se que a  $T_p$  tende a diminuir nos momentos iniciais da execução do exercício, sendo sua magnitude dependente da duração e intensidade da atividade proposta. Em exercícios com carga progressiva observa-se contínua redução da  $T_p$  em comparação aos valores de repouso. Contudo, em exercícios prolongados, a  $T_p$  pode variar segundo a região corporal analisada com redução, manutenção ou mesmo aumento. Conclui-se que a  $T_p$  diminui na fase inicial do exercício. A forma de execução deste, de perfil máximo ou submáximo irá determinar a resposta da  $T_p$ . Não existe resposta homogênea na  $T_p$  entre as diferentes regiões corporais indicando assim ser extremamente complexo o processo de controle da temperatura central, de forma que a TIR pode ser um instrumento valioso para analisar tanto a resposta térmica tanto local como global. No segundo estudo, o objetivo foi verificar o comportamento da  $T_p$  mensurada através da TIR, nas diferentes regiões corporais de interesse (RCI) pré, e pós-exercício, bem como durante breve período de recuperação da realização do exercício de carga progressiva de característica submáxima. O protocolo de exercício foi composto de um breve período de aquecimento, seguido de incrementos na velocidade da esteira de 1 Km/h a cada 2 minutos, até que se atingisse 85% da frequência cardíaca máxima calculada. Com exceção da face e pernas nas visões anterior e posterior existe uma clara resposta de redução da  $T_p$  depois de finalizado o

exercício de intensidade submáxima quando comparado aos valores de repouso, sendo que, as maiores reduções acontecem nos membros superiores. No terceiro estudo, o objetivo foi estabelecer o comportamento da  $T_p$  monitorada pela TIR em ambiente temperado com temperatura de  $24,9 \pm 0,6^\circ\text{C}$  e umidade relativa  $62,3 \pm 5,7\%$  em três momentos: pré-exercício ao longo de 30 minutos, durante a realização de 1 hora de atividade física em esteira de intensidade moderada a 60% da máxima capacidade aeróbica e na fase de recuperação ao longo de 1 hora. Como resultado tem-se que a  $T_p$  em todas as RCI estudadas durante o período pré-exercício existe um comportamento de estabilidade. Com o início do exercício observou-se uma redução da  $T_p$  significativa ( $P < 0,05$ ) nas RCI da face, pescoço, braços, antebraços, mãos nas visões anterior e posterior, peitoral, abdômen, costas e lombar com 10 minutos de sua realização. Com sua sequência, a  $T_p$  continuou estatisticamente menor do que a de repouso nas regiões da face, pescoço, peitoral, abdômen, antebraços e braços na visão anterior. Com o término do exercício, a  $T_p$  nas regiões das costas, abdômen, lombar, antebraços e braços nas visões anterior e posterior, e nas pernas na visão anterior a  $T_p$  manteve-se estável em comparação com o pré-exercício. Já nas regiões das mãos e coxas nas visões anterior e posterior e pernas na visão posterior, foram registrados aumentos significativos da  $T_p$  ( $P < 0,05$ ). Foi possível demonstrar o quanto é variável o comportamento da  $T_p$  nas diferentes RCI em diferentes momentos. Isso resulta em importantes evidências para melhor compreensão do sistema termorregulatório humano no que diz respeito à  $T_p$ , auxiliando, assim, no desenvolvimento de modelos termofisiológicos, projetos de manequins térmicos e para concepção de vestuário esportivo, que devem ser confeccionados em função das respostas termorregulatórias específicas de cada região corporal. No quarto estudo, o objetivo foi verificar se existe concordância entre os valores da temperatura média da pele ( $T_{MP}$ ) mensurada através de da utilização dos termopares, com a TIR em três diferentes momentos, pré-exercício, exercício e após-exercício. As análises dos escores residuais de Bland-Altman demonstraram baixa concordância entre a  $T_{MP}$  obtida pelos termopares e a TIR com erro médio de  $-0,75^\circ\text{C}$  no pré-exercício,  $1,22^\circ\text{C}$  no exercício e  $-1,16^\circ\text{C}$  pós-exercício, além de baixa confiabilidade entre os métodos, no momento pré-exercício com coeficiente de correlação intraclassa (CCI) ( $0,75 [0,12-0,93]$ ), no exercício ( $0,49 [-0,80-0,85]$ ) e no após-exercício  $0,35 [-1,22-0,81]$ . Desta forma, conclui-se que existe baixa concordância entre os valores da  $T_{MP}$  mensurada através dos termopares e da TIR nos momentos pré, durante e após-exercício, demonstrando assim baixa confiabilidade na comparação entre

as duas formas de mensuração, assim a comparação de resultados de estudos que utilizaram métodos distintos passa a não ser a ideal em todas as situações aqui estudadas.

## ABSTRACT

FERNANDES, Alex de Andrade, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2013. **Skin temperature during exercise: comparison of methods.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-adviser: Paulo Roberto dos Santos Amorim.

The aim of this work was to analyze the behavior of skin temperature ( $T_{SK}$ ) in different conditions of exercise (i.e. progressive and moderate intensity exercise) by infrared thermography (IRT). Besides, we compared the values of  $T_{SK}$  obtained by two methods of measurement: Thermocouples and IRT. In order to do so, four studies were developed. In the first, a systematic review of the current literature was performed using the keywords “exercise” and “thermography” on the database MEDLINE/PubMed, IEEEExplore and SciELO. The research was made including the articles done with healthy humans without any physical or metabolic impairment while performing the exercise on treadmill or bicycle. After the exclusion process eight articles were selected.  $T_{SK}$  tended to decrease at the beginning of the exercise, depending on the duration and intensity of the task. In graded exercises a continuous reduction on  $T_{SK}$  was observed. Nevertheless, a bigger duration could lead to different thermal responses depending on the body area: reduction, maintenance or even an increase on the main regions involved on the exercise.  $T_{SK}$  has specific thermal responses depending on the body region and the heat loss necessities.  $T_{SK}$  decreases during the early stages of exercise. The thermal response will depend on the way of doing the maximal or submaximal exercise. There is a heterogeneous thermal response of  $T_{SK}$  between the different body regions, showing the extremely complexity of body temperature control. In the second study, the objective was to verify the behavior of  $T_{SK}$  measured by IRT in different body regions of interest (RCI) pre and post-exercise and during brief recovery period of progressive submaximal exercise. The exercise protocol consisted of a brief warm-up period followed by an increased speed training (1 km/h every 2 minutes) on the treadmill until 85% of the estimated maximum heart rate was reached. In this way, with the exception of the head and front and back leg, there is a clear  $T_{SK}$  reduction after finishing the submaximal progressive exercise, when compared to rest values, obtaining the largest reductions in the upper limbs. In the third study, the aim was to establish the behavior of  $T_{SK}$  monitored by IRT in a controlled environment with a temperature of  $24.9 \pm 0.6$  ° C and relative humidity of  $62.3 \pm 5.7\%$  at three stages of the exercise: during 30 minutes at rest, while conducting 1 hour of physical activity of moderate intensity on treadmill at

60% of maximal aerobic capacity and at the recovery stage along 1 hour. As a result we found that in the considered RCI the  $T_{SK}$  was very stable at rest before exercise. With the beginning of the exercise there was a significant reduction in  $T_{SK}$  ( $P < 0.05$ ) in RCI's face, neck, arms, forearms, hands in front and back views, chest, abdomen, back and lower back with 10 minutes of its realization. During the exercise the  $T_{SK}$  remained statistically lower than at rest on face, neck, chest, abdomen, arms and forearms in anterior view. At the end of the exercise,  $T_{SK}$  regions of the back, abdomen, back, arms and forearms in anterior and posterior views, and legs in the anterior  $T_{SK}$  remained stable compared to the pre-exercise. Already in the hand and thigh regions of the anterior and posterior views and legs in posterior view were reported significant increases  $T_{SK}$  ( $P < 0.05$ ). It was possible to demonstrate how variable is the  $T_{SK}$  response in different RCI's at the different stages of the exercise. This results in significant evidence for understanding better the human thermoregulatory system with respect to  $T_{SK}$ , helping us to develop thermophysiological models, thermal manikins and designing sportswear, adapted to the specific thermoregulatory responses of each body region. In the fourth study, the objective was to determine whether there is agreement between the mean skin temperature values ( $T_{SKM}$ ) measured through the use of thermocouples, with IRT at different times, pre-exercise, exercise and post-exercise. Analyses of residual scores Bland-Altman plots showed poor agreement between the  $T_{SKM}$  and the IRT obtained by thermocouples with average error of  $-0.75$  ° C in pre-exercise,  $1.22$  ° C in the exercise and  $-1.16$  ° C in post-exercise stages, and low reliability of the methods, and low reliability of the methods [low intraclass correlation coefficient (ICC) in all the considered stages of exercise: pre-exercise [ICC=0.75 (0.12 to 0.93)], during exercise [ICC=0.49 (-0.80 -0.85)] and after-exercise [ICC=0,35 (-1,22-0,81)]. Thus, it is concluded that there is low agreement between the values of  $T_{SKM}$  measured through thermocouples and IRT at the moments before, during and after exercise, demonstrating low reliability when comparing the two forms of measurement, so the comparison of results from studies using different methods shall not be ideal in all situations studied here.

## 1 Introdução geral

A pele é um órgão fundamental na manutenção da temperatura central ( $T_C$ ) dentro da faixa de normalidade (36,1-37,8°C), tendo em vista que esta deve ser controlada a fim de resguardar as funções vitais do organismo<sup>1</sup>. Através dos receptores térmicos presentes na pele, o corpo humano identifica as diferentes condições ambientais como frio ou calor, gerando resposta fisiológica adaptativa específica, como por exemplo, a vasoconstrição periférica associada a redução da temperatura da pele ( $T_P$ ) induzida pela baixa temperatura ambiental, ou a vasodilatação periférica associada a aumento da  $T_P$ , em resposta à temperatura elevada<sup>2,3</sup>.

Uma importante resposta fisiológica em condição de exercício é a redistribuição do fluxo sanguíneo em diferentes regiões corporais. Nos músculos ativos que necessitam de maior suprimento de oxigênio ocorre vasodilatação, enquanto a vasoconstrição ocorre em áreas inativas, como por exemplo, no sistema digestivo e renal<sup>3-5</sup>.

A pele também é influenciada por esses ajustes, tendo em vista que o exercício físico é um agente perturbador da homeostase térmica<sup>4,6</sup>, alterando assim o fluxo sanguíneo. A circulação cutânea humana é extremamente variável podendo oscilar de quase zero em condições de resfriamento corporal local ou corpo inteiro, até 8 l/min em condições de estresse térmico<sup>2</sup>. O fluxo sanguíneo cutâneo apresenta correlação direta com a  $T_P$ , em baixo fluxo sanguíneo registra-se baixos valores da  $T_P$  e em condição de alto fluxo sanguíneo observam-se maiores valores da  $T_P$ <sup>5,7</sup>.

Os ajustes do fluxo sanguíneo são feitos através dos mecanismos de vasoconstrição e vasodilatação. A vasoconstrição cutânea é controlada pelo sistema nervoso simpático adrenérgico e modulado pela ação de neurotransmissores noradrenérgicos como a noraepinefrina e neuropeptídeo Y<sup>2,4,6,8</sup>. Já a vasodilatação cutânea é modulada pelo sistema nervoso simpático colinérgico além das ações do óxido nítrico, acetilcolina, peptídeo intestinal vasoativo (VIP) e substância P<sup>3,4,9</sup>.

Com a realização do exercício físico, existe a transformação da energia química armazenada em energia motriz e térmica, onde há aumento na produção de calor que faz com que a temperatura do corpo, em especial, da musculatura ativa, se eleve acarretando inversão do gradiente de temperatura entre o músculo e o sangue arterial.

Este por sua vez é redirecionado para pele com objetivo de perder calor para meio ambiente<sup>3,10</sup> auxiliando a manter a temperatura interna dentro de limites de segurança.

A perda de calor metabólico ocorre por quatro formas, condução, radiação, convecção e evaporação<sup>1,11</sup>. Dependendo das condições climáticas, a evaporação é a principal forma de resfriamento corporal a partir da produção da sudorese<sup>2,12</sup>. Quando o suor evapora, proporciona uma redução da  $T_p$ , dessa forma o sangue proveniente das regiões mais profundas do corpo é resfriado ao circular pela pele, retornando em menor temperatura, o que ajuda controle da  $T_C$ <sup>2-4,12,13</sup>.

Tendo em vista a importância da  $T_p$  na termorregulação humana, sua mensuração permite obter informações sobre este complexo sistema de controle térmico, tornando-se imprescindível em qualquer estudo de termorregulação. Neste sentido, diferentes métodos de mensuração têm sido utilizados, como por exemplo: a termografia infravermelha (TIR), os termômetros de mercúrio, químico e os diferentes tipos de termopares<sup>14,15</sup>.

Diferentes estudos têm sido realizados estabelecendo os ajustes térmicos da  $T_p$  relacionados ao exercício, utilizando principalmente termosensores de contato<sup>16-18</sup>. Contudo, essa técnica de monitoramento possui como característica, registrar apenas a temperatura no ponto de contato do sensor, não permitindo leitura sobre a  $T_p$  na maior parte do segmento monitorado. Uma estratégia metodológica interessante para se avaliar a  $T_p$  é a TIR sendo esta uma técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho e permite visualizar a temperatura da superfície corporal de forma global ou específica sem contato físico com o avaliado<sup>19-21</sup>.

Outra característica importante da TIR é o fato que a leitura da  $T_p$  não requer contato físico com o avaliado, mantendo, assim, seus movimentos de forma natural em condição de exercício e ainda possibilitando que as áreas de avaliação fiquem expostas, permitindo a ação natural dos processos de evaporação, convecção e radiação<sup>22</sup>. É importante destacar que a TIR transforma em valores de temperatura a energia irradiada da pele; situação diferente de um termopar, que transforma em valores de temperatura a energia captada por condução.

O emprego da TIR em condição de repouso já está bem descrito, sendo foco de estudos principalmente na área médica, associado ao câncer<sup>21,22</sup>, a doenças circulatórias<sup>23</sup> ou a lesões musculares<sup>24</sup>. Porém, são raros os estudos que utilizaram da TIR como a principal técnica de avaliação da  $T_p$  em situação de exercício. Dessa forma, é importante avaliar a  $T_p$  pela técnica TIR em condição de exercício, pois poderá

fornecer informações para melhor compreensão do sistema termorregulatório humano no que diz respeito à  $T_p$ , auxiliando assim no desenvolvimento de modelos termofisiológicos, projetos de manequins térmicos e para concepção de vestuário esportivo, que devem ser confeccionados em função das respostas termorregulatórias específicas de cada região corporal.

## **1.2 Objetivos**

### **Geral**

De forma geral, o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento da  $T_p$  em diferentes condições de exercício, sendo o primeiro de carga progressiva e outro de intensidade moderada, avaliados através da TIR, além de comparar os valores da  $T_p$  obtidos por dois métodos de mensuração: termopares e TIR.

### **Artigo 1**

Analisar através de revisão de literatura, o comportamento da  $T_p$  durante a realização do exercício físico em esteira ou bicicleta obtida através da TIR.

### **Artigo 2**

Este estudo estabeleceu três objetivos: a) verificar o comportamento da  $T_p$  nas diferentes RCI durante os momentos pré, e pós-exercício de carga progressiva de característica submáxima; b) comparar a resposta da  $T_{MP}$  pré e pós-exercício, obtida através de fórmulas que considerem 4 e 8 RCI; c) comparar o comportamento da  $T_p$  nas regiões de pele não glabra (dorso da mão) com a região de pele glabra (palma das mãos), pré e pós-exercício.

**Artigo 3**

Verificar o comportamento da  $T_P$  em ambiente temperado com temperatura de  $24,9 \pm 0,6^\circ\text{C}$  e umidade relativa  $62,3 \pm 5,7\%$  de jovens adultos fisicamente ativos, em três momentos, pré-exercício, durante a realização de uma atividade física em esteira e intensidade moderada, bem como na fase de recuperação.

**Artigo 4**

Comparar os valores da temperatura média da pele ( $T_{MP}$ ) mensurada através dos termopares com os da TIR verificando se existe concordância entre os dois métodos em três diferentes momentos, pré, durante e pós-exercício.

### 1.3 Referências

1. Campbell I. Body temperature and its regulation. *Anaest Intens C Med* 2011;12:240-4.
2. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol* 2010;109:1221-8.
3. Johnson JM, Kellogg DL, Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Front Biosci (Schol Ed)* 2010;2:825-53.
4. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20 Suppl 3:29-39.
5. Wissler EH. A quantitative assessment of skin blood flow in humans. *Eur J Appl Physiol* 2008;104:145-57.
6. Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J Physiol* 2008;586:45-53.
7. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Exp Physiol* 2012;97:327-32.
8. Kellogg DL, Jr. In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *J Appl Physiol* 2006;100:1709-18.
9. Hodges GJ, Johnson JM. Adrenergic control of the human cutaneous circulation. *Appl Physiol Nutr Metab* 2009;34:829-39.
10. Wendt D, van Loon LJ, Lichtenbelt WD. Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintaining health and performance. *Sports Med* 2007;37:669-82.
11. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Front Biosci* 2010;15:259-90.
12. Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol* 2006;100:1692-701.
13. Crandall CG, Wilson TE, Kregel KC. Mechanisms and modulators of temperature regulation. *J Appl Physiol* 2010;109:1219-20.
14. Davie A, Amoores J. Best practice in the measurement of body temperature. *Nurs Stand* 2010;24:42-9.

15. Smith ADH, Crabtree DR, Bilzon JLJ, Walsh NP. The validity of wireless iButtons® and thermistors for human skin temperature measurement. *Physiol Meas* 2010;31:95.
16. Bain A, Jay O. Does summer in a humid continental climate elicit an acclimatization of human thermoregulatory responses? *Eur J Appl Physio* 2011;111:1197-205.
17. Schlader Z, Simmons S, Stannard S, Mündel T. Skin temperature as a thermal controller of exercise intensity. *Eur J Appl Physio* 2011;111:1631-9.
18. Levels K, Koning J, Foster C, Daanen HM. The effect of skin temperature on performance during a 7.5-km cycling time trial. *Eur J Appl Physiol* 2012;112:3387-95.
19. Fernandes AA, Amorim PRS, Prímola-Gomes TN, et al. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. *Rev And Med Dep* 2012;5:113-7.
20. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng* 2010;38:158-63.
21. Childs PRN. 5 - Thermocouples. *Practical Temperature Measurement*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2001:98-144.

**2 - Artigo 1** - Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática.

Publicado na Revista Andaluza de Medicina del Deporte, v. 5, p. 113-117, 2012.

## 2.1 Resumo

**Objetivo:** Descrever as alterações na temperatura da pele ( $T_p$ ) durante exercício através da termografia infravermelha (TIR).

**Método:** Realizou-se uma revisão sistemática da literatura utilizando os termos (*exercise*) and (*thermography*) nas bases de dados da *MEDLINE/PubMed*, *IEEEExplore* e *SciELO*, tendo como principais fatores de inclusão, estudos com humanos e sem nenhum tipo de comprometimento físico e metabólico durante a realização do exercício físico.

**Resultados:** Foram selecionados, após processo de filtragem, oito estudos. A  $T_p$  tende a diminuir nos momentos iniciais da execução do exercício, sendo sua magnitude dependente da duração e intensidade da atividade proposta. Em exercícios com carga progressiva observa-se uma contínua redução da temperatura da pele em comparação aos valores de repouso. Contudo, em exercícios prolongados, a  $T_p$  pode variar segundo a região corporal analisada com redução, manutenção ou mesmo aumento – como é o caso das regiões musculares principais envolvidas no exercício. A  $T_p$  apresenta respostas específicas em cada região corporal durante a realização do exercício em função da necessidade de perder calor.

**Conclusão:** A  $T_p$  diminui na fase inicial do exercício. A forma de execução deste de perfil máximo ou submáximo irá determinar a resposta da  $T_p$ . Não existe uma resposta homogênea na  $T_p$  entre as diferentes regiões corporais indicando assim ser extremamente complexo o processo de controle da temperatura central, de forma que a TIR pode ser um instrumento valioso para analisar tanto a resposta térmica tanto local como global.

**Palavras-chave:** exercício, termografia, temperatura da pele, termômetros, regulação da temperatura corporal.

## 2.2 Abstract

**TITLE:** Evaluation of skin temperature during exercise by infrared thermography: a systematic review.

**Objective:** To describe the changes on Skin Temperature ( $T_{SK}$ ) during exercise through Infrared Thermography.

**Method:** A systematic review of the current literature was made, using the keywords “exercise” and “thermography” on the database MEDLINE/PubMed, IEEEExplore and SciELO. The research was made including the articles done with healthy humans without any physical or metabolic impairment.

**Results:** After the exclusion process eight articles were selected.  $T_{SK}$  has the tendency to decrease at the beginning of the exercise, depending on the duration and intensity of the task. In graded exercises a continuous reduction on  $T_{SK}$  was observed. Nevertheless, a bigger duration could lead to different thermal responses depending on the body area: reduction, maintenance or even an increase on the main regions involved on the exercise.  $T_{SK}$  has specific thermal responses depending on the body region and the heat loss necessities.

**Conclusion:**  $T_{SK}$  decreases during the early stages of exercise. The thermal response will depend on the way of doing the maximal or submaximal exercise. There is a heterogeneous thermal response of  $T_{SK}$  between the different body regions, showing the extremely complexity of body temperature control. Therefore, Infrared Thermography could be a valuable tool in order to monitor both the local or the main thermal responses.

**Keywords:** exercise, infrared thermography, skin temperature, thermometer, regulation of body temperature.

## 2.3 Introdução

Através dos receptores térmicos presentes na pele, o corpo humano reconhece as diferentes condições ambientais como frio ou calor, em que, para cada uma dessas condições, existe uma resposta fisiológica específica, como a vasoconstrição periférica, induzida pela baixa temperatura, ou a vasodilatação periférica, em resposta à temperatura elevada<sup>1</sup>. A pele é um órgão fundamental na manutenção da temperatura central ( $T_C$ ) dentro de uma faixa de normalidade 36,1 - 37,8°C, tendo em vista que esta deve ser preservada a fim de resguardar as funções vitais do organismo<sup>2</sup>.

Durante a realização do exercício físico, ocorre um aumento da taxa metabólica e consequente aumento do calor interno<sup>3,4</sup>. Isso modifica o equilíbrio térmico de perda e ganho de calor com o meio ambiente, sendo necessário ativar o mecanismo responsável pela perda de calor, mediado pelo complexo sistema de *feedback* hipotalâmico<sup>4,5</sup>. Essas alterações implicam em uma redistribuição da circulação sanguínea das áreas inativas para as ativas durante o exercício. Posteriormente, com a continuidade do exercício, ocorre o redirecionamento do fluxo sanguíneo para a pele, com o objetivo de trocar calor com o meio ambiente<sup>1,6</sup>. Dessa forma, o exercício é considerado um agente perturbador da homeostase térmica<sup>7</sup>.

Com exceção do exercício em ambiente aquático – onde o processo de perda de calor por condução está muito presente –, em atividades como a corrida e o ciclismo têm-se os mecanismos de radiação, convecção e principalmente evaporação como responsáveis pelo controle térmico<sup>5</sup>. Esses processos visam refrigerar a pele de forma que o sangue que a perfunde retorne às regiões corporais internas em uma menor temperatura, evitando, assim, um quadro perigoso de hipertermia<sup>8</sup>.

O monitoramento da temperatura retal, esofágica e gastrointestinal é considerado o procedimento mais recomendado para mensurar a  $T_C$ . Por sua praticidade e confiabilidade, a temperatura retal é o método mais utilizado, principalmente em estudos laboratoriais<sup>9</sup>. Contudo, para monitorar a temperatura da pele ( $T_P$ ), diferentes métodos de avaliação têm sido utilizados, como por exemplo, os termômetros de mercúrio, químico e os diferentes tipos de termosensores de contato<sup>9-13</sup>. Destaca-se o fato de todos estes métodos envolverem contato entre o equipamento e a pele. Um tipo de termômetro que tem sido utilizado é o infravermelho, onde o contato com a pele não é necessário<sup>14</sup>. Outra possibilidade de monitoramento da  $T_P$  corresponde ao emprego da termografia infravermelha (TIR), em que é possível visualizar não somente uma região corporal de

interesse (RCI) específica (análise local), como também uma visão ampla de todo o processo termorregulativo atuante, possibilitando uma visão global. Uma das principais vantagens dessa técnica corresponde ao fato que a leitura da  $T_P$  não requer contato físico com o avaliado<sup>14</sup>, mantendo, assim, seus movimentos de forma natural em condição de exercício.

A TIR pode ser considerada uma alternativa metodológica emergente nos estudos que envolvem a análise da  $T_P$ <sup>15,16</sup>. Trata-se de uma técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho e permite visualizar a temperatura da superfície corporal em tempo real com alta sensibilidade, até 0,025°C, e precisão, chegando a 1%, de forma não invasiva e sem contato físico com o avaliado<sup>14-17</sup>. É importante destacar que essa técnica quantifica a temperatura irradiada da pele; situação diferente de um termosensor de contato, que capta por condução a temperatura, não somente da pele como também a temperatura corporal em tecidos mais profundos<sup>8</sup>. Essas diferenças nas formas físicas de registro da temperatura são importantes para compreender os complexos sistemas de perda de calor que são atuantes durante e após o exercício<sup>18-20</sup>.

É importante estabelecer a maneira como os ajustes térmicos da  $T_P$  ocorrem durante as mais variadas formas de exercício físico. Isso possibilitará um maior conhecimento sobre os ajustes termorregulatórios, auxiliando na elaboração de melhores estratégias de refrigeração corporal, vestimentas adequadas quanto ao tipo de tecido, cor, quantidade, além do impacto dos procedimentos de hidratação, ou mesmo de certos medicamentos que podem afetar a termogênese corporal. São exemplos os diuréticos, consumidos, em muitos casos, pelos hipertensos que realizam exercício.

O emprego da TIR em condição de repouso já está bem descrito, sendo foco de estudos principalmente na área médica, associado ao câncer<sup>21,22</sup>, a doenças circulatórias<sup>23</sup> ou a lesões musculares<sup>24</sup>. Porém, são raros os estudos que utilizaram da TIR como a principal técnica de avaliação da  $T_P$  em situação de exercício. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é descrever as mudanças na  $T_P$  durante o exercício físico obtido através da TIR.

## 2.4 Métodos

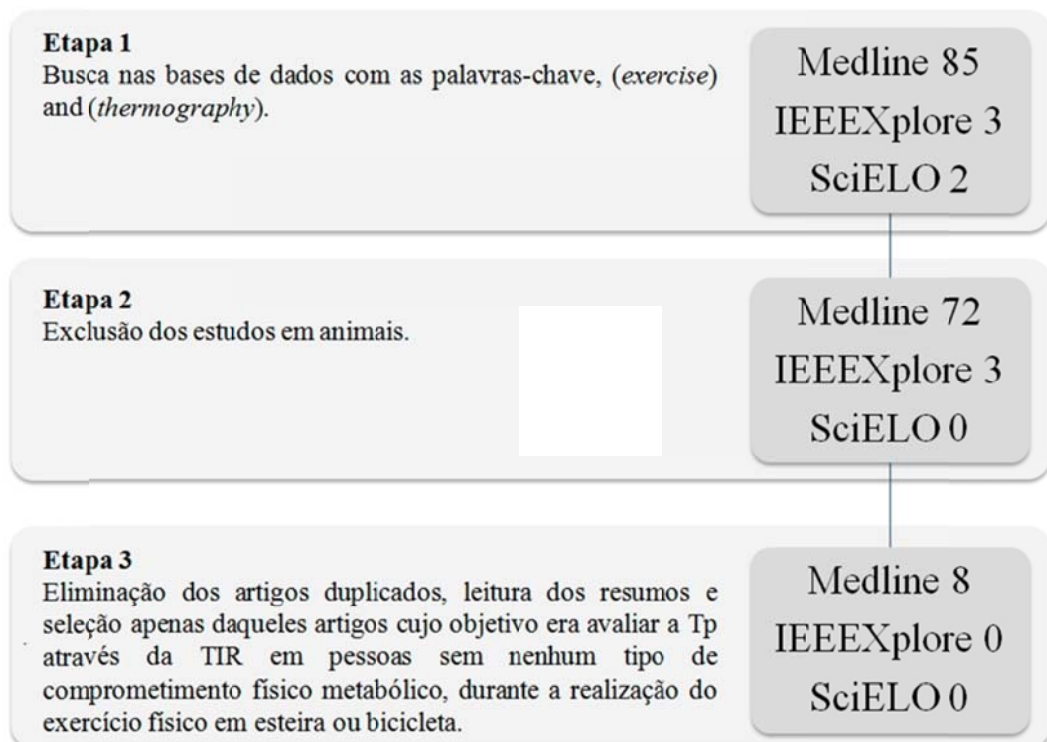
Ao longo dos meses de fevereiro e março de 2012, realizou-se uma revisão sistemática com pesquisa bibliográfica da literatura específica, pelo período de janeiro

de 1950 a fevereiro de 2011, utilizando-se os seguintes termos: (*exercise*) and (*thermography*). Estes foram pesquisados via Descritores em Ciência da Saúde/*Medical Subject Headings (MeSH)*, nas bases de dados da *MEDLINE/PubMed*, *IEEEExplore* e *SciELO*. As etapas da pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão são apresentados na Figura 1.

A pesquisa eletrônica foi realizada por dois avaliadores experientes neste tipo de assunto, de forma independente e em momentos distintos, sendo posteriormente cruzados os dados para verificar a concordância entre as pesquisas. No caso de discordância entre os avaliadores, um terceiro avaliador independente posicionava-se a respeito da inclusão ou exclusão do estudo.

## 2.5 Resultados

A Figura 1 apresenta as etapas da pesquisa e os resultados em cada base de dados. Após uma análise detalhada considerando os critérios de inclusão e exclusão presentes nas diferentes etapas, somente 8 (oito) artigos com seres humanos foram considerados para avaliação documental.



**Figura 1** – Etapas da pesquisa e resultados em cada base de dados.

Fonte: dados da pesquisa.

Na Tabela 1 são apresentados os principais resultados dos artigos em humanos discutidos nesta revisão apresentando o gênero, o número de avaliados, o protocolo de exercícios, bem como os principais resultados.

**Tabela 1.** Resumo dos artigos sobre avaliação da  $T_p$  durante o exercício com termografia

<b>Autor</b>	<b>Gênero</b>	<b>n</b>	<b>Protocolo de exercício</b>	<b>Principais resultados</b>
Clark et al 1977 <sup>20</sup>	M	2	Corrida em câmara climática e ao ar livre a 11°C, durante 1h15min;	No início há ↓ da $T_p$ em algumas regiões, com ↑ da $T_p$ na musculatura ativa e posterior ↑ da $T_p$ nas mãos e braços. Resposta similar da $T_p$ ao ar livre e no ambiente de laboratório.
Nakayama et al 1981 <sup>25</sup>	M	4	Exercício em bicicleta ergométrica durante 10 min e em três intensidades (150, 300 e 450Kpm/min).	Com início do exercício ↓ da $T_p$ no peitoral, braços e mãos, ↓ mais acentuada com aumento da carga de exercício.
Hirata et al 1989 <sup>26</sup>	M	8	Exercício em bicicleta ergométrica durante 30 min e ergômetro de braço pelo mesmo tempo.	Após 20 min de exercício na bicicleta ↑ na $T_p$ das mãos. Para o exercício de braço pequeno ↑ da $T_p$ dos pés.
Torii et al 1992 <sup>27</sup>	M	10	Exercício em bicicleta ergométrica com carga de trabalho 50 e 150W respectivamente. Tempo de exercício 9 min.	Com início do exercício ↓ da $T_p$ no peitoral, braços e mãos, ↓ mais acentuada com aumento da carga.
Hunold et al 1992 <sup>28</sup>	M; F	5;1	Exercício em bicicleta ergométrica durante 10 min com carga de 100W.	↓ da $T_p$ nos 5 primeiros min na musculatura ativa, seguida de posterior ↑.
Zontak et al 1998 <sup>19</sup>	M	10	Exercício em bicicleta ergométrica a 50 e 70% do $VO_{2\text{máx}}$ durante 20 min; Teste progressivo máximo.	↓ da $T_p$ dos dedos e das mãos no início do exercício, seguida de um ↑ após 8 min, resposta igual para intensidades 50 e 70%. ↓ da $T_p$ das mãos durante toda realização de um teste máximo.
Vainer 2005 <sup>29</sup>	M	2	Exercício em bicicleta ergométrica durante 60 min.	↑ da $T_p$ da musculatura da ativa, após o período de exercício. ↓ da $T_p$ na região do peitoral nos primeiros 15 min de exercício.
Merla et al 2010 <sup>30</sup>	M	15	Teste progressivo máximo em esteira.	↓ da $T_p$ nas coxas e antebraços no início do exercício e posterior ↑ durante a recuperação.

M:masculino; F:feminino; ↑:aumento; ↓:redução  
Fonte: dados da pesquisa.

## 2.6 Discussão

O principal objetivo deste estudo foi descrever as alterações na  $T_p$  durante exercício obtido através da TIR. Tomando como base os critérios de seleção adotados (Figura 1), é surpreendente o escasso número de estudos que envolveram a TIR em condições de exercício, indicando, assim, um campo de estudo que ainda deve ser aprofundado.

Ao analisar a cronologia das pesquisas que utilizaram a TIR para avaliação da  $T_p$  durante o exercício, temos que o primeiro estudo data de 1977 Clark et al<sup>20</sup>, seguido de mais dois trabalhos na década de 1980<sup>25,26</sup>, três na década de 1990<sup>19,27,28</sup>, um em 2005<sup>29</sup> e o mais recente em 2010<sup>30</sup>. O reduzido número de estudos recentes aplicando a TIR em situação de exercício pode ser explicado pela preferência dos laboratórios de pesquisa por outros equipamentos, como os termosensores de contato; uma vez que os equipamentos de TIR mais antigos apresentavam como principais pontos negativos a dificuldade de mobilidade, a baixa resolução e o alto custo. Entretanto, atualmente estes equipamentos são portáteis, apresentam alta sensibilidade térmica, resolução e precisão nas medidas, tornando-se uma alternativa interessante para o estudo das respostas termorregulatórias durante o exercício.

A diversidade de resultados apresentados entre os oito estudos avaliados é decorrente de duas condições bem diferentes na forma de exercício proposto. Alguns estudos se caracterizaram por manter a intensidade constante durante certo período de tempo com atividade sustentada<sup>20,25-29</sup>, enquanto outros testaram em dias distintos os efeitos de diferentes intensidades de exercício, porém sem atingir ao máximo<sup>25,27</sup>. Já os trabalhos de Zontak et al<sup>19</sup> e Merla et al<sup>30</sup> submetem os avaliados em uma escala progressiva até sua capacidade máxima. Está claro que essas ações metodológicas diferenciadas são determinantes para tipo de resposta da  $T_p$ .

Um ponto em comum de todos os estudos apresentados na Tabela 1 foi a uma redução da  $T_p$  em diversas RCI nos momentos iniciais do exercício. Para os autores pesquisados essa redução inicial ocorre devido a uma ação de direcionamento do fluxo sanguíneo para a musculatura ativa, gerada por uma vasoconstrição cutânea reflexa. Considerando que essa resposta foi observada em diferentes partes do corpo, nos momentos iniciais do exercício onde a produção de suor ainda não está presente, pode-se considerar que esses ajustes sanguíneos na pele utilizam do processo de

vasoconstrição dos vasos sanguíneos. Sendo assim, oferece maior fluxo de sangue e, conseqüentemente, mais oxigênio para a região muscular que está sendo exercitada<sup>31</sup>.

Contudo, superada essa fase inicial do exercício, com uma queda da  $T_p$ , as respostas poderão ser diferentes em função de uma série de fatores. Dentre esses se destacam como principais a duração e a intensidade do exercício. Quando sustentado por maior tempo com a mesma intensidade, observa-se uma elevação da  $T_p$  nas regiões das mãos, antebraços e braços, e, principalmente, nas regiões em exercício, como no estudo de Clark et al<sup>20</sup>. Este autor, durante uma corrida de 75 minutos, registrou um aumento da  $T_p$  durante o exercício na musculatura ativa, sendo esta resposta em decorrência da transferência de calor direta dos músculos ativos para a superfície da pele. Outros exemplos correspondem ao trabalho de Hirata et al<sup>26</sup>, em que se observou um aumento acentuado da  $T_p$  nas mãos após 20 minutos de exercício; de Zontak et al<sup>19</sup>, com aumento da  $T_p$  nas mãos após 8 minutos; e de Hunold et al<sup>28</sup>, em que esse aumento foi identificado com apenas 10 minutos na musculatura ativa durante trabalho contínuo.

O aumento da temperatura das mãos<sup>19, 20, 26</sup> poderia justificar a prática adotada por alguns atletas em provas de triatlton tipo Ironman, que utilizam luvas colocando pedras de gelo em seu interior, visando aumentar a capacidade de refrigeração do sangue. Esta pode ser uma estratégia válida de forma que a TIR poderia contribuir para estabelecer a magnitude deste impacto na  $T_p$ .

Por outro lado, quando o exercício apresenta uma progressão da intensidade de forma contínua até o máximo e duração inferior a 15 minutos a  $T_p$  é reduzida, como ocorreu nos trabalhos de Zontak et al<sup>19</sup> e Merla et al<sup>30</sup>. Nestes, durante 12 minutos de exercício de corrida de forma progressiva, houve uma redução na  $T_p$  em todos os pontos monitorados, sendo de aproximadamente de 5,0°C nos antebraços, 3°C no tronco e 4,6°C nos quadríceps. Esse fenômeno estaria, em grande parte, sendo causado pelo processo de evaporação do suor na pele na tentativa de aumentar a diferença de gradiente térmica entre a pele e o sangue, de forma que, ao resfriá-lo, mantenha a temperatura interna em níveis aceitáveis<sup>1</sup>. O incremento constante da carga de exercício, como realizado nos trabalhos supracitados, também tem sido associado por causar uma resposta vasoconstritora cutânea de forma contínua, dependente do sistema adrenérgico<sup>1, 31</sup>.

Os trabalhos que fizeram aumento gradual de intensidade em diferentes estágios em cicloergômetro, sem atingir o máximo, também observaram uma resposta de

redução da  $T_p$ , como foi o caso de Nakayama et al<sup>25</sup> e Torii et al<sup>27</sup>, com três e duas cargas submáximas, respectivamente.

Não existem dúvidas que durante a realização de um exercício ocorre um aumento da  $T_c$  diretamente dependente da intensidade do mesmo<sup>32,33</sup>. Entretanto, para que essa temperatura não atinja níveis perigosos o hipotálamo por meio de vários estímulos nervosos (centrais e periféricos), como a temperatura do sangue, pressão arterial e nível de atividade metabólica, controla os mecanismos vasoconstrição em áreas inativas e vasodilatadoras para a pele, de forma que em condições extremas se pode atingir entre 6 e 8 l/min de sangue<sup>1</sup>. Esse maior fluxo de sangue para a pele tem duas funções na tentativa de resfriá-la: a) estimular as glândulas sudoríparas para produzirem mais suor, que, por sua vez, quando evaporado possa refrescar a pele e conseqüentemente o sangue reduzindo o calor corporal<sup>1</sup>; b) baixar a temperatura do sangue por meio do processo de convecção quando o ambiente está mais frio do que a pele<sup>1,8</sup>. Assim, a TIR capta a temperatura irradiada da pele, obtendo um registro sobre o que está ocorrendo nesse contexto físico<sup>8</sup>.

Não foram identificados estudos que utilizaram a TIR em situações de exercício contínuo de longa duração com mais de duas horas de atividade, como em provas de triátlon, maratona ou ciclismo. Nessas situações, o nível de desidratação pode atingir níveis perigosos em função da elevada perda hídrica e de condições ambientais desfavoráveis de calor e umidade, ou mesmo pelo inadequado consumo de líquidos, provocando, assim, em casos mais extremos, uma interrupção do mecanismo de sudorese. Isso provocaria um aumento da  $T_c$ <sup>5,34,35</sup> como  $T_p$ <sup>5</sup>, podendo essa última ser captada pela TIR, o que evitaria que os praticantes atingissem níveis térmicos críticos. Dessa maneira, a TIR poderia ser aplicada como forma de prevenção em provas de longa duração onde são habituais registros de distúrbios térmicos<sup>5</sup>.

A TIR pode ilustrar a complexidade do controle térmico nas diferentes partes do corpo. No trabalho de Hunold et al<sup>28</sup>, por exemplo, foi possível observar que dentro da distância de alguns centímetros podem ser encontradas diferenças superiores a 3°C na  $T_p$  e diferenças na microcirculação da pele de até 300%. Esses achados são importantes, pois indicam como é dinâmico e complexo o processo de vasodilatação e vasoconstrição durante a realização do exercício. Nesse sentido, a TIR seria útil para mapear a superfície da pele com o objetivo de determinar os pontos de fixação dos termosensores de contato.

Em função do número restrito de trabalhos encontrados sobre essa temática, do baixo número de sujeitos avaliados em alguns estudos<sup>20,25,28,29</sup> e consequente ausência de tratamento estatístico, deve-se ter prudência ao analisar as conclusões desses estudos. Os resultados apontam para evidências científicas importantes e que devem ser confirmadas ou rejeitadas em outras investigações com desenhos metodológicos mais elaborados.

Como toda tecnologia, a TIR apresenta algumas limitações: a) devem ser desenvolvidos *softwares* de análises de imagens termográficas adaptados a seres humanos que sejam capazes de analisar imagens de forma mais rápida e com diferenciação das RCI; b) deve ser considerada a possibilidade de diversidade de resultado em função das diferentes câmeras de TIR existentes no mercado; c) um grande número de câmeras possui uma margem de erro de 2% sobre o valor de leitura, necessitando melhorar sua precisão.

Apesar dessas limitações, a TIR pode ser uma ferramenta importante para o entendimento da resposta térmica da pele durante o exercício. Existem várias possibilidades de estudo relacionando os ajustes termorregulatórios com o exercício em diferentes populações como mulheres, crianças e idosos; além do nível de interferência de diferentes condições ambientais (temperatura e umidade), tipo de vestimentas, ações de hidratação, medicamentos, assim como formas de exercício diversificadas em ambientes aquáticos ou de perfil acíclico intermitente como o futebol, handebol e outras modalidades. Dessa forma, existe uma diversidade de novas linhas de investigação ainda não exploradas e interessantes sobre as respostas térmicas, obtida através da TIR, permitindo uma análise da  $T_p$  tanto global como local, procedimento inviável com outras formas de registro da  $T_p$ .

## 2.7 Conclusões

Com base nas evidências científicas encontradas, conclui-se que a  $T_p$  diminui na fase inicial do exercício. Posteriormente, dependendo da forma de realização da atividade quanto à duração e intensidade, a  $T_p$  pode continuar uma curva descendente, principalmente quando o exercício for progressivo até níveis máximos e de curta duração. Ou, por outro lado, aumentar nas regiões musculares ativas do exercício quando este for mantido com intensidade constante ou duração média e longa. Também é evidente que não existe uma resposta homogênea na  $T_p$  entre as diferentes regiões

corporais. Isso indica que o processo de controle da  $T_C$  é extremamente complexo, de forma que a TIR pode ser um instrumento valioso para analisar tanto a resposta térmica local como global da  $T_P$  nas diferentes formas de prática de exercício físico.

Agradecimentos:

Ao CNPq, pela bolsa de pós-doutorado na área de termografia. À CAPES, pela bolsa de mestrado.

## 2.8 Referências

1. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol*. 2010;109:1221-8.
2. Campbell I. Body temperature and its regulation. *Anaesth Intensive Care*. 2011;12:240-4.
3. Schlader ZJ, Stannard SR, Mundel T. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise - a prospective review. *Physiol Behav*. 2010;99:269-75.
4. Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol*. 2006;100:1692-701.
5. Marins JCB. Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral. 1. ed. Jundiaí: Fontoura. 2011.
6. Mekjavic IB, Eiken O. Contribution of thermal and nonthermal factors to the regulation of body temperature in humans. *J Appl Physiol*. 2006;100:2065-72.
7. Crandall CG, Wilson TE, Kregel KC. Mechanisms and modulators of temperature regulation. *J Appl Physiol*. 2010;109:1219-20.
8. Pascoe DD, Mercer JD, Weerd L. Physiology of thermal signals. In: Diakides NA, Bronzin, JD, editors. *Medical Infrared imaging*. Boca Raton: CRC Press. 2008:6-20.
9. Lim CL, Byrne C, Lee JK. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singapore*. 2008;37:347-53.
10. 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;18:1-6.

11. Marken LWD, Daanen HAM, Wouters L, Fronczek R, Raymann RJEM, Severens NMW, et al. Evaluation of wireless determination of skin temperature using iButtons. *Physiol Behav.* 2006;88:489-97.
12. Davie A, Amoores J. Best practice in the measurement of body temperature. *Nurs Stand.* 2010;24:42-9.
13. Lopez RM, Cleary MA, Jones LC, Zuri RE. Thermoregulatory influence of a cooling vest on hyperthermic athletes. *J Athl Train.* 2008;43:55-61.
14. Martins A, Sá VWB. Variation of skin temperature during and after contrast bath therapy. *Rev Andal Med Deporte.* 2011;4:129-34.
15. Vargas JVC, Brioschi ML, Dias FG, Parolin MB, Mulinari-Brenner FA, Ordonez JC, et al. Normalized methodology for medical infrared imaging. *Infrared Phys Techn.* 2009;52:42-7.
16. 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;29:257-67.
17. Lagüela S, González-Jorge H, Armesto J, Arias P. Calibration and verification of thermographic cameras for geometric measurements. *Infrared Phys Techn.* 2011;54:92-9.
18. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors.* 2010;10:4700-15.
19. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng.* 1998;26:988-93.
20. Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG. Skin temperature during running—a study using infra-red colour thermography. *J Physiol.* 1977;267:53-62.
21. 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;6:786-96.
22. Kontos M, Wilson R, Fentiman I. Digital infrared thermal imaging (DITI) of breast lesions: sensitivity and specificity of detection of primary breast cancers. *Clin Radiol.* 2011;66:536-9.
23. Huang CL, Wu YW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *J Vasc Surg.* 2011;54:1074-80.

24. Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RAC. Termometria cutânea: novos conceitos. *J Vas Bras*. 2003;2:151-60.
25. Nakayama T, Ohnuki Y, Kanosue K. Fall in skin temperature during exercise observed by thermography. *Jpn J Physiol*. 1981;31:757-62.
26. Hirata K, Nagasaka T, Noda Y. Venous return from distal regions affects heat loss from the arms and legs during exercise-induced thermal loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1989;58:865-72.
27. Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H. Fall in skin temperature of exercising man. *Br J Sports Med*. 1992;26:29-32.
28. Hunold S, Mietzsch E, Werner J. Thermographic studies on patterns of skin temperature after exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992;65:550-4.
29. Vainer BG. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. *Phys Med Biol*. 2005;50:63-94.
30. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng*. 2010;38:158-63.
31. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:29-39.
32. Hue O, Antoine-Jonville S, Galy O, Blanc S. Maximal oxygen uptake, ventilatory thresholds and mechanical power during cycling in tropical climate in Guadeloupean elite cyclists. *J Sci Med Sport*. 2010;13:607-12.
33. Stannard AB, Brandenburg JP, Pitney WA, Lukaszuk JM. Effects of wearing a cooling vest during the warm-up on 10-km run performance. *J Strength Cond Res*. 2011;25:2018-24.
34. Terrados N, Calleja-González J, Schelling X. Bases fisiológicas comunes para deportes de equipo. *Rev Andal Med Deporte*. 2011;4:84-8.
35. García-Jiménez JV, Yuste JL. Pérdida de peso y deshidratación en atacantes durante partidos oficiales de fútbol sala. *Rev Andal Med Deporte*. 2010;3:52-6.

### **3 – Artigo 2** - Comportamento da temperatura da pele de diferentes regiões corporais pós-exercício de carga progressiva.

#### **3.1 Resumo**

O principal objetivo deste estudo foi verificar o comportamento da temperatura da pele ( $T_p$ ) nas diferentes regiões corporais de interesse antes, após, bem como durante breve período de recuperação em exercício de carga progressiva de característica submáxima. Para o registro das imagens térmicas foram adotadas as recomendações propostas pela “*European Association of Thermology*”. O protocolo de exercício foi composto de um breve período de aquecimento, seguido de incrementos na velocidade da esteira de 1 Km/h a cada 2 minutos, até que se atingisse 85% da frequência cardíaca máxima calculada. Com exceção da face e perna nas visões anterior e posterior existe clara resposta de redução da  $T_p$  depois de finalizado o exercício de intensidade submáxima quando comparado aos valores de repouso, sendo as maiores reduções nos membros superiores.

**Palavras-chave:** Exercício; Temperatura cutânea; Termografia.

### 3.2 Introdução

A realização do exercício físico exige adaptações orgânicas agudas, como modificações dos sistemas autonômico, cardiovascular, pulmonar e metabólico com objetivo de se adaptar as novas demandas provocadas pela atividade<sup>1,2</sup>. Uma importante resposta fisiológica é a redistribuição do fluxo sanguíneo em diferentes regiões corporais. Nos músculos ativos que demandam maior volume de oxigênio ocorre vasodilatação, enquanto que a vasoconstricção ocorre em áreas inativas, como por exemplo, no sistema digestivo e renal<sup>1-3</sup>.

A pele também é influenciada por esses ajustes, tendo em vista que o exercício físico é um agente perturbador da homeostase térmica<sup>1,4</sup>, alterando assim o fluxo sanguíneo. A circulação cutânea humana é extremamente variável podendo oscilar de quase zero em condições de resfriamento corporal local ou do corpo inteiro, até 8 l/min em condições de estresse térmico<sup>5</sup>. O fluxo sanguíneo cutâneo apresenta correlação direta com a temperatura da pele ( $T_p$ ), onde na condição de baixo fluxo sanguíneo registra-se menores valores da  $T_p$  e em condição de alto fluxo sanguíneo observa-se maior  $T_p$ <sup>2,6</sup>.

Os ajustes do fluxo sanguíneo são feitos através dos mecanismos de vasoconstricção e vasodilatação. A vasoconstricção cutânea é controlada pelo sistema nervoso simpático adrenérgico e modulado pela ação de neurotransmissores noradrérgicos como a noraepinefrina e neuropeptídeo Y<sup>1,4,5,7</sup>. Já a vasodilatação cutânea é modulada pelo sistema nervoso simpático colinérgico além das ações do óxido nítrico, acetilcolina, peptídeo intestinal vasoativo (VIP) e substância P<sup>1,3,8</sup>.

Nas regiões da pele não glabras (com pêlos) que compreende a maior parte da superfície corporal, é conhecida a presença dos nervos simpáticos responsáveis pela vasoconstricção e vasodilatação<sup>1,3,5,7</sup>. Entretanto, nas regiões da pele glabras (sem pêlos) como as palmas das mãos e sola dos pés, existe apenas a inervação do sistema adrenérgico que controla a vasoconstricção, desta forma o processo de vasodilatação desta região é modulado principalmente pela retirada do tônus vasoconstritor<sup>1,3-5,7,8</sup>. Devido a estas características fisiológicas, é provável que nestas regiões a  $T_p$  responda de forma diferente a ação do exercício.

Com o início do exercício dinâmico ocorre vasoconstricção cutânea que está relacionada e acompanhada com uma redução da  $T_p$ <sup>1,5,9</sup>. Tais reduções estão ligadas a intensidade do exercício, quantidade de massa muscular envolvida na atividade e ao

modo de exercício (dinâmico ou isométrico)<sup>1</sup>. Assim, a redistribuição do fluxo sanguíneo cutâneo e visceral requerem níveis elevados de vasodilatação no músculo ativo e que este seja capaz de receber o fluxo de sanguíneo redistribuído<sup>1,10</sup>.

Diferentes estudos têm sido realizados estabelecendo os ajustes térmicos da  $T_p$  relacionados ao exercício, utilizando principalmente termosensores de contato<sup>11-13</sup>. Contudo, essa técnica de monitoramento possui como característica, registrar apenas a temperatura no ponto de contato do sensor, não permitindo leitura sobre a  $T_p$  na maior parte do segmento monitorado. No estudo de Hunold et al.<sup>14</sup>, por exemplo, foi possível observar que, dentro da distância de alguns centímetros podem ser encontradas diferenças superiores a 3°C na  $T_p$  e diferenças na microcirculação da pele em até 300%. Assim, dependendo do posicionamento do sensor, diferentes valores de  $T_p$  podem ser registrados e dificultar a comparação entre os estudos.

Uma estratégia metodológica interessante para se avaliar a  $T_p$  é a termografia infravermelha (TIR), esta técnica estende a visão humana através do espectro infravermelho e permite visualizar a temperatura da superfície corporal de forma global ou específica sem contato físico com o avaliado<sup>15-18</sup>.

Alguns trabalhos<sup>14,16,19-21</sup> realizaram o monitoramento da  $T_p$  utilizando a TIR em situação de exercício progressivo até a máxima capacidade aeróbica<sup>16,19,21,22</sup>. Estes estudos indicam redução da  $T_p$  em diferentes regiões corporais durante e imediatamente pós-exercício. Contudo, o comportamento da  $T_p$ , medida por meio da TIR, que permite análise global de diferentes regiões corporais de interesse (RCI) nas visões anterior e posterior, durante e pós-exercício progressivo de característica submáxima carece de investigação, deixando assim uma lacuna no conhecimento específico dessa técnica.

Outra maneira habitualmente utilizada ao se estudar a  $T_p$  é considerando a temperatura média da pele ( $T_{MP}$ ). Para tal registra-se a temperatura em diferentes regiões anatômicas pré-estabelecidas e que posteriormente são calculadas mediante equação. Neste tipo de análise, o número de regiões corporais que compõem cada proposição de fórmula apresenta grandes variações<sup>23</sup>, podendo, por exemplo, se considerar quatro<sup>24</sup> ou oito regiões corporais<sup>25</sup> o que por sua vez, em função da resposta fisiológica específica de cada região corporal em condição de exercício pode resultar em  $T_{MP}$  diferente dependendo da fórmula escolhida, sendo esta comparação uma análise interessante a ser estudada. Esta forma de análise é amplamente utilizada em estudos relacionados à termorregulação<sup>11-13</sup>, não sendo, porém, comumente empregada em estudos que registraram a  $T_p$  por termografia. Diante do exposto, o presente estudo

estabeleceu três objetivos: a) verificar o comportamento da  $T_P$  nas diferentes RCI durante os momentos pré e pós-exercício de carga progressiva de característica submáxima; b) comparar a resposta da  $T_{MP}$  pré e pós-exercício, obtida através de fórmulas que considerem quatro<sup>24</sup> e oito<sup>25</sup> RCI; c) comparar o comportamento da  $T_P$  nas regiões de pele não glabra (dorso da mão) com a região de pele glabra (palma das mãos), pré e pós-exercício.

### 3.3 Métodos

O estudo foi realizado em três etapas. A primeira caracterizada como prévia, a segunda como exercício, e a terceira foi considerada linha de repouso. A seguir será detalhada cada etapa.

#### Prévia

Foram selecionados 12 participantes que atendiam completamente os critérios de inclusão/exclusão citados na sequência. Tendo em vista que a  $T_P$  pode sofrer interferências devido a fatores externos e internos, se considerou como fatores de exclusão as seguintes características: Tabagismo, histórico de problemas renais, lesão ósteo-mio-articular nos últimos dois meses ou que apresentasse alguma sintomatologia; quadro de queimaduras na pele, independentemente do grau nas áreas corporais que fossem avaliadas; sintomatologia de dor em alguma região corporal; distúrbios do sono; quadro febril nos últimos sete dias; tratamento fisioterápico ou dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local; bem como utilização de medicamentos como antitérmicos ou diurético, ou algum suplemento alimentar com potencial interferência na homeostase hídrica ou temperatura corporal nas últimas duas semanas.

Todos os avaliados eram aparentemente saudáveis através do *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PARq)<sup>26</sup>, além de classificação de baixo risco coronariano segundo a proposta da *Michigan Heart Association*<sup>27</sup>. Considerando a dinâmica de exercício proposto, foram incluídos sujeitos classificados fisicamente ativos segundo os critérios do *American College of Sports Medicine* (ACSM)<sup>28</sup> por realizarem sessões de treinamento físico regulares por no mínimo 3 vezes por semana nos últimos quatro meses.

Durante essa etapa os voluntários foram apresentados à dinâmica do estudo, assim como os procedimentos de conduta para a segunda e terceira etapas. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos local (parecer 134/2011).

Ainda durante essa etapa foram realizadas medidas da massa corporal (Filizola<sup>®</sup>, Star 300/4, Brasil) e da estatura (American Medical<sup>®</sup>, ES2020, Brasil), seguindo as recomendações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*<sup>29</sup>. A área de superfície corporal foi calculada a partir das medidas antropométricas realizadas, de acordo com DuBois e DuBois<sup>30</sup>. Para estimativa da densidade corporal foram utilizadas as equações do somatório de sete dobras (peitoral, subescapular, axilar média, tríceps, supra-ilíaca, abdômen e coxa) desenvolvidas por Jackson e Pollock<sup>31</sup> e, para o percentual de gordura a equação de Siri<sup>32</sup>.

## **Exercício**

Para o registro de imagens térmicas foram adotadas as recomendações propostas pela *European Association of Thermology*<sup>33</sup>. Tendo em vista que a temperatura corporal varia em função do horário do dia<sup>34</sup> optou-se por realizar todas as coletas no período da tarde, às 14:00 horas.

O experimento foi realizado em ambiente devidamente preparado, com iluminação artificial e condições ambientais de temperatura controlada (Komeco<sup>®</sup>, Split Hi-Wall). A média da temperatura ambiente permaneceu em  $23,1 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa em  $62,2 \pm 5,7\%$ , ambos registrados por anemômetro digital (Instrutherm<sup>®</sup>, AD-250). Essas condições ambientais de registro estão em conformidade com as recomendações Ring e Kurt<sup>33</sup> para coleta de imagens térmicas. O fluxo de ar não foi direcionado para a área de realização do exercício ou de coleta das imagens, nestes locais a velocidade do vento foi medida através de anemômetro digital citado anteriormente, sendo esta considerada nula. A iluminação da sala era feita de forma artificial por meio de lâmpadas fluorescentes, onde a temperatura refletida foi devidamente avaliada registrada em  $23^{\circ}\text{C}$ .

Os avaliados permaneceram em pé por um período de adaptação de 30 minutos na sala de teste com a temperatura controlada antes do início das avaliações, tempo suficiente para que ocorra estabilização da  $T_p$  frente às condições laboratoriais de

registro conforme as recomendações de Roy et al.<sup>35</sup> que propõem tempo mínimo de adaptação de 8 minutos. Durante esta etapa os voluntários utilizavam apenas tênis, sunga e fita de monitor cardíaco. Após esse período de adaptação, os avaliados eram orientados a indicar a sensação térmica (ST) através de escala de nove pontos e o conforto térmico (CT) em escala de sete pontos, previamente utilizadas no estudo de Yasuoka et al.<sup>36</sup>.

As imagens térmicas foram realizadas em seis momentos diferentes: pré-exercício, imediatamente após o exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação pós-exercício. Nesta etapa, o voluntário se posicionava em pé na posição anatômica de frente para o termovisor para realização das imagens térmicas da região anterior. Em seguida, de costas para realização das imagens térmicas da região posterior do corpo. O equipamento utilizado para obtenção das imagens térmicas foi o termovisor (Fluke<sup>®</sup>, TIR-25, 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 spectral dos infravermelhos de 7,5  $\mu\text{m}$  a 14  $\mu\text{m}$ , taxa de atualização de 9 Hz e Sistema FPA (*Focal Plane Array*) de 160 x 120 pixels.

Após a coleta das imagens térmicas foi possível estabelecer 28 diferentes RCI, sendo elas: testa, bochechas, pescoço, peitoral, abdômen, costas, lombar, e ainda, mão, antebraço, braço, coxa, perna, nos lados direito e esquerdo. As RCI foram delimitadas utilizando-se software específico (*Smartview<sup>®</sup>, 3.1*) e valor de emissividade adotado para pele humana de 0,98. Para uma melhor definição das áreas das RCI analisadas, foram considerados pontos anatômicos de referência, delimitando a área para identificação das temperaturas. Assim, para a região anterior foram determinados os pontos anatômicos limítrofes listados abaixo. Para definição das áreas das RCI posteriores foram estabelecidas os correspondentes da região anterior no plano frontal das mãos, antebraços, braços, peitoral e abdômen.

- a) Testa: região frontal;
- b) Bochechas: região infraorbitária, região zigomática e parte da região bucal.
- c) Pescoço: região cervical anterior, parte da região do esternocleidomastóideo, da pequena fossa supraclavicular, da região cervical lateral e da fossa supraclavicular maior.
- d) Mãos: junção do 3<sup>o</sup> metacarpo com a 3<sup>o</sup> falange proximal e processo estilóide da ulna;

- e) Antebraços: 1° terço distal do antebraço e fossa cubital;
- f) Braços: fossa cubital e linha axilar;
- g) Peitoral: linha do mamilo e borda superior do esterno;
- h) Abdômen: processo xifóide e 5 cm abaixo da cicatriz umbilical;
- i) Coxas: 5 cm acima da borda superior da patela e 5 cm da linha inguinal;
- j) Pernas: 5 cm abaixo da borda inferior da patela e 10 cm acima do maléolo.

Para o cálculo da  $T_{MP}$  utilizou-se duas equações, a primeira considerando 4 pontos de registro proposta por Ramanathan<sup>24</sup>, enquanto que a segunda emprega 8 pontos, proposta por Nadel et al.<sup>25</sup>. A tabela 1 apresenta as duas equações consideradas.

**Tabela 1.** Equações para cálculo da  $T_{MP}$ .

Referências	Equações
Ramanathan <sup>24</sup>	$0,3 \times T_{\text{peito}} + 0,3 \times T_{\text{braço}} + 0,2 \times T_{\text{coxa}} + 0,2 \times T_{\text{perna}}$
Nadel et al. <sup>25</sup>	$0,21 \times T_{\text{testa}} + 0,1 \times T_{\text{peito}} + 0,17 \times T_{\text{abdômen}} + 0,11 \times T_{\text{costas}} +$ $0,12 \times T_{\text{braço}} + 0,06 \times T_{\text{antebraço}} + 0,15 \times T_{\text{coxa}} + 0,08 \times T_{\text{perna}}$

### Protocolo de exercício

O protocolo de exercício foi composto por 3 minutos de aquecimento com a velocidade da esteira mantida em 5 Km/h, após este período a velocidade foi aumentada em 1 Km/h a cada 2 minutos até que se atingisse 85% da  $FC_{\text{máx}}$  calculada previamente através da equação proposta por Tanaka et al.<sup>37</sup>  $FC_{\text{máx}} = 208 - (0,7 \times \text{Idade})$ . A inclinação da esteira foi fixada em 2% durante todo o teste. O período de volta à calma teve duração de 2 minutos e a velocidade foi mantida em 3km/h e inclinação de 0%.

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) foi estimado com base nas recomendações do ACSM<sup>38</sup> utilizando-se de um teste submáximo em esteira, visando preservar a segurança do avaliado. Nesta metodologia, equações individuais para estimar o  $VO_{2\text{máx}}$  foram formuladas por regressão linear utilizando os valores de frequência cardíaca (FC) (bpm) e do  $VO_2$  ( $\text{ml.kg.min}^{-1}$ ) obtido durante o exercício com análise de trocas gasosas respiratórias. Para avaliação do consumo de oxigênio foi utilizado o analisador de gases metabólicos (Medical Graphics Corporation<sup>®</sup>, VO2000), para avaliação da FC o monitor cardíaco (Polar<sup>®</sup> RS800CX) e para determinação das regressões lineares utilizou-se o software (SigmaPlot<sup>®</sup>, 12.0).

## **Linha de repouso**

Foram seguidos os mesmos procedimentos metodológicos para coleta das imagens das etapas anteriores, exceto pelo tempo que os participantes se mantiveram na posição em pé em repouso, que foi de 20 minutos.

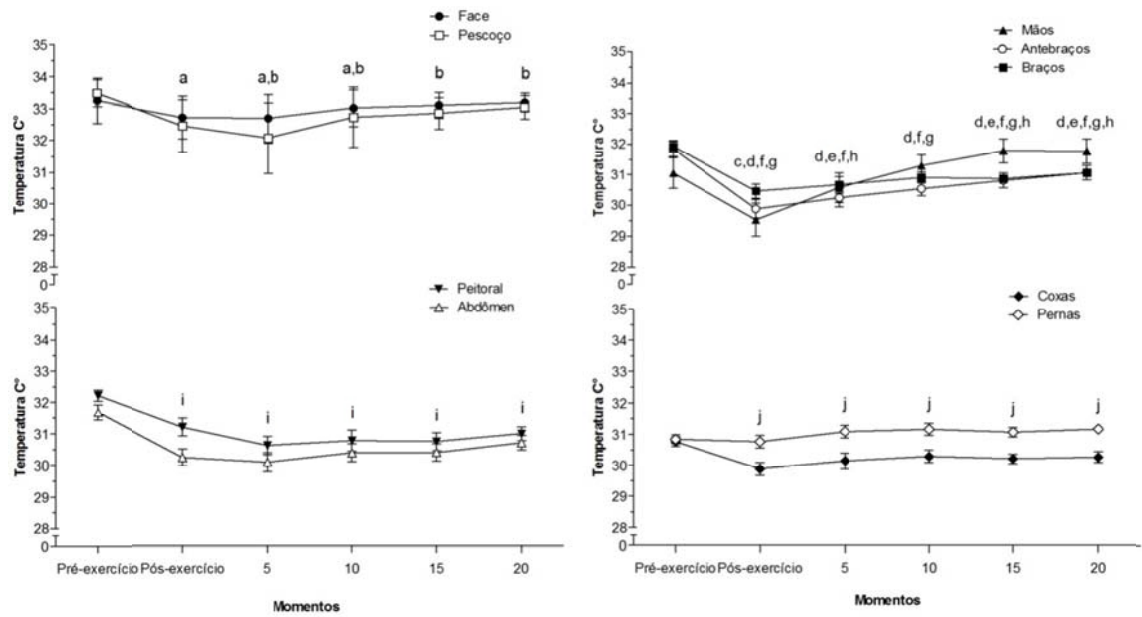
## **Análise Estatística**

Para os cálculos estatístico foram consideradas as médias do somatório das  $T_P$  registradas em ambos os segmentos corporais das mãos, antebraços, braços, pernas e coxas. Da mesma forma que na região da face com as áreas da testa e bochechas. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade dos dados, seguido pela estatística descritiva através de média e desvio-padrão (DP). Para comparação da  $T_P$  entre os diferentes momentos pré-exercício, depois, 5, 10, 15 e 20 minutos em todas as RCI e para  $T_{MP}$ , utilizou-se a ANOVA One-Way para medidas repetidas, seguida do post-hoc de Holm-Sidak. Utilizou-se o teste T pareado para comparação da  $T_P$  das regiões da pele glabras e não glabras, bem como para comparação entre as fórmulas propostas por Ramanathan<sup>24</sup> e Nadel et al.<sup>25</sup> nos diferentes momentos estudados. O nível de significância adotado foi de  $\alpha < 0,05$ . Todas as análises foram conduzidas no programa estatístico (Sigmaplot<sup>®</sup>, versão 12.0).

## **3.4 Resultados**

A amostra apresentou idade média de  $22,4 \pm 3,3$  anos, estatura  $177,0 \pm 0,8$  cm, massa corporal  $74,8 \pm 6,2$  kg, percentual de gordura corporal  $12,7 \pm 3,5$  %, área de superfície corporal  $1,92 \pm 0,1$  m<sup>2</sup> e  $VO_2$ máx de  $48,7 \pm 4,9$  ml.kg.min<sup>-1</sup>. Além disso, a ST média foi de  $-0,3 \pm 1,2$  pontos, CT de  $2,0 \pm 1,1$  pontos, percepção subjetiva do esforço (PSE)  $14,0 \pm 1,4$  pontos, FC final obtida  $163,5 \pm 1,9$  bpm, tempo total de exercício  $11,8 \pm 2,2$  min e velocidade final  $9,5 \pm 1,2$  km/h.

A Figura 1 apresenta os valores médios da  $T_P$  nas diferentes RCI, nos diferentes momentos na visão anterior. Nesta figura é possível observar o comportamento da  $T_P$  nas diferentes RCI antes e nos diferentes momentos pós-exercício.



**Figura 1.** Valores da  $T_p$  nas RCI da face, pescoço, mãos, antebraços, braços, peitoral, abdômen, coxas e pernas, nos momentos pré, pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação pós-exercício na visão anterior. Resultados apresentados em média  $\pm$  DP.

<sup>a</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício, 5 e 10 no pescoço.

<sup>b</sup> dif. sig. 5 vs 10, 15 e 20 no pescoço.

<sup>c</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício nas mãos.

<sup>d</sup> dif. sig. pós-exercício vs 5, 10, 15 e 20 nas mãos.

<sup>e</sup> dif. sig. 5 vs 15 e 20 nas mãos

<sup>f</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício, 5, 10, 15 e 20 nos antebraços e braços.

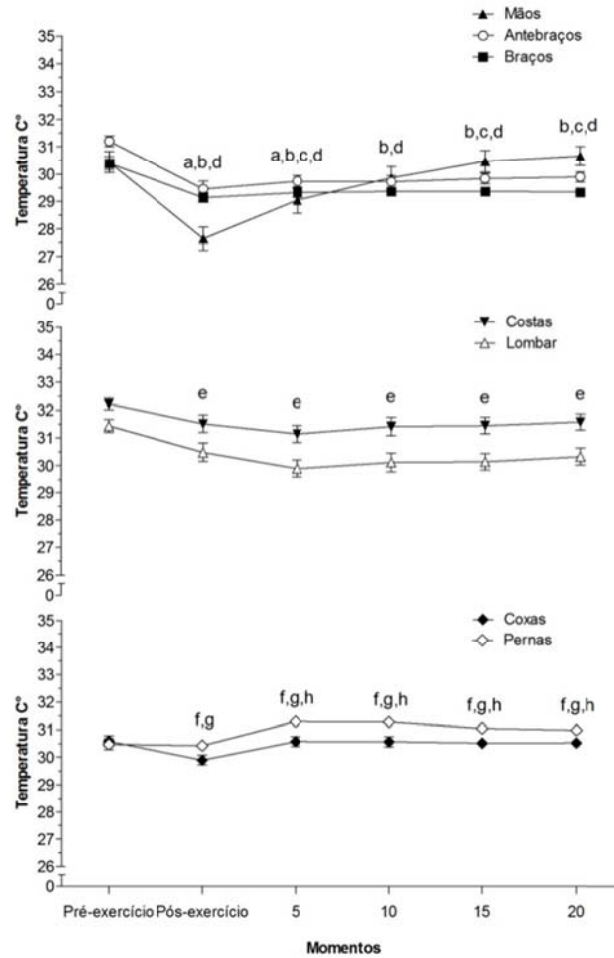
<sup>g</sup> dif. sig. pós-exercício vs 10, 15 e 20 nos antebraços.

<sup>h</sup> dif. sig. 5 vs 15 e 20 nos antebraços.

<sup>i</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício, 5, 10, 15 e 20 nas regiões do peitoral e abdômen.

<sup>j</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício, 5, 10, 15 e 20 na região da coxa.

A Figura 2 apresenta os valores médios da  $T_p$  nas diferentes RCI, nos diferentes momentos na visão posterior, antes e nos diferentes momentos pós-exercício.



**Figura 2.** Valores da  $T_P$  nas RCI das mãos, antebraços, braços, costas, lombar, coxas e pernas, nos momentos pré, pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação pós-exercício na visão posterior. Resultados apresentados em média  $\pm$  DP.

<sup>a</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício e 5 nas mãos.

<sup>b</sup> dif. sig. pós-exercício vs 5, 10, 15 e 20 nas mãos.

<sup>c</sup> dif. sig. 5 vs 15 e 20 nas mãos.

<sup>d</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício, 5, 10 15 e 20 nas regiões dos braços e antebraços.

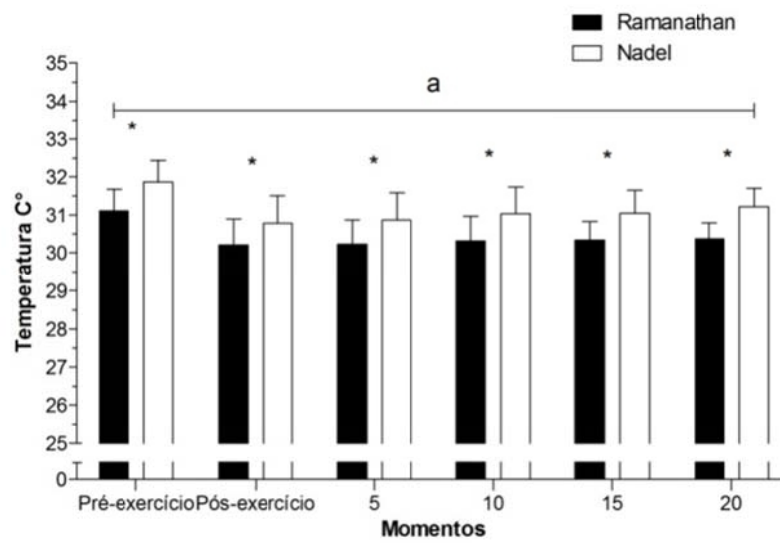
<sup>e</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício, 5, 10 15 e 20 na região das costas e lombar.

<sup>f</sup> dif. sig. pós-exercício vs pré-exercício, 5, 10, 15 e 20 na região das coxas.

<sup>g</sup> dif. sig. pós-exercício vs 5, 10, 15 e 20 minutos na região das pernas.

<sup>h</sup> dif. sig. pré-exercício vs 5, 10, 15 e 20 na região das pernas.

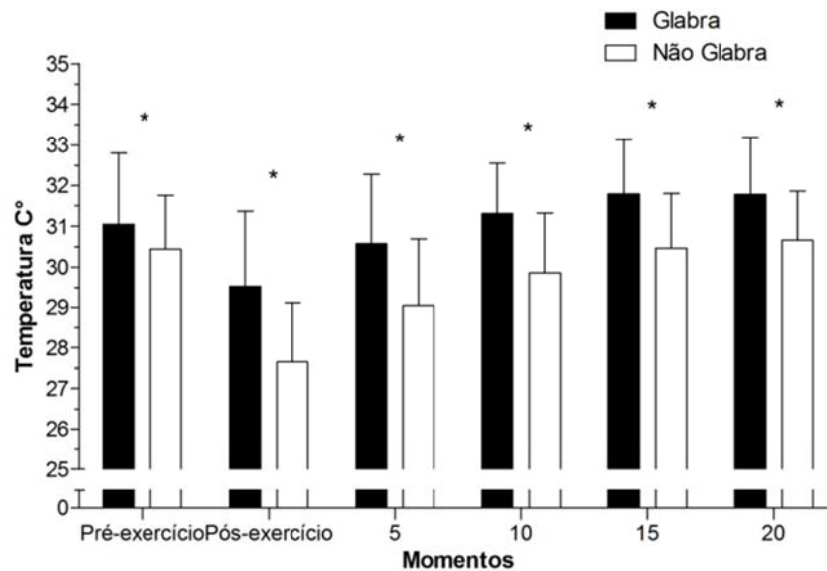
A Figura 3 mostra os valores da  $T_{MP}$ , calculada através das fórmulas de Ramanathan<sup>24</sup> e Nadel et al.<sup>25</sup> nos momentos pré, pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação. A Figura 4 mostra a comparação da  $T_P$  nas regiões da pele glabra e não glabra nos momentos pré, pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação.



**Figura 3.** Valores da  $T_{MP}$  calculada através das fórmulas de Ramanathan (1964) e Nadel et al. (1973) pré, pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação. Resultados apresentados em média  $\pm$  DP.

<sup>a</sup> dif. sig. pré-exercício vs pós-exercício, 5, 10, 15 e 20 para formula de Ramanathan e Nadel.

\* dif. sig. entre as fórmulas de Ramanathan e Nadel.



**Figura 4.** Valores da  $T_p$  nas regiões da pele glabra e não glabra, nos momentos pré, pós-exercício e nos minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação. Resultados apresentados em média  $\pm$  DP.

\* dif. sig. entre as duas regiões corporais nos diferentes momentos.

### 3.5 Discussão

Os principais achados deste estudo indicam que durante a realização do exercício de curta duração e carga progressiva há redistribuição do fluxo sanguíneo das regiões cutâneas para os músculos ativos devido a forte ação dos mecanismos vasoconstritores<sup>1,5</sup>. Ou seja, por períodos relativamente curtos e no exercício de carga progressiva é mais importante para organismo suprir a demanda metabólica da atividade por meio do direcionamento de parte do fluxo sanguíneo das regiões cutâneas para os músculos em atividade (exercitados), do que trocar calor com o ambiente por meio de direcionamento do sangue para a pele.

Os resultados da  $T_p$  avaliada através da TIR apontam para redução significativa entre a  $T_p$  obtida no momento pré-exercício, em comparação à registrada imediatamente pós-exercício em todas as RCI analisadas com exceção da face e região anterior e posterior das pernas (Figuras 1 e 2). As principais reduções aconteceram nos membros superiores, com magnitude de  $1,8^\circ\text{C}$ , seguido das regiões centrais, peito, abdômen, costas e lombar e até mesmo nas regiões das coxas. Esses resultados reforçam os conceitos de redistribuição do fluxo sanguíneo da região da pele para os músculos ativos<sup>1,3,4</sup>, onde os segmentos corporais dos braços, antebraços e principalmente as mãos, contribuem significativamente para este processo.

A redução da  $T_p$  imediatamente pós-exercício também foi observado por outros autores como Merla et al.<sup>16</sup> e Zontak et al.<sup>19</sup> onde os avaliados realizaram o exercício de carga progressiva até a máxima capacidade aeróbica. Esta queda na  $T_p$  nestas RCI tem sido justificada pelo início da perda de calor através da evaporação, mas principalmente por resposta cutânea vasoconstritora, controlada por nervos do sistema simpático adrenérgico e modulada pela ação de neurotransmissores noradrérgicos como a noraepinefrina e neuropeptídeo Y<sup>1,4,5,7</sup>.

Este mecanismo vasoconstritor possivelmente atuou com maior intensidade nas RCI dos membros superiores, com destaque para mãos, onde as reduções da  $T_p$  após o exercício foram de  $1,6^\circ\text{C}$  (4,9%) na visão anterior e  $2,8^\circ\text{C}$  (9,2%) na visão posterior. Estes resultados são semelhantes aos de outros estudos<sup>16,19,20,39</sup>. Nestas RCI é importante destacar que nos períodos pós-exercício a  $T_p$  assumiu tendência de elevação retornando rapidamente aos valores de repouso no momento 10, e a partir do período de 15 minutos os valores já eram estatisticamente diferentes do pré-exercício, apresentando

valores superiores. Esse comportamento oscilatório da  $T_p$  ilustra que mesmo em intensidade submáxima existe reposta rápida de todo o sistema termorregulador.

Na análise dos membros inferiores na RCI das coxas, identificamos redução da  $T_p$  estatisticamente significativa entre os momentos pré-exercício e o pós-exercício, nas visões anterior e posterior, sendo que esta redução se mantém apenas na região anterior nos diferentes momentos estudados. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Merla et al.<sup>16</sup>, porém em maior magnitude, onde a  $T_p$  foi reduzida em 4,6°C. Cabe destacar que no estudo revisado, os avaliados foram submetidos a protocolo de carga progressiva até atingir o máximo, enquanto os níveis de esforço medidos no presente estudo mantiveram-se em níveis submáximo, justificando, assim, a discrepância de magnitude de diferenças na  $T_p$  entre os dois estudos. Outros trabalhos<sup>16,19,20,39</sup> também relatam redução da  $T_p$  no exercício de curta duração sendo inversamente proporcional ao incremento de carga o que também justifica esta redução menos acentuada após a realização do teste submáximo encontrada em nosso estudo.

Nas RCI das pernas, a  $T_p$  não apresentou diferença estatística significativa nos diferentes momentos na visão anterior, indicando, assim, equilíbrio da temperatura neste local. Resultado similar foi verificado na visão posterior quando comparou-se pré e pós-exercício, entretanto houve diferença estatística significativa ao compararmos o momento pré-exercício com os minutos 5, 10, 15 e 20 da recuperação, evidenciando, assim, aumento da  $T_p$ . Este aumento da  $T_p$  pode ter ocorrido em função do redirecionamento do fluxo sanguíneo do músculo para pele com objetivo de trocar calor com ambiente<sup>16</sup>.

A  $T_{MP}$  calculada através das fórmulas propostas por Nadel et al.<sup>25</sup> e Ramanathan<sup>24</sup> também evidencia de forma geral redução significativa na comparação de antes com os demais momentos, seja ela gerada através de fórmula com menor ou maior número de RCI analisadas (Figura 3). Esse resultado reforça a atuação dos mecanismos vasoconstritores como os principais responsáveis por estas reduções, conforme anteriormente demonstrado nos estudos de Torii et al.<sup>20</sup> e Nakayama et al.<sup>39</sup> onde a queda da  $T_p$  acontece no início do exercício mesmo sem a presença de sudorese.

Outra consideração importante é que existiu diferença significativa em todos os momentos estudados na comparação entre as fórmulas para determinar a  $T_{MP}$  propostas por Ramanathan<sup>24</sup> e Nadel et al.<sup>25</sup>. Assim, a fórmula de 4 pontos proposta por Ramanathan<sup>24</sup> gerou  $T_{MP}$  inferior a gerada pela equação de 8 pontos de Nadel et al.<sup>25</sup>. Desta forma, com intuito de se minimizar erros de estimativa, os resultados indicam que

a comparação da  $T_{MP}$  deve ser realizada com estudos que utilizaram os mesmos número de pontos. Segundo Choi et al.<sup>23</sup> que compararam a  $T_{MP}$  obtida através de 16 diferentes de fórmulas, para obtenção de um resultado confiável, deve-se optar por equações que envolvam mais de 7 pontos de avaliação da  $T_P$ . Tomando como base essa indicação, sugere-se o emprego da equação de Nadel et al.<sup>25</sup> por possuir 8 pontos de registro.

Nas regiões não glabras (peludas) existem os nervos vasodilatadores e vasoconstritores, enquanto que nas as regiões glabras (sem pêlos) recebe apenas a inervação vasoconstritora<sup>1,7</sup>. Assim, na região dorsal da mão, a menor  $T_P$  pós-exercício em comparação com a região palmar (Figura 4), pode ser em função do maior, ou mais efetivo, controle dos mecanismos vasodilatadores, situação esta que não acontece na região glabra<sup>1</sup>. Além disso, já é conhecido que a região não glabra produz maior quantidade de suor que as regiões glabras, o que pode ter contribuído para a redução mais acentuada no dorso das mãos<sup>40</sup>. No período pós-exercício a  $T_P$  elevou-se mais acentuadamente nas regiões glabras, provavelmente, em função da retirada mais efetiva da ação vasoconstritora, o que gera imediata elevação do fluxo sanguíneo nesta área<sup>1</sup>. De acordo com Johnson<sup>1</sup> nas regiões não glabras a retirada da atividade do nervo vasoconstritor conduz a aumento modesto no fluxo sanguíneo em comparação com a região glabra, entretanto este mecanismo ainda não está totalmente esclarecido.

Estas respostas da  $T_P$  são válidas para mesmo tipo de ambiente, caracterizado neste estudo como temperado ou termoneutro onde os avaliados indicaram ST neutra e CT como confortável. Em condições ambientais extremas os resultados podem ser diferentes. É importante destacar que foram apresentados valores médios da  $T_P$  de diferentes RCI que correspondem a maior parte da superfície corporal total, permitindo assim maior compreensão sobre as respostas da  $T_P$  em atividade física submáxima. Como limitações do estudo, têm-se a ausência da monitorização da temperatura interna, ou mesmo da pele durante a realização do exercício, o que poderia trazer interessantes informações sobre a dinâmica térmica.

### 3.6 Conclusão

Os resultados demonstraram que durante a realização do exercício de carga progressiva existe redução da  $T_P$ , avaliada por meio da TIR, nos momentos pós-exercício quando comparado aos valores pré-exercício com destaque para os membros

superiores e região do tronco, sendo que o mesmo não foi observado nas pernas, visões anterior e posterior.

A  $T_{MP}$  independe da equação utilizada com quatro ou oito pontos de registro, apontam para reduções na comparação de antes com os demais momentos. Existe diferença no resultado da  $T_{MP}$  entre as fórmulas estudadas, sendo sempre menor quando se utiliza uma equação de quatro pontos frente de oito pontos. A  $T_p$  na região de pele glabra apontou ser superior a região não glabra em todos os momentos estudados.

### **Agradecimentos**

A CAPES pela bolsa de mestrado, a FAPEMIG pelo financiamento do projeto, e ao CNPq pela bolsa de pós-doutorado para estudo na área de termografia.

### **3.7 Referências**

1. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20:29-39.
2. Wissler EH. A quantitative assessment of skin blood flow in humans. *Eur J Appl Physiol* 2008;104:145-57.
3. Johnson JM, Kellogg DL, Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Front Biosci (Schol Ed)* 2010;2:825-53.
4. Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J Physiol* 2008;586:45-53.
5. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol* 2010;109:1221-8.
6. Sawka MN, Chevront SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Exp Physiol* 2012;97:327-32.
7. Kellogg DL, Jr. In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *J Appl Physiol* 2006;100:1709-18.

8. Hodges GJ, Johnson JM. Adrenergic control of the human cutaneous circulation. *Appl Physiol Nutr Metab* 2009;34:829-39.
9. Kenney WL, Johnson JM. Control of skin blood flow during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:303-12.
10. Thomas GD, Segal SS. Neural control of muscle blood flow during exercise. *J Appl Physiol* 2004;97:731-8.
11. Bain A, Jay O. Does summer in a humid continental climate elicit an acclimatization of human thermoregulatory responses? *Eur J Appl Physiol* 2011;111:1197-205.
12. Schlader Z, Simmons S, Stannard S, Mündel T. Skin temperature as a thermal controller of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:1631-9.
13. Levels K, Koning J, Foster C, Daanen HM. The effect of skin temperature on performance during a 7.5-km cycling time trial. *Eur J Appl Physiol* 2012;112:3387-95.
14. Hunold S, Mietzsch E, Werner J. Thermographic studies on patterns of skin temperature after exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65:550-4.
15. Fernandes AA, Amorim PRS, Primola-Gomes TN, et al. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. *Rev And Med Dep* 2012;5:113-7.
16. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng* 2010;38:158-63.
17. Formenti D, Ludwig N, Gargano M, et al. Thermal Imaging of Exercise-Associated Skin Temperature Changes in Trained and Untrained Female Subjects. *Ann Biomed Eng* 2012:1-9.
18. Formenti D, Ludwig N, Gargano M, et al. Thermal Imaging of Exercise-Associated Skin Temperature Changes in Trained and Untrained Female Subjects. *Ann Biomed Eng* 2013;41:863-71.
19. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng* 1998;26:988-93.
20. Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H. Fall in skin temperature of exercising man. *Br J Sports Med* 1992;26:29-32.
21. Akimov EB, Son'kin VD. Skin temperature and lactate threshold during muscle work in sportsmen. *Fiziol Cheloveka* 2011;37:120-8.

22. Akimov E, Andreev R, Kalenov Y, Kirdin A, Son'kin V, Tonevitsky A. The human thermal portrait and its relations with aerobic working capacity and the blood lactate level. *Human Physiology* 2010;36:447-56.
23. Choi JK, Miki K, Sagawa S, Shiraki K. Evaluation of mean skin temperature formulas by infrared thermography. *Int J Biometeorol* 1997;41:68-75.
24. Ramanathan NL. A New Weighting System for Mean Surface Temperature of the Human Body. *J Appl Physiol* 1964;19:531-3.
25. Nadel ER, Mitchell JW, Stolwijk JAJ. Differential thermal sensitivity in the human skin. *Pflug Arch Eur J Phy* 1973;340:71-6.
26. Chisholm DM, Collis ML, Kulak LL, Davenport W, Gruber N. Physical activity readiness. *BC Medical Journal* 1975;17:375-8.
27. McArdle W, Katch F, V. K. *Fisiologia do Exercício: Nutrição e Desempenho Humano*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.
28. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1334-59.
29. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, L C. International standards for anthropometric assessment (ISAK). South Africa: Potchefstroom; 2006.
30. Du Bois D, F. DBE. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med* 1916;17:863-71.
31. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40:497-504.
32. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods. In: BROZEK JH, A., ed. *Techniques for measuring body composition*. Washington: National Academy of Science; 1961.
33. Ring EF, Kurt A. *Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine*. Medical Devices and Systems: CRC Press 2006;36:1-14.
34. Heikens MJ, Gorbach AM, Eden HS, et al. Core body temperature in obesity. *Am J Clin Nutr* 2011;93:963-7.
35. Roy RA, Boucher JP, Comtois AS. Digitized Infrared Segmental Thermometry: Time Requirements for Stable Recordings. *J Manipulative Physiol Ther* 2006;29:468.e1-.e10.

36. Yasuoka A, Kubo H, Tsuzuki K, Isoda N. Interindividual differences in thermal comfort and the responses to skin cooling in young women. *J Therm Biol* 2012;37:65-71.
37. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:153-6.
38. American College of Sports M, Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
39. Nakayama T, Ohnuki Y, Kanosue K. Fall in skin temperature during exercise observed by thermography. *Jpn J Physiol* 1981;31:757-62.
40. Smith CJ, Havenith G. Body mapping of sweating patterns in male athletes in mild exercise-induced hyperthermia. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:1391-404.

**4 – Artigo 3** - Comportamento da temperatura da pele em diferentes regiões corporais durante a realização de exercício de intensidade moderada.

#### 4.1 Resumo

O objetivo deste estudo foi estabelecer o comportamento da temperatura da pele ( $T_p$ ) monitorada pela termografia infravermelha (TIR) em ambiente temperado com temperatura de  $24,9 \pm 0,6^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $62,3 \pm 5,7\%$ , de jovens adultos fisicamente ativos, em três momentos: a) pré-exercício ao longo de 30 minutos, b) durante a realização de 1 hora de atividade física em esteira de intensidade moderada a 60% da máxima capacidade aeróbica, c) na fase de recuperação ao longo de 1 hora. Doze jovens adultos fisicamente ativos com idade média de  $22,4 \pm 3,3$  anos foram avaliados. A  $T_p$  em todas as regiões corporais de interesse (RCI) estudadas durante o período pré-exercício apresentaram tendência à estabilidade, não existindo diferença estatística significativa entre os diferentes momentos. Ao início do exercício observou-se redução da  $T_p$  significativa nas RCI da face, pescoço, braços, antebraços, mãos nas visões anterior e posterior, peitoral, abdômen, costas e lombar aos 10 minutos de atividade. Com sua sequência, a  $T_p$  continuou estatisticamente menor do que a de repouso nas regiões da face, pescoço, peitoral, abdômen, antebraços e braços na visão anterior. Com o término do exercício, a  $T_p$  nas regiões das costas, abdômen, lombar, antebraços e braços nas visões anterior e posterior, e nas pernas na visão anterior a  $T_p$  manteve-se estável em comparação com o pré-exercício. Já nas regiões das mãos e coxas nas visões anterior e posterior e pernas na visão posterior, foram registrados aumentos significativos da  $T_p$ . Em suma, observou-se o quanto é variável o comportamento da  $T_p$  nas RCI em diferentes momentos. Isso evidencia importantes informações para melhor compreensão do sistema termorregulatório humano no que diz respeito à  $T_p$ , auxiliando, assim, no desenvolvimento de modelos termofisiológicos, projetos de manequins térmicos e para concepção de vestuário esportivo, que devem ser confeccionados em função das respostas termorregulatórias específicas de cada região corporal.

**Palavras-chave:** Exercício; Termografia infravermelha; Temperatura da pele; Regulação da temperatura corporal.

## 4.2 Introdução

O equilíbrio térmico nos seres humanos é mantido a níveis quase constantes através de ajustes fisiológicos de mecanismos destinados a gerar equilíbrio entre o calor produzido no corpo e perdido para o ambiente (Kenny e Journeay 2010). Com a realização do exercício físico o balanço entre a produção de calor e a perda de calor é facilmente alterada, sendo necessário a ativação dos mecanismos responsáveis pela termorregulação, que são mediados pelo complexo sistema de *feedback* hipotalâmico (Kenny e Journeay 2010; Shibasaki et al. 2006).

A perda de calor metabólico ocorre por quatro formas, condução, radiação, convecção e evaporação (Campbell 2011; Kenny e Journeay 2010). Dependendo das condições climáticas, a evaporação é a principal forma de resfriamento corporal a partir da produção da sudorese (Shibasaki et al. 2006; Charkoudian 2010). Quando o suor evapora, proporciona redução da temperatura da pele ( $T_p$ ), dessa forma o sangue proveniente das regiões mais profundas do corpo é resfriado ao circular pela pele, retornando em menor temperatura, o que ajuda controle da temperatura central ( $T_C$ ) (Shibasaki et al. 2006; 2010; Johnson 2010; Johnson and Kellogg 2010; Charkoudian 2010).

Outra resposta fisiológica importante em condição de exercício é a regulação vascular com o controle do fluxo sanguíneo de áreas ativas e inativas. Nas regiões exercitadas (músculos ativos) que necessitam de maior suprimento de oxigênio ocorre vasodilatação, enquanto a vasoconstricção ocorre em áreas inativas, que neste caso, por receber menos fluxo sanguíneo tende também a reduzir a  $T_p$  nestas regiões (Johnson e Kellogg 2010; Johnson 2010; Wissler 2008; Merla et al. 2010).

As adaptações cardiovasculares em função do controle térmico e do exercício são extremantes complexas (Gonzalez-Alonso et al. 2008; Johnson 2010). Os ajustes do fluxo sanguíneo são feitos através dos mecanismos de vasoconstricção e vasodilatação. A vasoconstricção cutânea é controlada pelo sistema nervoso simpático adrenérgico e modulado pela ação de neurotransmissores noradrérgicos, como a noraepinefrina e neuropeptídeo Y (Charkoudian 2010; Gonzalez-Alonso et al. 2008; Kellogg 2006; Johnson 2010). Já a vasodilatação cutânea é modulada pelo sistema nervoso simpático

colinérgico além das ações do óxido nítrico, acetilcolina, peptídeo intestinal vasoativo (VIP) e substância P (Johnson e Kellogg 2010; Johnson 2010; Hodges e Johnson 2009).

A circulação cutânea humana é extremamente variável podendo oscilar de quase zero em condições de resfriamento corporal local ou do corpo inteiro, até 8 l/min em condições de estresse térmico (Charkoudian 2010). Dessa forma, o fluxo sanguíneo cutâneo apresenta correlação direta com a  $T_p$ , onde na condição de baixo fluxo sanguíneo pode-se registrar menores valores da  $T_p$  e em condição de alto fluxo, maiores valores (Sawka et al. 2012; Wissler 2008).

Para o monitoramento da  $T_p$ , diferentes métodos de avaliação têm sido utilizados, como por exemplo, os termômetros de mercúrio, químico e os diferentes tipos de termopares (Davie e Amoores 2010; Smith et al. 2010). Destaca-se o fato de todos estes métodos envolverem contato entre o equipamento e a pele, registrando a temperatura em um único ponto. Outro tipo de termômetro que tem sido utilizado é o infravermelho, onde o contato com a pele não é necessário (Martins e Sá 2011), porém, não há geração da imagem térmica (IT).

Outra possibilidade de monitoramento da  $T_p$  corresponde ao emprego da termografia infravermelha (TIR), através da geração da IT, onde é possível visualizar não somente uma região corporal de interesse (RCI) específica (análise local), como também uma visão ampla de todo o processo termorregulatório atuante. Desta forma, é possível mapear a grande parte da temperatura da superfície corporal, situação esta inviável de ser alcançada utilizando termopares, até então o mais empregado.

Outra característica importante da TIR é a ausência de contato físico com o avaliado, mantendo, assim, seus movimentos de forma natural em condição de exercício e ainda possibilitando que as áreas de avaliação fiquem expostas, permitindo a ação natural dos processos de evaporação, convecção e radiação (Fernandes et al. 2012). É importante destacar que a TIR mede a energia irradiada da pele; situação diferente do termopar, que transforma em valores de temperatura a energia captada por condução.

Alguns autores já estudaram a  $T_p$  em condição de exercício utilizando a TIR (Clark et al. 1977; Merla et al. 2010; Nakayama et al. 1981; Torii et al. 1992; Zontak et al. 1998; Hunold et al. 1992), entretanto na maioria destes o tempo de exercício foi relativamente curto, inferior a 30 minutos (Nakayama et al. 1981; Hirata et al. 1989; Hunold et al. 1992; Zontak et al. 1998; Merla et al. 2010), ou registraram a  $T_p$  durante a realização de testes de máxima capacidade aeróbica (Merla et al. 2010; Zontak et al. 1998), além disso, alguns possuem número reduzido de avaliados (Clark et al. 1977;

Nakayama et al. 1981; Hunold et al. 1992), ou simplesmente analisaram pequeno número de RCI (Zontak et al. 1998; Nakayama et al. 1981; Torii et al. 1992). Considerando as limitações apresentadas nestes estudos, vários questionamentos e possibilidades de investigações sobre a  $T_p$  em condição de exercício necessitam investigação. Novas pesquisas devem ser desenvolvidas com objetivo se conhecer melhor o comportamento da  $T_p$  em diferentes RCI, ajudando na compreensão do sistema termorregulatório humano, bem como no auxílio do desenvolvimento de modelos termofisiológicos, projetos de manequins térmicos e para concepção de vestuário esportivo. Desta forma, o objetivo deste estudo foi verificar o comportamento da  $T_p$  em ambiente temperado de jovens adultos fisicamente ativos, em três momentos, pré-exercício, durante a realização de uma atividade física em esteira e intensidade moderada, bem como na fase de recuperação.

### **4.3 Métodos**

#### **Participantes**

O número de indivíduos da amostra foi determinado com a utilização do *software GPower 3.1.3* (Faul et al. 2007) sendo selecionado para análise a ANOVA para medidas repetidas, e obtendo como resultado o número de 12 avaliados, considerando o efeito tamanho ou o *Power* (poder) de 0,97. As características físicas e fisiológicas da amostra são apresentadas na Tabela 1.

Aos participantes foram apresentados a dinâmica, bem como os procedimentos de conduta para todas as etapas do estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa - MG parecer (nº 134/2011).

**Tabela 1.** Características físicas e fisiológicas da amostra.

Características	Média±DP
Idade (anos)	22,4±3,3
Estatura (cm)	177,0±0,8
Massa corporal (kg)	73,8±6,3
Percentual de gordura corporal (%)	10,3±3,0
Área de superfície corporal (m <sup>2</sup> )	1,92±0,09
VO <sub>2</sub> máx (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	48,7±4,9

### Sessão pré-experimento

Tendo em vista que a  $T_p$  pode sofrer interferências devido a fatores externos e internos, se considerou como fatores de exclusão as seguintes características: Tabagismo, histórico de problemas renais, lesão ósteo-mio-articular nos últimos dois meses ou que apresentasse alguma sintomatologia; quadro de queimaduras na pele, independentemente do grau nas áreas corporais que fossem avaliadas; sintomatologia de dor em alguma região corporal; distúrbios do sono; quadro febril nos últimos sete dias; tratamento fisioterápico ou dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local; bem como utilização de medicamentos como antitérmicos ou diurético, ou algum suplemento alimentar com potencial interferência na homeostase hídrica ou temperatura corporal nas últimas duas semanas.

Todos os avaliados foram considerados aparentemente saudáveis através do *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PARq) (Chisholm et al. 1975), além de baixo risco coronariano segundo a proposta da *Michigan Heart Association* (McArdle W et al. 2001). Considerando a dinâmica de exercício proposto, foram incluídos sujeitos classificados fisicamente ativos segundo os critérios do *American College of Sports Medicine* (ACSM) (Garber et al. 2011) por realizarem sessões de treinamento físico regulares por no mínimo 3 vezes por semana nos últimos quatro meses.

Ainda durante essa etapa realizou-se também levantamento antropométrico da massa corporal, medida em gramas (Filizola<sup>®</sup>, Star 300/4) e a estatura, em centímetros (American Medical<sup>®</sup>, ES2020), seguindo as recomendações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (Marfell-Jones M et al. 2006). A área de

superfície corporal foi calculada a partir das medições da massa corporal e a estatura, de acordo com DuBois e DuBois (1916). Para o cálculo da estimativa da densidade corporal foram utilizadas as equações do somatório de sete dobras (peitoral, subescapular, axilar média, tríceps, supra-iliaca, abdômen e coxa) desenvolvidas por Jackson e Pollock (1978) e, para o percentual de gordura a equação de Siri (1961).

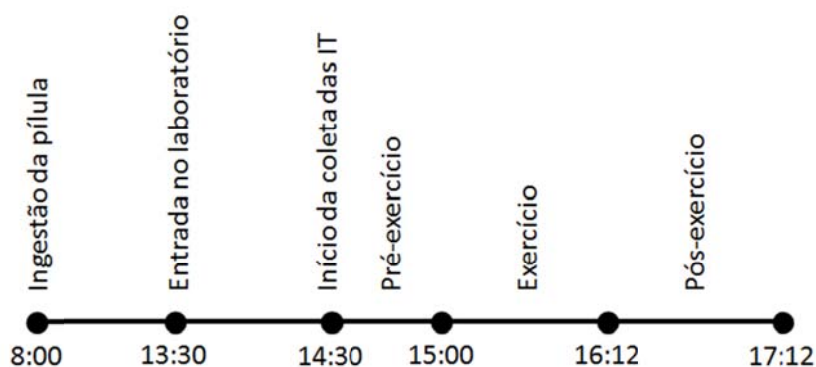
O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) foi estimado com base nas recomendações do ACSM (2010) utilizando-se de teste submáximo em esteira, visando preservar a segurança do avaliado. O protocolo de exercício foi composto por 3 minutos de aquecimento com a velocidade da esteira (Ecafíx<sup>®</sup>, EG 700x) mantida em 5 Km/h, após este período a velocidade foi aumentada em 1 Km/h a cada 2 minutos até que se atingisse 85% da  $FC_{máx}$  calculada previamente através da equação proposta por Tanaka et al. (2001). A inclinação da esteira foi fixada em 2% durante todo o teste. O período de volta à calma teve duração de 2 minutos e a velocidade foi mantida em 3km/h e inclinação de 0%.

Na metodologia proposta pelo ACSM (2010), equações individuais para estimar o  $VO_{2máx}$  são formuladas por regressão linear utilizando os valores de frequência cardíaca (FC) (bpm) e do  $VO_2$  ( $ml.kg.min^{-1}$ ) obtido durante o exercício. Para avaliação do consumo de oxigênio foi utilizado o analisador de gases metabólicos (Medical Graphics Corporation<sup>®</sup>, VO2000), para avaliação da FC o monitor cardíaco (Polar<sup>®</sup> Team<sup>2</sup> Pro) e para determinação das regressões lineares utilizou-se o software (SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 12.0).

### **Procedimentos no dia do experimento**

Foi recomendado aos avaliados não realizassem qualquer tipo de exercício 24 horas antes do teste. No período da manhã entre 8:00-8:30 horas, na residência do avaliado, foi feita a ingestão da pílula, para avaliação da  $T_C$ , através do sistema telemétrico (CorTemp<sup>®</sup> HQ Inc, HT150002). Esta pílula transmite ondas de rádio de baixa frequência que varia em comprimento de onda dependendo da temperatura. Esta onda de rádio é recebida e convertida em formato digital por um gravador de dados (CorTemp<sup>®</sup> HQ Inc, HT150016). Cada pílula foi devidamente calibrada e certificada pelo fabricante. Todos os procedimentos seguiram as recomendações proposta por Byrne e Lim (2007) que ainda destacam a validade deste tipo de equipamento para o registro da  $T_C$ .

Os avaliados foram instruídos a realizarem o almoço entre 11:00-12:00 horas com a composição dos alimentos normalmente utilizada em sua rotina diária. A fim de evitar o estresse físico e térmico os voluntários foram transportados até o laboratório sendo que estes deram entrada às 13:30 horas e realizaram um período de adaptação a temperatura da sala teste 60 minutos. Esta por sua vez, foi devidamente preparada, com iluminação artificial por meio de lâmpadas fluorescentes e condições ambientais de temperatura mantidas através de um condicionador de ar quente/frio (Komeco<sup>®</sup>, Split Hi-Wall). A média da temperatura ambiente permaneceu em  $24,9\pm 0,6^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa em  $62,3\pm 5,7\%$ , ambos registrados por anemômetro digital (Instrutherm<sup>®</sup>, AD-250), caracterizando assim o ambiente como temperado (Bain e Jay 2011). Essas condições ambientais de registro estão em conformidade com as recomendações Ring e Kurt (2006) para coleta de IT. O fluxo de ar não era direcionado para a área de realização do exercício ou de coleta das imagens, nestes locais a velocidade do vento foi medida através de anemômetro digital citado anteriormente, sendo esta considerada nula. A FC foi monitorada em todas as etapas aqui estudadas através do monitor cardíaco (Polar<sup>®</sup>, Team<sup>2</sup> Pro). A Figura 1 apresenta o resumo das ações metodológicas realizadas no dia do experimento.



**Figura 1.** Ações metodológicas realizadas no dia do experimento.

Para o registro de IT foram adotadas as recomendações propostas pela *European Association of Thermology* (Ring e Kurt 2006). Os principais pontos dessas recomendações incluem que os voluntários deveriam evitar nas 24 horas antecederam o teste o consumo de cafeína, cigarro e álcool, realização de atividade física e massagem, além da aplicação creme, gel ou spray nas regiões corporais de interesse (RCI) avaliadas. Durante esta etapa os voluntários utilizavam apenas tênis, sunga e fita de monitor cardíaco. Ao chegar ao laboratório cada avaliado fez a ingestão de 500ml de

água, com objetivo de evitar que iniciasse o exercício desidratado. Neste momento também foi registrado a massa corporal e a densidade da urina

### **Etapa pré-exercício**

Tendo em vista que a temperatura corporal varia em função do horário do dia (Heikens et al. 2011) optou-se por começar a coleta das IT sempre no mesmo horário, às 14:30 horas. Após o período de adaptação, os avaliados eram orientados a indicar a sensação térmica (ST) através de escala de nove pontos e o conforto térmico (CT) em escala de sete pontos, previamente determinadas no estudo de Yasuoka et al. (Yasuoka et al. 2012).

Para o cálculo da temperatura média da pele ( $T_{MP}$ ) utilizou-se a equação proposta por Nadel et al. (Nadel et al. 1973) que emprega 8 pontos, sendo eles: testa, peito, abdômen costas, braço, antebraço, coxa e perna. Desta forma a equação empregada foi:

$$T_{MP} = 0,21 \times T_{\text{testa}} + 0,1 \times T_{\text{peito}} + 0,17 \times T_{\text{abdômen}} + 0,11 \times T_{\text{costas}} + 0,12 \times T_{\text{braço}} + 0,06 \times T_{\text{antebraço}} + 0,15 \times T_{\text{coxa}} + 0,08 \times T_{\text{perna}}$$

Os avaliados permaneceram em pé por 30 minutos na sala de teste e a cada 5 minutos uma IT era realizada totalizando assim 7 momentos de coleta em condição de repouso. Durante este período o voluntário se mantinham na posição anatômica de frente ao termovisor para realização das IT da região anterior, em seguida, se posicionava de costas para região posterior do corpo. O equipamento utilizado para obtenção das IT foi o termovisor (Flir<sup>®</sup>, T420, Estocolmo, Suécia), com amplitude de medição de -20 a +120°C, precisão de 2%, sensibilidade  $\leq 0,05^\circ\text{C}$ , banda de spectral dos infravermelhos de 7,5  $\mu\text{m}$  a 13  $\mu\text{m}$ , taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de 320 x 240 pixels. Além disso, em cada momento foi registrada a  $T_C$  e a FC. Dos momentos 0 ao 5 e 15 ao 20, foi realizado a coleta de gases respiratórios.

Os avaliados foram pesados para determinação da massa corporal antes e após o experimento, a gravidade específica da urina foi determinada em alíquotas de urina armazenada em vasilhames plásticos de 50mL, coletada antes, imediatamente após o início da atividade e pós-experimento, indicadores que permitem verificar o nível de perda hídrica, promovido pela intervenção.

### **Etapa de exercício**

Esta etapa foi constituída pela realização do exercício em esteira de característica intervalada e carga constante. Foram realizados 12 blocos com duração de 5 minutos cada e período de intervalo de 1 minuto. A intensidade dos blocos de exercício foram a 60% do  $VO_{2máx}$ , valores estes calculados individualmente e correspondentes a velocidade da esteira nesta intensidade obtidos na sessão pré-experimento.

Durante os períodos de intervalo foram realizadas as coletas das IT, da mesma forma na etapa pré-exercício, bem como nas demais variáveis. O consumo de oxigênio foi registrado nos momentos 0 ao 5, 15 ao 20, 30 ao 35 e 45 ao 50. Antes do início de cada bloco de exercício os avaliados faziam a ingestão de água na proporção de 1ml/Kg de massa corporal a fim de garantir a hidratação, tendo em vista que um estado de desidratação também pode afetar as respostas da termorregulação (Gonzalez-Alonso et al. 2008; Marins 2011). A  $T_C$  e a FC foi registrada em cada bloco de exercício.

### **Etapa pós-exercício**

Os avaliados permaneceram em pé por 60 minutos na sala de teste e a cada 5 minutos as IT eram realizadas totalizando assim 12 momentos de coleta em condição de repouso no pós-exercício. As coletas das IT foram realizadas da mesma forma da etapa pré-exercício, bem como para as demais variáveis. O consumo de oxigênio foi registrado nos momentos 0 ao 5, 15 ao 20, 30 ao 35 e 45 ao 50. A  $T_C$  e a FC foi registrada em todos os momentos do pós-exercício. Durante o período de recuperação os avaliados não realizaram nenhum esforço físico, não tomaram banho e nem secaram a pele com nenhum tipo de material absorvente, havendo somente a evaporação natural do suor produzido.

### **Tratamento das imagens térmicas**

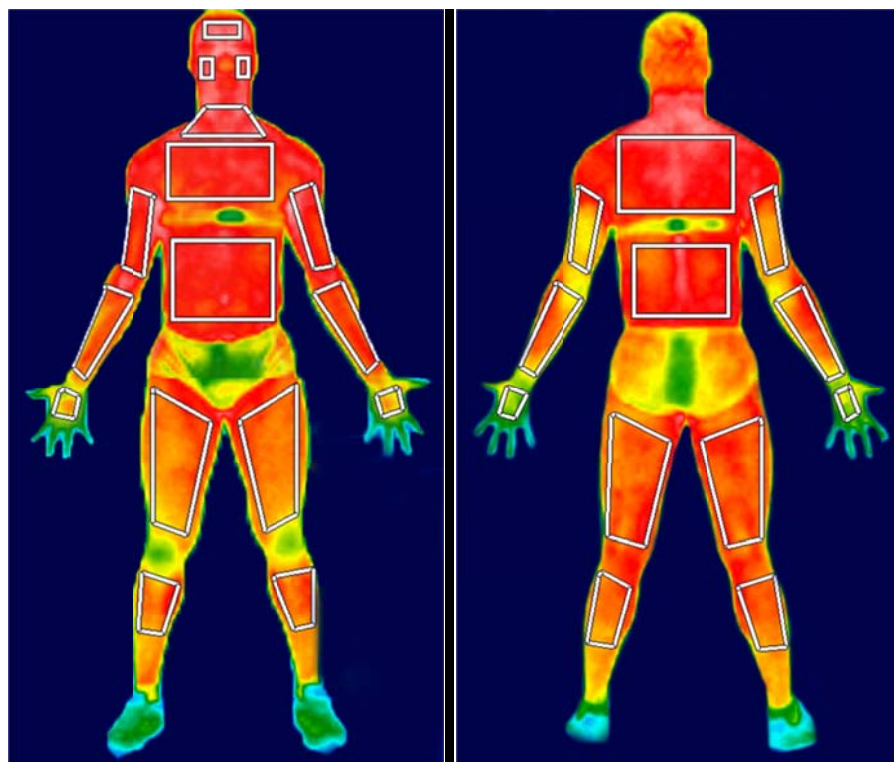
Após a coleta das IT foi possível estabelecer 28 diferentes RCI, sendo elas: testa, face, pescoço, peitoral, abdômen, costas, lombar, e ainda, mãos, antebraços, braços, coxas, pernas, nos lados direito e esquerdo. As RCI foram delimitadas utilizando-se

software específico (Flir Tools<sup>®</sup>) e valor de emissividade adotado para pele humana de 0,98, temperatura refletida da sala de 23°C.

Para definição das áreas das RCI analisadas, foram considerados pontos anatômicos de referência, delimitando a área para identificação das temperaturas. Assim, para a região anterior foram determinados os pontos anatômicos limítrofes listados abaixo. Para definição das áreas das RCI posteriores foram estabelecidas os correspondentes da região anterior no plano frontal das mãos, antebraços, braços, peitoral e abdômen.

- a) Testa: região frontal;
- b) Bochechas: região infraorbitária, região zigomática e parte da região bucal.
- c) Pescoço: região cervical anterior, parte da região do esternocleidomastóideo, da pequena fossa supraclavicular, da região cervical lateral e da fossa supraclavicular maior.
- d) Mão: junção do 3° metacarpo com a 3° falange proximal e processo estilóide da ulna;
- e) Antebraço: 1° terço distal do antebraço e fossa cubital;
- f) Braço: fossa cubital e linha axilar;
- g) Peitoral: linha do mamilo e borda superior do esterno;
- h) Abdômen: processo xifóide e 5 cm abaixo da cicatriz umbilical;
- i) Coxa: 5 cm acima da borda superior da patela e 5 cm da linha inguinal;
- j) Perna: 5 cm abaixo da borda inferior da patela e 10 cm acima do maléolo.

A Figura 2 apresenta a diagramação das áreas utilizadas para determinar a  $T_p$ , nas visões anterior e posterior. Com exceção das regiões da testa e bochechas as demais áreas tomou como base o trabalho de Moreira (2011).



**Figura 2.** Diagramação das RCI estudadas na visão anterior (A) e posterior (B).

### **Análise estatística**

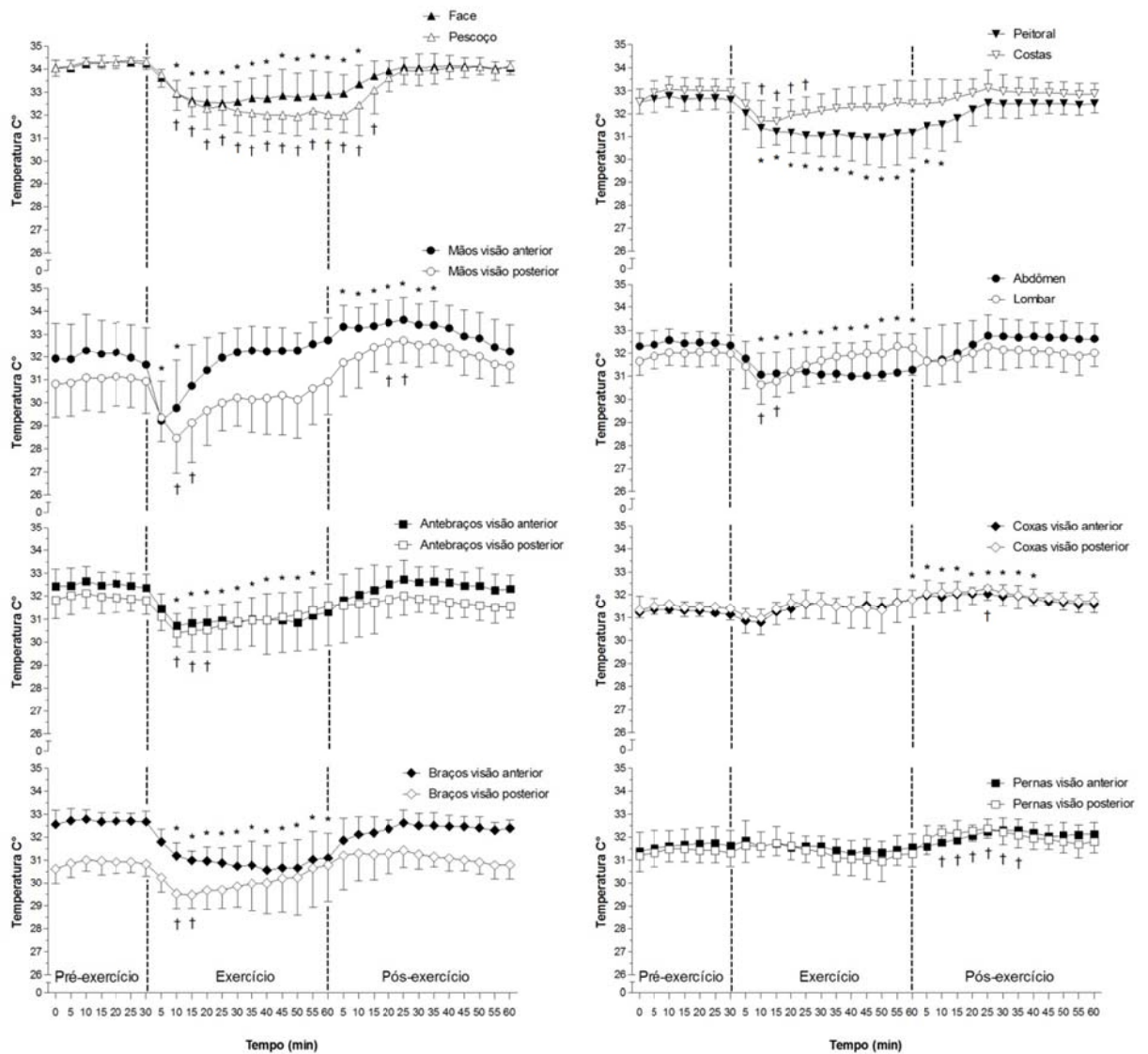
Para os cálculos estatístico foram consideradas as médias do somatório das  $T_p$  registradas em ambos os segmentos corporais das mãos, antebraços, braços, pernas e coxas. Para o calculo da região da face foi considerado o somatório dos dois hemicarpos da região da bochecha em conjunto com região da testa.

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade dos dados, como estes apresentaram normalidade posteriormente aplicou-se a estatística descritiva através de média e desvio-padrão ( $\pm DP$ ) Para comparação da  $T_p$  entre os diferentes momentos estudados em todas as RCI, utilizou-se a ANOVA One-Way para medidas repetidas, seguida do post-hoc de Holm-Sidak, bem como para as análises da  $T_C$ , FC,  $VO_2$ ,  $T_{MP}$ . O teste T pareado foi utilizado para comparação das variáveis: massa corporal e densidade da urina, no momento pré e pós-exercício. O nível de significância adotado foi  $\alpha < 0,05$ . Todas as análises foram conduzidas no programa estatístico (Sigmaplot<sup>®</sup>, versão 12.0).

#### 4.4 Resultados

O resultado da análise estatística demonstrou diferença significativa ( $P < 0,01$ ) na massa corporal pré-exercício ( $73,8 \pm 6,3$  Kg) em comparação com pós-exercício ( $73,3 \pm 6,2$  Kg). A densidade da urina não apresentou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) significativa do momento pré ( $1014,1 \pm 5,6$  sg) em comparação com o pós-exercício ( $1013,1 \pm 5,8$  sg). A média dos pontos da ST indicada pelos avaliados foi de  $-0,5 \pm 0,9$  sendo esta classificada como “neutra”, já o CT teve média de pontos de  $2,1 \pm 0,9$  classificado como “confortável”.

A Figura 3 apresenta os valores da  $T_p$  nas diferentes RCI, nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício na visão anterior e posterior. Para melhor visualização, foram destacados os resultados da comparação do momento 30 do pré-exercício, considerado como linha de base de equilíbrio térmico, com os demais momentos.

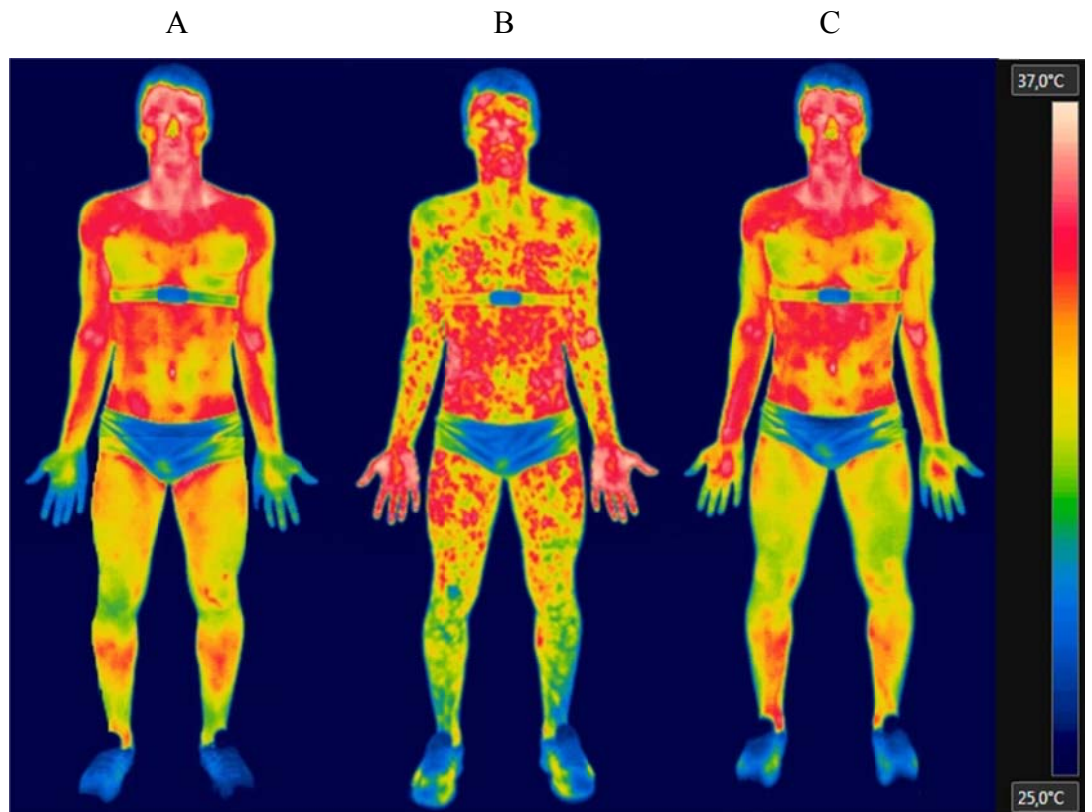


**Figura 3.** Comportamento da  $T_p$  nas diferentes RCI face, pescoço, peitoral, abdômen e lombar, além das mãos, antebraços, braços, coxas e pernas nas visões anterior e posterior, nos momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.

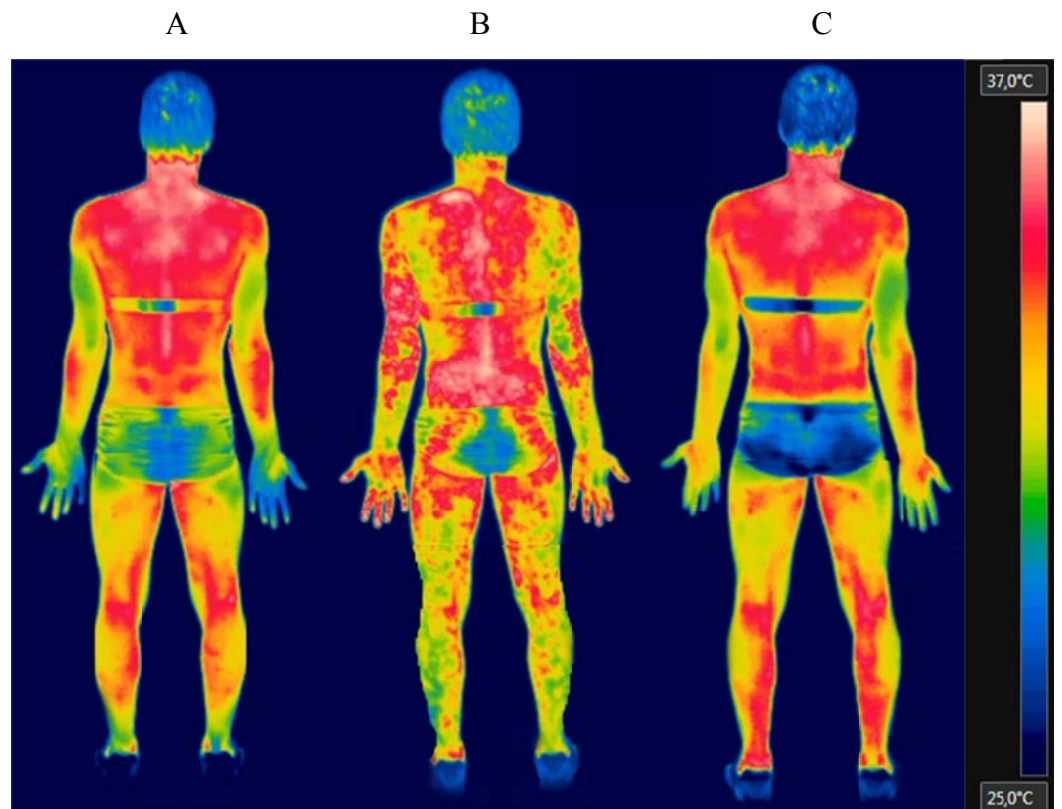
\* dif. sig. ( $P < 0,01$ ) entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos na visão anterior em todas as RCI.

† dif. sig. ( $P < 0,01$ ) entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos na visão posterior em todas as RCI.

As Figuras 4 e 5 apresentam uma visão qualitativa das IT na visão anterior e posterior coletadas no minuto 30 do pré-exercício, 60 minutos de exercício e 60 minutos pós-exercício, de um dos avaliados em que se percebe nitidamente a diversidade das respostas da  $T_p$ .

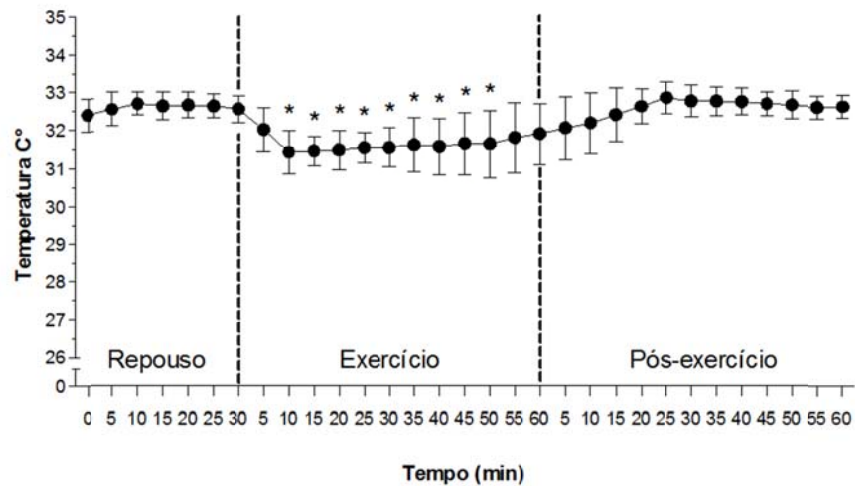


**Figura 4.** IT no minuto 30 do pré-exercício (A), 60 minutos de exercício (B) e 60 minutos pós-exercício (C) na visão anterior.



**Figura 5.** IT no minuto 30 do pré-exercício (A), 60 minutos de exercício (B) e 60 minutos pós-exercício (C) na visão posterior.

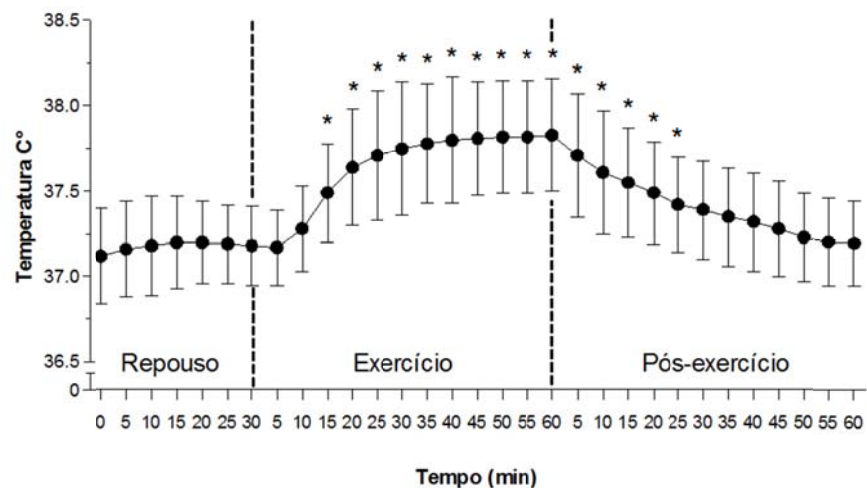
A Figura 6 apresenta os valores da  $T_{MP}$  nos diferentes momentos pré, durante e pós-exercício, em que se destaca os resultados da análise estatística da comparação do momento 30 do pré-exercício com os demais momentos. Foi possível observar que existe clara resposta de redução da  $T_P$  ( $P<0,01$ ) de forma geral durante 50 minutos de exercício.



**Figura 6.** Comportamento da  $T_{MP}$  nos diferentes momentos pré, durante e pós-exercício.

\* dif. sig. ( $P<0,01$ ) entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos.

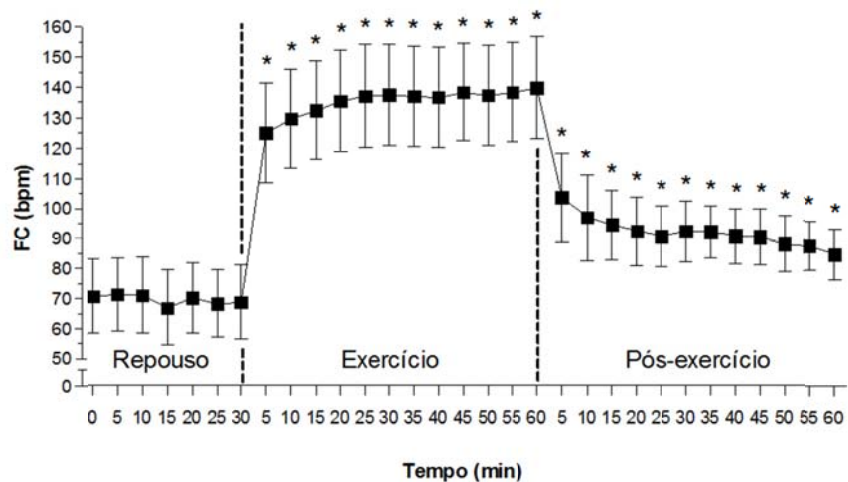
Já a Figura 7 apresenta os valores da  $T_C$  nos diferentes momentos pré, durante e pós-exercício, destacando-se os resultados da análise estatística da comparação do momento 30 do pré-exercício com os demais. Diferentemente da  $T_{MP}$ , a  $T_C$  apresenta comportamento ascendente durante o exercício e descendente após sua finalização.



**Figura 7.** Comportamento da  $T_c$  nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.

\* dif. sig. ( $P < 0,01$ ) entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos.

A Figura 8 apresenta os valores da FC nos diferentes momentos pré, durante e pós-exercício, destacando-se os resultados da análise estatística da comparação do momento 30 do pré-exercício com os demais. Existindo estabilidade no repouso, ascensão no exercício, e que se mantém durante o período pós-exercício.

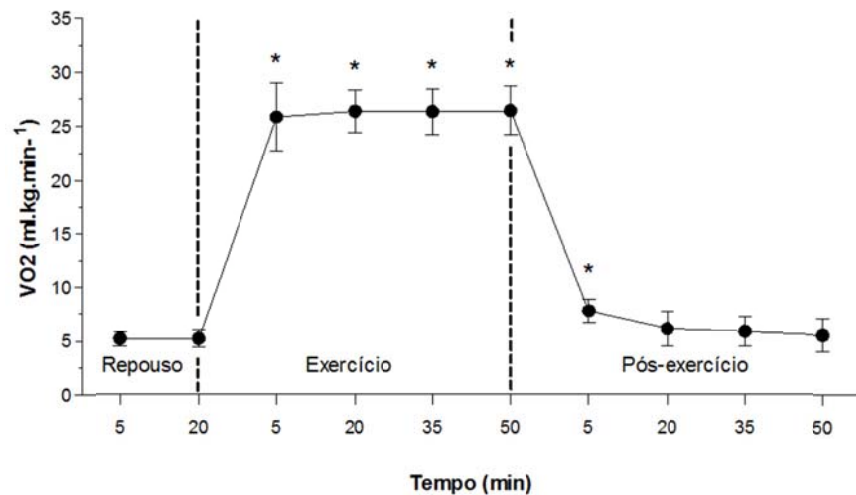


**Figura 8.** FC nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.

\* dif. sig. ( $P < 0,01$ ) entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos.

A Figura 9 apresenta os valores do consumo de oxigênio em diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício, destacando-se os resultados da

análise estatística da comparação do momento 30 do pré-exercício com os demais. No repouso existe estabilidade que é alterada com a realização do exercício e logo após o término do exercício pode-se observar um aumento do consumo de oxigênio após o exercício.



**Figura 9.** Consumo de oxigênio em diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.

\* dif. sig. ( $P < 0,01$ ) entre o momento 20 do pré-exercício vs os demais momentos.

#### 4.5 Discussão

A  $T_p$  em todas as RCI estudadas durante o período pré-exercício apresentou comportamento de estabilidade. O período de adaptação de uma hora na sala de experimento realizado pelos avaliados pode ter garantido esse padrão de resultado. Tal comportamento confirma os resultados de Moreira (2011) que sinaliza o mínimo de 10 minutos para que ocorra equilíbrio da  $T_p$ . O mesmo foi observado quando analisamos a  $T_{MP}$ . Para variáveis  $T_C$ , FC e consumo de oxigênio também não existiu diferença estatística significativa na comparação entre os diferentes momentos no pré-exercício.

Na etapa pré-exercício, os maiores valores de  $T_p$  foram registrados na região do pescoço  $34,3 \pm 0,3^\circ\text{C}$  seguido da face com  $34,2 \pm 0,2^\circ\text{C}$ . Também é possível observar maiores valores da  $T_p$  na região central do corpo (tronco) seguido dos braços e antebraços na visão anterior, sendo que nas extremidades (mãos, coxas e pernas) os menores valores da  $T_p$  foram registrados. Uma possível explicação para estes resultados baseia-se em que na condição de repouso a maior parte do calor produzido pelo corpo

deve-se a ação dos grandes órgãos, localizados nesta região central, que por sua vez concentra a maior parte do fluxo sanguíneo (Campbell 2011).

Com o início do exercício ocorrem alterações importantes na  $T_P$  apresentada no repouso. Foi possível observar redução da  $T_P$  na maioria das RCI estudadas com 10 minutos de sua realização, exceto para regiões das coxas e pernas nas visões anterior e posterior. Esses resultados reforçam os conceitos de redistribuição do fluxo sanguíneo da região da pele para os músculos ativos (Johnson 2010; Johnson e Kellogg 2010; Gonzalez-Alonso et al. 2008), onde em todas as RCI com exceção dos membros inferiores (músculos ativos) contribuem significativamente para este processo. Resultados semelhantes foram observados em diferentes estudos (Clark et al. 1977; Nakayama et al. 1981; Hirata et al. 1989; Torii et al. 1992; Hunold et al. 1992; Zontak et al. 1998).

As reduções mais significativas da temperatura ocorreram nas mãos, 2,5°C (7,9%) na visão posterior e 2,4°C (7,7%) na visão anterior, seguidas dos antebraços, braços nas duas visões, peitoral, abdômen, costas e lombar. Esse comportamento tem sido justificado principalmente pela maior estimulação das respostas cutânea vasoconstritoras, controlada por nervos do sistema simpático adrenérgico e modulada pela ação de neurotransmissores noradrérgicos como a noradrenalina e neuropeptídeo Y (Charkoudian 2010; Gonzalez-Alonso et al. 2008; Kellogg 2006; Johnson 2010), que visam redistribuir o fluxo sanguíneo destas regiões inativas da pele para os músculos em atividade.

Quando se analisa a  $T_{MP}$  também se observou redução estatística significativa com 10 minutos de exercício, com magnitude de 1,2°C (3,5%). Resultados semelhantes foram observados em outros estudos (Ely et al. 2009; Smorawinski et al. 2005; Miyagawa et al. 2011; Smith et al. 2010), mesmo utilizando termopares como método de medição da  $T_P$ . Desta forma, parece que independentemente do método de avaliação, é possível observar a redução da  $T_P$  devido à ação dos mecanismos de vasoconstrição cutânea. Entretanto, a  $T_P$  nas regiões ativas (coxas e pernas), não se registrou diferença estatística significativa com o início do exercício. Assim parece que, para esta intensidade de exercício existe um equilíbrio, onde a ação dos mecanismos vasoconstritores nestas regiões não é suficiente para gerar reduções significativas, nem que os mecanismos vasodilatadores cutâneos resultem em elevação estatística significativa da  $T_P$ , mantendo desta forma o estado de equilíbrio.

Durante o monitoramento da  $T_C$ , com 15 minutos de exercício foi possível observar aumento estatisticamente significativo na comparação com repouso, indicando que a intensidade de exercício foi suficiente para que o organismo dos avaliados aumentasse a produção de calor corporal e conseqüentemente gerasse as respostas termorregulatórias esperadas devido ao estímulo físico, como sudorese e redistribuição do fluxo sanguíneo. A  $T_C$  apresenta relação direta com a taxa metabólica (Gonzalez-Alonso et al. 2008) o que foi evidenciado no presente estudo. Contudo as diferentes respostas térmicas obtidas entre a  $T_P$  e  $T_C$  sinalizam a complexidade dos mecanismos termorregulatórios.

Com a sequência do exercício, a  $T_P$  continuou menor do que a de repouso nas regiões da face, pescoço, peitoral, abdômen, antebraços e braços na visão anterior e manteve-se estável nas coxas e pernas nas visões anterior e posterior. Já nas mãos, nas visões anterior e posterior, antebraços e braços na visão posterior e das costas e região lombar, após apresentarem queda nos primeiros momentos de exercício, elevou-se com a continuidade da atividade. Indicando assim, que nestas RCI a  $T_P$  apresenta comportamento distinto das demais, ou seja, com o passar do tempo de exercício existe redirecionamento do fluxo sanguíneo cutâneo para estas RCI facilitando assim a perda de calor corporal para meio ambiente, situação esta corroborada pelos estudos de (Hirata et al. 1989; Clark et al. 1977; Zontak et al. 1998). Esse comportamento térmico da pele reforça a importância da função desse órgão no controle da temperatura corporal, já que o sangue mais quente ao chegar na pele perde calor, retornando para regiões internas em temperatura mais baixa (Gonzalez-Alonso et al. 2008; Johnson 2010).

Em alguns recentes estudos, tem sido relatado que as regiões das costas e lombar são as principais produtoras de sudorese durante a realização do exercício (Havenith et al. 2008; Smith e Havenith 2011, 2012). Desta forma, parece que o aumento registrado da  $T_P$  após breve período de redução justamente nos locais de maior produção de sudorese, seria uma resposta fisiológica do organismo para manutenção do equilíbrio térmico ao promover vasodilatação cutânea visando aumentar a perda de calor em tais regiões.

Tem sido especulado que a maior produção de suor nas costas e lombar seja uma característica remanescente do desenvolvimento evolucionário de antes que o homem tenha se tornado bípede (Havenith et al. 2008), onde em uma criatura quadrúpede, regiões como abdômen e peitoral são mais protegidos da circulação de ar enquanto que

as costas e lombar estão mais expostas e paralelas ao movimento de ar, assim o calor perdido por evaporação nestas regiões será relativamente maior e mais eficaz do que nas regiões do peitoral e abdômen. Esta mesma especulação pode ser feita para justificar a consistência das reduções da  $T_p$  verificadas nas regiões do peitoral e abdômen e os posteriores aumentos da  $T_p$  nas costas e lombar, o que facilitaria a perda de calor corporal.

Quando analisada a  $T_{MP}$  com a sequência do exercício, verifica-se que a redução estatisticamente significativa persistiu até os 50 minutos. Tais resultados são semelhantes aos apresentados em alguns estudos (Smorawinski et al. 2005; Ely et al. 2009; Lopez et al. 2008), mas diferentes a outros trabalhos (Bain and Jay 2011; Smith et al. 2010; Burdon et al. 2010), onde com a continuidade são registrados aumentos na  $T_{MP}$  para condições ambientais e de intensidade de exercício próximas a do presente estudo. Diversos fatores podem vir a explicar tais divergências, contudo a utilização de diferentes fórmulas para cálculo da  $T_{MP}$  que faz com que os termopares sejam posicionados em locais diferentes, e que as constantes que multiplicação os valores da  $T_p$  sejam diferentes parece ser fundamentais. Desta forma, a comparação ideal seria com estudos que tivessem utilizado a TIR como método principal de avaliação da  $T_p$ , entretanto esta comparação tornasse difícil, uma vez que existe pequeno número de estudos científicos que utilizaram esta técnica (Fernandes et al. 2012), além de não ter sido registrado em nenhum destes a aplicação de fórmula para o cálculo da  $T_{MP}$ .

Através da TIR foi possível quantificar e ilustrar comportamento da  $T_p$  em diferentes RCI, sendo que a resposta fisiológica que merece destaque é a variação da  $T_p$  dentro da mesma RCI, que se acentua com a realização do exercício (Figuras 4B e 5B). No estudo de (Merla et al. 2010) é ressaltado a presença de pontos de hipertermia muitas vezes em forma de árvore, caracterizado por áreas de grande concentração de pontos de maior temperatura que se ramificam em áreas menores que mantêm esta temperatura elevada, situação esta que também ficou evidente no presente estudo. Desta forma, é evidente a complexidade do sistema de controle da  $T_p$ , onde em uma mesma região corporal existem pontos em que a  $T_p$  é maior que a de repouso e pontos onde essa é menor. No estudo de (Hunold et al. 1992), por exemplo, foi possível observar que dentro da distância de alguns centímetros podem ser encontradas diferenças superiores a  $3^\circ\text{C}$  na  $T_p$  e diferenças na microcirculação da pele de até 300%.

O comportamento térmico variado que foi observado no presente estudo, pode estimular a elaboração de uniformes esportivos que levem em consideração esses

ajustes, tanto para facilitar a perda de calor ou a sua retenção. É interessante destacar que as respostas da  $T_p$  registradas durante o exercício foram obtidas em exercício de esteira e sem a presença de vento frontal. É provável que durante o exercício realizado na mesma intensidade, porém feito no meio exterior ao laboratório, onde há exposição à radiação solar e perda de calor por convecção realizada pelo vento, alterem os resultados aqui obtidos, devendo assim, realizar-se novos estudos em situações não controladas.

Ao término do exercício, a  $T_p$  manteve-se estável nas regiões das costas, abdômen, lombar, antebraços e braços nas visões anterior e posterior, e nas pernas na visão anterior. Já nas regiões das mãos e coxas nas visões anterior e posterior e pernas na visão posterior, foram registrados aumentos da  $T_p$ . Assim, observou-se mudança importante no comportamento da  $T_p$ , onde os pontos de hipertermia muitas vezes em forma de árvore que ocorriam durante o exercício foram desfeitos, apresentando-se agora de forma mais espalhada e uniforme dentro das RCI. Uma possível explicação para os aumentos registrados da  $T_p$  pode ser em função de uma diminuição da atividade vasoconstritora, e aumento da ação do sistema vasodilatador por meio das ações do óxido nítrico, acetilcolina, VIP e substância P (Johnson 2010; Johnson e Kellogg 2010), aumentando desta forma o fluxo sanguíneo para pele com objetivo de aumentar a dissipação de calor para meio ambiente reestabelecendo as condições de normalidade da  $T_c$  que se encontrava acima dos valores de repouso até 25 minutos de recuperação. Os aumentos significativos da  $T_p$  persistiram até 40 minutos após o término do exercício, indicando desta forma que o retorno da  $T_p$  a valores de repouso é relativamente longo em determinadas RCI e cada uma destas responde de forma diferente ao encerramento do exercício.

Os aumentos significativos na  $T_p$  observados nos membros inferiores podem ser explicados pelo maior fluxo sanguíneo nos músculos ativos (Johnson 2010; Johnson and Kellogg 2010), assim, com o encerramento do exercício existe a predominância dos mecanismos vasodilatadores cutâneos citados anteriormente. Desta forma, o caminho mais rápido que o fluxo sanguíneo muscular pode percorrer para facilitar a perda de calor é a própria pele dos músculos ativos, contribuindo assim para regulação da  $T_c$ .

Outra resposta fisiológica que merece destaque pós-exercício é o comportamento da  $T_p$  na região da palma das mãos (glabras) representada na visão anterior e do dorso das mãos (não glabras) visão posterior, onde a primeira recebe apenas a inervação vasoconstritora e a segunda recebe a inervação dos nervos vasodilatadores e

vasoconstritores (Johnson 2010; Kellogg 2006). Assim, na região dorsal da mão, a menor  $T_p$  após o exercício em comparação com a região palmar, pode ser em função do maior, ou mais efetivo, controle dos mecanismos vasodilatadores, situação que não acontece na região glabra (Johnson 2010). A  $T_p$  elevou-se mais acentuadamente nas regiões glabras, provavelmente, em função da retirada mais efetiva da ação vasoconstritora, o que gera imediata elevação do fluxo sanguíneo nesta área (Johnson 2010). De acordo com (Johnson 2010) nas regiões não glabras a retirada da atividade do nervo vasoconstritor conduz ao aumento modesto no fluxo sanguíneo em comparação com a região glabra, entretanto este mecanismo ainda não está totalmente esclarecido.

Para  $T_{MP}$  registrou-se que a partir dos 50 minutos de exercício já não existia redução estatisticamente significativa, situação esta que permaneceu durante o período pós-exercício. No estudo de (Wilkins et al. 2004) foi observado aumento na  $T_{MP}$  após o exercício, que permaneceu por até 50 minutos. Tal resultado, divergente dos encontrados no presente estudo, provavelmente pode ser atribuído ao método utilizado para avaliar a  $T_p$ .

Os resultados da  $T_p$  apresentados no presente estudo, poderiam ser afetados se os avaliados apresentassem quadro agudo de desidratação. Contudo, o procedimento de hidratação adotado, permitiu ao final do experimento manter o corpo em estado de euhidratação, tendo em vista que mesmo sendo considerado como estatisticamente significativa, a perda hídrica foi de 0,7% da massa corporal, e sem alterações na densidade hídrica, parâmetros que indicam claramente que os avaliados mantiveram-se hidratados (Casa et al. 2000). Tanto a FC quanto o consumo de oxigênio apresentaram comportamento esperado para intensidade de exercício escolhida, exigindo assim que o organismo respondesse ao estresse fisiológico a qual foi submetido.

No presente estudo, empregando a TIR como técnica de registro da  $T_p$  foi possível mapear a superfície da pele de forma global (Figuras 4 e 5), ou amplamente segmentada em diversas RCI (Figura 2). Isso permite obter importantes informações, de forma qualitativa ou quantitativa em situação de repouso, exercício e pós-exercício, em ambiente temperado. Monitorou-se uma área de superfície corporal superior a 20%, situação esta inviável de ser alcançada utilizando termopares como método de registro da  $T_p$ . Além disso, apresentou-se os mais detalhados dados quantitativos da  $T_p$  atualmente disponíveis para jovens adultos fisicamente ativos em condição de exercício amplamente praticada.

Dentre as limitações, destaca-se o fato de não quantificar a sudorese em nenhum dos locais estudados, bem como não ter simulado a ação de vento frontal para facilitar a perda de calor através da convecção. Assim, os resultados podem ser diferentes quando o exercício é realizado de outras formas, como no ciclismo, em ambiente externo, em intensidade diferente da aqui realizada, ou pelas mulheres, indicando dessa forma a necessidade de realização de novos estudos para melhor compreensão do comportamento das variáveis aqui estudadas.

#### **4.6 Conclusão**

Neste estudo foi possível demonstrar o quanto é variável o comportamento da  $T_p$  nas diferentes RCI em diferentes momentos pré, durante e pós-exercício de intensidade moderada e realizado em ambiente temperado. O início do exercício gerou redução da  $T_p$  na maioria das RCI estudadas com 10 minutos de sua realização, exceto para regiões das coxas e pernas nas visões anterior e posterior. Com a sequência do exercício a  $T_p$  continuou menor do que a de repouso nas regiões da face, pescoço, peitoral, abdômen, antebraços e braços na visão anterior, para demais RCI estudadas isso não foi observado. Com o término do exercício registrou-se aumentos da  $T_p$  nas regiões das mãos e coxas nas visões anterior e posterior e pernas na visão posterior. Tais resultados evidenciam importantes informações para melhor compreensão do sistema termorregulatório humano no que diz respeito à  $T_p$ , auxiliando assim, no desenvolvimento de modelos termofisiológicos, projetos de manequins térmicos e para concepção de vestuário esportivo.

#### 4.7 Referências

- American College of Sports M, Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
- Bain A, Jay O (2011) Does summer in a humid continental climate elicit an acclimatization of human thermoregulatory responses? *Eur J Appl Physiol* 111 (6):1197-1205.
- Burdon C, O'Connor H, Gifford J, Shirreffs S, Chapman P, Johnson N (2010) Effect of drink temperature on core temperature and endurance cycling performance in warm, humid conditions. *J Sports Sci* 28 (11):1147-1156.
- Byrne C, Lim CL (2007) The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *Br J Sports Med* 41 (3):126-133.
- Campbell I (2011) Body temperature and its regulation. *Anaesth Intens Care Med* 12 (6):240-244
- Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, Roberts WO, Stone JA (2000) National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. *J Athl Train* 35 (2):212-224
- Charkoudian N (2010) Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol* 109 (4):1221-1228.
- Chisholm DM, Collis ML, Kulak LL, Davenport W, Gruber N (1975) Physical activity readiness BC Medical Journal v.17:375-378
- Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG (1977) Skin temperature during running--a study using infra-red colour thermography. *J Physiol* 267 (1):53-62
- Crandall CG, Wilson TE, Kregel KC (2010) Mechanisms and modulators of temperature regulation. *J Appl Physiol* 109 (4):1219-1220.
- Davie A, Amoore J (2010) Best practice in the measurement of body temperature. *Nurs Stand* 24 (42):42-49
- Du Bois D, F. DBE (1916) A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine* 17(6):863-871.
- Ely BR, Ely MR, Chevront SN, Kenefick RW, DeGroot DW, Montain SJ (2009) Evidence against a 40°C core temperature threshold for fatigue in humans. *J Appl Physiol* 107 (5):1519-1525.

- Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A (2007) G\*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* 39 (2):175-191
- Fernandes AA, Amorim PRS, Prímola-Gomes TN, Sillero-Quintana M, Fernández Cuevas I, Silva RG, Pereira JC, Marins JCB (2012) Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. *Rev And Med Dep* 5 (3):113-117.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP (2011) American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43 (7):1334-1359.
- Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM (2008) The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J Physiol* 586 (1):45-53.
- Havenith G, Fogarty A, Bartlett R, Smith CJ, Ventenat V (2008) Male and female upper body sweat distribution during running measured with technical absorbents. *Eur J Appl Physiol* 104 (2):245-255.
- Heikens MJ, Gorbach AM, Eden HS, Savastano DM, Chen KY, Skarulis MC, Yanovski JA (2011) Core body temperature in obesity. *Am J Clin Nutr* 93 (5):963-967.
- Hirata K, Nagasaka T, Noda Y (1989) Venous return from distal regions affects heat loss from the arms and legs during exercise-induced thermal loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 58 (8):865-872
- Hodges GJ, Johnson JM (2009) Adrenergic control of the human cutaneous circulation. *Appl Physiol Nutr Metab* 34 (5):829-839.
- Hunold S, Mietzsch E, Werner J (1992) Thermographic studies on patterns of skin temperature after exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 65 (6):550-554
- Jackson AS, Pollock ML (1978) Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 40 (3):497-504
- Johnson JM (2010) Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports* 20 Suppl 3:29-39.
- Johnson JM, Kellogg DL, Jr. (2010) Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Front Biosci (Schol Ed)* 2:825-853.

- Kellogg DL, Jr. (2006) In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *J Appl Physiol* 100 (5):1709-1718.
- Kenny GP, Journeay WS (2010) Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Front Biosci* 15:259-290.
- Lopez RM, Cleary MA, Jones LC, Zuri RE (2008) Thermoregulatory influence of a cooling vest on hyperthermic athletes. *J Athl Train* 43 (1):55-61.
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, L C (2006) International standards for anthropometric assessment (ISAK). Potchefstroom, South Africa
- Marins JCB (2011) Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral, vol 1. Fontoura edn., Jundiaí
- Marsh CE (2012) Evaluation of the American College of Sports Medicine submaximal treadmill running test for predicting VO<sub>2</sub>max. *J Strength Cond Res* 26 (2):548-554.
- Martins A, Sá VWB (2011) Variation of skin temperature during and after contrast bath therapy. *Rev Andal Med Deporte* 4 (4):129-134
- McArdle W, Katch F, V. K (2001) *Fisiologia do Exercício: Nutrição e Desempenho Humano*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro
- Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL (2010) Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng* 38 (1):158-163.
- Miyagawa K, Kamijo Y, Ikegawa S, Goto M, Nose H (2011) Reduced hyperthermia-induced cutaneous vasodilation and enhanced exercise-induced plasma water loss at simulated high altitude (3,200 m) in humans. *J Appl Physiol* 110 (1):157-165.
- Moreira D G (2011) *Termografia corporal em repouso de homens e mulheres.*, Universidade federal de Viçosa, Viçosa
- Nadel ER, Mitchell JW, Stolwijk JAJ (1973) Differential thermal sensitivity in the human skin. *Pflug Arch Eur J Phy* 340 (1):71-76.
- Nakayama T, Ohnuki Y, Kanosue K (1981) Fall in skin temperature during exercise observed by thermography. *Jpn J Physiol* 31 (5):757-762
- Ring EF, Kurt A (2006) Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine. In: *Medical Devices and Systems. Electrical Engineering Handbook*. CRC Press, pp 36-31-36-14.

- Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW (2012) High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Exp Physiol* 97 (3):327-332.
- Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG (2006) Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol* 100 (5):1692-1701.
- Siri WE (1961) Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods. In: BROZEK JH, A. (ed) *Techniques for measuring body composition*. National Academy of Science, Washington,
- Smith ADH, Crabtree DR, Bilzon JLJ, Walsh NP (2010) The validity of wireless iButtons® and thermistors for human skin temperature measurement. *Physiol Meas* 31 (1):95
- Smith CJ, Havenith G (2011) Body mapping of sweating patterns in male athletes in mild exercise-induced hyperthermia. *Eur J Appl Physiol* 111 (7):1391-1404.
- Smith CJ, Havenith G (2012) Body mapping of sweating patterns in athletes: a sex comparison. *Med Sci Sports Exerc* 44 (12):2350-2361.
- Smorawinski J, Mlynarczyk C, Ziemia AW, Mikulski T, Cybulski G, Grucza R, Nazar K, Kaciuba-Uscilko H, Greenleaf JE (2005) Exercise training and 3-day head down bed rest deconditioning: exercise thermoregulation. *J Physiol Pharmacol* 56 (1):101-110
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR (2001) Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 37 (1):153-156.
- Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H (1992) Fall in skin temperature of exercising man. *Br J Sports Med* 26 (1):29-32
- Wilkins BW, Minson CT, Halliwill JR (2004) Regional hemodynamics during postexercise hypotension. II. Cutaneous circulation. *J Appl Physiol* 97 (6):2071-2076.
- Wissler EH (2008) A quantitative assessment of skin blood flow in humans. *Eur J Appl Physiol* 104 (2):145-157.
- Yasuoka A, Kubo H, Tsuzuki K, Isoda N (2012) Interindividual differences in thermal comfort and the responses to skin cooling in young women. *J Therm Biol* 37 (1):65-71.
- Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R (1998) Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng* 26 (6):988-993

## 5 – Artigo 4 - Medida da temperatura da pele antes, durante e pós-exercício: comparação entre dois métodos.

### 5.1 Resumo

A mensuração da temperatura da pele ( $T_p$ ) permite obter importantes informações sobre o complexo sistema de controle térmico, tornando-se imprescindível em qualquer estudo de termorregulação. Para mensuração da  $T_p$  o método mais utilizado até o momento é o de fixação dos termopares, entretanto existe uma crescente utilização da termografia infravermelha (TIR). Como os dois métodos utilizam-se de processos físicos diferentes para mensurar a  $T_p$  e ambos apresentam vantagens e desvantagens em sua dinâmica de uso, o objetivo deste estudo foi comparar os valores da temperatura média da pele ( $T_{MP}$ ) mensurada através dos termopares com os da TIR em três diferentes momentos, pré-exercício, exercício e após-exercício. As análises dos escore residuais de Bland-Altman demonstraram baixa concordância entre a  $T_{MP}$  obtida pelos termopares e a TIR com erro médio de  $-0,75^{\circ}\text{C}$  no pré-exercício,  $1,22^{\circ}\text{C}$  durante e  $-1,16^{\circ}\text{C}$  pós-exercício, além de baixa confiabilidade entre os métodos, no momento pré-CCI (0,75 [0,12-0,93]), durante (0,49 [-0,80-0,85]) e pós-exercício 0,35 [-1,22-0,81]. Desta forma, conclui-se que existe baixa concordância entre os valores da  $T_{MP}$  mensurada através dos termopares e da TIR nos momentos pré-exercício, durante e pós-exercício, demonstrando assim baixa confiabilidade na comparação entre as duas formas de mensuração.

**Palavras-chave:** temperatura da pele; termopares; termografia infravermelha; exercício.

## 5.2 Introdução

A pele é um órgão fundamental na manutenção da temperatura central ( $T_C$ ) dentro da faixa de normalidade 36,1-37,8°C, tendo em vista que esta deve ser preservada a fim de resguardar as funções vitais do organismo (Campbell 2011). Através dos receptores térmicos presentes na pele, o corpo humano identifica as diferentes condições ambientais como frio ou calor, gerando resposta fisiológica adaptativa específica, como por exemplo, a vasoconstrição periférica associada a redução da temperatura da pele ( $T_P$ ) induzida pela baixa temperatura ambiental, ou a vasodilatação periférica associada ao aumento da  $T_P$ , em resposta à temperatura elevada (Charkoudian 2010; Johnson e Kellogg 2010).

Com a realização do exercício físico, existe a transformação da energia química armazenada em energia motriz e térmica, onde há aumento na produção de calor provocando aumento na temperatura do corpo e especial da musculatura ativa, acarretando inversão do gradiente de temperatura entre o músculo e o sangue arterial. Este por sua vez é redirecionado para pele com objetivo de perder calor para meio ambiente (Johnson e Kellogg 2010; Wendt et al. 2007). As diferentes formas pelo qual o calor pode ser adquirido ou dissipado são definidos pela equação de equilíbrio térmico: calor do metabolismo – ( $\pm$  trabalho mecânico)  $\pm$  radiação  $\pm$  condução  $\pm$  convecção - evaporação = calor armazenado (Cheuvront e Haymes 2001; Wendt et al. 2007; Gagge and Gonzalez 2010).

Dependendo das condições climáticas, principalmente em ambiente quente, a evaporação é a principal forma de resfriamento corporal a partir da produção da sudorese (Shibasaki et al. 2006; Charkoudian 2010). Para cada mililitro de suor que evapora da superfície corporal, cerca de 2,43Kj de calor é perdido (Wendt et al. 2007), proporcionando assim, uma redução da  $T_P$ . Dessa forma, o sangue proveniente das regiões mais profundas do corpo é resfriado ao circular pela pele, retornando em menor temperatura, contribuindo no controle da  $T_C$  (Shibasaki et al. 2006; 2010; Johnson 2010; Johnson e Kellogg 2010; Charkoudian 2010).

Tendo em vista a importância da  $T_P$  na termorregulação humana, sua mensuração permite obter informações sobre este aspecto do complexo sistema de controle térmico, tornando-se imprescindível em qualquer estudo de termorregulação. Neste sentido, diferentes métodos de mensuração têm sido utilizados, como por

exemplo: a termografia infravermelha (TIR), os termômetros de mercúrio, e químico e os diferentes tipos de termopares (Davie e Amoore 2010; Smith et al. 2010).

Os termopares são sem dúvida o método mais empregado para mensuração  $T_p$ . O funcionamento dos termopares é baseado no fenômeno, conhecido como efeito de *Seebeck* (Childs 2001). Ele ocorre quando existe a produção de uma diferença de potencial (tensão elétrica) entre duas junções de condutores (ou semicondutores) de materiais diferentes quando eles estão em diferentes temperaturas (força eletromotriz térmica) (Childs 2001). O princípio termoelétrico dos termopares deriva de uma propriedade física dos condutores metálicos submetidos a um gradiente térmico em suas extremidades: a extremidade mais quente faz com que os elétrons dessa região tenham maior energia cinética e se acumulem no lado mais frio, gerando uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades do condutor na ordem de alguns milivolts (mV), que quando conectado a uma base de um instrumento de leitura consegue mensurar a temperatura do processo destes termopares em função da tensão produzida (Childs 2001).

Entre as principais vantagens da utilização dos termopares têm-se o baixo custo, a alta precisão, sensibilidade, reprodutibilidade, alto tempo de resposta, alta amplitude de medição de temperatura, além da possível mensuração da  $T_p$  durante a realização do exercício e em alguns modelos não é necessário a utilização de cabos, dispensando assim a base de leitura de temperatura o que facilita a movimentação do avaliado e agiliza o tempo de fixação dos equipamentos (Childs 2001; Smith et al. 2010; Hasselberg et al. 2011). Já entre as desvantagens da utilização dos termopares encontram-se: a leitura da  $T_p$  é feita em uma área restrita de poucos  $\text{cm}^2$  (Smith et al. 2010), o relativo alto custo da base de leitura de temperatura de alguns equipamentos (Smith et al. 2010), as diferenças da  $T_p$  gerada pelos métodos de fixação dos termopares (Tyler 2011), a dificuldade de perda de calor através da evaporação e convecção da região onde o termopar foi fixado (Tyler 2011; Buono et al. 2007). Cabe destacar também que em exercício de longa duração o suor e o movimento corporal pode ocasionar o descolamento do termopar (Buono et al. 2007), e a interferência na movimentação com a utilização dos cabos (Smith et al. 2010).

Nos últimos anos, TIR tem ganhado destaque na mensuração da  $T_p$  (Ring e Ammer 2012; Fernandes et al. 2012). Seu funcionamento baseia-se em uma série de princípios físicos presentes nas leis de Max Planck, Wilhelm Wien e Stefan-Boltzmann (Jones 1998; Bouzida et al. 2009; Lahiri et al. 2012). Os objetos acima do zero absoluto

(0 K ou  $-273,16^{\circ}$  C) emitem radiação infravermelha devido à agitação térmica de átomos e moléculas dos quais são constituídos, assim quanto maior essa agitação, mais quente se encontra o objeto e mais radiação infravermelha ele emite (Jones 1998; Kennedy et al. 2009; Lahiri et al. 2012). As câmeras infravermelhas detectam a radiação infravermelha emitida pelos objetos ou pessoas, em um comprimento de onda muito longo dentro do espectro eletromagnético que é invisível ao olho humano (Jones 1998; Kennedy et al. 2009; Bouzida et al. 2009; Lahiri et al. 2012; Ring e Ammer 2012). Estas câmeras possuem lentes especiais que concentram a energia térmica em um detector infravermelho formado por milhares de sensores infravermelhos (pixels) em um sinal eletrônico, sendo este processado de forma a mostrar a imagem térmica (IT) em um display ou monitor de vídeo ao mesmo tempo em que a temperatura de cada pixel é calculada (Jones 1998; Kennedy et al. 2009; Lahiri et al. 2012).

Entre as vantagens de se utilizar a TIR para mensurar a  $T_p$  podem ser destacados o relativo baixo custo dos modelos mais simples, o fato de que esta é uma técnica não invasiva onde não é necessário o contato físico com o avaliado (Fernandes et al. 2012; Vargas et al. 2009), o monitoramento da  $T_p$  pode ser feito centrado em uma determinada região corporal de interesse (RCI) específica (análise local), como também uma visão ampla de todo o corpo, possibilitando uma análise global (Fernandes et al. 2012; Vargas et al. 2009; Bouzida et al. 2009), a liberdade de movimento durante o exercício, a não interferência nos processos de perda de calor através da radiação, convecção, e evaporação permitindo que estes ocorram de forma natural, a alta sensibilidade, precisão, reprodutibilidade, além da possibilidade de filmagem com determinados modelos de câmeras (Fernandes et al. 2012; Vargas et al. 2009; Heuvel et al. 2003; Ahmadi et al. 2011; Zaproudina et al. 2008; McCoy et al. 2011). Já entre as desvantagens destaca-se o relativo alto custo dos modelos que realizam filmagem, ou que possuem maior precisão, a menor precisão em equipamentos com tecnologia mais simples, a necessidade do avaliado ter de interromper o exercício por determinado momento para coleta das IT em modelos que não realizam filmagem, a necessidade de treinamento específico para controle de diferentes fatores que podem interferir nas medidas, os *softwares* de análise das IT disponibilizados pelas empresas não específicos a seres humanos, o que pode tornar as análises das IT mais demorada.

Diante do exposto, os termopares e a TIR utilizam-se de processos físicos diferentes para mensurar a  $T_p$  e ambos apresentam vantagens e desvantagens em sua dinâmica de uso. Devido à ampla utilização dos termopares até o momento e a crescente

utilização da TIR nos últimos anos é fundamental verificar se existe concordância entre os valores da  $T_p$  obtida através dos termopares com a TIR em diferentes condições, repouso, durante e após o exercício. Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar os valores da temperatura média da pele ( $T_{MP}$ ) mensurada através dos termopares com os da TIR verificando se existe concordância entre os dois métodos em três diferentes momentos, pré, durante e pós-exercício.

### 5.3 Métodos

#### Participantes

Após divulgação através de e-mail dos estudantes de educação física sobre a dinâmica do estudo no campus da UFV, 12 pessoas se apresentaram como voluntários. As características físicas e fisiológicas da amostra são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físicas e fisiológicas da amostra.

Características	Média±DP
Idade (anos)	22,4±3,3
Estatura (cm)	177,0±0,8
Percentual de gordura corporal (%)*	10,3±3,0
Área de superfície corporal (m <sup>2</sup> )	1,92±0,09
VO <sub>2</sub> máx (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	48,7±4,9

\* *Método de dobras cutâneas de Jackson e Pollock (1978)*

Apresentou-se a dinâmica do estudo, bem como os procedimentos de conduta para todas as etapas da investigação. Os participantes assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos local, parecer (nº 134, 2011). Este estudo foi composto de modelo randomizado aleatório, onde o primeiro avaliado realizou o experimento tendo a  $T_p$  mensurada através dos termopares e pelo intervalo mínimo de 2 dias e máximo de 7 dias este deveria repetir os mesmos procedimentos e tendo a  $T_p$  mensurada através da TIR. Na sequência da pesquisa o próximo avaliado tinha a  $T_p$  primeiro mensurada através da TIR e posteriormente pelos termopares.

## Sessão pré-experimento

Tendo em vista que a  $T_P$  pode sofrer interferências devido a fatores externos e internos, se considerou como fatores de exclusão as seguintes características: Tabagismo, histórico de problemas renais, lesão ósteo-mio-articular nos últimos dois meses ou que apresentasse alguma sintomatologia; quadro de queimaduras na pele, independentemente do grau nas áreas corporais que fossem avaliadas; sintomatologia de dor em alguma região corporal; distúrbios do sono; quadro febril nos últimos sete dias; tratamento fisioterápico ou dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local; bem como utilização de medicamentos como antitérmicos ou diurético, ou algum suplemento alimentar com potencial interferência na homeostase hídrica ou temperatura corporal nas últimas duas semanas.

Todos os avaliados foram considerados aparentemente saudáveis através do *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PARq) (Chisholm et al. 1975), além de baixo risco coronariano segundo a proposta da *Michigan Heart Association* (McArdle W et al. 2001). Considerando a dinâmica de exercício proposto, foram incluídos sujeitos classificados fisicamente ativos segundo os critérios do *American College of Sports Medicine* (ACSM) (Garber et al. 2011) por realizarem sessões de treinamento físico regulares por no mínimo 3 vezes por semana nos últimos quatro meses.

Considerando a dinâmica de exercício proposto, foram incluídos sujeitos classificados fisicamente ativos segundo os critérios do *American College of Sports Medicine* (ACSM) (Garber et al. 2011) por realizarem sessões de treinamento físico regulares por no mínimo 3 vezes por semana nos últimos quatro meses.

Ainda durante essa etapa realizou-se também levantamento antropométrico da massa corporal, medida em gramas (Filizola<sup>®</sup>, Star 300/4) e a estatura, em centímetros (American Medical<sup>®</sup>, ES2020), seguindo as recomendações da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (Marfell-Jones M et al. 2006). A área de superfície corporal foi calculada a partir das medições da massa corporal e a estatura, de acordo com DuBois e DuBois (1916). Para o cálculo da estimativa da densidade corporal foram utilizadas as equações do somatório de sete dobras (peitoral, subescapular, axilar média, tríceps, supra-iliaca, abdômen e coxa) desenvolvidas por Jackson e Pollock (1978) e, para o percentual de gordura a equação de Siri (1961).

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) foi estimado com base nas recomendações do ACSM (2010) utilizando-se de teste submáximo em esteira, visando

preservar a segurança do avaliado. O protocolo de exercício foi composto por 3 minutos de aquecimento com a velocidade da esteira (Ecafix<sup>®</sup>, EG 700x) mantida em 5 Km/h, após este período a velocidade foi aumentada em 1 Km/h a cada 2 minutos até que se atingisse 85% da FC<sub>máx</sub> calculada previamente através da equação proposta por Tanaka et al. (2001). A inclinação da esteira foi fixada em 2% durante todo o teste. O período de volta à calma teve duração de 2 minutos e a velocidade foi mantida em 3km/h e inclinação de 0%.

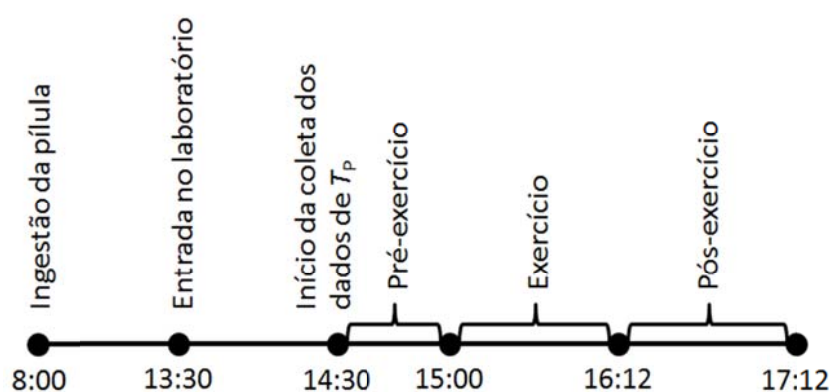
Na metodologia proposta pelo ACSM (2010), equações individuais para estimar o  $VO_{2máx}$  são formuladas por regressão linear utilizando os valores de frequência cardíaca (FC) (bpm) e do  $VO_2$  ( $ml.kg.min^{-1}$ ) obtido durante o exercício. Para avaliação do consumo de oxigênio foi utilizado o analisador de gases metabólicos (Medical Graphics Corporation<sup>®</sup>, VO2000), para avaliação da FC o monitor cardíaco (Polar<sup>®</sup> Team<sup>2</sup> Pro) e para determinação das regressões lineares utilizou-se o software (SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 12.0).

### **Procedimentos nos dias do experimento**

Foi recomendado que os avaliados não realizassem qualquer tipo de exercício nas 24 horas que antecederam aos dias dos experimentos. No período da manhã entre 8:00-8:30 horas, na residência do avaliado, foi feita a ingestão da pílula térmica, para avaliação da  $T_C$ , através do sistema telemétrico (CorTemp<sup>®</sup> HQ Inc, HT150002). Esta pílula transmite ondas de rádio de baixa frequência que varia em comprimento de onda dependendo da temperatura. Esta onda de rádio é recebida e convertida em formato digital por um gravador de dados (CorTemp<sup>®</sup> HQ Inc, HT150016). Cada pílula foi devidamente calibrada e certificada pelo fabricante. Todos os procedimentos seguiram as recomendações proposta por Byrne e Lim (2007), que ainda destacam a validade deste tipo de equipamento para o registro da  $T_C$ .

Os avaliados foram instruídos a realizarem o almoço entre 11:00-12:00 horas com a composição dos alimentos normalmente utilizada em sua rotina diária. A fim de evitar o estresse físico e térmico os voluntários foram transportados em automóvel até o laboratório sendo que estes davam entrada às 13:30 horas e realizaram adaptação a temperatura da sala teste por 1 hora. Esta por sua vez, foi devidamente preparada, com iluminação artificial por meio de lâmpadas fluorescentes e condições ambientais de temperatura mantidas através de um condicionador de ar quente/frio (Komeco<sup>®</sup>, Split

Hi-Wall). A média da temperatura ambiente permaneceu em  $24,9 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa em  $62,3 \pm 5,7\%$ , nos dias de experimento com a TIR e temperatura ambiente em  $24,8 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa em  $61,9 \pm 5,4\%$  nos dias de experimento com os termopares, ambas as medidas foram registradas por anemômetro digital (Instrutherm<sup>®</sup>, AD-250), caracterizando assim o ambiente como temperado (Bain e Jay 2011). Essas condições ambientais de registro estão em conformidade com as recomendações Ring e Ammer (2000) para coleta das IT. O fluxo de ar não era direcionado para a área de realização do exercício ou de coleta das imagens, nestes locais a velocidade do vento foi medida através de anemômetro digital citado anteriormente, sendo esta considerada nula. A FC foi monitorada em todas as etapas aqui estudadas através do monitor cardíaco (Polar<sup>®</sup> Team<sup>2</sup> Pro). A Figura 1 apresenta o organograma das ações metodológicas realizadas nos dias do experimento.



**Figura 1.** Ações metodológicas realizadas nos dias do experimento.

Para o registro de IT foram adotadas as recomendações propostas pela *European Association of Thermology* (Ring e Kurt 2006). Os principais pontos dessas recomendações incluem que os voluntários devem evitar nas 24 horas que antecedem ao teste o consumo de cafeína, cigarro e álcool, realização de atividade física e massagem, além da aplicação creme, gel ou spray nas regiões corporais de interesse (RCI) avaliadas. Durante esta etapa os voluntários utilizavam apenas tênis, sunga e fita de monitor cardíaco. Imediatamente ao chegar ao laboratório cada avaliado fez a ingestão de 500 ml de água, com objetivo de evitar que iniciasse o exercício desidratado. Neste momento também foi registrado a massa corporal e a densidade da urina

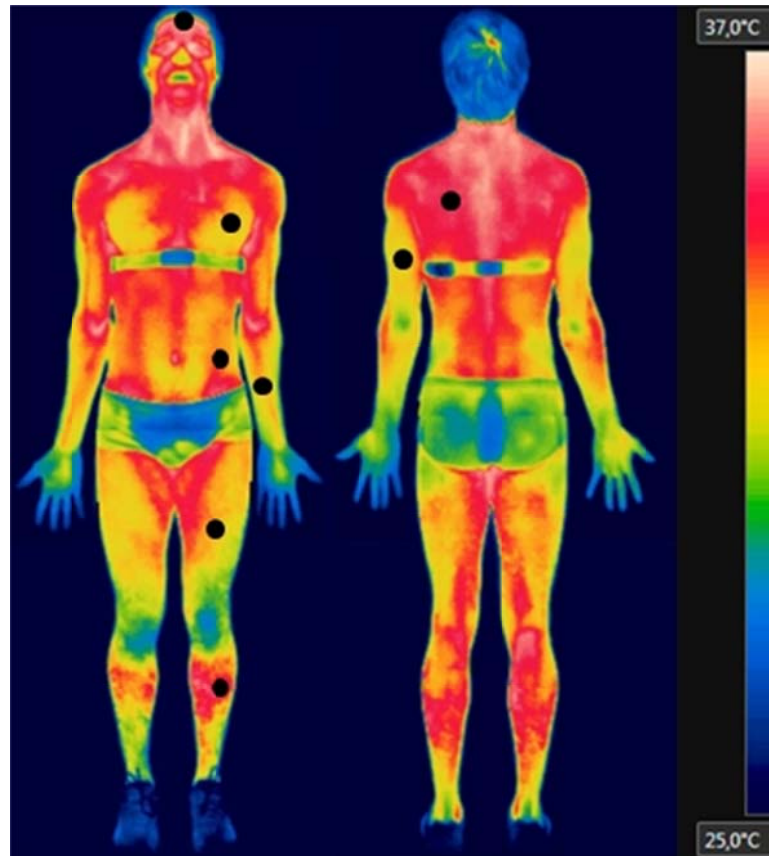
## Etapa pré-exercício

Tendo em vista que a temperatura corporal varia em função do horário do dia (Heikens et al. 2011) optou-se por começar a coleta dos dados da  $T_p$  sempre no mesmo horário, às 14:30 horas. Após o período de adaptação, os avaliados eram orientados a indicar a sensação térmica (ST) através de escala de nove pontos e o conforto térmico (CT) em escala de sete pontos, previamente determinadas no estudo de Yasuoka et al. 2012.

Para o cálculo da temperatura média da pele ( $T_{MP}$ ) utilizou-se a equação proposta por Nadel et al. (1973) que emprega 8 pontos, sendo eles: testa, peito, abdômen escápula, braço, antebraço, coxa e perna. Desta forma a equação empregada foi:

$$T_{MP} = 0,21 \times T_{\text{testa}} + 0,1 \times T_{\text{peito}} + 0,17 \times T_{\text{abdômen}} + 0,11 \times T_{\text{escápula}} + 0,12 \times T_{\text{braço}} + 0,06 \times T_{\text{antebraço}} + 0,15 \times T_{\text{coxa}} + 0,08 \times T_{\text{perna}}$$

Nos dias em que os avaliados utilizavam os termopares, estes permaneceram em pé por de 30 minutos na sala de teste e a cada 5 minutos era feito o registro dos valores de temperatura mostrado pela central do equipamento, totalizando assim 7 momentos de coleta em condição de repouso. A fixação dos termopares foi feita com fita hipoalérgica microporosa (Cremer<sup>®</sup>) e posicionados anatomicamente conforme demonstrado na (Figura 2) seguindo as orientações previamente apresentadas no estudo de (Choi et al. 1997). Dois termômetros portáteis e digitais tipo K/J com abertura de 4 canais (Intrutherm<sup>®</sup>, TH-096) com amplitude de medição de -120 a +500°C, precisão de 0,5%, sensibilidade 0,1°C, e 8 termopares (sensor de temperatura) (Intrutherm<sup>®</sup>, S-09K) com amplitude de medição de -70 a +500°C, precisão de 0,5% foram utilizados para estes registros da  $T_p$ .



**Figura 2.** Locais ilustrativos dos pontos de referência para fixação dos termopares no dia específico de sua utilização e locais de referência para delimitação das RCI no dia específico da avaliação pela termografia, nas regiões da testa, peito, abdômen, escápula, braço, antebraço, coxa e perna.

Nos dias correspondentes a avaliação através da TIR, os avaliados seguiram os mesmos procedimentos anteriores onde a cada 5 minutos uma IT era realizada. Durante este período o voluntário mantinha-se em posição anatômica de frente ao termovisor e distância de 3 metros para realização das IT da região anterior, em seguida, se posicionava de costas para permitir a realização das IT da região posterior do corpo. O equipamento utilizado para obtenção das IT foi o termovisor (Flir<sup>®</sup>, T420), com amplitude de medição de -20 a +120°C, precisão de 2%, sensibilidade  $\leq 0,05^\circ\text{C}$ , banda de espectral dos infravermelhos de 7,5  $\mu\text{m}$  a 13  $\mu\text{m}$ , taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de 320 x 240 pixels. Além disso, nos dois dias de experimento em cada momento foi registrada a  $T_C$  e a FC, sendo considerado para o estudo a média do último minuto do período. Dos momentos 0 ao 5 e do 15 ao 20, foi realizado a coleta de do consumo de oxigênio empregando o mesmo equipamento para calcular o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , nos dois dias de experimento.

Os avaliados foram pesados para determinação da massa corporal antes e após o experimento, a gravidade específica da urina foi determinada em refratômetro (LF<sup>®</sup>, 107/3) e alíquotas de urina armazenada em vasilhames plásticos de 50mL, coletada antes, imediatamente após o início da atividade e pós-experimento, indicadores que permitem verificar o nível de perda hídrica, promovido pela intervenção.

### **Etapa de exercício**

Nos dois dias de experimento, esta etapa foi constituída pela realização do exercício em esteira de característica intervalada e carga constante. Foram realizados 12 blocos com duração de 5 minutos cada e período de intervalo de 1 minuto. A intensidade dos blocos de exercício foram 60% do  $VO_{2máx}$ , valores estes calculados individualmente e correspondentes a velocidade da esteira nesta intensidade obtidos na sessão pré-experimento.

Durante os períodos de intervalo em cada dia distinto de experimento foram realizadas as coletas dos valores de temperatura registrado pelos termopares e das IT, da mesma forma da etapa pré-exercício, bem como para as demais variáveis. O consumo de oxigênio foi registrado nos momentos 0 ao 5, 15 ao 20, 30 ao 35 e 45 ao 50 minutos. Antes do início de cada bloco de exercício os avaliados faziam a ingestão de água na proporção de 1ml/Kg de massa corporal a fim de garantir a hidratação, tendo em vista que um estado de desidratação também pode afetar as respostas da termorregulação (Gonzalez-Alonso et al. 2008; Marins 2011). A  $T_C$  e a FC foi registrada a em cada bloco de exercício.

### **Etapa pós-exercício**

Os avaliados permaneceram em pé por 60 minutos na sala de teste e a cada 5 minutos os valores de temperatura registrados pelos termopares e pelas IT eram realizadas totalizando assim 12 momentos de coleta em condição de repouso no pós-exercício. Os registros dos foram realizadas da mesma forma da etapa pré-exercício, bem como para as demais variáveis. O consumo de oxigênio foi registrado no momento 0 ao 5, 15 ao 20, 30 ao 35 e 45 ao 50 minutos. Durante o período de recuperação os avaliados não realizaram nenhum esforço físico, não tomaram banho e

nem secaram a pele com nenhum tipo de material absorvente, havendo somente a evaporação natural do suor produzido.

### **Tratamento das imagens térmicas**

Após a coleta das IT estabeleceu-se uma área de 1 cm<sup>2</sup> em cada local de referência da testa, peito, abdômen, escápula, braço, antebraço, coxa e perna, conforme indicado na (Figura 2). As RCI foram delimitadas utilizando-se software específico (Flir Tools<sup>®</sup>) e valor de emissividade adotado para pele humana de 0,98 (Lahiri et al. 2012), temperatura refletida da sala de 23°C.

### **Análise estatística**

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade dos dados, como estes apresentaram normalidade posteriormente aplicou-se a estatística descritiva através de média e desvio-padrão ( $\pm$ DP). Para comparação da  $T_{MP}$ , da temperatura média do braço e coxa, obtidos pelos termopares e pela TIR entre os diferentes momentos estudados, utilizou-se a ANOVA One-Way para medidas repetidas, seguida do post-hoc de Holm-Sidak, bem como para as análises da  $T_C$ , FC e  $VO_2$ . O teste T pareado foi utilizado para comparação das variáveis: massa corporal, densidade da urina, ST e CT no momento pré e pós-exercício e para comparação dos valores da  $T_{MP}$ , da temperatura média do braço e coxa obtidos através dos termopares com os da TIR em cada momento estudado.

O limite de concordância entre os pares de valores da  $T_{MP}$  obtida pelos termopares e TIR foi determinado de acordo com o método sugerido por (Bland and Altman 1986). O Coeficiente de Variação (CV) também foi usado como uma medida de confiabilidade (Atkinson and Nevill 1998). Além disso, para confiabilidade dos pares de valores obtidos por cada equipamento, foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI). A utilização dessas três abordagens segue as recomendações de (Atkinson and Nevill 1998), pois existem vantagens e desvantagens para cada caso. O nível de significância adotado foi  $\alpha < 0,05$ . Todas as análises foram conduzidas nos programas estatísticos (Sigmaplot<sup>®</sup>, 12.0) e (SPSS<sup>®</sup>, 17).

## 5.4 Resultados

A Tabela 2 apresenta as respostas fisiológicas e subjetivas obtidas no estudo empregando os termopares e TIR em três momentos: a) 15 minutos do pré-exercício; b) 30 minutos do exercício; c) 30 minutos do pós-exercício.

**Tabela 2.** Respostas fisiológicas e subjetivas obtidas através dos termopares e TIR nos momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício.

	TIR			Termopar		
	Pré-ex.	Ex.	Pós-ex.	Pré-ex.	Ex.	Pós-ex.
Massa corporal (kg)	73,8±6,3		73,3±6,3*	73,5±6,4		73,2±6,4*
Densidade da urina (sg)	1014,1±5,6		1013,1±5,8	1013,9±4,5		1013,7±4,9
ST (pontos)	-0,5±0,9		0,2±0,9	-0,3±1		-0,2±0,9
CT (pontos)	1,5±0,9		1,9±1,2	1,2±1		1,6±1,1
VO <sub>2</sub> (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	5,2±0,8	26,5±2,3 <sup>†</sup>	6,1±1,6	5,1±0,6	26,1±3,9 <sup>†</sup>	6,0±1,1
FC (bpm)	71,1±12,8	137,6±16,6 <sup>#</sup>	90,9±12,6 <sup>#</sup>	72,3±13,9	136,9±15,8 <sup>#</sup>	92,1±14,4 <sup>#</sup>
T <sub>C</sub> (°C)	37,2±0,3	37,8±0,4 <sup>**</sup>	37,4±0,3	37,2±0,2	37,7±0,3 <sup>**</sup>	37,3±0,2

\* dif. sig. entre a massa corporal pré-exercício vs pós-exercício dos dias de avaliação com a TIR e termopares.

<sup>†</sup> dif. sig. entre o consumo de oxigênio pré-exercício vs pós-exercício dos dias de avaliação com a TIR e termopares.

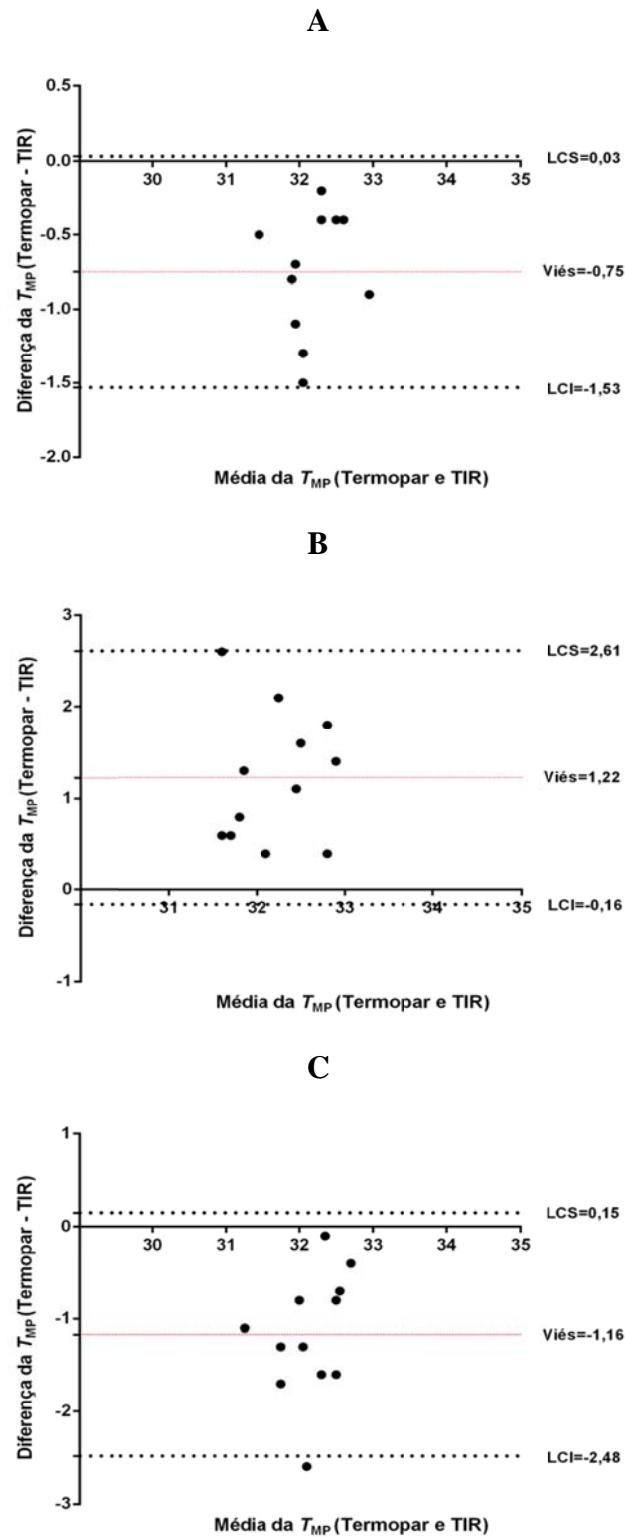
<sup>#</sup> dif. sig. entre a FC pré-exercício vs exercício e pós-exercício dos dias de avaliação com a TIR e termopares.

\*\* dif. sig. entre a T<sub>C</sub> pré-exercício vs exercício dos dias de avaliação com a TIR e termopares.

ST= sensação térmica; CT= conforto térmico; T<sub>C</sub>= temperatura central.

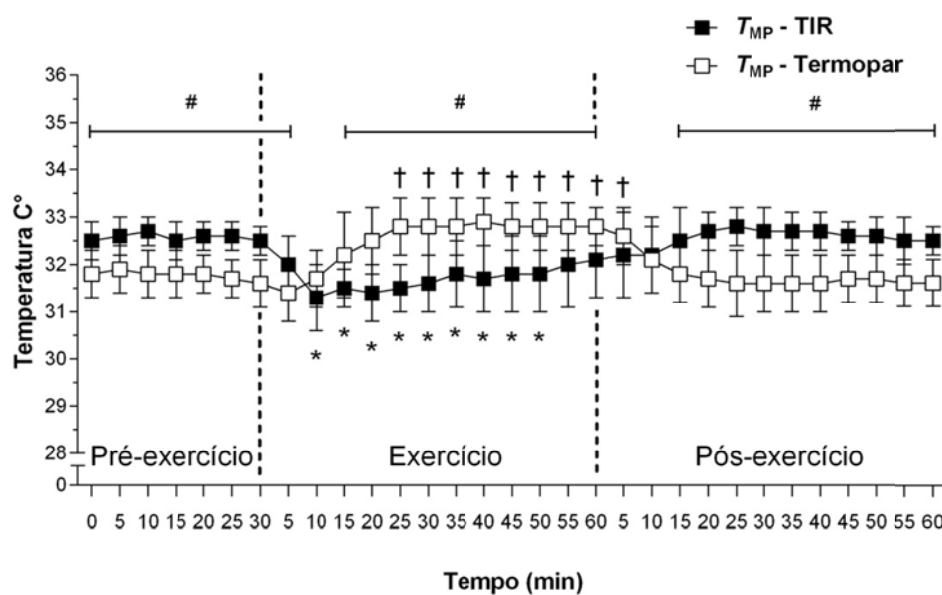
O CV entre os métodos de mensuração da T<sub>MP</sub> no momento pré-exercício foi de 1,7%, enquanto que no exercício 2,7% e no pós-exercício 2,6%. O CCI entre os métodos de mensuração da T<sub>MP</sub> no momento pré-exercício com intervalo de confiança de 95% foi de 0,75 [0,12-0,93], no exercício 0,49 [-0,80-0,85] e no após-exercício 0,35 [-1,22-0,81]. A confiabilidade da T<sub>MP</sub> obtida pelos dois métodos aqui estudados nos momentos pré, durante e pós-exercício foi verificada pela análise dos escores residuais de Bland-Altman que demonstrou o grau de concordância entre os pares de medidas

(Figura 3). Com esses resultados em conjunto pode-se afirmar que a  $T_{MP}$  obtida através dos termopares e da TIR apresenta erro heterocedástico, existindo baixa concordância entre os métodos.



**Figura 3.** Plotagens do viés (média das diferenças) e limites de concordância superior e inferior (LCS e LCI; IC95%) entre os valores da  $T_{MP}$  obtida através dos termopares e TIR. (A) plotagem com 15 minutos do pré-exercício, (B) 30 minutos de exercício e (C) 30 minutos do pós-exercício.

A Figura 4 apresenta os valores da  $T_{MP}$ , nos diferentes momentos obtidos através dos termopares e TIR. Para melhor visualização, foram destacados os resultados da análise estatística unicamente na comparação do momento 30 do pré-exercício considerado como ponto da linha de base de equilíbrio térmico e os demais momentos. Além da comparação da  $T_{MP}$  momento a momento entre as duas técnicas. Estes resultados reforçam os resultados anteriores de diferença nos valores da  $T_{MP}$  obtidos pelos dois métodos estudados.



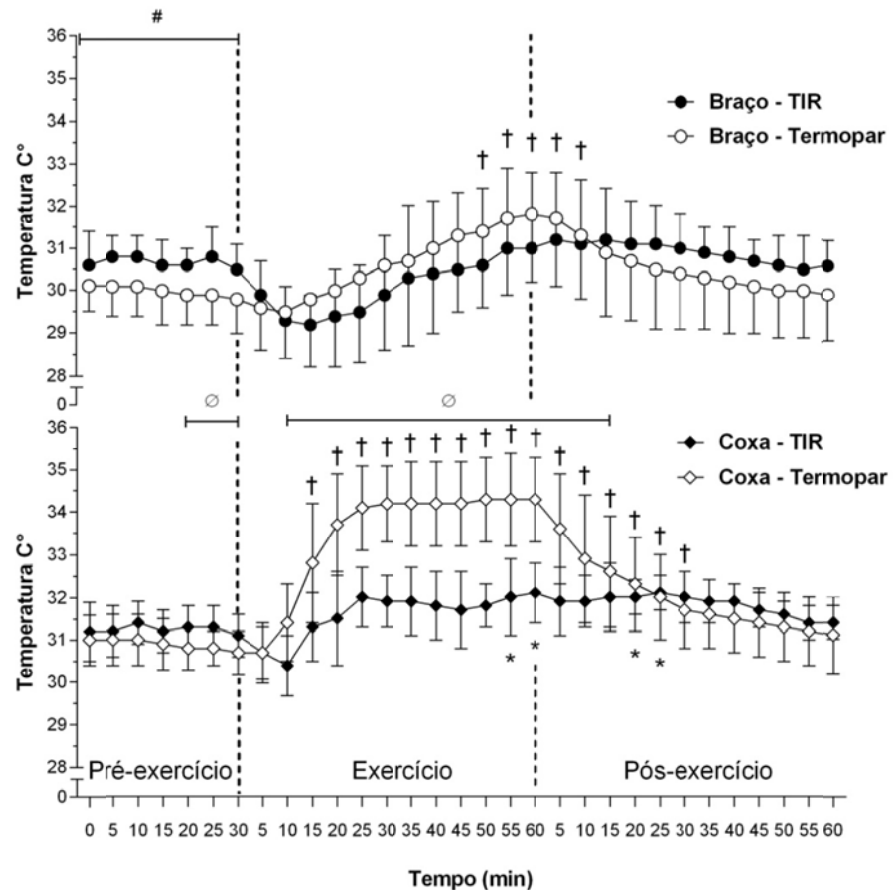
**Figura 4.** Valores da  $T_{MP}$ , nos diferentes momentos pré, durante e pós-exercício obtidos através dos termopares e TIR. Resultados apresentados em média  $\pm$  DP.

\* dif. sig. entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos para os dados da TIR.

† dif. sig. entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos para os dados dos termopares.

# dif. sig. entre os dados da TIR vs termopares.

A Figura 5 apresenta os valores da  $T_p$ , nos diferentes momentos pré, durante e pós-exercício obtidos através dos termopares e TIR nas regiões do braço (região não ativa) e coxa (região ativa). Para melhor visualização dos resultados, foram destacados os resultados da análise estatística unicamente a comparação do momento 30 do pré-exercício considerado como ponto da linha de base de equilíbrio térmico com os demais momentos.



**Figura 5.** Valores da  $T_p$ , nos diferentes momentos pré-exercício, exercício e pós-exercício obtidos através dos termopares e TIR nas regiões do braço e da coxa. Resultados apresentados em média  $\pm$  DP.

\* dif. sig. entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos para os dados da TIR.

† dif. sig. entre o momento 30 do pré-exercício vs os demais momentos para os dados dos termopares.

# dif. sig. entre os dados da TIR vs termopares na região do braço.

° dif. sig. entre os dados da TIR vs termopares na região da coxa.

## 5.5 Discussão

O principal resultado deste estudo foi à baixa concordância encontrada entre os valores da  $T_{MP}$  mensurados através dos termopares e da TIR nos momentos pré, durante e pós-exercício (Figuras 3 e 4), resultados estes reforçados pelas análises dos CV e CCI. Isso reforça a indicação de (Sund-Levander et al. 2002) em que cada forma de registro da  $T_C$  apresenta respostas específicas com diferentes faixas de normalidade, assim a mesma ideia pode ser empregada para os equipamentos de leitura da  $T_p$ , passando a ser necessário estabelecer o comportamento da  $T_p$  quando se utiliza cada equipamento. Desta forma, o presente estudo reforça que a comparação de resultados de estudos que

utilizaram termopares com TIR passa a não ser a ideal em todas as situações aqui estudadas. A divergência de resultados identificada entre os dois métodos indicam que a sua interpretação pode ser feita de maneira diferente, em exercício com termopares a  $T_{MP}$  apresentou o comportamento de elevação frente ao pré-exercício, para a TIR a  $T_{MP}$  apresentou comportamento inverso (Figura 4).

Os resultados apresentados nas condições pré, durante e pós-exercício indicam que as respostas fisiológicas apresentadas pelos avaliados em todos os momentos foram semelhantes com a utilização dos termopares e da TIR. É importante destacar que o procedimento de hidratação adotado, permitiu ao final dos experimentos a manutenção do estado de euhidratação, mesmo sendo considerado como estatisticamente significativa nos dois experimentos, a maior perda hídrica foi de apenas 0,7% da massa corporal com a utilização da TIR e de 0,5% com a utilização dos termopares, e sem alterações na densidade da urina, indicando claramente que os avaliados mantiveram-se hidratados (Casa et al. 2000). O aumento da  $T_C$ , durante o exercício foi suficiente para que o organismo dos avaliados aumentasse a produção de calor corporal e, conseqüentemente, apresentasse as respostas termorregulatórias esperadas devido ao estímulo físico, como sudorese e redistribuição do fluxo sanguíneo (Gonzalez-Alonso et al. 2008). Tanto a FC quanto o consumo de oxigênio apresentaram comportamento esperado para intensidade de exercício escolhida, exigindo assim, que o organismo respondesse ao estresse fisiológico ao qual foi submetido.

No momento pré-exercício, o resultado das análises estatísticas indicam a baixa concordância entre os valores da  $T_{MP}$  obtida pelos dois métodos. Nossos resultados indicaram que a concordância entre os termopares e a TIR apresentou erro médio de -0,75°C com intervalo de confiança de 95% variando de 0,03°C até -1,52°C (Figura 3 A), enquanto que no estudo de (Heuvel et al. 2003) onde foi realizada a comparação entre os termopares e a TIR em condição de sono, o erro médio foi de 2,30°C com intervalo de confiança de 95% variando de 1,25°C até 3,39°C, resultado este que reforça a condição de baixa concordância entre os valores de  $T_p$ . É importante destacar que houve divergência entre os resultados encontrados no estudo de (Heuvel et al. 2003) e os aqui apresentados, onde os valores da  $T_p$  obtidos pela TIR são superiores aos registrados pelos termopares. Uma possível explicação para estas divergências foram os diferentes tipos de equipamentos empregados.

É possível ainda especular que no pré-exercício os valores superiores da  $T_{MP}$  registrado através da TIR sejam em parte explicados pelos princípios físicos que

norteiam estas técnicas. Os termopares transformam em valores de temperatura a energia captada através da condução, enquanto que a TIR transforma em valores de temperatura a energia captada através da radiação, como em condição de repouso a maior parte da perda de calor é feita através da radiação, aproximadamente 60% (Wendt et al. 2007) é possível que os equipamentos da TIR produzam valores mais elevados.

Quando são comparados os resultados da  $T_{MP}$  obtida com os termopares no momento 15 minutos do pré-exercício ( $31,8\pm 0,5$ )°C com outros estudos verifica-se valores similares com a  $T_{MP}$  de ( $31,8\pm 0,3$ )°C (Burdon et al. 2010); ( $31,7\pm 0,3$ )°C (Bain e Jay 2011); e ( $31,8\pm 0,7$ )°C (Bain et al. 2011). Tais concordâncias entre os resultados indicam que os valores da  $T_{MP}$  podem ser considerados como normais para uma avaliação com termopares.

A utilização de equações para calcular a  $T_{MP}$  raramente é utilizada em estudos que utilizam a TIR como técnica de mensuração o que dificulta a comparação com outros. Contudo o trabalho de (Costa 2012) apresentou em condição de repouso  $T_{MP}$  obtida com a TIR de ( $32,2\pm 0,5$ )°C, valor semelhante aos ( $32,5\pm 0,4$ )°C obtidos no presente estudo, podendo tais valores serem considerados como normais para avaliação com a TIR.

Verificou-se consistentes diferenças nos valores da  $T_{MP}$  registrados entre os dois métodos (termopares versus TIR), em condição de repouso, tendo em vista que durante os 30 minutos de monitorização contínua houve diferença significativa ( $P<0,05$ ), e que a menor diferença foi de  $0,7$ °C na parcial 0 minuto e a maior de  $0,9$ °C na parcial 25 minutos (Figura 4). Comportamento semelhante foi observado quando se analisa as regiões específicas como a do braço e da coxa em que os valores da  $T_p$  obtidos pela TIR foram superiores em todos os momentos do repouso em comparação com os termopares.

Já em condição de exercício, a  $T_{MP}$  apresentou comportamento onde valores mais elevados foram obtidos pelos termopares frente a TIR, situação oposta a observada no repouso. A concordância entre os termopares e a TIR apresentou erro médio de  $1,22$ °C com intervalo de confiança de 95% variando de  $2,61$ °C até  $-0,16$ °C, ou seja, o erro médio aumentou com a realização do exercício (Figura 3 B).

Uma resposta importante observada na condição de exercício foi que a  $T_{MP}$  mensurada através dos termopares elevou-se em comparação com o repouso, enquanto que a  $T_{MP}$  mensurada através da TIR reduziu em comparação com repouso, tanto em ~~uma~~ análise geral com  $T_{MP}$  como local, observada na (Figura 5). Na fase de exercício, a

$T_{MP}$  obtida pelos termopares foi superior a da TIR a partir do minuto 15, sendo que a maior diferença aconteceu no minuto 25 com  $1,25^{\circ}\text{C}$  (Figura 4). Quando se analise especificamente determinada RCI como a do braço, verifica-se que não existiu diferença significativa na comparação entre a  $T_p$  obtida pelos termopares e pela TIR em condição de exercício (Figura 5), já na RCI da coxa (musculatura ativa) a partir de 10 minutos de exercício já houve diferença entre os valores de  $T_p$ , sendo que a maior diferença  $1,25^{\circ}\text{C}$  aconteceu com 25 minutos de exercício (Figura 5), indicando claramente diferença termorregulatória em função das áreas ativas e inativas no exercício.

Diversos fatores permitem explicar as diferenças obtidas no exercício, tais como: a pressão exercida pelos métodos de fixação (Tyler 2011); os diferentes materiais utilizados na fixação (Tyler 2011); a dificuldade de perda de calor através da evaporação e convecção da região onde o termopar foi fixado (Tyler 2011; Buono et al. 2007), que podem fazer com a  $T_p$  mensurada pelos termopares se eleve. Além disso, quando a TIR é utilizada, destaca-se a facilidade de perda de calor por radiação, convecção e principalmente por evaporação devido à alta produção de suor, que pode resultar em  $T_p$  mais baixa nestas condições. No estudo de (Clark et al. 1977) é relatado diferença na  $T_p$  registrada entre os termopares e a TIR  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ , entretanto ainda é descrito que as diferenças podem chegar a  $4^{\circ}\text{C}$ .

Outro fator que pode ter contribuído para os resultados antagônicos em condição de exercício. Na região da coxa (músculos ativos) com a utilização do termopar a  $T_p$  elevou-se substancialmente nesta região corporal, provavelmente em função da dificuldade de perda de calor através da evaporação e convecção da região onde o termopar foi fixado, com a utilização da TIR tais dificuldades não acontecem permitindo assim maior perda de calor e conseqüente menor  $T_p$ . Quando se analisa (Figura 5) a  $T_p$  registrada nos braços (regiões não ativas), é possível verificar que os valores da  $T_p$  são menores do que a registrada na região ativa, ou seja, na região com maior concentração do fluxo sanguíneo a maior produção de calor nos músculos ativos, além das particularidades de cada método, contribui efetivamente para estes resultados.

A  $T_{MP}$  obtida com os termopares na situação de exercício registrada com 60 minutos foi de  $(32,8 \pm 0,4)^{\circ}\text{C}$ . Quando comparados a outros estudos como o de (Burdon et al. 2010) que apontou  $T_{MP}$  de  $(32,9 \pm 0,4)^{\circ}\text{C}$  verifica-se valores similares, ou até mesmo inferiores como no estudo de Bain et al. (2011) com  $33,1 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ . Assim, os resultados aqui evidenciados apontam que os valores da  $T_{MP}$  podem ser considerados normais para uma avaliação com termopares. A redução da  $T_p$  em determinadas RCI na

condição de exercício já foi relatada em diferentes estudos (Merla et al. 2010; Akimov et al. 2010; Zontak et al. 1998; Torii et al. 1992), entretanto não foram identificados estudos que tenha utilizado equações para calcular a  $T_{MP}$  com a TIR como técnica de mensuração, o que impossibilita esta comparação. Dessa forma, os valores aqui encontrados podem ser considerados como referência sobre o comportamento da  $T_{MP}$  mensurada através da TIR em futuros trabalhos.

No retorno a condição de repouso, o resultado das análises estatísticas também indicam a baixa concordância entre os valores da  $T_{MP}$  obtida pelos dois métodos, sendo esta ainda maior frente ao repouso, apresentando erro médio de  $-1,16^{\circ}\text{C}$  com intervalo de confiança de 95% variando de  $0,15^{\circ}\text{C}$  até  $-2,48^{\circ}\text{C}$  (Figura 3 C). Neste momento observa-se que a  $T_{MP}$  mensurada através da TIR retorna a valores mais elevados em comparação com os termopares, possivelmente os princípios físicos de cada técnica tenham sido determinantes para estes resultados. Com 15 minutos de recuperação pode-se observar o momento de inversão da tendência da  $T_{MP}$  entre os dois métodos, onde existe a elevação da  $T_{MP}$  com a utilização da TIR e sua redução com a utilização dos termopares, situação esta semelhante à observada no repouso (Figura 4).

A diferença dos valores da  $T_{MP}$  registrados entre os dois métodos (termopares versus TIR), na condição após-exercício tem sua menor diferença  $0,1^{\circ}\text{C}$  na parcial 10 minutos e a maior  $1,2^{\circ}\text{C}$  na parcial 25 minutos (Figura 4). Já para regiões específicas como a do braço e da coxa, após 25 minutos, os valores da  $T_p$  obtidos pela TIR apontaram resultados mais elevados, porém sem diferença estatística significativa, em todos os momentos seguintes na comparação com os termopares.

Dentre as limitações deste estudo, destaca-se o fato de não quantificar a sudorese, bem como não ter simulado a ação de vento frontal para facilitar a perda de calor através da convecção, (ou ainda não ter utilizado o *laser doppler* para quantificação do fluxo sanguíneo na pele ou inclusive a utilização de sensores de temperatura intramuscular), o que poderia acrescentar importantes informações sobre a compreensão dos ajustes termorregulatórios. Cabe destacar que os resultados obtidos no presente estudo podem ser diferentes quando o exercício é realizado em intensidades variadas, de outras modalidades como no ciclismo em ambiente externo, com interferências climáticas, como em condição de alta temperatura e umidade ambiente ou mesmo realizado por mulheres, ou obesos.

## 5.6 Conclusão

Existe baixa concordância entre os valores da  $T_{MP}$  mensurada através dos termopares e da TIR nos momentos pré, durante e pós-exercício, demonstrando assim pequena confiabilidade na comparação entre as duas formas de mensuração. A comparação de resultados de estudos que utilizaram métodos distintos passa a não ser a ideal em todas as situações aqui estudadas. Além disso, em condição de exercício com a utilização dos termopares a  $T_{MP}$  apresentou o comportamento de elevação em comparação com o pré-exercício, enquanto que a utilização da TIR a  $T_{MP}$  apresentou um comportamento de redução indicando que a interpretação deve ser feita de maneira diferente em função do método empregado.

## 5.7 Referências

Ahmadi N, McQuilkin GL, Akhtar MW, Hajsadeghi F, Kleis SJ, Hecht H, Naghavi M, Budoff M (2011) Reproducibility and variability of digital thermal monitoring of vascular reactivity. *Clin Physiol Funct Imaging* 31 (6):422-428.

American College of Sports M, Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.

Akimov E, Andreev R, Kalenov Y, Kirdin A, Son'kin V, Tonevitsky A (2010) The human thermal portrait and its relations with aerobic working capacity and the blood lactate level. *Human Physiol* 36 (4):447-456.

Atkinson G, Nevill AM (1998) Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med* 26 (4):217-238

Bain A, Jay O (2011) Does summer in a humid continental climate elicit an acclimatization of human thermoregulatory responses? *Eur J Appl Physiol* 111 (6):1197-1205.

Bain AR, Deren TM, Jay O (2011) Describing individual variation in local sweating during exercise in a temperate environment. *Eur J Appl Physiol* 111 (8):1599-1607.

Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1 (8476):307-310

Bouzida N, Bendada A, Maldague XP (2009) Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. *J Therm Biol* 34 (3):120-126.

Buono MJ, Jechort A, Marques R, Smith C, Welch J (2007) Comparison of infrared versus contact thermometry for measuring skin temperature during exercise in the heat. *Physiol Meas* 28 (8):855

Burdon C, O'Connor H, Gifford J, Shirreffs S, Chapman P, Johnson N (2010) Effect of drink temperature on core temperature and endurance cycling performance in warm, humid conditions. *J Sports Sci* 28 (11):1147-1156.

Byrne C, Lim CL (2007) The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *Br J Sports Med* 41 (3):126-133.

Campbell I (2011) Body temperature and its regulation. *Anaest Intens C Med* 12 (6):240-244

Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, Roberts WO, Stone JA (2000) National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. *J Athl Train* 35 (2):212-224

Charkoudian N (2010) Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol* 109 (4):1221-1228.

Chevront SN, Haymes EM (2001) Thermoregulation and Marathon Running: Biological and Environmental Influences. *Sports Medicine* 31 (10):743-762

Childs PRN (2001) 5 - Thermocouples. In: *Practical Temperature Measurement*. Butterworth-Heinemann, Oxford, pp 98-144.

Chisholm DM, Collis ML, Kulak LL, Davenport W, Gruber N (1975) Physical activity readiness. *BC Medical Journal* v.17:375-378

Choi JK, Miki K, Sagawa S, Shiraki K (1997) Evaluation of mean skin temperature formulas by infrared thermography. *Int J Biometeorol* 41 (2):68-75.

Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG (1977) Skin temperature during running--a study using infra-red colour thermography. *J Physiol* 267 (1):53-62

Costa CMA (2012) Técnicas de mensuração da temperatura corporal: uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia., Universidade federal de Viçosa, Viçosa

Crandall CG, Wilson TE, Kregel KC (2010) Mechanisms and modulators of temperature regulation. *J Appl Physiol* 109 (4):1219-1220.

Davie A, Amoore J (2010) Best practice in the measurement of body temperature. *Nurs Stand* 24 (42):42-49

Du Bois D, F. DBE (1916) A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine* 17 (6\_2):863-871.

Fernandes AA, Amorim PRS, Prímola-Gomes TN, Sillero-Quintana M, Fernández Cuevas I, Silva RG, Pereira JC, Marins JCB (2012) Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. *Rev And Med Deporte* 5 (3):113-117.

Gagge AP, Gonzalez RR (2010) Mechanisms of Heat Exchange: Biophysics and Physiology. In: *Comprehensive Physiology*. John Wiley & Sons, Inc.

Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP (2011) American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory,

musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43 (7):1334-1359.

Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM (2008) The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J Physiol* 586 (1):45-53.

Hasselberg MJ, McMahon J, Parker K (2011) The validity, reliability, and utility of the iButton(R) for measurement of body temperature circadian rhythms in sleep/wake research. *Sleep medicine* 14 (1):5-11.

Heikens MJ, Gorbach AM, Eden HS, Savastano DM, Chen KY, Skarulis MC, Yanovski JA (2011) Core body temperature in obesity. *Am J Clin Nutr* 93 (5):963-967.

Heuvel CJvd, Ferguson SA, Dawson D, Gilbert SS (2003) Comparison of digital infrared thermal imaging (DITI) with contact thermometry: pilot data from a sleep research laboratory. *Physiol Meas* 24 (3):717

Jackson AS, Pollock ML (1978) Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 40 (3):497-504

Johnson JM (2010) Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports* 20 Suppl 3:29-39.

Johnson JM, Kellogg DL, Jr. (2010) Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Front Biosci (Schol Ed)* 2:825-853.

Jones BF (1998) A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. *Medical Imaging, IEEE Transactions on* 17 (6):1019-1027.

Kennedy DA, Lee T, Seely D (2009) A Comparative Review of Thermography as a Breast Cancer Screening Technique. *Integrative Cancer Therapies* 8 (1):9-16.

Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J (2012) Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Techn* 55 (4):221-235.

Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, L C (2006) International standards for anthropometric assessment (ISAK). Potchefstroom, South Africa

Marins JCB (2011) Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral, vol 1. Fontoura edn., Jundiaí

Marsh CE (2012) Evaluation of the American College of Sports Medicine submaximal treadmill running test for predicting VO<sub>2</sub>max. *J Strength Cond Res* 26 (2):548-554.

McArdle W, Katch F, V. K (2001) *Fisiologia do Exercício: Nutrição e Desempenho Humano*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

- McCoy M, Campbell I, Stone P, Fedorchuk C, Wijayawardana S, Easley K (2011) Intra-examiner and inter-examiner reproducibility of paraspinal thermography. *PloS one* 6 (2):e16535
- Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL (2010) Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng* 38 (1):158-163.
- Nadel ER, Mitchell JW, Stolwijk JAJ (1973) Differential thermal sensitivity in the human skin. *Pflug Arch Eur J Phy* 340 (1):71-76.
- Ring E, Ammer A (2000) The Technique of infra red imaging in medicine. *Thermology International* 10 (1).
- Ring EF, Kurt A (2006) Standard Procedures for Infrared Imaging in Medicine. In: *Medical Devices and Systems. Electrical Engineering Handbook*. CRC Press, pp 36-31-36-14.
- Ring EFJ, Ammer K (2012) Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Meas* 33 (3):R33
- Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG (2006) Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol* 100 (5):1692-1701.
- Siri WE (1961) Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods. In: BROZEK JH, A. (ed) *Techniques for measuring body composition*. National Academy of Science, Washington,
- Smith ADH, Crabtree DR, Bilzon JLJ, Walsh NP (2010) The validity of wireless iButtons® and thermistors for human skin temperature measurement. *Physiol Meas* 31 (1):95
- Sund-Levander M, Forsberg C, Wahren LK (2002) Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. *Scand J Caring Sci* 16 (2):122-128.
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR (2001) Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 37 (1):153-156.
- Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H (1992) Fall in skin temperature of exercising man. *Br J Sports Med* 26 (1):29-32
- Tyler CJ (2011) The effect of skin thermistor fixation method on weighted mean skin temperature. *Physiol Meas* 32 (10):1541

- Vargas JVC, Brioschi ML, Dias FG, Parolin MB, Mulinari-Brenner FA, Ordonez JC, Colman D (2009) Normalized methodology for medical infrared imaging. *Infrared Phys & Techn* 52 (1):42-47.
- Wendt D, van Loon LJ, Lichtenbelt WD (2007) Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintaining health and performance. *Sports Med* 37 (8):669-682
- Yasuoka A, Kubo H, Tsuzuki K, Isoda N (2012) Interindividual differences in thermal comfort and the responses to skin cooling in young women. *J Therm Biol* 37 (1):65-71.
- Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Närhi M (2008) Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas* 29 (4):515
- Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R (1998) Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng* 26 (6):988-993

## 6 Conclusões gerais

A realização desse trabalho possibilitou algumas conclusões relacionadas ao comportamento da  $T_p$  em diferentes condições de exercício e sobre a comparação entre dois métodos de mensuração da  $T_p$ .

Desta forma, em relação ao artigo 1, com base nas evidências científicas encontradas, conclui-se que a  $T_p$  diminui na fase inicial do exercício. Posteriormente, dependendo da forma de realização da atividade quanto à duração e intensidade, a  $T_p$  pode continuar uma curva descendente, principalmente quando o exercício for progressivo até níveis máximos e de curta duração. Ou, por outro lado, aumentar nas regiões musculares ativas do exercício quando este for mantido com intensidade constante ou duração média e longa. Também é evidente que não existe uma resposta homogênea na  $T_p$  entre as diferentes regiões corporais. Isso indica que o processo de controle da  $T_c$  é extremamente complexo, de forma que a TIR pode ser um instrumento valioso para analisar tanto a resposta térmica local como global da  $T_p$  nas diferentes formas de prática de exercício físico.

No capítulo 1, os resultados demonstraram que durante a realização do exercício de carga progressiva existe redução da  $T_p$ , avaliada por meio da termografia infravermelha, nos momentos pós-exercício quando comparado aos valores pré-exercício com destaque para os membros superiores e região do tronco, sendo que o mesmo não foi observado nas pernas, visões anterior e posterior.

A  $T_{MP}$  independe da equação utilizada com quatro ou oito pontos de registro, apontam para reduções na comparação de antes com os demais momentos. Existe diferença no resultado da  $T_{MP}$  entre as fórmulas estudadas, sendo sempre menor quando se utiliza uma equação de 4 pontos do que uma de 8 pontos. A  $T_p$  na região de pele glabra apontou ser superior a região não glabra em todos os momentos estudados.

No capítulo 2, foi possível demonstrar o quanto é variável o comportamento da  $T_p$  nas diferentes RCI em diferentes momentos pré, durante e pós-exercício de intensidade moderada e realizado em ambiente temperado. O início do exercício gerou uma redução da  $T_p$  na maioria das RCI estudadas com 10 minutos de sua realização, exceto para regiões das coxas e pernas nas visões anterior e posterior. Com a sequência do exercício a  $T_p$  continuou menor do que a de repouso nas regiões da face, pescoço, peitoral, abdômen, antebraços e braços na visão anterior, já para demais RCI estudadas isso não foi observado. Com o término do exercício registrou-se aumentos da  $T_p$  nas

regiões das mãos e coxas nas visões anterior e posterior e pernas na visão posterior. Tais resultados aportam importantes informações para uma melhor compreensão do sistema termorregulatório humano no que diz respeito à  $T_p$ , auxiliando assim no desenvolvimento de modelos termofisiológicos, projetos de manequins térmicos e para concepção de vestuário esportivo.

Já no capítulo 3, foi possível concluir que existe uma baixa concordância entre os valores da  $T_{MP}$  mensurada através dos termopares e da TIR nos momentos pré, durante e pós-exercício, demonstrando assim baixa confiabilidade na comparação entre as duas formas de mensuração.

A comparação de resultados de estudos que utilizaram métodos distintos passa a não ser a ideal em todas as situações aqui estudadas. Além disso, em condição de exercício com a utilização dos termopares a  $T_{MP}$  apresentou o comportamento de elevação em comparação com o pré-exercício, enquanto que a utilização da TIR a  $T_{MP}$  apresentou um comportamento de redução indicando que a interpretação deve ser feita de maneira diferente em função do método empregado.

<b>ANEXO 1</b>
----------------

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA</b> <b>DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA</b> <b>LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA</b>
---

AVALIADO:

\_\_\_\_\_

SIM	NÃO	PERGUNTA
		1. O seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta um problema cardíaco?
		2. Você apresenta dores no peito com frequência?
		3. Você apresenta episódios freqüentes de tonteira ou sensação de desmaio?
		4. Seu médico alguma vez já lhe disse que sua pressão sanguínea era muito alta?
		5. Seu médico alguma vez já lhe disse que você apresenta um problema ósseo ou articular, como uma artrite, que tenha sido agravado pela prática de exercícios, ou que possa ser por eles agravado?
		6. Existe alguma boa razão física, não mencionada aqui, para que você não siga um programa de atividade física, se desejar fazê-lo?
		Você tem mais de 65 anos e não está acostumado a se exercitar vigorosamente?

**Se você respondeu:**

<b>SIM A UMA OU MAIS PERGUNTAS</b>	<p>Se você não consultou seu médico recentemente, consulte-o por telefone ou pessoalmente, <b>ANTES de intensificar suas atividades físicas /ou de ser avaliado para um programa de condicionamento físico. Diga a seu médico que perguntas você respondeu com um SIM a este questionário conhecido como PAR-Q ou mostre a cópia deste questionário.</b></p>
<b>NÃO A TODAS AS PERGUNTAS</b>	<p>Se você respondeu este questionário corretamente, você pode ter uma razoável garantia de apresentar as condições adequadas para: Um programa de exercícios gradativos. – um aumento gradual na intensidade dos exercícios adequados promove um bom desenvolvimento do condicionamento físico, ao mesmo tempo em que minimiza ou elimina o desconforto associado.</p>

**PROGRAMAS**

*Após a avaliação médica, procure se aconselhar com seu médico acerca de suas condições para:*

- Atividades físicas irrestrita, começando a partir de baixos níveis de intensidade e aumentando progressivamente.
- Atividade física limitada ou supervisionada que satisfaça suas necessidades específicas, pelo menos numa base inicial. Verifique em sua continuidade os programas ou serviços especiais.

**Adiar o início do programa de exercícios.**

Na vigência de uma enfermidade temporária de menor gravidade, tal como um resfriado comum.

SEXO [M] [F] – IDADE [ \_\_\_\_ ]

ANAMNESE SOBRE HISTÓRICO ATUAL:

Marque a resposta com um (x) a coluna sim ou não de acordo com a pergunta

S I M	N Ã O	PERGUNTA	COMPLEMENTO
		Você fuma?	Há quanto tempo? Quantos por dia?
		Você tem problema de pressão arterial?	Há quanto tempo? Alta ou baixa?
		Você tem problema de colesterol?	Há quanto tempo? Faz controle?
		Você é diabético?	Há quanto tempo? Faz controle?
		Você alguma vez sentiu dor no coração ou no peito?	
		Algumas vezes você já sentiu o coração falhar?	
		Seus tornozelos ficam freqüentemente inchados?	
		Seus pés e mãos ficam gelados e trêmulos, mesmo em tempo de calor?	
		Você sofre de câimbras nas pernas?	
		Você já ficou com falta de ar sem qualquer razão?	
		Alguma vez um médico lhe disse que você tem algum comprometimento cardíaco, ou alteração no ECG?	
		Já teve tosse matinal?	Com que freqüência?
		Você se considera uma pessoa	( ) calma ( ) agitada ( ) competitiva ( ) meio-termo
		Já teve problema de depressão?	Há quanto tempo? Faz controle?
		Faz uso de algum medicamento?	Qual? Há quanto tempo?
		Sofre de dor de cabeça ou enxaqueca freqüentes?	Há quanto tempo? Faz controle?
		Já fez alguma cirurgia?	Qual? Há quanto tempo?
		Já fraturou alguma coisa?	Há quanto tempo? 2 anos
		Sente alguma dor?	Qual? Há quanto tempo?
		Sente fadiga crescente, distúrbios de sono ou irritabilidade crescente?	Há quanto tempo?
		Suas articulações são doloridas ou inchadas?	Há quanto tempo?
		Sofre de problemas renais, tais como, expulsão de cálculos?	Há quanto tempo?
		Quaisquer problemas de estômago ou intestinos	Há quanto tempo?
		Qualquer problema importante de visão ou audição?	Há quanto tempo?
		Glaucoma ou pressão nos olhos?	Há quanto tempo

	Você é alérgico alguma coisa?	Há quanto tempo?
	Apresenta problema de varizes?	Há quanto tempo? Localização:
	Sua atividade de trabalho é:	( ) leve ( ) moderada ( ) intensa
	Você se considera submetido a estresse freqüentes?	
	Doenças da próstata?	Há quanto tempo? _____
	Teve filho(s)?	Há quanto tempo? _____ ( ) Normal ( ) Cesariana
	Sua menstruação é regular?	( ) sim ( ) não Menopausa ( )
	Você faz uso de anticoncepcional?	

COMENTÁRIOS:

---

#### ANTECEDENTES MÓRBIDOS

Você já teve alguma vez?

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Ataque cardíaco                     | <input type="checkbox"/> Febre reumática       | <input type="checkbox"/> Sopro cardíaco                       |
| <input type="checkbox"/> Luxações                            |  |   |
| <input type="checkbox"/> Arteriosclerose                     | <input type="checkbox"/> Veias varicosas       | <input type="checkbox"/> Artrites nas pernas e braços         |
| <input type="checkbox"/> Bronquite                           |  |   |
| <input type="checkbox"/> Tonteira ou desmaios                | <input type="checkbox"/> Epilepsia             | <input type="checkbox"/> Acidente cerebral                    |
| <input type="checkbox"/> Asma                                |  |   |
| <input type="checkbox"/> Anemia                              | <input type="checkbox"/> Problemas de tireóide | <input type="checkbox"/> Pneumonia                            |
| <input type="checkbox"/> Algum problema nervoso ou emocional |  | <input type="checkbox"/> Anormalidades radiográficas no tórax |

COMENTÁRIOS:

#### ANAMNESE SOBRE ATIVIDADE FÍSICA

Marque a resposta com um (x) a coluna sim ou não de acordo com a pergunta

SIM	NÃO	PERGUNTA	COMPLEMENTO
		Você está normalmente inscrito num programa de exercícios?	
		Você anda ou corre regularmente 1.6 Km ou mais continuamente? Qual seu tempo médio por quilômetro?	
		Participa freqüentemente de esportes competitivos? Quais as modalidades?	
		Participa freqüentemente de esportes com características de lazer? Caso a resposta seja positiva, quais as modalidades?	
		Você já freqüentou alguma atividade em academia anteriormente Caso a resposta seja positiva, qual(is) atividade(s)?	

	Durante quanto tempo?	
--	-----------------------	--

COMENTÁRIOS:
--------------

#### ANAMNESE HISTÓRICO MÉDICO FAMILIAR

Doenças na família:

Algun de seus parentes cosangüíneos teve alguma das seguintes doenças? (incluindo avos, tios e tias, mais excluindo primos, parentes pelo casamento e por afinidade).

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Ataque cardíaco abaixo de 50 anos       | <input type="checkbox"/> Acidente cerebral abaixo de 50 anos     |
| <input type="checkbox"/> Diabetes                                | <input type="checkbox"/> Pressão alta                            |
| <input type="checkbox"/> Colesterol elevado                      | <input type="checkbox"/> Obesidade (20 Kg ou mais acima do peso) |
| <input type="checkbox"/> Leucemia ou câncer (abaixo dos 60 anos) | <input type="checkbox"/> Asma                                    |
| <input type="checkbox"/> Doença cardíaca congestiva              | <input type="checkbox"/> Operações cardíacas                     |
| <input type="checkbox"/> Glaucoma                                |  |

COMENTÁRIOS:
--------------

#### FICHA DE AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA

<b>Fotografias:</b>	<b>Hora:</b>	<b>Temp. sala:</b>	<b>Externa:</b>
<b>Nome:</b>			
<b>Data de Nascimento:</b>	<b>Tel:</b>	<b>e-mail:</b>	
<b>Objetivo da Avaliação:</b>	<b>Lesionado:</b>	<b>Área:</b>	
<b>Mão Dominante:</b>		<b>Pé Dominante:</b>	
<b>Perguntas:</b>			
1)	<b>Aplicou algum creme, gel ou Spray na Pele?</b>		
2)	<b>Recebeu algum tratamento, terapia ou massagem?</b>		
3)	<b>Realizou exercícios nas últimas 6 horas?</b>		
4)	<b>Tomou café nas últimas 6 horas?</b>		
5)	<b>Ingeriu bebida alcoólica nas últimas 6 horas?</b>		
6)	<b>Tomou sol ou raios UVA antes da avaliação?</b>		
7)	<b>Fumou nas últimas 6 horas?</b>		
8)	<b>Tem tomando algum remédio?</b>		
9)	<b>Tomou banho exatamente antes da avaliação?</b>		