



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**Análise da Temperatura Cutânea  
durante Teste Incremental de Esforço  
em Nadadores**

Cezar Augusto Moraes Bolzan

FLORIANÓPOLIS

2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

BOLZAN, CEZAR AUGUSTO MORAES

Análise da Temperatura Cutânea Durante Teste Incremental  
de Esforço em Nadadores / CEZAR AUGUSTO MORAES BOLZAN ;  
orientador, Antonio Renato Pereira MORO - Florianópolis,  
SC, 2014.

86 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Desportos. Programa de Pós-Graduação em  
Educação Física.

Inclui referências

1. Educação Física. 2. EDUCAÇÃO FÍSICA. 3. NATAÇÃO. 4.  
TEMPERATURA CORPORAL. 5. TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA. I.  
MORO, Antonio Renato Pereira. II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.  
III. Título.

CEZAR AUGUSTO MORAES BOLZAN

Análise da Temperatura Cutânea durante  
Teste Incremental de Esforço em Nadadores

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Educação Física, na área de concentração em Biodinâmica do Desempenho Humano.

Aprovada: 19 de dezembro de 2014.

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo  
Coordenador do Programa de Pós Graduação em Educação Física – CDS UFSC

---

Prof. Dr. Flavio Antônio de Souza Castro

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

---

Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro (Orientador)

# *Agradecimentos Especiais*

- Ao meu Orientador Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro, por acreditar em potencialidades e experiências e me oportunizar a Academia, por todo o suporte que prestou nesta trajetória;
- Aos Professores Dr. Luiz Guilherme Antoniacci Guglielmo, Dr. Emilio Takase e Dr. Fernando Diefenthaler pelo apoio às minhas iniciativas dentro da UFSC;
- Ao Prof. Dr. Flavio Antônio de Souza Castro pela pronta disponibilidade e excelência nas intervenções deste trabalho;
- Aos meus colegas do BIOMEC que colaboraram na realização deste trabalho, principalmente na pessoa do Dr. Diogo Cunha dos Reis e professores do PPG;
- A todos os Treinadores, Atletas, Diretores e Pais que confiam no meu trabalho, especialmente dos Clubes ATN-Tubarão, Abain-Brusque e APAN-Chaçecó;
- A Federação Paraguaia de Natação e Comitê Olímpico Paraguaio por me oportunizarem trabalho ímpar;
- À minha Família de coração no Paraguai - RIVEROS: Karen, Francisco e Lilian que acreditaram e investiram no sonho olímpico;
- Aos Professores Alberto Bernardo Klar e Willian Urizzi de Lima que há duas décadas acreditam no meu trabalho e me proporcionam novos desafios e motivações;
- Aos Professores e Treinadores Rodrigo do Herval Felipe e Cristhian Behr, amigos e sempre provedores de experiências e conhecimentos;
- À minha família pelo amor incondicional nas figuras de minha Mãe Clecy Moraes Bolzan e de minha Irmã Cristina Izabel Moraes Bolzan, que sempre me proporcionaram o máximo suporte;
- À minha grande companheira Sara Cristina Palma que tanto me direciona e
- Ao meu filho Caesar Augusto Rosa Bolzan e enteada Laura Miranda Coelho que nunca deixem de estar no caminho da sabedoria!

*"A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original."*

Albert Einstein

## EPÍGRAFE

“Em qualquer parte do corpo onde houver excesso de calor ou frio, a doença estará lá para ser descoberta”.



**Hipócrates** (460-377a.c.)

## ABREVIATURAS

---

<b>AD1 e AD2</b>	<b>Área do Tórax Posterior Direito e Esquerdo</b>
<b>AD3 e AD4</b>	<b>Área do Braço Posterior Direito e Esquerdo</b>
<b>AD5 e AD6</b>	<b>Área do Antebraço Dorsal Direito e Esquerdo</b>
<b>AF1 e AF2</b>	<b>Área do Tórax Peitoral Direito e Esquerdo</b>
<b>AF3 e AF4</b>	<b>Área do Braço Anterior Direito e Esquerdo</b>
<b>AF5 e AF6</b>	<b>Área do Antebraço Volar Direito e Esquerdo</b>
<b>AI</b>	<b>Área de Interesse</b>
<b>AID</b>	<b>Área de Interesse Dorsal</b>
<b>AIF</b>	<b>Área de Interesse Frontal</b>
<b>FINA</b>	<b>Federação Internacional de Natação</b>
<b>LA</b>	<b>Lactato</b>
<b>TC</b>	<b>Temperatura Corporal</b>
<b>TIV</b>	<b>Termografia infravermelha</b>
<b><math>\Delta t</math></b>	<b>Varição de Temperatura</b>

## Sumário

---

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 - OBJETIVOS .....	17
1.1.1 <i>Objetivo geral</i> .....	17
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	17
1.2 - HIPÓTESES DE ESTUDO .....	17
1.3 - JUSTIFICATIVA .....	18
1.4 – VARIÁVEIS DO ESTUDO .....	20
1.4.1 – <i>Variável Independente</i> .....	20
1.4.2 – <i>Variável Dependente</i> .....	21
1.4.3 – <i>Variável Secundária</i> .....	22
1.5 – LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	22
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>24</b>
2.1 - MECANISMOS DA TERMOGENESE .....	25
2.2 - FUNÇÕES DA TERMORREGULAÇÃO .....	26
2.3 - TERMODINÂMICA DA ÁGUA .....	28
2.4 - FISIOLOGIA DA IMERSÃO .....	30
2.5 - PRINCÍPIOS FÍSICOS NA ÁGUA .....	31
2.6 - BIOENERGÉTICA DA NATAÇÃO .....	32
2.7 - CUSTO ENERGÉTICO AO NADAR .....	34
2.8 FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO NA NATAÇÃO .....	34
2.9 O USO DA TERMOGRAFIA NA MEDICINA .....	35
2.10 TERMOGRAFIAS NO MEIO LÍQUIDO .....	39
2.11 TERMOGRAFIAS DE ESFORÇO EM NADADORES .....	40
2.12 - TERMOGRAFIAS EM EXERCÍCIOS ANAERÓBIO vs AERÓBIO .....	41
<b>3. MÉTODO</b> .....	<b>43</b>
3.1 - CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO .....	43
3.2 - PARTICIPANTES DO ESTUDO .....	43
3.3 – ÁREAS TERMOGRÁFICAS DE INTERESSE (AI) .....	45
3.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDA .....	47
3.4.1 – <i>Câmera Termográfica FLIR ThermoCAM® E320</i> .....	47
3.4.2 – <i>Para o Controle das Condições Ambientais</i> .....	47
3.4.3 – <i>Para a Avaliação Antropométrica e Controle</i> .....	48
3.4.4 – <i>Para Variáveis Fisiológicas</i> .....	48
3.4.5 – <i>Para o Controle dos Tempos</i> .....	48

3.5 – PROCEDIMENTOS NAS COLETAS DE DADOS .....	49
3.5.1 – Quanto a Termografia .....	49
3.7.4 - Coletas e Análises das Amostras de Sangue.....	52
3.7.5 – Análises da Temperatura .....	52
3.7.6 – Tratamento Estatístico dos Dados .....	53
3.8 CONTROLE DE ERROS .....	53
4. RESULTADOS E ANÁLISES.....	54
4.1 - PERCENTUAL DE ESFORÇO E RESPOSTA DO LACTATO .....	54
4.2 - ANÁLISE DOS TERMOGRAMAS .....	55
4.2.1 - Análise Termográfica Frontal .....	55
4.2.2 - Análise Cartográfica Dorsal .....	57
4.2.3 – Caracterização Gráfica das Temperaturas.....	59
4.2.4 – Análise de Assimetria .....	64
<b>5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>73</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>83</b>



## LISTA DE FIGURAS

---

<b>FIGURA 1 - TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA EM DIFERENTES ESPECTROS: A) ESPECTRO ARCO-ÍRIS E B) ESPECTRO CINZA.....</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 2 - TIV LATERAL DE OMBROS DE UMA NADADORA DE ELITE (27 ANOS), EM REPOUSO, ONDE FICOU EVIDENCIADO UMA LESÃO DO MÚSCULO SUPRA-ESPINOSO (SEIN, 2008).....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 3 - TIV OBTIDAS A) ANTES DE NADAR B) IMEDIATAMENTE DEPOIS DE NADAR C) 5MIN APÓS NADAR (DE JESUS ET AL., 2013).....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 4 – ESQUEMA ILUSTRATIVO DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO DURANTE O TESTE INCREMENTAL (3 X 3 X 100 + 100MÁX).....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 5 - MODELO DE ZAIDI ET AL. (2007) DE DEMARCAÇÕES DAS REGIÕES CORPORAIS PARA ANÁLISE DE TEMPERATURA.....</b>	<b>45</b>
<b>FIGURA 6 – TERMOGRAMAS DO PLANO ANTERIOR (FRONTAL) E POSTERIOR (DORSAL) DO CORPO E AS RESPECTIVAS ÁREAS DE INTERESSE MENSURADAS NO ESTUDO.....</b>	<b>46</b>
<b>FIGURA 7 – CÂMERA TERMOGRÁFICA UTILIZADA NO ESTUDO (FLIR THERMACAM® E320).....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA 8 - POSICIONAMENTO DA CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA A COLETA DE DADOS.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 9 – POSICIONAMENTO DO ATLETA EM FRENTE A CÂMERA, ONDE EM A) O POSICIONAMENTO COM VISTA FRONTAL E EM B) O POSICIONAMENTO COM VISTA DORSAL DO NADADOR.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 10 – TERMOGRAMAS DE REFERÊNCIA QUE FORAM TOMADOS NO PLANO FRONTAL E DORSAL DOS NADADORES.....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 11 – TERMOGRAMAS DA REGIÃO FRONTAL CORRESPONDENTE ÀS INTENSIDADES DE: A) 70%; B) 80%; C) 90% E D) MÁXIMA.....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 12 - TERMOGRAMAS DA REGIÃO DORSAL CORRESPONDENTE ÀS INTENSIDADES DE: A) 70%; B) 80%; C) 90% E D) MÁXIMA.....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 13 – TERMOGRAMAS DOS ANTEBRAÇOS (ESQUERDO E DIREITO) NA VISTA FRONTAL E DORSAL.....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE TABELAS

---

<b>TABELA 1</b> - PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS SISTEMAS METABÓLICOS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA (TROUP, 1990; MAGLISCHO, 1993; NAVARRO, 1990 CIT ALVES, 2000).	32
<b>TABELA 2</b> - ZONAS DE INTENSIDADE, OBJETIVOS, VELOCIDADE MÉDIA DE ESFORÇO, PROVÁVEL ACÚMULO DE LACTATO E PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO.....	33
<b>TABELA 3</b> - CARACTERÍSTICAS DOS NADADORES QUE PARTICIPARAM DO ESTUDO, COM SUAS RESPECTIVAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS E CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL DE DESEMPENHO.....	44
<b>TABELA 4</b> - MÉDIAS LEVANTADAS NAS DIFERENTES INTENSIDADES DE ESFORÇO. ....	55
<b>TABELA 5</b> - TEMPERATURA FRONTAL MÉDIAS DAS ÁREAS DE INTERESSE EM DIFERENTES INTENSIDADES DO PROTOCOLO INCREMENTAL DE ESFORÇO. ....	57
<b>TABELA 6</b> - TEMPERATURA DORSAL DAS ÁREAS DE INTERESSE EM DIFERENTES INTENSIDADES .....	59

## LISTA DE QUADROS

---

<b>QUADRO 1</b> – SENSAÇÕES EXPERIMENTADAS PELA PELE EM DIFERENTES TEMPERATURAS DE IMERSÃO.....	30
<b>QUADRO 2</b> – TABELA DO GRADIENTE DE TEMPERATURA PARA VERIFICAÇÃO DE ASSIMETRIAS EM SUJEITOS NORMAIS (UEMATSU ET AL., 1998).....	38
<b>QUADRO 3</b> – TRABALHOS PUBLICADOS COM TERMOGRAFIA EM ESFORÇO COM NADADORES....	40
<b>QUADRO 4</b> - COMPARAÇÃO DE ASSIMETRIAS DAS REGIÕES DE INTERESSE (HEMIPARES) NA INTENSIDADE DE 70%.....	64
<b>QUADRO 5</b> – COMPARAÇÃO DE ASSIMETRIAS DAS REGIÕES DE INTERESSE (HEMIPARES) NA INTENSIDADE DE 80%.....	65
<b>QUADRO 6</b> - COMPARAÇÃO DE ASSIMETRIAS DAS REGIÕES DE INTERESSE (HEMIPARES) NA INTENSIDADE DE 90%.....	65
<b>QUADRO 7</b> - COMPARAÇÃO DE ASSIMETRIAS DAS REGIÕES DE INTERESSE (HEMIPARES) NA INTENSIDADE MÁXIMA. ....	65

## RESUMO

---

BOLZAN, CAM. **Análise da Temperatura Cutânea durante Teste Incremental de Esforço em Nadadores.** Dissertação (Mestrado em Educação Física, área de concentração: Biodinâmica do Desempenho Humano). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2014.

O exercício produz calor e com o aumento da temperatura muscular o processo termorregulador fará com que a temperatura da superfície corporal se modifique mesmo em natação. O objetivo deste estudo foi analisar as variações da temperatura cutânea de nadadores durante esforços incrementais. Participaram voluntariamente 12 nadadores (8 mas/4 fem), com experiências nacionais e internacionais, média de idade de 15,7 anos e índice médio FINA de 562 pontos. Após 15m de aquecimento, os atletas foram submetidos a dez repetições de 100 metros na técnica do nado crawl, divididos em quatro cargas incrementais com base no cálculo do percentual individual de melhor desempenho. Após o aquecimento e repetições, os sujeitos secos, foram termografados com um termógrafo digital (ThermaCAM® E320 Flir). As temperaturas cutâneas médias foram determinadas em diferentes áreas corporais de interesse, localizadas nos braços, antebraços e tronco, nas porções anterior e posterior, em modelo baseado no proposto por Zaidi et al. (2007). Como medida de controle acessória foi coletada amostras de sangue para determinação da concentração de lactato sanguíneo. As variações de temperaturas das diferentes regiões foram analisadas em cada incremento de velocidade, pelo teste da ANOVA Oneway (Tukey). Verificou-se a ocorrência de diferenças estatisticamente significantes ( $p < 0,01$ ) entre as regiões estudadas. O Teste t evidenciou diferença significativa ( $p = 0,009$ ) entre o hemicorpo da região peitoral. As maiores temperaturas foram encontradas nas velocidades próximas a 80% do esforço máximo, o que sugere a entrada do mecanismo de termorregulação. Foram verificadas assimetrias térmicas em relação ao esforço de cada intensidade.

**Palavras-chave:** Natação. Temperatura Corporal. Termografia.

## ABSTRACT

---

BOLZAN, CAM. **Analysis of Skin Temperature During Incremental Effort Test in Swimmers.** [Dissertation]. Federal University of Santa Catarina, Physical Education and Sports Centre; 2014.

The aim of this study is to analyze variations in skin temperature during incremental swim test. The exercise produces heat and the muscle temperature increase and skin temperature will be modified by thermoregulatory process, even in swimming. Voluntarily participated in the study 12 experienced swimmers (8 male/4 female), with a mean age of 15.7 years and average index of 562 FINA points. The athletes were submitted at incremental effort set (3x 3x100 + 1x100) in front crawl technique, based on the percentage of individual best performance. As an accessory control measure blood samples were collected for determination of the blood lactate concentration. The thermography was taken after warm up and in programmed repetitions by a digital thermal imager camera (ThermaCAM® E320 Flir). Was determined the average skin temperatures in different body areas of interest located in the following regions: arms, forearms and torso, both the anterior and posterior view, on a model based on Zaidi et al. (2007) propose. The temperature variations of the different regions were analyzed for each speed increment. Similarly, the thermal asymmetries have been checked against the effort of each load and the respective athlete laterality. After analyzing the results, using the test Oneway ANOVA (Tukey), there was the occurrence of statistically significant differences ( $p < 0.01$ ) between the studied regions. The application of the t test also showed a significant difference ( $p = 0.009$ ) between the both sides of the pectoral region. From these results it was concluded that higher temperatures were set related to intermediate load at 80% speed, suggesting the input of the thermoregulatory mechanism.

**Keywords:** Swimming. Body Temperature. Thermography.

## 1. INTRODUÇÃO

---

Por sobrevivência o ser humano mantém a temperatura corporal(TC) estável, nesse sentido, a harmonia das funções corporais do organismo humano, é garantida por mecanismos fisiológicos denominados de homeostase (GUYTON, 2002).O corpo humano através de seus músculos pode ser comparado a uma máquina que transforma energia química em trabalho, gerando por sua vez o calor. A condução desse calor através do corpo se dá através do sangue. O corpo se auto resfria e quando tende a esquentar, como por exemplo, através do exercício físico, promove-se uma dilatação dos vasos periféricos facilitando a irradiação desse calor através da superfície da pele em busca do equilíbrio térmico. A perda de calor ocorre pela radiação (por ondas eletromagnéticas), convecção (pelo meio que envolve o corpo), condução (por contato com superfície ou meio mais frio) e por evaporação, meio principal de perda de calor.

A TC é gerada por processos metabólicos que dependem do fluxo do sangue, estruturas dos tecidos subcutâneos e da atividade do sistema nervoso parassimpático (KELLOG & PERGOLA, 2000) e por mecanismos que permitem a regulação térmica, frente às diferentes solicitações, sejam elas provenientes do meio ambiente como do esforço físico demandado.Esse fenômeno que tende a equilibrar a TC é típico dos sistemas homeotérmicos.Portanto, a pele por ser uma barreira isolante entre o interior do corpo e o ambiente externo, também auxilia nesse processo.

A regulação do fluxo de sangue na pele é dada pela vasoconstrição e vasodilatação. Durante o esforço ou exercício, o ganho de calor ultrapassará a perda e a temperatura interna subirá, porém em ambientes frios a temperatura interna irá cair, pois a perda de calor irá superar a produção (COSTILL, 2001).Por sua vez, o esforço físico induz ao aquecimento muscular resultando no aumento da temperatura cutânea.

Em condições normais a TC interna estável fica estabelecida entre os 36°C e 37°C (GUYTON, 2002), denominada normotermia (MANNING & STOLLERMAN 1993). Esta é mais elevada do que a temperatura medida na superfície da pele, onde a oscilação varia entre 32°C a 35,5°C (PRECHT et al. 1973). Os tecidos periféricos, como músculos, gordura e pele, são capazes de funcionar em uma gama mais ampla de temperatura (de 20°C a 40°C), porém os órgãos internos exigem grande estabilidade e menor variação de temperatura.

A TC poderá variar por diversos fatores, sejam por doenças, ingestão de drogas ou medicamentos, doenças, aumento da temperatura ambiente ou pelo aumento da atividade física. Esta atividade física está cada vez mais relacionada não só com a prática esportiva, mas com atividades diárias e até mesmo trabalho. A termorregulação tem como objetivo manter a temperatura interna constante, evitando superaquecimento ou super-resfriamento (POWERS & HOWLEY, 2000).

A produção de calor irá aumentar de acordo com o tipo de atividade e principalmente da intensidade da atividade física. O calor produzido nos músculos eleva a temperatura interior e o calor será dissipado por condução ao sangue arterial. A diferença de temperatura entre eles, é que irá determinar a velocidade desta transferência, e processos termorregulatórios e hemodinâmicos o distribuem entre o corpo pela circulação até a pele evitando o superaquecimento, que reduz eficiência na circulação. (OKUNO et al., 1982).

O controle da TC identifica as mudanças circadianas diárias do ritmo biológico (ASCHOFF, 1983). Comumente a temperatura interna corporal é medida via oral, timpânica, retal, esofágica, gastrointestinal e da artéria pulmonar por termômetros de mercúrio ou termopares/termistores. Entre as várias formas de medir-se a temperatura corporal, uma forma de medida ao nível da pele e que vem sendo preconizado em estudos mais recentes é a termografia infravermelha (TIV).

A TIV é uma tecnologia não invasiva, livre de radiação, capaz de monitorar aumentos ou diminuições de temperatura pelo espectro infravermelho. Câmeras de infravermelho geram imagens térmicas baseadas na quantidade de calor dissipada, usando a radiação infravermelha, chamadas de termogramas. A TIV vem sendo usada em larga escala em Medicina na detecção de doenças e na Veterinária como monitoramento de lesões. A principal vantagem da utilização da TIV é a de permitir a análise imediata de determinada parte do corpo sem necessitar de contato físico com o sujeito avaliado (COSTA, 2012). O método infravermelho é capaz de quantificar a perda de calor dos músculos de acordo com os estilos de natação (ARFAOUI et al. 2007).

Embora submetidos a longo stress provocado pelo treinamento, atletas raramente estão sendo pesquisados com os modernos equipamentos de TIV (HILDEBRANDT, 2012) e poucos estudos no diagnóstico do desempenho esportivo têm sido realizados (ARFAOUI et al. 2007), porém seu uso vem crescendo como ferramenta em biomecânica (BALBINOT, 2009). O uso da TIV para avaliar exercícios em esforço ainda é escasso (BERTMARING, 2006). As respostas do calor decorrentes das

intensidades de esforço podem ser capturadas pela TIV, assim o conhecimento destas informações poderá colaborar um melhor processo de treinamento.

O desempenho nos esportes em geral, quanto na natação são obtidos pelo treinamento, através da otimização de variáveis fisiológicas, psicológicas e biomecânicas. Em específico, na biomecânica da natação, os braços desempenham um papel fundamental ao fazerem a ligação entre os músculos primários geradores de energia na extremidade superior e os antebraços, os quais propulsionam o nadador com as mãos através da água (MCLEOD, 2010), sendo um grande gerador de calor. Entretanto, devido à complexidade e da inter-relação desses aspectos, é muito difícil precisar e/ou controlar a sua participação em específico.

A braçada para uma grande maioria de nadadores é o principal propulsor do nado (MCLEOD, 2010), principalmente nos estilos crawl e costas, e em índices menores de propulsão no nado borboleta e peito, que utilizam um percentual maior de propulsão com as pernas. As propulsões da porção superior do corpo são geradas basicamente pelos grupos musculares do tronco e braços. Os músculos envolvidos nas braçadas vão depender da fase do nado em que está envolvido. Entretanto, deve-se salientar também que esse índice propulsivo depende em muito da capacidade técnica individual, bem como do grau de treinamento daquele atleta (MAGLISHO, 2002).

Com o avanço das investigações sobre a TC e termorregulação vêm permitindo que pesquisadores usem diferentes estratégias na análise e quantificação da temperatura (COSTA, 2012). A utilização da termografia como recurso de investigação, diferentemente de outros equipamentos comumente utilizados, teve o intuito de minimizar o tempo e a interferência no atleta, na busca por respostas térmicas decorrentes do exercício durante esforços incrementais e por novos parâmetros que possam elucidar os diferentes fatores de desempenho em natação.



## **1.1 - OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo principal do presente estudo foi o de analisar a variação da temperatura cutânea em diferentes áreas corporais de interesse (AI), por termografia infravermelha (TIV), em nadadores juvenis, após cargas de esforço incrementais em piscina.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Identificar variações na temperatura cutânea de nadadores em determinadas cargas propostas.
- Comparar as variações térmicas cutâneas de nadadores em diferentes intensidades de esforço.
- Comparar o gradiente de temperatura entre os hemicorpos.

## **1.2 - HIPÓTESES DE ESTUDO**

- H1–Com o aumento da intensidade de esforço haverá aumento de temperatura na pele do nadador.
- H2–Haverá assimetria nas respostas para a temperatura na pele do nadador entre os hemicorpos.

### 1.3-JUSTIFICATIVA

As variações da temperatura da pele fornecem informações sobre a eficácia do calor endógeno durante o exercício, bem como as alterações metabólicas decorrentes da homeostase após o exercício (CHUDECKA & LUBKOWSKA, 2012). O uso da imagem térmica possibilita monitorar estas mudanças e o uso como ferramenta em esportes formadores, torna-se cada vez mais evidente, já que entender a eficiência do sistema termorregulador é um componente importante de adaptação do corpo ao exercício (KEMPÍNSKA & CHUDECKA, 2003).

A Natação reconhecidamente é um esporte global e foi uma das modalidades do Brasil que mais cresceu no cenário internacional em Campeonatos Mundiais e Olimpíadas, nas últimas décadas. Embora esse crescimento, nota-se em muito a ausência de padrões científicos na formulação dos treinamentos devido à grande distância existente entre a ciência e a prática.

Os atletas são altamente exigidos nos treinamentos e competições, ficando expostos a diversos tipos de estresses e lesões. As intensidades da prática do treinamento são elevadas ao extremo e somente em água, os nadadores chegam a treinar de 6 a 11 sessões semanais por cerca de duas a duas horas e meia cada sessão. Os níveis de especialização vêm aumentando e os nadadores passam desde tenra idade a competir em distâncias curtas de 50, 100 ou 200 m dentre os quatro estilos.

Avaliações fisiológicas e biomecânicas são imprescindíveis para um monitoramento da aplicação e adaptação das cargas de treinamento e para a análise pontual da condição física do atleta. Muitas dessas avaliações são invasivas e/ou de alto custo e/ou inacessíveis para muitos.

Dentre as diversas avaliações não invasivas e de baixo custo, que surgiram ao longo dos anos, que podemos destacar alguns testes ou protocolos:

- Distâncias máximas (T30 e T60 de OLBRECHT et al., 1985);
- Menor tempo em distâncias pré-estabelecidas (T3000 de MADSEN, 1982 e T2000 de TOURETSKY, 1994);
- Esforço máximo para determinar a velocidade crítica (VC de VAKAYOSHI, 1992);
- Esforço percebido (EP de GREEN et al., 2005, FRANKEN et al. 2011),

além de séries controles estabelecidas por cada treinador.

Desde 1992, os resultados internacionais do Brasil são eminentemente em provas curtas (50 a 200 m), já que estrutura competitiva nacional contempla nas idades mais tenras, quase que exclusivamente provas curtas ou de velocidade, ou seja; de predomínio anaeróbio láctico. Além do desinteresse por provas longas, os protocolos de avaliação de longa duração, geram grande insatisfação nos atletas, além do que os resultados irão depender em muito da base do treinamento do atleta, já que nadadores jovens não apresentam perfil fisiológico e psicológico (ZACCA; CASTRO, 2008), para as demandas exigidas nos testes. Um dos protocolos não invasivos mais pesquisados, o protocolo da velocidade crítica (VC) oferece a possibilidade de realização dos testes distâncias bem inferiores e em intensidades máximas, como nos estudos de GRECO et al. 2003, DEKERLE et al. 2002; VILAS BOAS e LAMARES 1997, que **utilizaram os resultados das competições**, este estudo se valeu do mesmo procedimento, o de considerar os melhores resultados individuais para servir de cálculo para cada percentual de esforço.

Este trabalho fez uso da TIV como um instrumento de monitoramento das mudanças de temperatura corporal ocorridas em nadadores durante um protocolo incremental de esforço, inclusive na alta intensidade. Logo, para os protocolos de estudo desta análise termográfica, refutou-se a utilização de séries muito longas pelas várias incompatibilidades com a realidade dos sujeitos.

As imagens térmicas podem ser obtidas em tempo real para aquele determinado instante, situação fisiológica comparada à frequência cardíaca (FC) e ao Consumo de O<sub>2</sub>, sendo que uma área extensa do corpo pode ser observada. Estas imagens denominadas termogramas, fornecem respostas dinâmicas do corpo a diferentes estímulos tais como, frio ou calor, e são de fácil documentação. Por não envolver radiação, o método não apresenta risco, é indolor e não invasivo e bastante difundido na área médica (HILDEBRANDT et al., 2010).

Embora as pesquisas sugiram o uso da TIV para predominantemente detectar precocemente anormalidades fisiológicas dos tecidos, tais como traumas, inflamações, reumatismo, na circulação sanguínea e até mesmo o desenvolvimento do câncer de mama; as aplicações deste instrumento em atletas, “são raras” e o monitoramento das mudanças térmicas durante o alto volume de treinamento em nadadores já foi recomendado (HILDEBRANDT et al., 2012), antes mesmo de o atleta manifestar algum sintoma, embora o objeto do presente estudo não tenha sido a detecção ou monitoramento de fisiopatologias.

Compreender gradientes espaciais e temporais na perda de calor latente do corpo humano permite a otimização para o conforto térmico (ARFOIU et al., 2007). A temperatura da pele condiciona a evolução de parâmetros fisiológicos, tais como a produção de lactato (MOUGIOS et al., 1993). Um dos desafios da Fisiologia Integrativa é entender melhor a circulação cutânea e também o controle do fluxo sanguíneo (KELLOG & PÉRGOLA, 2000) e a TIV tornou possível discutir a influência dos estilos na distribuição da temperatura cutânea em várias partes do corpo (ZAIDI et al., 2007).

Poucos estudos em natação foram dedicados a buscar ou quantificar a perda de calor e por qual grupo muscular esse calor é dissipado (ARFAOIU et al., 2007). A temperatura obtida após esforço para nadador foi de 33°C (BRANDT & PICHOWSKI, 1995), porém foi colhida parcialmente, obtida apenas nos deltoides por termopares. Da mesma forma, estudos de temperatura interna de nadadores fundistas em água fria (HUTTUNEN et al., 2000), não realizaram estudos da temperatura cutânea. Por estas razões, este estudo buscou ainda que parcialmente, as respostas da temperatura cutânea de nadadores em protocolos incrementais ainda não descritos ou avaliados na literatura até aquela data.

#### **1.4 – VARIÁVEIS DO ESTUDO**

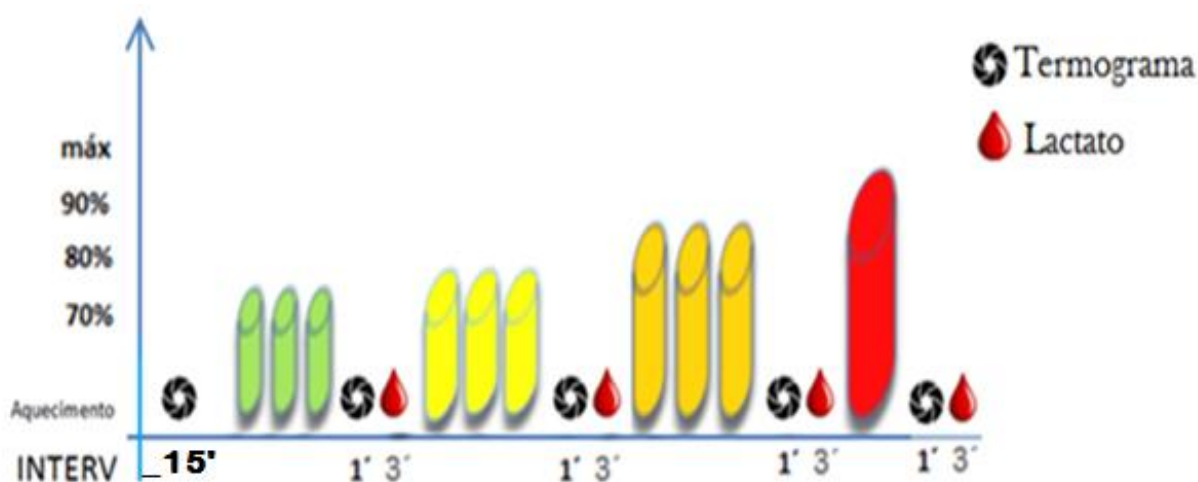
As variáveis independentes estão relacionadas ao protocolo da carga que envolve os esforços incrementais aplicados em 4 blocos de esforços, em que os nadadores foram submetidos. As variáveis dependentes se referem aos padrões termográficos dos nadadores, tomados no decorrer da aplicação do protocolo, conforme estão descritos na sequência.

##### **1.4.1 – Variável Independente**

Protocolo Incremental de Esforço: Refere-se ao modelo de intervenção, baseado na aplicação progressiva de intensidades de esforço, conforme proposto, conhecido como *step test* ou protocolo australiano (PYNE et al., 2001; MAGLISHO, 2002). As coletas foram realizadas em piscina de 25 metros com a temperatura da água em 29°C, temperatura ambiente entre 27,1°C e 28,5°C e umidade relativa do ar a 50%. O aquecimento foi individualizado e realizado livremente numa duração máxima de 15 minutos e cerca de

30 minutos antes do início de cada teste. Foram realizadas dez repetições de 100m, na técnica do nado crawl, com intensidades pré-determinadas pelo cálculo matemático obtido a partir do melhor tempo individual de competição, baseado no modelo usado por Gatti et al. (2004), sendo três repetições na velocidade de 70%, três repetições na velocidade de 80%, três repetições na velocidade de 90% e a última repetição em esforço máximo (Fig.4).

Os intervalos foram padronizados em 1 minuto durante os esforços sem coletas e de 4 minutos durante as coletas. Para um melhor aproveitamento, os nadadores receberam instrução visual a cada volta, pelo controle da média de tempo realizado em cada piscina, visando manter as velocidades pré-estabelecidas.



**Figura 1** –Esquema ilustrativo da aplicação do protocolo de avaliação utilizado durante o teste incremental (3 x 3 x 100 + 100máx).

#### 1.4.2 – Variável Dependente

Temperatura Corporal: Os humanos são homeotermos, o que significa que mantêm a temperatura interna quase constante (36,1 a 37,8°C), com flutuações inferiores a 1°C durante o dia (WILMORE & COSTILL, 2001). Essa variabilidade será alterada quando o corpo for submetido a situações distintas; tais como problemas de saúde, situações extremas de frio ou calor e exercício intenso e prolongado. O mapa térmico da pele foi registrado com o auxílio de um termógrafo digital ThermaCAM® E320 FLIR e expresso em graus centígrados (°C), através da média das temperaturas em

diferentes RI dos nadadores. Detalhes das áreas corporais de interesse (AI) estão descritas no Método.

### 1.4.3 – Variável Secundária

Lactato Sanguíneo: O ácido láctico (LA) é um ácido com a fórmula química  $C_3H_6O_3$ . Quando o LA libera  $H^+$ , o componente remanescente une-se com  $Na^+$  ou  $K^+$ , formando um sal. A glicólise anaeróbia produz AL, que é rapidamente dissociado em forma de sal – lactato, daí os termos serem utilizados de “forma intercambiável” (WILMORE & COSTILL, 2001; p.123). Para o estudo as amostras de sangue (25 $\mu$ l) foram coletadas do lóbulo da orelha do participante com capilares calibrados e transferidas para tubos Eppendorf de 1,5ml, contendo 50 $\mu$ l de NaF (fluoreto de sódio – 1%). O homogenado foi injetado (25 $\mu$ l) em lactímetro eletroquímico YSI, modelo 2700 STAT PLUS (Ohio, EUA) para análise da lactacidemia. Os resultados das concentrações de lactato sanguíneo estão expressos em mM/l.

## 1.5 –LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Foi recomendado o uso de um *pacer* para a adequada execução do percentual de esforço proposto por diferentes intensidades. Diante disto, em conjunto o Laboratório de Neurociência da UFSC e outros colaboradores, iniciou-se o desenvolvimento deste acessório. Vários componentes tiveram de serem importados, aguardando a devida liberação pela Receita Federal, montados, testados, aprovados e calibrados, dispendendo tempo considerável para o desenvolvimento do protótipo, indo além do tempo disponível para finalização do trabalho.

A piscina da UFSC esteve durante dois semestres, em obras e manutenção, impedindo a realização das coletas em mais sujeitos.

Embora a humidade se situasse no padrão ouro recomendado (GRZEGORZ, AJ et al, 2014), a temperatura ambiente encontrava-se acima desta referência, entretanto todos os valores destas variáveis ambientais foram monitorados, pois são necessários para referência e cálculo termal do *software* utilizado.

Embora a câmera utilizada seja robusta e ofereça uma sensibilidade térmica de 0,08°C, com resolução de 320x240 pixels e sensibilidade térmica de -0,10°C, já existem no mercado câmeras mais avançadas ([www.flir.com](http://www.flir.com)).

Como a TIV não é capaz de fazer uma leitura correta do sujeito molhado, há a necessidade de secá-lo. Embora na secagem, tenha sido empregado material de alta absorção e todos os cuidados tomados para que não houvesse atrito, esta fricção poderia gerar algum calor adicional.

A avaliação no sexo feminino para as áreas de interesse AF3 e AF4, em função do uso de maiôs e/ou pela localização anatômica da mesma, foi reorganizada, com vistas a contemplar a padronização anatômica para todos os participantes assim a mesma área masculina foi reduzida.

Para um amplo e profundo entendimento das variações de temperatura em natação, se faz necessário a realização de avaliações em todas as técnicas de nado (técnicas com nados alternados e simultâneos, comparados entre si), já que os sujeitos das amostras realizaram na técnica do nado crawl (nado alternado).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

---

O capítulo aborda a fundamentação teórica que embasa o estudo. Os temas abordados referem-se aos aspectos termorreguladores em seres humanos, a utilização e a interpretação do Infra Vermelho, parâmetros fisiológicos e biomecânicos na natação.

Historicamente, há 2.400 anos, Hipócrates, Pai da Medicina, já usava diferenças de temperatura corporal para identificar patologias nos órgãos, colocando barro no corpo das pessoas, observando onde secava mais rápido. O sistema infravermelho só surgiu na década de 50, a partir da necessidade de militares terem visão para se movimentarem a noite. Em 1957, Lawson fez o primeiro uso diagnóstico, descobrindo a diferença de temperatura da pele entre uma mama normal e outra com câncer e que o sangue nas veias é mais quente que o sangue nas artérias (OLIVEIRA, 2013).

A transferência de calor por radiação tem grande valor na Medicina (BLATTEIS, 1998). A técnica termográfica consiste em registrar graficamente as temperaturas da superfície da pele, através de uma câmera infravermelha. A câmera detecta o calor emitido pelo corpo (radiação infravermelha) através de diferentes cores para cada temperatura, possibilitando assim avaliar os efeitos do exercício.

A utilização da água com propósitos terapêuticos é antiga e como consequência, áreas da física como hidrodinâmica, hidrostática e termodinâmica vieram fundamentar a hidroterapia (CAROMANO e NOWOTNY, 2002).

A prática de qualquer exercício provoca alterações fisiológicas, porém na natação estas alterações são mais complexas e aumentadas devido à imersão. Se as respostas fisiológicas são diferentes ao indivíduo e inerentes ao ambiente, amplia-se a necessidade de conhecer e explorar as consequências do esforço físico na água. Entender os efeitos que exercem a hidrodinâmica (corpo em movimento na água) e a termodinâmica (troca de calor entre o corpo e o meio) no atleta de alto rendimento em natação é fundamental, já que são fatores dependentes. A atividade física no calor não só aumenta a absorção de oxigênio, como também os músculos irão consumir mais glicogênio e produzirão mais lactato (BUCKHOUT & WARNER, 1980).

O efeito fisiológico do corpo imerso na água aquecida dependerá da postura e de fatores que alterem a condição neutra do corpo. Sendo assim, a temperatura da água, a duração e a intensidade do exercício terão influência neste efeito (BATES, 1998).



Em sendo a água, na maioria das piscinas de treinamento, mais aquecidas que o ambiente, somente ao entrar na água, o corpo sofrerá consequências pela termorregulação e os vasos sanguíneos superficiais irão dilatar pelo aumento do suprimento periférico. O sangue fluído através destes vasos é aquecido e, por condução, a temperatura muscular subjacente aumenta, resultando em uma redistribuição do sangue. Ocorre uma constrição dos vasos esplâncnicos para suprir o aumento do volume sanguíneo à periferia. Como consequência da elevação da temperatura corporal a taxa metabólica geral vai aumentando à medida que esta temperatura se eleva. Quando o esforço inicia, uma redistribuição do fluxo sanguíneo visceral ocorre para os músculos e periferia.

O custo energético aumentado pelo esforço resulta na elevação da temperatura central, cuja extensão está relacionada à proporção do exercício (GUYTON, AC. & HALL, JE, 2002), assim o tipo, intensidade, tempo e frequência do exercício são variáveis importantes, pois irão influenciar diretamente na magnitude e duração do equilíbrio térmico. Outro destaque se faz necessário, já que o calor relativamente brando da água reduzirá a sensibilidade das terminações nervosas sensitivas. À medida que os músculos são aquecidos pelo sangue que os atravessa, o seu tônus diminui (HARMER, 1985).

## **2.1 - MECANISMOS DA TERMOGENESE**

A energia gerada ao nível dos tecidos vivos na forma de calor é chamada termogênese. A quantidade de calor produzida será diretamente proporcional à taxa de metabolismo corporal e até 60% da energia proveniente do ATP é perdida sob a forma de calor.

A taxa de metabolismo corporal depende de vários fatores, tais como:

- Taxa de metabolismo basal
- De todas as células corporais (para cada aumento da temperatura no valor de 0.6°C, esta taxa aumenta aproximadamente 10%);
- Taxa de metabolismo adicional decorrente da atividade muscular;
- Taxa de metabolismo adicional secundário ao efeito da Tiroxina (e em menor grau por outros hormônios como o hormônio do crescimento ou a testosterona) a nível celular;
- Taxa de metabolismo adicional causada pelo efeito da epinefrina, norepinefrina e pela estimulação simpática a nível celular;

- Taxa de metabolismo adicional por um aumento intrínseco da atividade química nas próprias células.

A contribuição de cada um destes fatores para a taxa de metabolismo corporal varia ao longo do tempo. Por exemplo, se compararmos uma situação de repouso com uma situação de exercício físico, na primeira situação a termogênese é decorrente essencialmente do metabolismo basal enquanto que na segunda deriva principalmente da atividade muscular. A regulação da temperatura da pele é complexa e depende de vários sistemas, mas, no entanto, há evidências de que o sistema nervoso simpático é o regulador primário da circulação sanguínea na pele, portanto, o regulador primário da emissão termal (CHARKOUDIAN, 2003). Durante um exercício extenuante ou por uma exposição à alta temperatura ambiental, a temperatura corporal pode subir até os 40°C, embora um mecanismo multi-sistêmico providencie uma regulação térmica eficiente.

A temperatura corporal é determinada pelo balanço entre a produção de calor do corpo e o ambiente no qual ele se encontra. O sistema circulatório distribui o calor produzido pelo corpo através da circulação sanguínea, efetuando as trocas com o meio, através da pele por condução, convecção, radiação e evaporação. Durante o exercício há um aumento na circulação do sangue em áreas específicas e uma limitação deste fluxo em outras, por consequência a produção de calor aumenta. Quanto maior a intensidade do esforço, maior é a necessidade de sangue oxigenado nos músculos e o excesso de calor somente será dissipado pela vasodilatação periférica aumentando a circulação na pele onde o calor será rapidamente permutado com o ambiente (ČOH, M.; ŠIROK, B. 2007). Este disparo da vasodilatação cutânea assegura a transferência de calor metabólico a partir do núcleo para a pele (CHARKOUDIAN, 2003).

## **2.2 - FUNÇÕES DA TERMORREGULAÇÃO**

A temperatura no corpo humano varia de acordo com a região, interna ou periférica. Em condições normais a temperatura central é similar ao valor medido na axila. Caso o corpo humano não esteja na faixa de temperatura homeostática, dois efeitos podem ocorrer: Hipertermia e Hipotermia. Quando o corpo é incapaz de promover a perda de calor para o ambiente onde se encontra e a temperatura interna sobe, ocorre Hipertermia. Quando a temperatura central do corpo humano cai abaixo de 35°C, ocorre

a Hipotermia. O corpo poderá entrar em hipotermia rapidamente se imergir em água gelada ou pela exposição a ambientes frios, agravando-se com o vento e a chuva.

Quando as terminações nervosas detectam uma queda na temperatura, o corpo reage para diminuir a perda de calor e manter a temperatura corporal interna pela diminuição do fluxo sanguíneo principalmente da pele, mecanismo esse denominado de, vasoconstrição. O corpo imerso estará sujeito aos mecanismos termorreguladores de transferência de calor, já que estará em uma temperatura diferente, seja a água quente, morna ou fria.

O exercício físico e vários processos orgânicos, entre eles a idade e hormônios aumentam o metabolismo celular. Cerca de 80% da energia produzida é convertida em energia térmica e o restante para realizar trabalho. A radiação é o método primário de descarga do corpo com o ambiente externo. De acordo com a Lei de Newton para o resfriamento, a taxa de perda de calor é proporcional ao tempo exposto na temperatura do ambiente. Quanto maior a diferença, maior a velocidade de resfriamento (HALLIDAY e RESNICK, 2012).

A vasodilatação e a vasoconstrição dos vasos sanguíneos regulam o fluxo sanguíneo na pele. Os termos receptores na pele, conhecidos como corpúsculos de Ruffini, fazem o reconhecimento da temperatura ambiente. Um aumento de temperatura resultará em vasodilatação, fazendo com que haja um aumento do fluxo sanguíneo na pele, enquanto que uma diminuição de temperatura gera uma vasoconstrição, reduzindo o fluxo de sangue na pele. (WALLIN, 1990). Este processo fisiológico combina com a transferência de calor e termorregulação em convecção, condução, irradiação e evaporação do suor. A transferência do calor por radiação tem grande interesse na Medicina (BATES, 1998).

Nesse sentido, a pele é a região mais sensível às variações térmicas externas, por isso têm maior variação de amplitude térmica. Por possuir baixa condução de calor, o tecido adiposo é um isolante natural, e separa a pele da região corporal central, onde a temperatura é mais estável.

A pele é irrigada por um sistema complexo de ramificações vasculares, do qual fazem parte plexos venosos e arteríolas. O plexo venoso subcutâneo é abastecido pelas arteríolas e anastomoses arteriovenosas, de forma que o fluxo de sangue subcutâneo irá variar conforme o maior ou menor grau de vasoconstrição destas últimas. A modulação do tônus arterial depende preponderantemente do sistema nervoso simpático. Assim, através do maior ou menor aporte sanguíneo, o calor pode ser posteriormente dissipado para o

exterior. A condução de calor ao passar de um estado de vasoconstrição total para vasodilatação total aumenta cerca de oito vezes (GUYTON, AC.& HALL, JE, 2002).

### 2.3 - TERMODINÂMICA DA ÁGUA

A água possui a capacidade de absorver e transferir grandes quantidades de calor (FREITAS, Jr., 2005), cerca de vinte e cinco vezes mais rápido do que o ar e tem efeito profundo sobre a resposta fisiológica em humanos (HOLMER, 1997). Na natação, os efeitos fisiológicos do exercício se somam aos efeitos da água. O corpo imerso pode perder calor pela transpiração, mas não por evaporação. Com o aumento do esforço há um aumento do calor seguido de uma perda desse calor (CAMPION, 2000).

Em hidroterapia, a água a uma temperatura acima de 34°C (Termoneutralidade) é considerada quente; entre 31°C a 33°C (Temperatura crítica); e entre 28°C e 30°C uma água fria. A temperatura ideal para atividades aquáticas deve estar próxima ao ponto de indiferença térmica da pele em relação ao meio aquático, em torno dos 33,3°C, a qual em condições normais é a temperatura da pele, cabeça e tronco, sendo no mínimo 30,5°C. (CAMPION, 2000).

A Cruz Vermelha Americana divide as atividades aquáticas em níveis por idades, tempo de duração e intensidade. Recomenda para as práticas de treinamentos dos salvavidas entre 15-55 anos de idade, em baixa intensidade com duração entre 60 e 120 minutos, temperatura da água entre 29°C e 32°C e para as de alta intensidade a temperatura da água entre 26°C e 28°C (AmRedCross, 2012). Pequenas variações da temperatura são apontadas como adequadas, sendo que para o condicionamento aeróbico de indivíduos de composição corporal normal deverá estar entre 27°C e 30°C e (BATES e HANSON, 1998) ou entre 28°C e 30°C (McCARDLE, KATCH&KATCH, 2003). Fora do intervalo entre 24°C a 30°C, a maioria das pessoas irão sofrer desequilíbrios térmicos, inclusive diminuindo o desempenho físico.

No Brasil, em se tratando de um país de dimensões continentais, a temperatura da água nas piscinas depende muito da região geográfica, estação do ano, do ambiente (coberta ou descoberta) e da finalidade de seu uso. Também dentre as piscinas cobertas há diferenças entre as mesmas, já que algumas possuem sistema de controle da temperatura ambiente e da humidade do ar.

Em dezesseis academias de Nova Iguaçu-RJ, catorze piscinas estavam aquecidas sendo que somente cinco eram cobertas. Do total, treze desenvolviam diferentes atividades aquáticas e com temperaturas muito variáveis: duas em temperatura ambiente, três com temperatura inferior a 27°C, quatro entre 27°C e 29°C, quatro entre 29°C e 30°C e três entre 30°C e 31°C (SALLES & MATURANA, 2006).

É evidente que além das razões geográficas dependentes da variação climática, em muitos casos a piscina usada para treinamentos, é a mesma onde se ministram outras atividades aquáticas, tais como aprendizagem infantil, hidroginástica ou natação para adultos, modalidades que requerem temperaturas mais elevadas. Nota-se assim, diferenças expressivas em torno da temperatura ideal para a prática da natação, mas de acordo com as regras oficiais de natação (FR 2.11) a temperatura da água para competições deverá ser mais baixa e estar entre 25-28°C.

Vários estudos comprovam que a temperatura influencia o desempenho de nadadores. Um melhor desempenho em provas de velocidade foi obtido em temperaturas mais elevadas entre 20-32°C, embora a causa não esteja clara, mas pode estar relacionada a fatores cardiovasculares e metabólicos (MOUGIUS & DELIGIANNIS, 1993, citado por HOLMER, 1997). Em um estudo de caso com imersão, foi apontado que a temperatura ideal da água para 20 min. de nado crawl deveria variar entre 21-33°C, com o ponto de equilíbrio a 29°C (ROBINSON & SOMERS, 1971). Ainda que a maioria dos eventos de natação ocorra em piscinas com temperaturas entre 26-30°C, outros eventos competitivos são mantidos em águas bem mais frias, como maratonas aquáticas, travessias, triatlon e a "ice swim" (natação em águas geladas) que poderá se tornar uma modalidade nos Jogos Olímpicos de Inverno.

As diferentes sensações produzidas na pele por diferentes temperaturas do meio líquido são demonstradas no Quadro 1. O corpo imerso na água fria irá sofrer stress térmico e os ajustes corporais cardiovasculares e metabólicos serão diferentes do de nadar em água com temperaturas mais elevadas (HOLMER, 1980). Estes ajustes promoverão a vasodilatação cutânea elevando a temperatura da pele, favorecendo assim a troca de calor com a água. A vasodilatação periférica decorre pela regulação neural com a inibição do tônus simpático (THOMAS & SEGAL, 2004).

**Quadro 1** – Sensações experimentadas pela pele em diferentes temperaturas de imersão.

Temperatura	Sensação
36 - 34°C	Conforto térmico
33,9-29°C	Normalidade
28,9-25 °C	Desconfortável (resfriado)
24,9-18°C	Desconfortável (frio)

Fonte – Adaptação de Lehmuskallio, Hassi e Kettunen(2002).

O corpo é constituído principalmente por água e sua densidade é de aproximadamente de 0,95 variando de acordo com o porcentual de gordura e a massa corporal magra (ossos, músculos, tecidos conjuntivos e órgãos). A composição entre massa magra e massa gorda define a densidade relativa de cada pessoa. Como as mulheres tendem a ter densidade relativa menor do que os homens, os efeitos da ação física da água sobre o corpo imerso em movimento irão depender também das características físicas de cada pessoa. Experiências anteriores a ambientes frios irão influenciar na resposta do corpo a temperatura.

## 2.4 -FISIOLOGIA DA IMERSÃO

No corpo, a energia é gerada pelas transformações bioquímicas do metabolismo energético. Esta energia é dependente da quantidade de carboidratos, gorduras e proteínas, que geram trabalho muscular e calor, tendo como consequência a elevação da temperatura corporal. O processo da transformação da energia ocorrerá de acordo com a temperatura do ambiente, assim o organismo irá aumentar a produção de calor quando exposto à baixa temperatura ou irá resfria-lo, quando exposto a altas temperaturas. A velocidade na qual essas transformações ocorrem dependerá da temperatura do meio em que se encontra.

Imediatamente após a imersão em consequência da pressão hidrostática, cerca de 700 ml de sangue são deslocados dos membros inferiores para a região central do tórax, causando um aumento no retorno venolinfático que ocasiona um aumento de 60% do volume central. (BOOKSPAN, 2000; BECKER & COLE, 1997).

O desempenho será menor em ambientes quentes (FEBRAIO, 2010) onde há um aumento da glicogenólise e um aumento do lactato (FEBRAIO et al. 1998). O corpo imerso na água terá diferentes respostas fisiológicas seja em esforço ou em repouso, então, como durante o treinamento de natação temos alterações entre esforços (treinamento propriamente dito) e recuperação (pausas ou repouso), estas respostas também irão variar de acordo com a temperatura da água.

Na água fria o corpo sofrerá uma vasoconstrição periférica com desvio preferencial do sangue para áreas vitais (reflexo de mergulho) e o débito urinário será potencializado e aumentado (CAROMANO et al., 2003). Em água morna com a cabeça fora da água, entre 36°C e 37°C, a frequência cardíaca (FC) aumenta por causa da vasodilatação periférica induzida pelo calor (RUOTI et al., 2000). Independentemente da velocidade do nado, o maior consumo de oxigênio ocorre em águas mais frias (NADEL et al., 1974). O excesso ou queda acentuada de temperatura da água da piscina pode provocar desequilíbrios e até danos no organismo.

## **2.5 -PRINCÍPIOS FÍSICOS NA ÁGUA**

Forças físicas agem sobre o corpo imerso na água, e inúmeras respostas são desencadeadas tais como as de reajuste dos sistemas circulatório, respiratório, renal e a ativação dos mecanismos de termorregulação. A água exerce pressão em todas as direções no corpo submerso, que é determinada pela força por unidade de área e é influenciada pela densidade do líquido e pela profundidade (BECKER & COLE, 2000). O empuxo diminui o peso corporal, porém a viscosidade da água aumentará a resistência ao deslocamento, assim quanto maior a profundidade onde estamos mergulhados, maior será a pressão exercida.

O custo energético no treinamento da natação vem sendo modificado pelo uso de diversos equipamentos, tais como: paraquedas, palmares, pés de pato, borrachas de nado assistido e resistido, usados de maneira unitária ou combinada, já que aumentam a resistência ou facilitam a velocidade. A velocidade de deslocamento na água irá depender da forma do corpo, logo uma técnica apurada e posições hidrodinâmicas diferenciadas modificam e melhoram a resistência ao avanço e por consequência, diminuem o custo energético.

## 2.6 - BIOENERGÉTICA DA NATAÇÃO

O treinamento da Natação requer a participação dos três sistemas de energia. A contribuição de cada sistema irá depender da duração do esforço e sua intensidade. Em situação competitiva parte-se do pressuposto que o esforço é máximo (ALVES, 2000). As participações relativas dos sistemas de energia, nas diferentes provas de natação, irão depender do tempo realizado na distância (Tabela 1).

Assim intensidade e duração do exercício irão determinar a contribuição de cada sistema energético em um dado esforço, de maneira que quanto menor o evento maior será a contribuição do ATP-CP e da glicólise anaeróbia. (Australian Swimming Inc. 1996). O treinamento da natação visa melhorar os sistemas de produção de energia específicos de cada prova individual e depende basicamente da aplicação da sobrecarga e da especificidade em si (ALVES, 2000). Logo as cargas de treinamento são variadas pela intensidade, progressão, número de repetições e intervalos de recuperação.

**Tabela 1** - Participação relativa dos sistemas metabólicos de fornecimento de energia. (Troup, 1990; Maglischo, 1993; Navarro, 1990 cit Alves, 2000)

Distância (m)	Solicitação metabólica		
	Aeróbia (%)	Anaeróbia Lática (%)	Anaeróbia Alática (%)
50	10 – 20	10 – 30	20 – 50
100	20 – 30	20 – 40	30 – 60
200	35 – 55	35 – 45	15 – 30
400	60 – 75	15 – 25	8 – 15
800	80 – 90	6 – 12	5 – 8
1500	88 – 94	5 – 10	1 – 3

Treinar na especificidade da prova e nas velocidades de competição tem sido apontado como uma maneira de se obter o resultado desejado (MAGLISCHO, 1993). Do ponto de vista fisiológico, o balanço entre carga e recuperação é fundamental para o sucesso da periodização do treinamento.

O impacto interno das intensidades das cargas pode ser expresso por variáveis fisiológicas, dentre as quais a lactacidemia e **a carga externa pelo percentual**



**davelocidade máxima da distância efetuada**(ALVES, 2000; TEIXEIRA & RAMA;2004), (grifo meu). Estes autores demonstram correlações prováveis entre diferentes intensidades de treinamentos, velocidades médias em percentuais, faixas de lactatos acumulados e percepção subjetiva de esforço (Tabela 2). Tabelas semelhantes são largamente usadas no treinamento da natação em todo o mundo.

Um estudo com intensidades progressivas utilizou protocolo similar ao deste estudo (8x200m) e foi utilizado como **intensidade de carga as velocidades do percentual de esforço de cada nadador** (grifo meu). Na determinação das velocidades foi usado o melhor tempo de cada atleta na prova de 200 metros crawl obtido em competição. As três primeiras repetições foram feitas a 80% destinados para aquecimento, a 4ª e 5ª repetições a 85%, e assim sucessivamente até a 8ª repetição que foi realizada a 100% de esforço (GATTI, et al., 2004).

**Tabela 2** -Zonas de intensidade, objetivos, velocidade média de esforço, provável acúmulo de lactato e percepção subjetiva de esforço.

Zonas de Intensidade	Objetivo	Velocidades Médias de Nado	Concentração de LA de mM·l <sup>-1</sup>	Percepção Subjetiva de Esforço
I	Aquecimento e recuperação	Até 60%	-	1
II	Capacidade aeróbia	Até 75%	2-3	2
III	Limiar anaeróbio	≈ 80%	3-4	3
IV	Potencia Aeróbia	≈ 85%	6-9	4
V	Tolerância Láctica	≈ 90%	>8	6
VI	Máxima Produção de Lactato	≈ 95%	>8	8
VII	Velocidade	Máxima	-	10

Fonte: Teixeira e Rama, (2004).

## **2.7 -CUSTO ENERGÉTICO AO NADAR**

A massa corporal parece ser o fator de maior influência no custo energético entre crianças e adultos (TOUSSAINT et al., 1990). Se na água o corpo enfrenta uma resistência 800 vezes maior e a massa corporal influencia no custo energético (MONTPETIT et al., 1988), é lógico afirmar que o custo de sustentar a atividade de nadar irá aumentando proporcionalmente com o treinar e suas intensidades, além do que haverá um maior acúmulo de lactato, tanto maior for a intensidade (CHATTARD et al., 1990). A conservação da energia na natação é formulada em termos de quatro funções da velocidade do nado: da energia consumida ( $VO_2$ ), da energia mecânica usada para a propulsão horizontal, da energia mecânica remanescente e da perda de energia térmica (BRANDT & PICHOWSKI, 1995).

Estudos evidenciam que a biomecânica do nado tem interferência no gasto energético (CAPUTO et al., 2006). O gasto energético de nadar irá depender do estilo e da intensidade a ser nadada. A energia é dispendida para manter o corpo flutuando e vencer a resistência da água com movimentos combinados de braços e pernas que resultem em deslocamento horizontal para frente, assim nadar rápido é uma combinação de reduzir o arrasto e aumentar a propulsão, e que o resultado parece ser mais dependente da habilidade do nadador do que do seu  $VO_{2max}$  (COSTILL, MAGLISCHO & RICHARDSON, 1992).

O consumo de oxigênio é maior para nadadores recreacionais, quando comparados a nadadores de elite, o que significa que nadadores mais habilidosos usam melhor a energia produzida por ciclo (McARDLE, KATCH & KATCH, 1996); assim como temos diferentes custo de nado entre sexos; sendo que as mulheres têm um custo menor; entre idades, as crianças têm um custo menor; entre as técnicas de nado executadas, o nado crawl apresenta menor dispêndio e maior economia; além também de estar relacionado à melhor habilidade técnica (CAPUTO et al., 2006).

## **2.8 FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO NA NATAÇÃO**

De acordo com os quadros de recordes é notório que os homens são mais rápidos que as mulheres na natação. Geneticamente os homens têm mais massa muscular e as mulheres mais massa adiposa, o que resulta em diferenças de flutuabilidade em favor das mulheres, porém em geração de propulsão a favor dos

homens. Assim, o custo energético das mulheres será 30% mais baixo que o dos homens (McARDLE, KATCH & KATCH, 1996).

A força é um componente fundamental para velocistas e menos importante em provas de longa distância. As performances mais rápidas em 25 m foram obtidas por nadadores mais fortes (COSTILL, MAGLISCHO & RICHARDSON; 1992). Conforme aumenta a distância a contribuição da força vai decrescendo. Nas provas rápidas (50, 100 e 200 m de cada estilo e 200 m medley), as fibras brancas vão atuar por requerimento, e no nado lento a maior parte da força gerada será pelas fibras lentas. O nado é quase que todo realizado por contrações concêntricas, desta forma a composição das fibras parece não ser o fator decisivo no resultado da competição (COSTILL, MAGLISCHO & RICHARDSON; 1992).

A força dinâmica é importante no resultado do atleta. Embora o equipamento não seja muito comum no meio aquático brasileiro, treinamentos específicos como no *swim bench* melhoram a velocidade do atleta em provas rápidas, na frequência e comprimento de braçada. No Brasil é bem mais comum o uso de extensores de látex para este fim. Estudos tem demonstrado que a mecânica de braçada pode ser mais importante na determinação da velocidade do que a força do trem superior (TANAKA & SWENSEN; 1998).

## **2.90 USO DA TERMOGRAFIA NA MEDICINA**

A regulação neural mantém o fluxo sanguíneo da pele, fundamental para manter temperatura normal do corpo (THOMAS & SEGAL, 2004). Exercício e esforço repetitivo desafiam a homeostase térmica. O esforço induz modificações hemodinâmicas manifestadas por sinais termais (KENNEY & JOHNSON, 1991). O corpo emite uma quantidade de radiação infravermelha e a intensidade desta radiação é em função da temperatura.

A TIV é a técnica mais acessível para a obtenção de imagens do perfil de temperatura corporal de uma região ou de um ponto e transforma a energia térmica irradiada em imagem visível, denominada termograma. Essa radiação não depende somente da superfície do corpo, mas também da emissividade do corpo medido e do ambiente. Emissividade é a capacidade relativa do corpo de emitir calor. Assim, as mudanças de temperatura cutânea durante o exercício podem ser avaliadas com o uso de sensores infravermelhos.

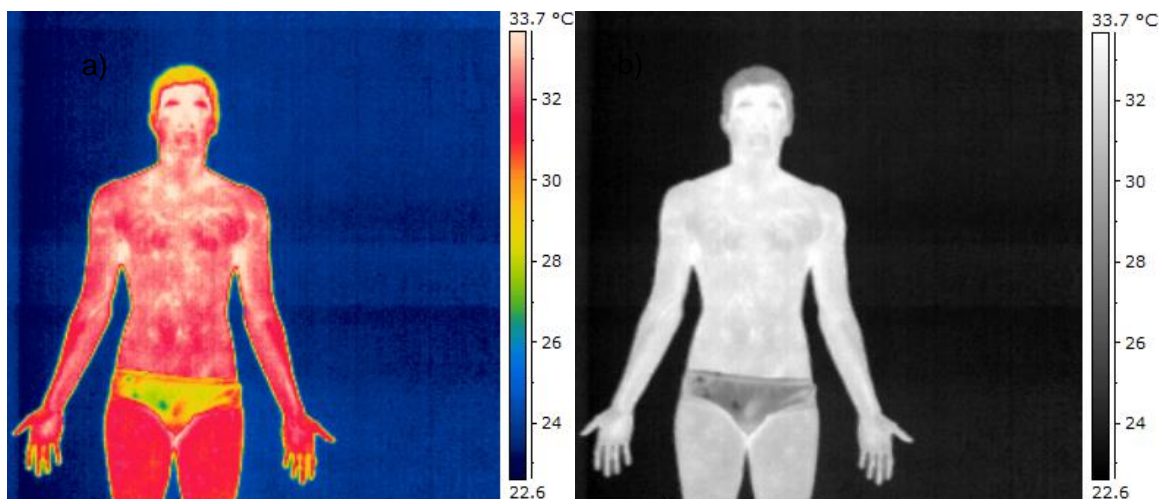
Ao se obter estas imagens, a resposta imediata do sistema nervoso simpático pode ser visualizada. A investigação de imagens infravermelhas tiradas antes, durante ou após um esforço específico pode investigar a fisiologia do fluxo sanguíneo cutâneo e monitorar a regulação sistêmica em função do tipo, duração e intensidade daquele exercício.

Pacientes cardíacos possuíam uma maior magnitude de vasoconstrição, comparados com indivíduos saudáveis, indicando que o reflexo inicial da vasoconstrição pode estar ligado à capacidade funcional cardiovascular(ZELIS et al.,1969). O estudo através de termogramas mostrou que o sistema concorrente da unidade de termorregulação por vasodilatação cutânea e a unidade termorreguladora para a vasoconstrição cutânea puderam ser visualizadas por termograma.

A baixa qualidade de imagens e a falta de metodologia no passado resultavam em não aceitação desta técnica (ELLIOT& HEAD, 1999). Os avanços nas câmeras tornaram a TIV uma poderosa ferramenta de medida, já que protocolos normatizados e modernos softwaresaperfeiçoaram os diagnósticos e aumentaram a confiança (PLASSMANN et al., 2006; DIAKIDES & BRONZINO, 2008). Embora a modernização, a qualidade da imagem térmica depende também da experiência do examinador (PLASSMANN et al., 2006, RING & AMMER, 2000). O moderno “estado de arte” da tecnologia tem feito da TIV uma ferramenta confiável de medida(JIANG et al., 2005).

O diagnóstico da TIV é uma das ferramentas de monitoramento das modificações ocorridas nos atletas durante o exercício (COH et al., 2007). Esse método permite uma avaliação quantitativa e uma rápida análise. As variações na temperatura da pele irão depender da área corporal selecionada e do nível do atleta, variando com o tempo e favorecem estudos comparativos.

O termograma representa o perfil ilustrado da temperatura da pele humana pelo espectro da cor. Os softwares permitem a leitura em diversos espectros de cor. A padronização das imagens é um cuidado importante para evitar erros de interpretação dos termogramas, sendo assim a International Standard Organization (ISO), por exemplo, recomenda o uso do espectro de cor “arco-íris” (Figura 1a) onde o vermelho representa as altas temperaturas e o azul representa as baixas temperaturas para padrões de temperatura corporal, ou o espectro cinza (Figura 1b) quando o foco é no sistema vascular.



**Figura 2**-Termografia infravermelha em diferentes espectros: a) espectro arco-íris e b) espectro cinza.

Mesmo com as diversas variações de temperatura do meio ambiente, o homem é um ser homeotérmico, porque possui a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de um intervalo pré-determinado. Essa variação denominada de temperatura de equilíbrio ou normalidade situa-se entre 36°C - 37°C.

A temperatura corporal é circadiana e varia durante o dia, sendo um fenômeno natural e geralmente não varia mais de 0,6°C, considerando-se variação da temperatura ( $\Delta t$  =temperatura final - temperatura inicial) não maior que 1°C, em termos de normalidade da saúde.

Sistemas de Termografia podem detectar pequenas diferenças na temperatura como 0,03°C fazendo com que se possa acessar a temperatura absoluta de diferentes pontos do corpo. Esta precisão possibilita calcular temperaturas médias destas regiões (UEMATSU et al., 1988). A análise destes dados podem detectar anomalias. Estabeleceu-se que o limite superior do gradiente de temperatura ( $\Delta t$ ) deve ser de 1°C, porém em quadros de patologias, a variação inferior a 1°C, poderá ser significativa (Quadro 2) (UEMATSU, et al.1988).

As respostas vasomotoras são dependentes de condições paralelas, assim o grau de assimetria poderá variar de acordo com diversos fatores e irá variar entre os indivíduos, e a análise termográfica obtida em regiões homólogas são estáveis e perfeitamente reproduzíveis (UEMATSU, et al.1988).

As imagens dos dois lados do corpo geralmente têm uma simetria (VARDASCA, 2008), porém se a assimetria for acima de 0,7°C é considerada anormal e pode ser resultante principalmente de variação fisiológica, como problemas clínicos.

<i>Temperature asymmetries of normal control subjects</i>			
Region of Interest*	No. of Cases	Nerve (dermatome)	$\Delta T$ (°C)†
head			
1 forehead	32	trigeminal (first division)	0.18 ± 0.18
2 cheek	33	trigeminal (second division)	0.30 ± 0.17
trunk (anterior)			
3 chest	49	intercostal (T1-7)	0.20 ± 0.19
4 upper abdomen	43	intercostal (T8-9)	0.22 ± 0.15
5 abdomen I	90	intercostal (T-10)	0.21 ± 0.19
6 abdomen II	90	intercostal (T-11)	0.17 ± 0.14
7 abdomen III	89	intercostal (T-12)	0.20 ± 0.15
trunk (posterior)			
8 cervical	45	cervical (C3-5)	0.23 ± 0.16
9 thoracic	46	post. cutaneous (T2-12)	0.20 ± 0.17
10 lumbar (medial)	90	dorsal div. spinal (T-11, 12; L-1, 2, 3)	0.22 ± 0.19
11 lumbar (lateral)	88	dorsal div. spinal (T-11, 12; L-1, 2, 3)	0.34 ± 0.26
12 sacral (medial)	90	dorsal div. spinal (S-1, 2, 3)	0.28 ± 0.19
13 sacral (lateral)	90	dorsal div. spinal (S-1, 2, 3)	0.26 ± 0.22
extremities, upper			
14 shoulder (anterior)	54	supraclavicular (C-4, 5; T-1)	0.19 ± 0.12
15 shoulder (posterior)	44	dorsal div. spinal (T1-5)	0.31 ± 0.23
16 anterior arm	52	med. antebrachial (C-5, T-1)	0.27 ± 0.23
17 posterior arm	36	dorsal antebrachial axillary (C-7, 8)	0.39 ± 0.26
18 forearm volar	56	med./lat. antebrachial (C-5, T-1)	0.25 ± 0.21
19 forearm dorsum	56	med./lat./dorsal antebrachial (C-7, 8)	0.31 ± 0.22
20 hand	56	median, ulnar (C-7, 8)	0.24 ± 0.23
21 hand dorsum	57	median, ulnar, radial (C-7, 8)	0.31 ± 0.25

**Quadro 2**—Tabela do gradiente de temperatura para verificação de assimetrias em sujeitos normais (UEMATSU et al., 1988).

A aplicação da TIV na busca de anomalias baseia-se na diferença de temperatura entre uma determinada área e a correspondente do lado oposto. O grau de assimetria entre os lados do corpo ( $\Delta t$ ) são muito reduzidos, como por exemplo, a do abdômen II, que é de  $0,17 \pm 0,14^\circ\text{C}$ . Assim que para diminuir o viés subjetivo das interpretações em TIV, UEMATSU et al. (1988), após estudos de curto e longo prazo, comparando a  $\Delta t$  de cerca de 1000 pessoas normais, e a partir dos resultados, propôs padrões de referências para serem usados em exames clínicos (Quadro 2), para uma avaliação adequada. Afirma ainda que entre as regiões não homólogas e entre as regiões homólogas, as temperaturas são extremamente estáveis e reproduzíveis em ambas as medidas de acompanhamento, a curto e longo prazo, num período de 5 anos. Futuros estudos deverão examinar a duração/direção das modificações térmicas com a tomada de múltiplas imagens durante e após o esforço (HILDEBRANDT et al., 2010).

Estudo recente com TIV para identificação precoce de complicações do pé diabético qualifica a termografia como procedimento promissor, viável e rentável. Afirma que as assimetrias entre os pés são clinicamente significativas e que para eliminar problemas de interpretação, registra a imagem térmica sincronizada e que obtém os



resultados em pontos correspondentes nos dois pés, independente do formato ou tamanho (LIU, C. et al.,2015).

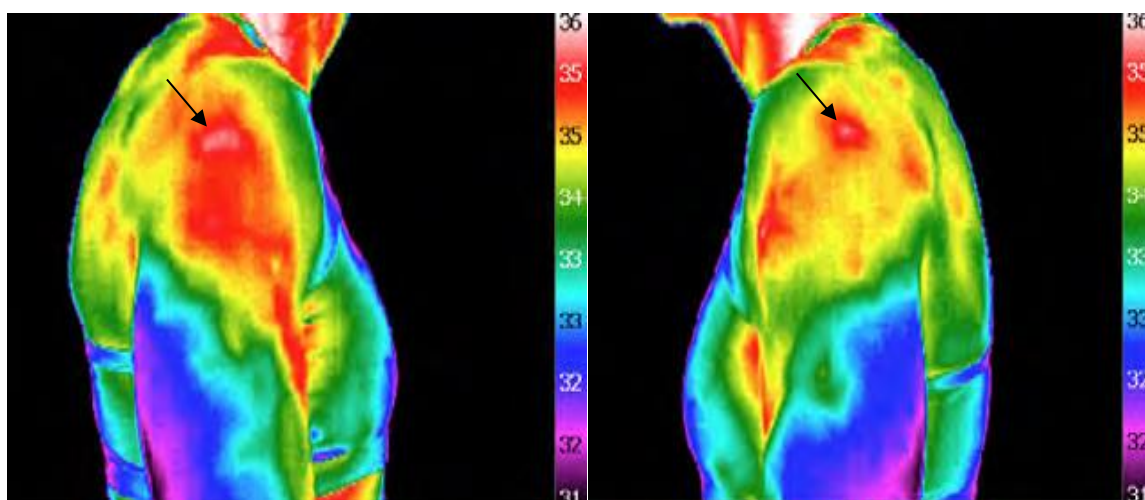
## 2.10 TERMOGRAFIAS NO MEIO LÍQUIDO

O uso da termografia em esportes é um tanto recente (KEYL&LENHART, 1975). O objetivo básico daqueles estudos foi de medir a queda ou o aumento da temperatura da pele muito mais pela exposição do sujeito ao frio ou calor. São escassos os estudos em natação ou os efeitos por ela produzidos.

Embora a TIV tenha sido utilizada com sucesso no campo da medicina veterinária para detectar e monitorar lesões (TURNER, 2000; EDDY et al., 2001), no entanto em atletas é bem mais rara. Os atletas são submetidos a grande stress físico durante treinamentos e competições. Diversos tipos e localizações de lesões podem ser detectados e determinar um tratamento precoce. (BRUCKNER& KHAN, 2006).

Os poucos estudos encontrados em nadadores referem-se a fisiopatologias e efeitos de diferentes temperaturas em imersão, principalmente em hipotermia.

Devido à sobrecarga exigida em nadadores, uma das fisiopatologias mais comuns está nos ombros. Em natação de elite, 91% dos atletas relataram dores nos ombros e 84% demonstraram sinal de Síndrome de Impacto no Ombro (SEIN et al.,2008). A imagem térmica abaixo mostra pontos de calor na região do úmero e supra-espinoso, conforme se pode observar na Figura 3.



**Figura 3** -TIV lateral de ombros de uma nadadora de elite (27 anos), em repouso, onde ficou evidenciada uma lesão do músculo supra-espinoso (SEIN, 2008).

## 2.11 TERMOGRAFIAS DE ESFORÇO EM NADADORES

Uma busca das palavras *thermography and exercise* e *thermography and swimming* na base de dados Pubmed e Google, atualizada em dezembro de 2014, apresentaram tão somente os seguintes trabalhos de TIV em nadadores pós-esforço:

Autores	Ano	Sujeitos N (M/F)	Esforço	Técnica de Nado*	Classificações dos Atletas	Idade
WADE & VEGHTE	1977	4	5 min imers+ 500m pace	1*	-	-
ZAIDI et al..	2007	1 = 1/0	4 x 100	4*- 2*- 3*-1*	1'03 1'08 1'22 1'03	19
de JESUS et al.	2013	9 = 5/4	15 min Crawl contínuo Limiar anaeróbio	1*	Treinados Alto Nível	22 ± 5,97

**Quadro 3**–Trabalhos publicados com TIV em nadadores pós-esforço.

\*Técnica de Nado: 1 – Crawl, 2 – Costas, 3 – Peito e 4 – Borboleta.

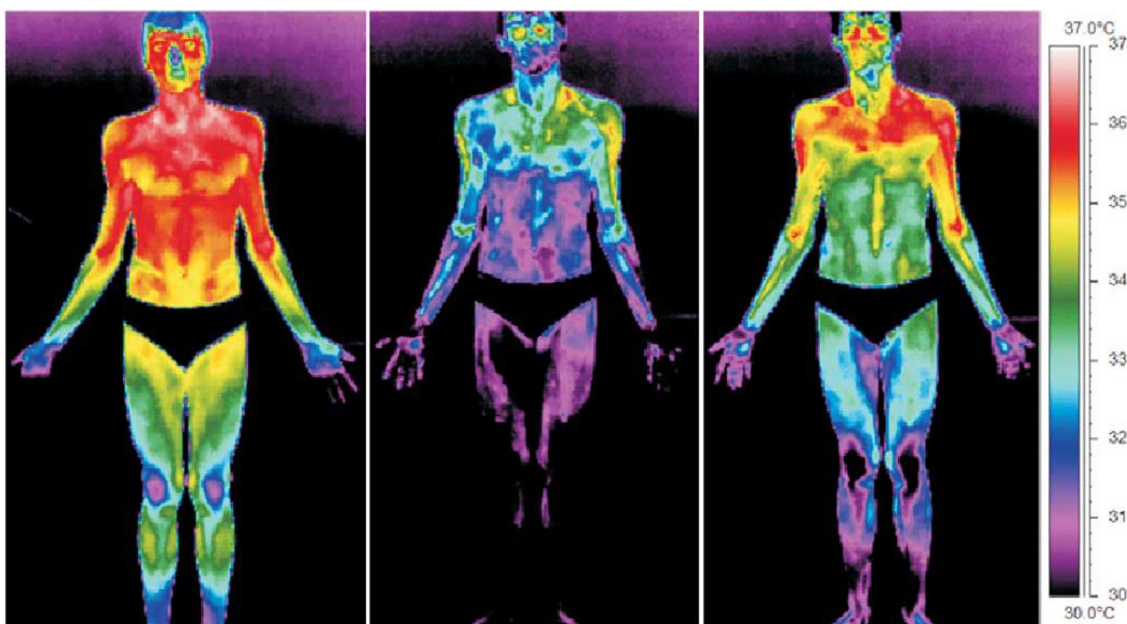
Embora em pouco número, a grande parte dos trabalhos de TIV em natação, refere-se à imersão em baixas temperaturas. Wade & Veghte (1977) avaliaram quatro nadadores de diferentes estruturas corporais, antes de entrarem na água, após quinze minutos imersos em água a 23.5°C e após nadar 500m em ritmo de treino. Eles encontraram aumentos de temperatura após o esforço nas áreas dos músculos ativos: deltoides, trapézio, tríceps e bíceps, independentemente da dobra cutânea.

Zaidi et al. (2007) usaram em um protocolo experimental, somente um nadador, estudando a influência dos estilos na temperatura cutânea. O estudo mostrou significância na variação de temperatura nos diferentes estilos de nado. A média de temperatura de todo o corpo aumentou 2.16°C no nado borboleta, 2.56°C no nado costas, 1.78°C no nado peito e de 2.00°C para o nado de crawl.

De Jesus et al. (2013) estudaram nove nadadores classificados entre treinados e de alto nível que nadaram 500m em limiar anaeróbio. O estudo mediu toda a superfície corporal e observaram que a temperatura do tronco apresentou as maiores temperaturas



após o aquecimento e cinco minutos após o exercício, mostrando no termograma imediatamente pós-exercício o deslocamento deste fluxo sanguíneo (Figura 3).



**Figura 4**-TIV obtidas a) antes de nadar b) imediatamente depois de nadar c) 5min após nadar(de Jesus et al., 2013).

Deve ter cautela ao analisar nadadores, pois durante as coletas, temperatura e humidade podem não ser as ideais (QUINTANA et al., 2012). Em Medicina, a temperatura ótima do ambiente para a realização da termografia deve estar entre 18 e 22°C (RING& AMMER, 2000), porém nos esportes não há recomendações, e os testes são reproduzidos em laboratório ou em campo, o mais próximo das realidades de treinamento.

Portanto, até o presente momento se desconhece estudos de TIV com protocolos incrementais em nadadores.

## 2.12 - TERMOGRAFIAS EM EXERCÍCIOS ANAERÓBIO vs AERÓBIO

A faixa de treinamento aeróbio é realizada em esforços de baixa e moderada intensidade. Quando o oxigênio é insuficiente para fornecer a energia necessária ao

metabolismo aeróbio, a energia será provida pelo metabolismo anaeróbio e a contração muscular produzirá lactato. O Limiar Anaeróbio (LAn) é a mais alta intensidade de esforço antes do acúmulo de LA. A acidose metabólica irá ocorrer quando o LA começa a se acumular no sangue, ou quando a taxa de produção irá superar a da velocidade da remoção. A habilidade de manter altos níveis de intensidade de esforço é chamada de resistência anaeróbia (RAn), (McLATCHIE, 1993).

Múltiplas funções garantem durante o exercício a homeostase, entre eles o processo cardíaco, a circulação periférica o controle da circulação periférica, a regulação da pressão sanguínea e o controle de temperatura (BERNE & LEVY, 2000).

Características térmicas foram investigadas em homens em esforços aeróbios e anaeróbios em bicicleta sob condições térmicas normais (HILDEBRANDT et al., 2010). A temperatura para exercícios aeróbios aumentou ( $0.7^{\circ}\text{C}$ ,  $p=0.215$ ) e para os exercícios anaeróbios diminuiu ( $-1.5^{\circ}\text{C}$ ,  $p=0.094$ ). Em esforços de alta intensidade e curta duração, o exercício redistribui o fluxo sanguíneo para fora dos tecidos inativos, como a pele e para os músculos ativos através do sistema vasoconstritor (KENNEY & JOHNSON, 1991). Este processo explica a diminuição da temperatura da pele durante os esforços anaeróbios.

A relação entre as mudanças de temperatura, capacidade aeróbia e desempenho poderão determinar diferentes estados funcionais do corpo que dependem da intensidade e duração do esforço.

### **3. MÉTODO**

---

#### **3.1- CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO**

Este trabalho é uma pesquisa caracterizada como sendo de natureza aplicada. Um dos seus objetivos é produzir novos conhecimentos de aplicação prática (GIL, 2010). Sua definição é quantitativa considerando os dados a serem analisados e classificados. Caracteriza-se como descritiva, já que objetiva descrever um fenômeno ou fatos (THOMAS; NELSON, 2002). Por fim, pode-se ser classificada como sendo de base empírica descritiva, onde abrange informações colhidas de experiências tácitas da realidade (ALEXANDRE, 2009).

#### **3.2 - PARTICIPANTES DO ESTUDO**

Participaram do estudo dezessete nadadores das categorias juvenis do Estado de Santa Catarina e do Paraguai (12 homens e 5 mulheres), participantes de campeonatos de nível nacional e/ou internacional com idades entre 14 e 17 anos. Todos apresentavam, no mínimo, três anos de experiência competitiva na modalidade e treinavam entre seis e nove vezes por semana, com volume de treino entre 20.000 e 45.000m por semana, convidados de forma intencional, cuja adesão foi voluntária.

Para o presente trabalho, foram considerados doze nadadores (8 homens e 4 mulheres), sendo que os outros participantes não terminaram as análises ou não preencheram os requisitos necessários para avaliação.

Para efeito de classificação dos nadadores, foi utilizada a Tabela de Pontos da Federação Internacional de Natação (FIS), padrão oficial adotado internacionalmente para comparações de resultados entre os diferentes eventos.

A Tabela de Pontos FINA atribui anualmente valores para performances em natação, com base no último recorde mundial aprovado em cada prova, ao qual são designados 1000 pontos. O cálculo é feito para piscina de 25ms definidas com a data-limite em 31 de agosto e para de 50ms definidos com a data-limite em 31 de dezembro de cada ano.

Para efeitos de padronização deste trabalho foram considerados os melhores tempos individuais apontados pelos responsáveis, nas especialidades, em piscina de 25m e os pontos calculados pelo índice naquela data obtida, conforme Tabela 3, a seguir:

<b>Especialidade</b>	<b>N=12</b>	<b>Sexo M/ F</b>	<b>IDADE</b>	<b>ALTURA</b>	<b>PESO</b>	<b>FINA POINTS</b>
<b>CRAWL</b>	3	2 - 1	15,2	169,3	64,3	558
<b>COSTAS</b>	4	2 - 2	16,1	164,7	61,2	534
<b>PEITO</b>	3	2 - 1	15,6	167,8	64,4	581
<b>BORBOLETA</b>	2	2 - 0	15,8	174,9	68,6	573
<b>Média</b>			15,7	168,3	64,0	562
<b>Desv Pad</b>			0,38	7,64	7,23	

**Tabela 3-**Características dos nadadores que participaram do estudo, com suas respectivas medidas antropométricas e classificação internacional de desempenho.

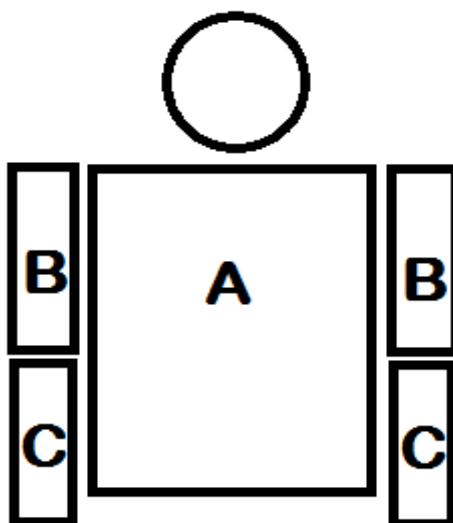
Para a determinação dos esforços em cada intensidade, foi tomado como base o melhor tempo de cada indivíduo expresso em segundos, considerado como 100%, e a seguir aplicado a seguinte fórmula, onde, t (%) representa o percentual do tempo desejado; % alvo, representa a intensidade de esforço desejada e t(s) representa o melhor tempo individual em segundos:

$$t \% = \{(100 - \% \text{ alvo}) \cdot t \text{ máx (s)} / 100\} + t \text{ máx (s)}$$

### 3.3-ÁREAS TERMOGRÁFICAS DE INTERESSE (AI)

A superfície corporal pode fornecer um mapa termal vasto dependendo de fatores endógenos ou exógenos. A câmera termográfica irá captar o calor emitido pela pele humana e permite a gravação das temperaturas das áreas selecionadas.

Para a leitura termográfica, adaptou-se as AI a partir do modelo de Zaidi et al. (Figura 5), para braços e antebraços em homens e mulheres. Para a área do tronco peitoral e dorsal, foi aplicado o mesmo modelo bilateral para ambos os lados (Figura 6).



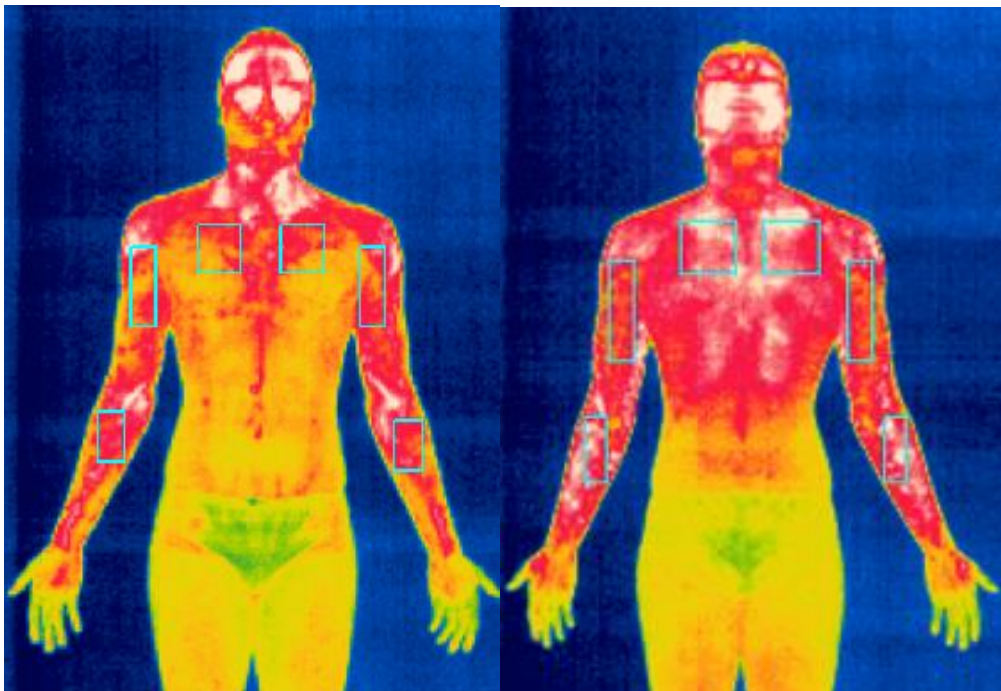
**Figura 5-** Modelo de Zaidi et al. (2007) de demarcações das regiões corporais para análise de temperatura.

As áreas de interesses que serviram de análise, se referem a localizações anatômicas conforme estão descritas a seguir e identificadas na Figura 6:

- TÓRAX PEITORAL direita e esquerda (AF1 e AF2);
- BRAÇO ANTERIOR direito e esquerdo (AF3 e AF4);
- ANTEBRAÇO VOLAR direito e esquerdo (AF5 e AF6);
- TÓRAX POSTERIOR direita e esquerda (AD1 e AD2);
- BRAÇO POSTERIOR direito e esquerdo (AD3 e AD4) e
- ANTEBRAÇO DORSAL direito e esquerdo (AD5 e AD6).

Para determinar a temperatura, polígonos bi laterais de tamanhos iguais foram desenhados na área central de cada AI (Fig.8). O polígono foi controlado sempre com a melhor superfície, seguindo a recomendação de no mínimo 8 x 8 pixels, área de resolução a qual o erro de 1/16 é menor e dentro da faixa de temperatura humana (PLASSMANN, RING & JONES, 2006).

As temperaturas locais foram obtidas pela média aritmética da região equivalente a 162 pixels ou pontos, para evitar o erro de delimitação. Devido ao formato do polígono, quando a AI desenhada era superior aos 162 pontos, o cálculo era obtido para a melhor região central deste polígono, equivalente a região pretendida.



**Figura 6**—Termogramas do plano anterior (frontal) e posterior (dorsal) do corpo e as respectivas áreas de interesse mensuradas no estudo.

As análises de medidas térmicas pontuais, técnica denominada de *hotspot*, não foram consideradas, já que não é aceita, pois considera apenas um pixel da imagem, o que não representa a temperatura de uma região. Por outro lado, as áreas de interesse, representadas por polígonos, informam a temperatura média de abrangência, numa quantidade representativa de pixels por ela formada.

### 3.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

#### 3.4.1 –Câmera Termográfica FLIR ThermaCAM® E320

A câmera térmica (Figura 7) utilizada na pesquisa possui um detector de 320 x 240 pixels que fornece 4x mais resolução que qualquer outra câmera infravermelha do seu tamanho. Ela é a primeira câmera infravermelha ultra portátil capaz de fornecer imagens termográficas detalhadas com desempenho superior. Sua capacidade de pós-processamento oferece mais precisão para as suas medições de temperatura e maior qualidade das imagens. As especificações técnicas são as seguintes:

- Resolução Térmica de Alta Qualidade de 320 x 240 pixels
- Visor LCD colorido de 2.5
- Opção de Lentes de Telefoto/ Grande Angular
- Zoom digital de 2x e 4x com apenas um toque
- Laser embutido LocatIR
- Ergonômica
- Peso 0,680g
- Downloads para PC - Formato JPEG
- Sensibilidade térmica de -0,10°C a 500°C



**Figura 7** – Câmera termográfica utilizada no estudo (FLIR ThermaCAM® E320).

#### 3.4.2–Para o Controle das Condições Ambientais

Para controle da temperatura ambiente, humidade relativa do ar e temperatura da água, foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Termômetro digital infravermelho marca Cason com resolução: de 0,1°C e precisão:  $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- Higrômetro digital marca Hikari, modelo Hk-t240 com precisão de  $\pm 1^\circ\text{C}$ ; e resolução de 0.1°C.

### **3.4.3–Para a Avaliação Antropométrica e Controle**

Para os dados antropométricos de altura e peso, foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Balança eletrônica da marca TOLEDO®, com capacidade para 150 kg e resolução de 100 g;
- Estadiômetro da marca Sanny®, com resolução de 0,5 cm.

### **3.4.4–Para Variáveis Fisiológicas**

Para a variável fisiológica, lactato sanguíneo, foram utilizados os seguintes instrumentos e materiais de apoio:

- Duas toalhas de polivinil de alta absorção da marca Sammy®
- Luvas cirúrgicas
- Toalhas de papel de alta absorção
- Caixa para dejetos hospitalares
- Lancetas descartáveis
- Capilares de vidro heparinizados e calibrados
- Tubos Eppendorf® (1,5mL) contendo 50 uL de solução de NaF 1%
- Pipetas Transferpette® S. 1-10 ml
- Lactímetro eletroquímico YSI 2700 STAT PLUS™ (Yellow Spring Instruments. (OH, EUA).

### **3.4.5 – Para o Controle dos Tempos**

Para a obtenção dos tempos, estabelecido nos protocolos, foram utilizados os seguintes instrumentos:



- Dois Cronógrafos marca Finis® 3X-300M com resolução de 1/100.

O controle manual dos tempos (cronometragem) foi realizado por dois avaliadores experientes em cronometragem, e para efeito de registro do tempo foi considerada a média ponderada dos centésimos.

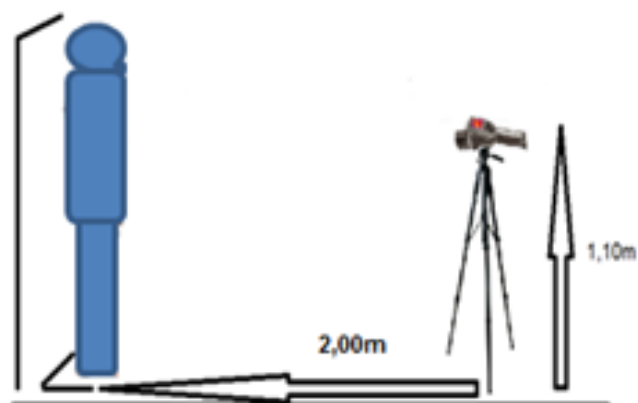
### **3.5–PROCEDIMENTOS NAS COLETAS DE DADOS**

As avaliações foram realizadas em piscina de 25m coberta, com as condições de temperatura da água e ambiente e humidade do ambiente monitoradas conforme as orientações da Associação Europeia de Termologia (EAT). Foram realizadas duas coletas, devido ao número de participantes. Antes das avaliações, os técnicos e participantes foram informados de todos os procedimentos metodológicos e entregaram assinado por seus responsáveis, o termo de consentimento livre e esclarecido concordando com sua participação voluntária na pesquisa, cientes de que poderiam abandonar os testes a qualquer momento, se assim o desejasse a avaliação.

Foi recomendado aos sujeitos que reduzissem os níveis de treinamento por um período mínimo de 24 horas antes de todas as avaliações. Esse procedimento foi adotado para que essas sessões de treinamento tivessem uma menor interferência no protocolo adotado para avaliação.

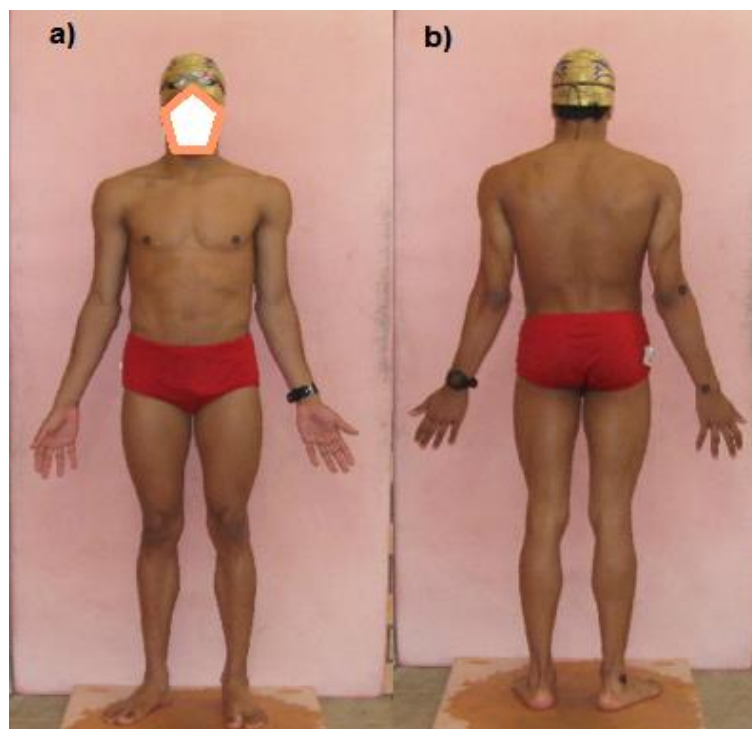
#### **3.5.1– Quanto a Termografia**

Os nadadores eram posicionados a dois metros da câmera termográfica infravermelha, fixada e calibrada a 1,10 metros do solo, na posição frontal e dorsal, para serem obtidos os termogramas. O foco da câmera foi direcionado para a parte superior do corpo, de modo que os principais grupos musculares a serem avaliados estivessem quadrados na imagem (Figura 8).



**Figura 8** -Posicionamento da câmera termográfica para a coleta de dados.

Após sair da água, o sujeito era seco imediatamente, sem fricção, por dois monitores com toalhas de poli vinil de alta absorção da marca Sammy® e se posicionava em frente à câmera, no local indicado, primeiramente na posição frontal e em seguida ao termograma mudava para a posição dorsal para o segundo termograma .

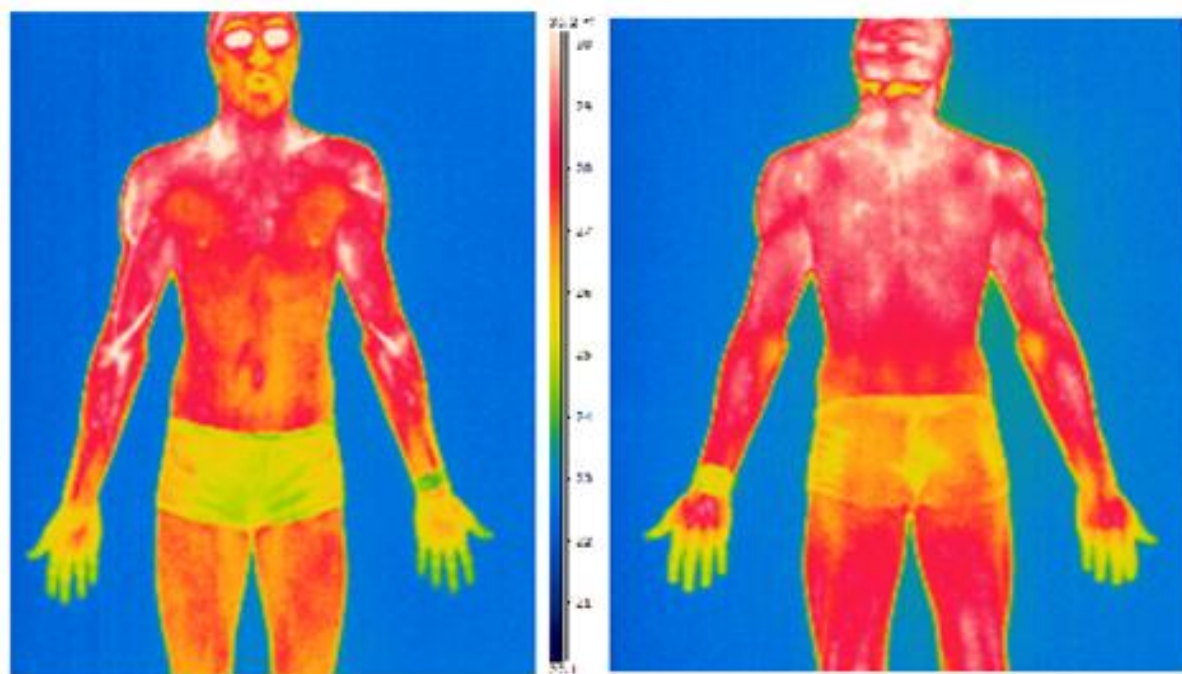


**Figura 9**—Posicionamento do atleta em frente à câmera, em a) posicionamento com vista frontal, e em b) posicionamento com vista dorsal do nadador.

Os termogramas foram obtidos com câmera termográfica infravermelha ThermaCAM® E320 portátil, colhidos imediatamente após as repetições programadas, com os atletas secos, no menor intervalo possível (de no máximo 1 minuto), visando minimizar efeitos do meio e da homeostase que poderiam interferir no gradiente de temperatura (ZAPROUDINA et al., 2008).

As imagens térmicas foram colhidas em quatro momentos distintos, obedecendo a seguinte sequência:

- T<sub>1aq</sub> – 1 minuto após o término do aquecimento;
- T<sub>1v70</sub> - 1 minuto após término da terceira repetição, denominados termogramas 70%;
- T<sub>1v80</sub> - 1 minuto após término da sexta repetição, denominados termogramas 80%;
- T<sub>1v90</sub> - 1 minuto após término da nona repetição, denominados termogramas 90% e
- T<sub>1v<sub>máx</sub></sub> - 1 minuto após término da décima repetição, denominados termogramas máximo, conforme estabelecido no protocolo.



**Figura 10**– Termogramas de referência que foram tomados no planofrontal e dorsal dos nadadores.

### **3.7.4 - Coletas e Análises das Amostras de Sangue**

Com os nadadores devidamente preparados e sentados, coletaram-se amostras de 25µl de sangue, pelo lóbulo da orelha, em capilares de vidro heparinizados e calibrados. O sangue coletado foi depositado em tubos Eppendorf (1,5mL), contendo 50µl de fluoreto de sódio (NaF-1%), para posterior determinação da concentração de lactato sanguíneo em lactímetro eletroquímico YSI 2300 STAT PLUS™ (Yellow Spring Instruments. OH, EUA).

As amostras de sangue foram colhidas em quatro momentos distintos, obedecendo a seguinte sequência:

- LA70 - 3 min após término da terceira repetição, denominados lactacidemia 70%;
- LA80 - 3 min após término da sexta repetição, denominados lactacidemia 80%;
- LA90 - 3 min após término da nona repetição, denominados lactacidemia 90% e
- LAmáx - 3 min após término da décima repetição, denominados lactacidemia 100%.

### **3.7.5–Análises da Temperatura**

As análises de temperatura foram feitas através do Software CAM™ Quick Report Therma versão 1.2 SP2.

O programa permite a análise randômica das imagens obtidas pelas câmeras infravermelhas e diversos ajustes e também possibilita a escolha de paletas de cores para as fotos e análises. Para a análise termográfica são necessários os ajustes de parâmetros dos objetos a serem avaliados, tais como: emissividade, temperatura atmosférica, humidade e distancia da máquina, parâmetros estes ajustados e regulados na câmera e no software.

A medição também fornece as temperaturas mínimas e máximas das fotos e das regiões selecionadas de interesse. Após definida as regiões de interesse, a imagem ou medição da área escolhida é exportada para o Excel em forma de números, que são pontos ou pixels com as temperaturas da região, para o devido tratamento estatístico.

### 3.7.6–Tratamento Estatístico dos Dados

Após a leitura e tabulação dos dados, a análise estatística foi realizada pela média e desvio padrão com o objetivo de resumir o conjunto de dados a fim de facilitar a verificação do grupo como um todo.

Através do Teste de Kolmogorov-Smirnov, verificou-se que os dados seguem numa distribuição normal. Após ter sido aplicado o teste de normalidade aos dados foi realizado a análise de variância –One way ANOVA, para avaliar as diferentes áreas de interesse para cada intensidade.

Para localizar as diferenças, a posteriori, foi aplicado o Teste de Tukey. Completando as análises, o teste T de Student, foi aplicado para avaliar as diferenças das temperaturas médias entre os hemisférios.

As análises foram realizadas com software Windows Excel 7 e SPSS 17.0. Utilizaram-se tabelas e gráficos para a demonstração dos dados e características do grupo de estudos.

### 3.8 CONTROLE DE ERROS

De acordo com as normas recomendadas por Sociedades de Termografia (PLASSMANN et al., 2006; RING & AMMER, 2000), os seguintes cuidados foram considerados na pesquisa para que fossem evitados erros do tipo:

- Preparação do equipamento: posicionamento, calibração e foco da lente;
- Controle das temperaturas ambiente e da piscina: mensuração das variáveis ambientais;
- Preparação do atleta para as avaliações: explicações, saída da piscina, secagem e posicionamento;
- Ficha de controle: Identificação das amostras e registro dos termogramas;
- Análise do termograma: utilização do software de acordo com as recomendações do fabricante da câmera.

Além desses itens enumerados, foi mantido um único examinador treinado no controle de todas as coletas, objetivando manter a homogeneidade dos procedimentos e tomadas de dados.

Durante as avaliações, os erros humanos foram minimizados com o uso de procedimentos uniformes e padronizados para todas as coletas. Uma equipe com

indivíduos treinados nas devidas avaliações foi escolhida, sendo que as medidas diretas foram realizadas sempre por um mesmo indivíduo, com vistas a diminuir os possíveis vieses de variabilidade de medidas entre os pesquisadores. Devido às exigências metodológicas, os participantes durante a situação de coleta, também foram orientados sobre a melhor maneira de se postarem frente à câmera.

A Engenharia de Softwares vem aumentando o número de programas para análise de imagens infravermelhas. Cada equipamento possui seu próprio *software* de análise, no entanto já existem no mercado, equipamentos que aceitam *softwares* com todas as regiões do corpo pré-delimitadas, o que facilita a análise e diminui o possível erro humano de delimitação. O *software* disponível para o equipamento usado nesta avaliação é o Quick Report, sendo que a análise termográfica de dados em graus centígrados (°C) será realizada com o auxílio do programa-versão CAMTM Quick Report Therma.

## **4. RESULTADOS E ANÁLISES**

---

### **4.1 - Percentual de Esforço e Resposta do Lactato**

O percentual de esforço de cada atleta foi estimado baseado no melhor resultado individual informado. Os tempos cronometrados para cada nível de esforço foram agrupados e as médias aritméticas foram calculadas. Complementado o objetivo principal do estudo foi realizado a monitorização do LA dos nadadores. Esta informação foi muito relevante no acompanhamento da progressão do esforço alcançado.

Foram calculadas as médias aritméticas para a formação do LA, expresso em mmol.l<sup>-1</sup>, agrupadas pelas estimativas de esforço e calculadas as médias aritméticas para cada intensidade proposta. As médias de tempo realizadas foram muito próximas às desejadas nas primeiras duas intensidades com formações de LA compatíveis ao de esforço. Observa-se que na terceira intensidade, o percentual médio de esforço atingido foi da ordem de 4,3% menor do que o projetado e na intensidade máxima o esforço atingido foi acima dos 90%.

Ressalte-se que embora, as recomendações de redução das cargas diárias dos atletas, cerca de três dias antes do teste, as avaliações foram realizadas na metade final da fase intensa de treinamento, cerca de 6-7 semanas antes dos campeonatos alvo. Também é necessário observar que, o melhor resultado individual, de onde veio o cálculo

para estimativa do esforço, foi realizado em situação de total conforto ou diferença em relação ao teste, já que foi feito em competição com polimento, saída de cima do bloco e com traje tecnológico, entre outros. Os resultados encontrados estão demonstrados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Médias obtidas nas diferentes estimativas de esforço.

<b>Intensidades</b>	<b>ESTIM 70%</b>	<b>ESTIM 80%</b>	<b>ESTIM 90%</b>	<b>ESF MAX</b>
<b>% realizada</b>	72,89± 8,2	81,05± 5,65	86,14±8,65	90,28± 6,54
<b>LA mmol<sup>-1</sup></b>	3,59± 0,4	6,23± 3,25	10,24± 2,89	12,52± 4,47

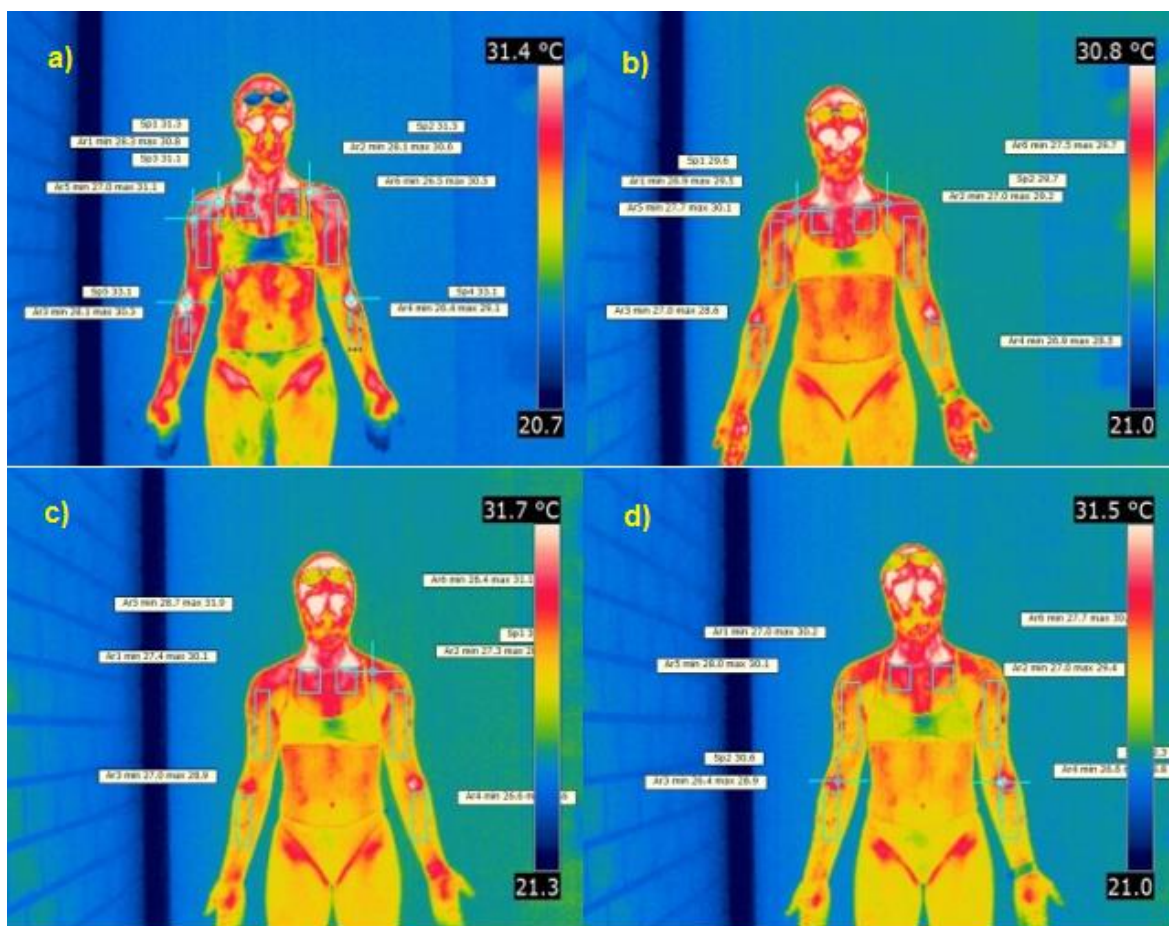
## 4.2 - Análise dos Termogramas

Após a aquisição dos dados de temperatura, com o auxílio do *software* QuickReport, estes foram tabulados e organizados em uma planilha eletrônica para posterior análise estatística. Na sequência, para garantir conclusões estatísticas adequadas, as temperaturas frontal e dorsal de cada região selecionada, foram agrupadas de acordo com o esforço realizado, ou seja, nas 5 fases de coleta. Também foram calculadas as médias aritméticas de cada região, com seus respectivos desvios-padrão de todas as áreas de interesse selecionadas.

### 4.2.1 - Análise Termográfica Frontal

Para as áreas frontaisas respostas de temperatura foram relacionadas com as intensidades de esforço, ou seja, de acordo com o protocolo incremental, conforme Figura 11.





**Figura 11**–Termogramas da região frontal correspondente às intensidades de: a)70%; b)80%; c)90% e d) máxima.

Pode-se observar nos termogramas que a maior concentração de calor está representada pela coloração branca e a menor concentração de temperatura está representada pela coloração azul, conforme a respectiva escala de cores e temperatura que acompanha cada imagem.

De acordo com os resultados encontrados o pico do aumento de temperatura ocorreu no segundo bloco de repetições, na intensidade correspondente a 80% do protocolo ( $\Delta t_{80}$ ). Este valor ficou em torno de 31°C, representando um aumento médio de 1,6°C quando comparado aos termogramas obtidos pós-aquecimento ( $\Delta t_{aq}$ ). Com o aumento das intensidades, após os 80%, houve uma diminuição da temperatura. Na sequência, no esforço máximo, essa temperatura já estabilizada, elevou-se levemente, conforme pode ser identificado na Tabela 5.



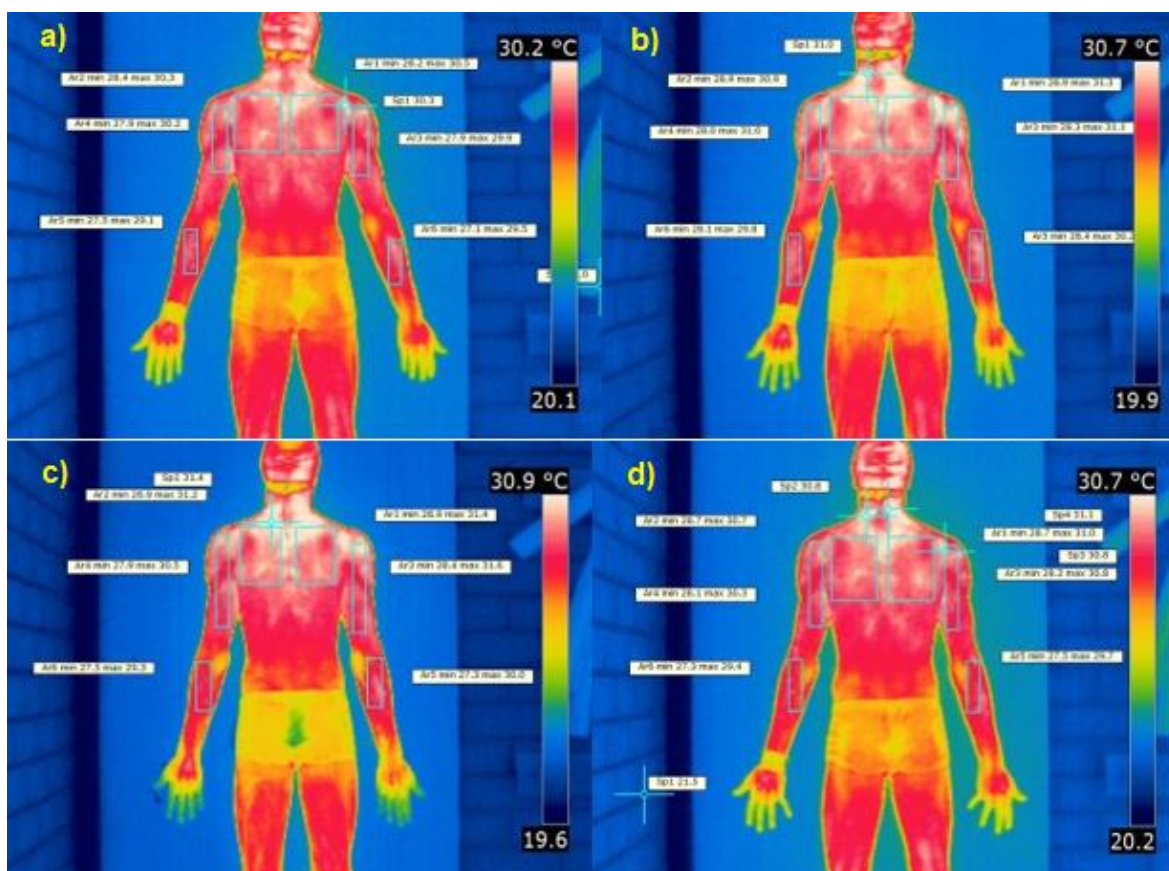
**Tabela 5** - Temperatura frontal médias das áreas de interesse em diferentes intensidades do protocolo incremental de esforço.

PLANO FRONTAL	Intensidade					P-valor
	$\Delta t_{aq}$ (°C)	$\Delta t_{70}$ (°C)	$\Delta t_{80}$ (°C)	$\Delta t_{90}$ (°C)	$\Delta t_{m\acute{a}x}$ (°C)	
AF1	29,0±0,47 <sup>a</sup>	29,2±1,10 <sup>a</sup>	<b>30,6±1,51<sup>b</sup></b>	29,4±0,67 <sup>a</sup>	29,6±0,58 <sup>ab</sup>	0,001
AF2	28,9±0,50 <sup>a</sup>	29,1±1,21 <sup>a</sup>	<b>30,4±1,55<sup>b</sup></b>	29,3±0,59 <sup>a</sup>	29,6±0,58 <sup>ab</sup>	0,004
AF3	29,4±0,61 <sup>a</sup>	29,7±1,26 <sup>a</sup>	<b>31,1±1,43<sup>b</sup></b>	29,7±0,61 <sup>a</sup>	30,0±0,62 <sup>ab</sup>	0,001
AF4	29,4±0,53 <sup>a</sup>	29,6±1,37 <sup>a</sup>	<b>31,0±1,50<sup>b</sup></b>	29,8±0,62 <sup>a</sup>	30,0±0,73 <sup>ab</sup>	0,005
AF5	29,1±0,73 <sup>a</sup>	29,3±1,17 <sup>a</sup>	<b>30,7±1,65<sup>b</sup></b>	29,5±0,80 <sup>ab</sup>	29,8±0,77 <sup>ab</sup>	0,005
AF6	28,9±0,63 <sup>a</sup>	29,1±1,32 <sup>a</sup>	<b>30,5±1,65<sup>b</sup></b>	29,4±0,74 <sup>ab</sup>	29,6±0,80 <sup>ab</sup>	0,007

Quanto aos resultados da análise estatística (One way ANOVA) constatou-se que as temperaturas obtidas nas 6 áreas de interesse, tomadas nas cinco intensidades de esforço, mostrou-se significativa ( $p < 0,01$ ), conforme se observa na coluna do P-valor demonstrado na Tabela 5. Ou seja, os valores médios de temperatura são estatisticamente diferentes. Entretanto, ao aplicarmos o Teste de Tukey, em complemento a análise da variância, identificou-se em quais pareamentos essas médias são realmente diferentes. Assim, podemos afirmar que todas as áreas (AF1, AF2, AF3, AF4, AF5 e AF6) apresentaram igualdade na 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> ( $\Delta t_{aq}$ ,  $\Delta t_{70}$ ,  $\Delta t_{90}$  e  $\Delta t_{m\acute{a}x}$ ) intensidades. Entretanto, resultou que todas essas áreas tomadas nas intensidades  $\Delta t_{80}$  e  $\Delta t_{m\acute{a}x}$ , apesar de apresentarem médias diferentes das anteriores, são iguais entre si. As médias das áreas AF5 e AF6 são iguais entre si, a partir da intensidade  $\Delta t_{80}$ , indicadas na tabela pela letra “b”.

#### 4.2.2 - Análise Cartográfica Dorsal

Para as áreas dorsais as respostas de temperatura foram relacionadas com as intensidades de esforço, ou seja, de acordo com o protocolo incremental, conforme Figura 12, a seguir:



**Figura 12** -Termogramas da região dorsal correspondente às intensidades de: a) 70%; b) 80%; c) 90% e d) máxima.

De acordo com os resultados encontrados o pico do aumento de temperatura ocorreu no segundo bloco de repetições, na intensidade correspondente a 80% do protocolo ( $\Delta t_{80}$ ). Este valor ficou em torno de  $30^{\circ}\text{C}$ , representando um aumento médio de  $1,05^{\circ}\text{C}$  quando comparado aos termogramas obtidos pós-aquecimento ( $\Delta t_{aq}$ ). Com o aumento das intensidades, após os 80%, houve uma diminuição da temperatura. Na sequência, no esforço máximo, essa temperatura já estabilizada, teve discreta elevação, conforme pode ser identificado na Tabela 6.

**Tabela 6** - Temperatura dorsal das áreas de interesse em diferentes intensidades

DORSAL	Intensidade					P-valor
	$\Delta t_{aq}$ (°C)	$\Delta t_{70}$ (°C)	$\Delta t_{80}$ (°C)	$\Delta t_{90}$ (°C)	$\Delta t_{m\acute{a}x}$ (°C)	
AD1	29,0±0,45	29,5±1,49	<b>30,0±1,64</b>	29,5±0,75	29,6±0,67	0,376
AD2	28,9±0,55	29,6±1,59	<b>29,9±1,58</b>	29,5±0,75	29,7±0,61	0,260
AD3	28,9±0,80	29,3±1,23	<b>29,8±1,74</b>	29,2±0,85	29,4±0,92	0,347
AD4	28,7±0,84	29,2±1,25	<b>29,8±1,68</b>	29,1±0,76	29,4±0,90	0,299
AD5	28,9±0,90	29,3±1,40	<b>29,9±1,68</b>	29,4±0,88	29,5±1,03	0,362
AD6	28,5±0,65	29,2±1,56	<b>29,8±1,71</b>	29,4±0,93	29,5±1,09	0,141

Quanto aos resultados da análise estatística (One way ANOVA) para as áreas de interesse dorsais, constatou-se que as temperaturas obtidas nas 6 áreas de interesse, tomadas nas cinco intensidades de esforço, não se mostrou significativa ( $p < 0,298$ ), conforme registrado na coluna do P-valor demonstrado na Tabela 6. Ou seja, os valores médios de temperatura são estatisticamente iguais. Assim, podemos afirmar que todas as áreas (AF1, AF2, AF3, AF4, AF5 e AF6) apresentaram igualdade em todas as intensidades ( $\Delta t_{aq}$ ,  $\Delta t_{70}$ ,  $\Delta t_{80}$ ,  $\Delta t_{90}$  e  $\Delta t_{m\acute{a}x}$ ).

#### 4.2.3–Caracterização Gráfica das Temperaturas

Para a análise gráfica das temperaturas através das várias regiões estudadas, optou-se pela confecção de gráficos tipo BoxPlot. Este modelo permite uma robustez na interpretação, além de explorar sob dois pontos de vista como as variáveis estão distribuídas. Como a TIV é totalmente dependente do sujeito e suas relações, este registro nos permite verificar ou avaliar dados heterogêneos, ou discrepantes, aqueles que estão afastados da média. Assim determinadas interpretações poderão necessitar especial atenção, no caso deste estudo, principalmente o comportamento da temperatura como um todo em relação às cargas incrementais realizadas pelo sujeito, bem como as análises apuradas da assimetria.

A caixa representa a média dos dados, no limite superior está o percentil 75 e no inferior o percentil 25. Estes percentis representam os valores em que os dados são

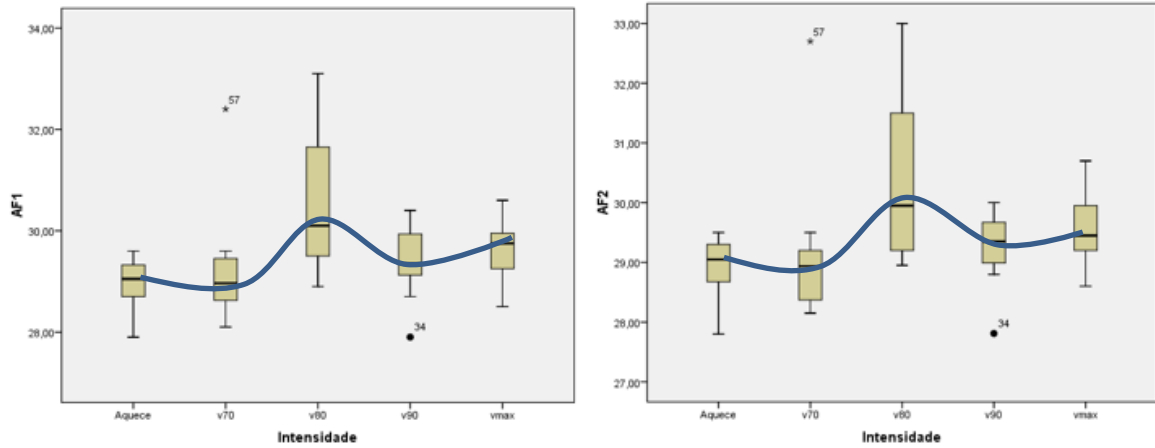
maiores e menores. Na área entre estes limites, a linha na caixa indica a mediana dos dados. As assimetrias das temperaturas das áreas corporais de interesse no plano FRONTAL (AF<sub>1</sub> x AF<sub>2</sub>, AF<sub>3</sub> x AF<sub>4</sub> e AF<sub>5</sub> x AF<sub>6</sub>) foram analisadas e comparadas em cada intensidade, as quais estão demonstradas nos gráficos 1, 2 e 3.

O padrão de movimento da temperatura é facilmente notado, quando se inclui uma curva entre as médias em cada intensidade. É facilmente perceptível que a elevação máxima da temperatura muscular ocorre na intensidade realizada de 80%. Um olhar mais aprofundado nas variâncias destas temperaturas permite observar que uma análise individualizada é requerida.

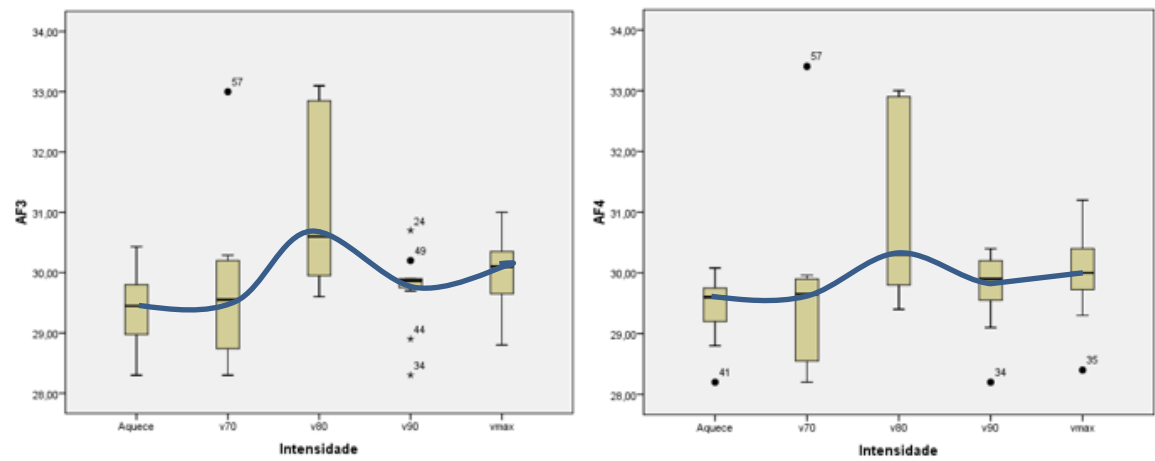
Ao analisar as assimetrias, a área AF<sub>2</sub> apresenta maior variação de temperatura em relação à área AF<sub>1</sub>. Em relação às temperaturas mais altas as áreas AF<sub>3</sub> x AF<sub>4</sub> e AF<sub>5</sub> x AF<sub>6</sub> seguem o mesmo padrão de elevação na intensidade de 80%, porém atingindo valores mais elevados. Supõe-se desta forma que os músculos dos braços (AF<sub>3</sub>, AF<sub>4</sub>, AF<sub>5</sub> e AF<sub>6</sub>) têm predominância na técnica do nado livre por apresentarem maior aquecimento = calor.

A plotagem demonstrada nos gráficos 1, 2 e 3, pelo número 57, representa um ponto de temperatura discrepante em relação às médias de temperatura na velocidade de 70%, sugerindo que para um indivíduo a temperatura atingiu um valor de pico maior, fato este possível pela sensibilidade da câmera. Embora encontrassem vários pontos abaixo da média, supõe-se que estes pontos estejam localizados mais perto de regiões com maior adiposidade.

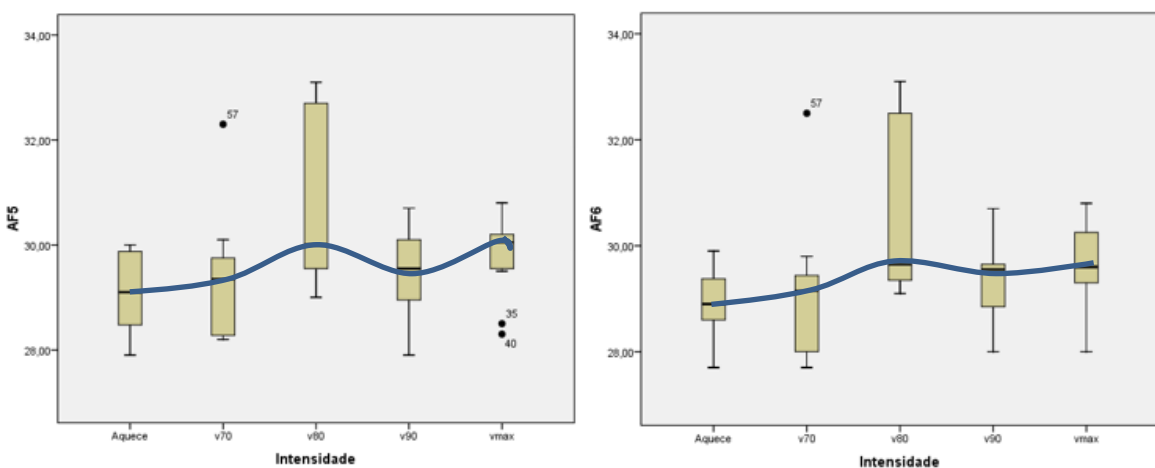
Um padrão diferenciado atípico é observado na região AF<sub>3</sub> (bíceps direito) na velocidade 90%, velocidade a qual o acúmulo de lactato já foi alto. Como nesta velocidade o padrão de temperatura é baixar, embora sejam apenas pontos, supõe-se que estas variações se devam a maior ou menor capacidade de carga do indivíduo para aquela porção em relação ao seu hemipar. Porém uma observação continuada necessita ser realizada para se obter maiores dados para alguma conclusão relevante.



**Gráfico 1** – Gráfico Box-Plot da distribuição de temperatura entre as áreas de interesse frontal 1 e 2.



**Gráfico 2** - Gráfico Box-Plot da distribuição de temperatura entre as áreas de interesse frontal 3 e 4.



**Gráfico 3** - Gráfico Box-Plot da distribuição de temperatura entre as áreas de interesse frontal 5 e 6.

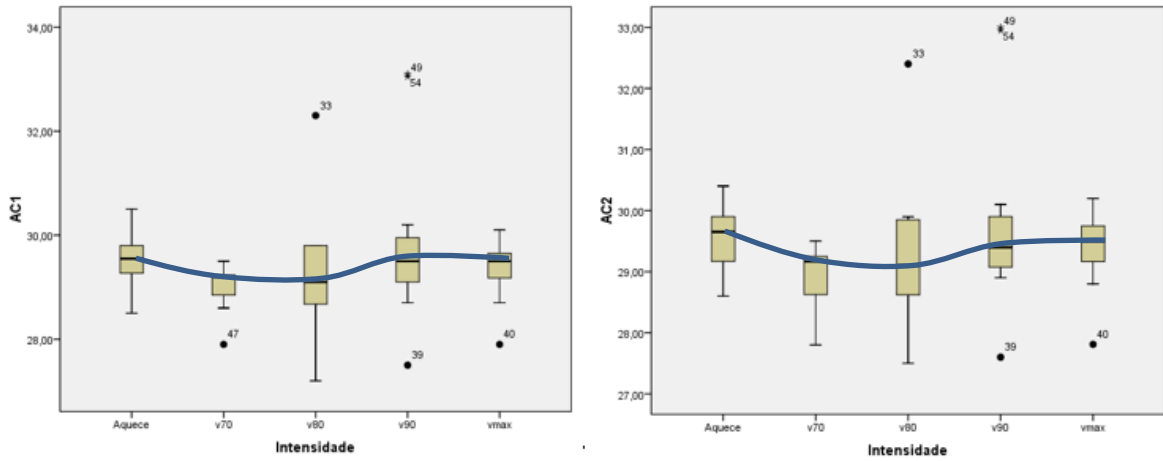
As distribuições das temperaturas das áreas corporais de interesse no plano DORSAL (AD<sub>1</sub> x AD<sub>2</sub>, AD<sub>3</sub> x AD<sub>4</sub> e AD<sub>5</sub> x AD<sub>6</sub>) foram analisadas e comparadas em cada intensidade, as quais estão demonstradas nos gráficos 4, 5 e 6.

Quando observamos a curva das médias em cada velocidade, podemos afirmar que a média de temperatura nas 6 áreas mensuradas no plano dorsal são mais baixas que as observadas no plano frontal, que pode indicar menor disponibilidade ou uso desses grupos musculares na técnica do nado livre.

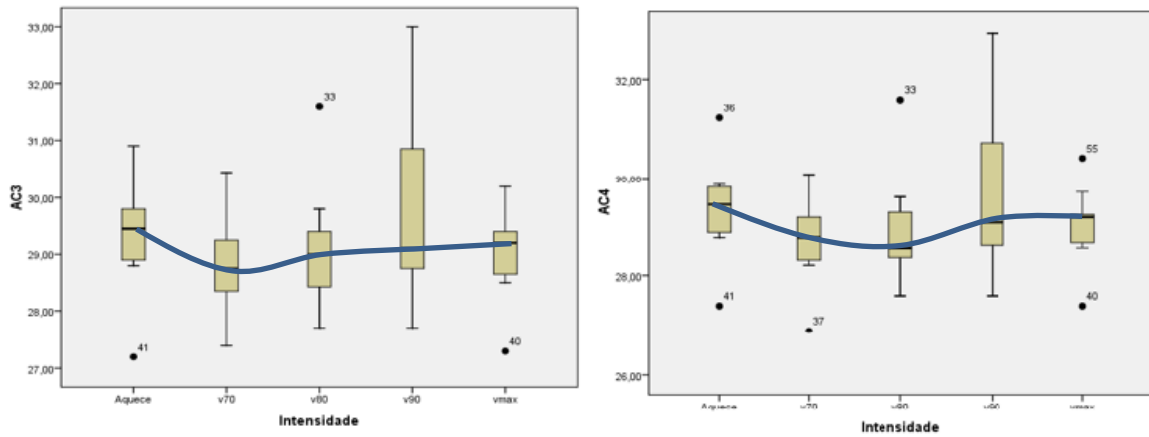
Conforme os gráficos 5 e 6, as maiores temperaturas concentram-se nessa região de interesse, já que aí estão localizados o grupo muscular dos tríceps. Embora a média destas regiões, ainda de que a elevação média tenha sido discreta, notadamente na intensidade de 90% estão localizadas as maiores temperaturas, bem como a maior heterogeneidade, o que pode ressaltar ainda mais a importância da utilização destes grupos musculares na técnica do nado crawl, bem como diante do acúmulo de ácido. Esse resultado heterogêneo de temperatura bem como a assimetria necessita de melhores estudos a fim de que possam contribuir para o desempenho do nadador.

Também se pode observar que numa comparação entre as regiões de interesses AC<sub>3</sub> e AC<sub>4</sub>, as médias de temperatura para a região AC<sub>4</sub> foi maior. Quando comparamos o resultado desta área (tríceps direito) com a porção frontal do mesmo braço, verificou-se que as maiores variações, bem como o maior gradiente de temperatura, foram encontradas no lado direito. Isto pode levar a crer que tenha dependência do lado predominante, já que a maioria dos nadadores é destra (n=10) e respiram para o lado esquerdo (contrário) o que pode induzir a uma mecânica de nado assimétrica. Estudos de cinemática ou de dinamometria poderão levar a melhores conclusões.

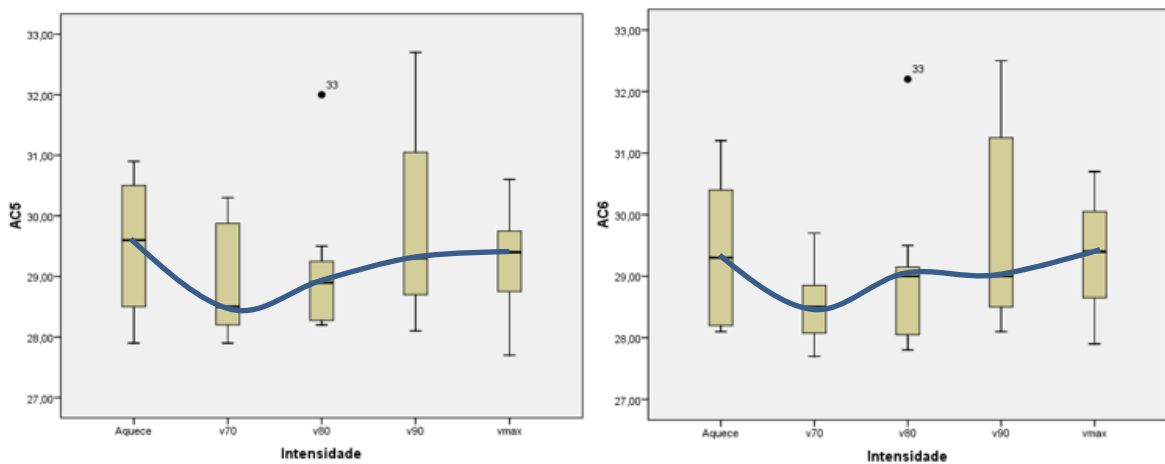
Se calor é correspondente a trabalho, pode-se supor que o grupo muscular dos tríceps desempenha papel importante na técnica do nado crawl, principalmente quando as intensidades são maiores.



**Gráfico 4** - Gráfico Box-Plot da assimetria entre as áreas de interesses dorsal 1 e 2.



**Gráfico 5** - Gráfico Box-Plot da assimetria entre as áreas de interesses dorsal 3 e 4.



**Gráfico 6** - Gráfico Box-Plot das assimetrias entre as áreas de interesses dorsal 5 e 6.

#### 4.2.4 – Análise de Assimetria

Para um melhor estudo das assimetrias, foram efetuadas análises das temperaturas obtidas nas áreas de interesses, distribuídas nos dois hemisférios, em cada intensidade de esforço proposta.

A temperatura média registrada nestas áreas, foi comparada com aquela tida como referência de normalidade. As assimetrias encontradas para cada área de interesse podem ser vistas nas tabelas 9-12. O resultado destas assimetrias, aqui denominadas de “assimetria obtida”, foi comparada com os valores apresentados.

O maior gradiente de temperatura obtido foi de 0,54°C e o menor foi de -0,04°C para as áreas do tórax peitoral (AF<sub>1</sub>-AF<sub>2</sub>) na intensidade de 80% e na região do braço anterior (AF<sub>3</sub>-AF<sub>4</sub>) respectivamente. Foi considerada assimetria positiva as temperaturas nas regiões que resultaram um gradiente de temperatura superior àquele que é o previsto para a normalidade. Esta assimetria ocorreu na área de interesse tórax peitoral nas intensidades de 80% e 90% com diferenças de 0,54°C e 0,48°C respectivamente, cuja assimetria considerada normal é de 0,20°C ± 0,19°C (Tabela 10-11).

**Tabela 7** -Comparação de assimetrias das regiões de interesse (hemipares) na intensidade de 70%.

Esforço Proposto 70%					
Área de Interesse	Temperatura (°C)				Assimetria
	Direito	Esquerdo	Assimetria Obtida	Assimetria UEMATSU	
TóraxPeitoral	30,45	30,2	0,25	0,20 ± 0,19	N
Braço Anterior	30,14	30,04	0,10	0,27 ± 0,23	N
Antebraço Volar	29,71	29,41	0,30	0,25 ± 0,21	N
Tórax Posterior	29,56	29,46	0,10	0,20 ± 0,17	N
BraçoPosterior	29,99	29,95	0,04	0,39 ± 0,26	N
Antebraço Dorsal	29,70	29,50	0,10	0,31 ± 0,22	N



**Tabela 8-** Comparação de assimetrias das regiões de interesse (hemipares) na intensidade de 80%.

Intensidade Proposta 80%					
Área de Interesse	Temperatura (°C)				Assimetria
	Direito	Esquerdo	Assimetria Obtida	Assimetria UEMATSU	
<b>Tórax Peitoral</b>	<b>31,50</b>	<b>30,96</b>	<b>0,54</b>	<b>0,20 ± 0,19</b>	<b>S</b>
Braço Anterior	30,47	30,37	0,10	0,27 ± 0,23	N
Antebraço Volar	30,20	30,13	0,07	0,25 ± 0,21	N
Tórax Posterior	29,52	29,52	0,00	0,20 ± 0,17	N
Braço Posterior	29,31	29,24	0,07	0,39 ± 0,26	N
Antebraço Dorsal	29,38	29,28	0,10	0,31 ± 0,22	N

**Tabela 9** -Comparação de assimetrias das regiões de interesse (hemipares) na intensidade de 90%.

Intensidade Proposta 90%					
Área de Interesse	Temperatura (°C)				Assimetria
	Direito	Esquerdo	Assimetria Obtida	Assimetria UEMATSU	
<b>Tórax Peitoral</b>	<b>29,56</b>	<b>29,13</b>	<b>0,43</b>	<b>0,20 ± 0,19</b>	<b>S</b>
Braço Anterior	28,58	28,62	-0,04	0,27 ± 0,23	N
Antebraço Volar	28,51	28,35	0,16	0,25 ± 0,21	N
Tórax Posterior	29,41	29,28	0,13	0,20 ± 0,17	N
Braço Posterior	29,74	29,76	-0,02	0,39 ± 0,26	N
Antebraço Dorsal	29,52	29,38	0,13	0,31 ± 0,22	N

**Tabela 10** -Comparação de assimetrias das regiões de interesse (hemipares) na intensidade máxima.

Intensidade Proposta Máxima
-----------------------------

Área de Interesse	Temperatura (°C)				Assimetria
	Direito	Esquerdo	Assimetria Obtida	Assimetria UEMATSU	
Tórax Peitoral	29,49	29,50	- 0,01	0,20 ± 0,19	N
Braço Anterior	28,86	28,82	0,04	0,27 ± 0,23	N
Antebraço Volar	28,81	28,71	0,10	0,25 ± 0,21	N
Tórax Posterior	29,68	29,60	0,07	0,20 ± 0,17	N
Braço Posterior	30,01	30,01	0,00	0,39 ± 0,26	N
Antebraço Dorsal	29,86	29,66	0,20	0,31 ± 0,22	N

Também foi utilizado o Teste t pareado, para determinar se existiram assimetrias ou diferenças significativas nos valores médios das mesmas áreas de interesse feitas sob duas condições diferentes. Nesse sentido, foi encontrada diferença significativa somente entre os hemipares AD3 e AD4 ( $p=0,009$ ), que se referem à região de interesse “Área do Braço Posterior Direito e Esquerdo” (tríceps). Nas demais áreas de interesse não houve significância estatística ( $P>0,05$ ).

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

---

O presente estudo investigou os efeitos da intensidade do exercício sobre a temperatura da pele em nadadores. A caracterização dos sujeitos, objetos deste estudo, foi fundamental para a interpretação dos dados, pois resultados diferentes poderão ser obtidos em treinados e não treinados (GRZEGORZ, AJ et al, 2014). O grupo que compôs a amostra foi classificado segundo a tabela de pontos FINA, a fim de facilitar avaliações ou comparações longitudinais futuras. Os poucos trabalhos com TIV e cargas incrementais em nadadores encontrados na literatura científica, não fazem referência a este tipo de classificação. Este parâmetro é de suma importância para classificar o nível de desempenho dos atletas que compõem a amostra.

Vale ressaltar que a amostra foi composta por nadadores das idades juvenis, participantes de campeonatos nacionais ou internacionais da categoria, nas quatro técnicas de nado, porém todos realizaram o teste na técnica do nado crawl, sendo que quatro eram especialistas na modalidade, e todos realizavam treinamentos diários nesta técnica.

O nível médio de esforço, obtido para as intensidades pré-estabelecidas, foi muito próximo do previsto, embora a ausência de instrumento eletrônico (*pacemaker*) para controle regular da velocidade durante as repetições. As intensidades médias obtidas foram de 72,82%, 81,05%, 86,14% e 90,28% para as intensidades estimadas de 70%, 80%, 90% e máxima. Deve-se enfatizar que os percentuais para cálculo das intensidades, foram baseados no pico de cada desempenho individual, o melhor tempo obtido, todos em situação de competição, ocasião em que os atletas estavam descansados ou em polimento, usavam trajes de alta tecnologia, estavam suplementados e tão somente realizaram um esforço máximo com saída do bloco, situação totalmente diferente da encontrada durante esta avaliação.

O acúmulo do lactato foi exponencial, cujos valores médios para as intensidades propostas, foram de 3,59 mmol<sup>-1</sup>, 6,23 mmol<sup>-1</sup>, 10,24 mmol<sup>-1</sup> e 12,52 mmol<sup>-1</sup> respectivamente, acompanhando o crescimento das velocidades. Logo se o impacto das intensidades das cargas pode ser expresso por variáveis fisiológicas, dentre as quais a lactacidemia e a carga externa pelo percentual da velocidade máxima da distância efetuada (ALVES, 2000; TEIXEIRA & RAMA; 2004), podemos supor que a temperatura da pele também reflete o impacto da carga realizada produzida pelo corpo e transmitida através da pele ao meio ambiente.

A temperatura do corpo tem a tendência de aumentar pelo exercício físico, promovendo dilatação dos vasos periféricos, o que facilita a irradiação de calor na superfície da pele (GUYTON, 2002). Se a tecnologia da TIV tem a propriedade de identificar pela temperatura, os músculos com mais ou menos atividade durante o exercício (NOVOTNY, J., 2011), o presente estudo demonstra o perfil, as modificações de calor no nadador pela pele, em esforços progressivos e que a elevação de temperatura da pele ocorre progressivamente até um determinado grau de intensidade, respondendo aos fatores fisiológicos demandados pelo esforço.

As áreas de interesse foram divididas nos planos frontais e dorsais, e em cada plano foi dedicada especial atenção às áreas dos principais grupos musculares dos braços e tronco envolvidos no ato de nadar. Os padrões de temperatura regionais acompanham os achados na  $\Delta t$  geral, porém ressaltam dois padrões diferenciados de temperaturas de acordo com a área. As temperaturas médias obtidas para as AI frontais tiveram um aumento de 1.6°C na média, e para as AI dorsais um aumento de 1.1°C na média, entre as coletas feitas pós-aquecimento e as coletas que apresentaram maior valor de temperatura. No contraponto deste achado, Zaidi et al. (2007), encontrou um aumento de 2°C para o nado crawl, para somente um sujeito em protocolo diferente.

A maior média de elevação da temperatura encontrada, durante o exercício proposto, tanto frontal como dorsal, ocorreu após o segundo bloco de repetições (2 x 3 x 100), em carga média de 81,05% do esforço máximo, a qual foi coletada aproximadamente no 13º minuto após o início do exercício, sendo que desta duração parcial, metade foi em esforço e metade em transição.

Estes achados correspondem ao encontrado na revisão de literatura, embora não tenham sido realizadas com TIV, que mostraram um aumento da temperatura central após esforços em natação máxima e submáxima quando realizados em água com temperatura igual ou superior a 26°C (COSTILL et al. 1967, HOLMER & BERGH, 1974, GALBO et al., 1979 in MOUGIUS & DELIGIANNIS, 1993). Também correspondem aos obtidos por WADE & VEGHTE (1977), ONDE após imersão de cinco minutos, quatro nadadores, tiveram as temperaturas aumentadas na região do deltoide, trapézio, tríceps e bíceps braquial e peitoral, medidas por TIV, após nadaram a distância de 500m em ritmo de treino, regiões onde a perda de calor pode ocorrer.

Observando os resultados da  $\Delta t$ , pode-se verificar que a variação temperatura foi de 0,2°C, após o primeiro bloco de esforço estimado em 70%. No segundo bloco de esforço, estimado em 80%, é que se encontraram as temperaturas mais altas, sendo a  $\Delta t$  média de 1,6°C para todas as AIF, variação esta bastante elevada. Para as AID, o mesmo padrão das AIF foi encontrado, ou seja, as temperaturas mais altas ocorreram no

segundo bloco de esforço, porém com média de variabilidade em 1,1°C, demonstrando que estas áreas, durante o nado, aquecem menos que as AIF.

Embora o esforço tenha aumentado, bem como o acúmulo de lactato, a temperatura média decresceu em ambos os planos, na média 1,2°C nas AIF e 0,5°C nas AID e que confirma com os resultados encontrados em homens em esforços aeróbios e anaeróbios em bicicleta, onde as temperaturas subiram para os esforços aeróbios e posteriormente baixaram para os esforços anaeróbios (HILDEBRANDT et al., 2010).

Após o esforço de intensidade máxima, a temperatura média já estabilizada, sofre um leve aumento, sendo a  $\Delta t$  de 0,25°C e 0,13°C nas AIF e 0,5°C nas AID. Este estudo corrobora com outros estudos, pois no aumento de esforço foi encontrado um aumento da temperatura, seguido de uma diminuição desta temperatura (CAMPION, 2000). O mesmo resultado foi encontrado em nadadores que percorreram 500m em limiar anaeróbio (DE JESUS, K et al., 2013).

A pele é o maior órgão do corpo humano e serve como termorregulador. Controlado por impulsos nervosos gerados pelo hipotálamo, o sistema é anatomicamente e fisiologicamente simétrico. Por esta razão o interesse na assimetria aumentou com o advento do uso da TIV (UEMATSU et al., 1988). Para reduzir este viés subjetivo, as assimetrias foram quantificadas (Tabelas 7-10). A variação termal entre os lados é pequena, porém uma assimetria maior que as consideradas dentro da normalidade, poderão indicar alguma disfunção.

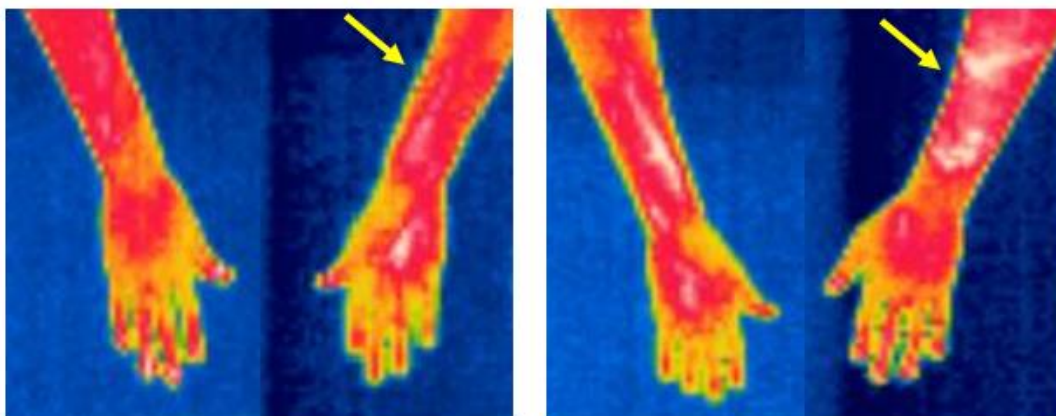
Em natação, especialmente na técnica do nado crawl, o fator mais importante é o deslocamento para a frente, proporcionado basicamente pelos membros superiores. Lesões são comumente encontradas em nadadores, por exemplo nos ombros. A dissociação da cintura escapular durante os movimentos dos braços em natação, pode favorecer o aparecimento de desequilíbrios musculares (SECCHI et al, 2010). Em sendo a natação, uma modalidade cíclica, conhecer a amplitude e a forma com que o nadador utiliza as forças durante as braçadas é importante para a análise do desempenho (MORÉ, CARPES & CASTRO, 2007), principalmente em razão da necessidade de simetria entre estas forças propulsivas. Essa simetria é mantida pela regularidade dos movimentos. A técnica do nado crawl, avaliado neste estudo, é decorrente da alternância de braçadas e a simetria das mesmas é fundamental para reduzir a fadiga, evitar lesões e principalmente melhorar o desempenho. Desta forma, sustentar, inalterar e aperfeiçoar a simetria ao longo da execução, desde o treinamento até a competição, será primordial para o sucesso do nadador.

Em função da intensidade, a temperatura aumentou e ressaltou assimetria predominante à lateralidade dos sujeitos. É assumido que a diferença de temperatura entre áreas simétricas não deva exceder a 0,5°C (FREITAS, 1999). Os achados demonstraram variações térmicas assimétricas (Tabelas 10-11) acima da normalidade para a região do Tórax Peitoral, embora para pessoas normais em repouso. Essas variações acima dos padrões assimétricos considerados normais ocorreram nos esforços realizados nas intensidades de 80% e 90%. A região apresentou assimetrias de 0,54°C e de 0,43°C para o lado direito enquanto que a referência de normalidade recomendada por UEMATSU et al. (1988) é de apenas  $0,20 \pm 0,19^\circ\text{C}$ .

Se as alterações das temperaturas nas áreas de interesse são por mudanças funcionais (CHUDECKA, 2013), supõe-se que as alterações térmicas encontradas se devem basicamente às mecânicas dos movimentos executados, ainda que o lado de predominância da respiração fosse o mesmo (n=10). Esses achados podem levar a descobertas de erros mecânicos pela má execução da técnica durante o intraciclo da braçada e/ou pela assimetria em executar a mesma mecânica.

Não foi previsto, nenhuma medida com dinamômetros, para avaliar os segmentos. Os nadadores que apresentaram esta variância acima da normalidade têm como padrão ou lado preferencial para a respiração e giro da cabeça, o lado oposto do aquecido, ou o lado esquerdo (n=10). Embora tenham sido colocadas duas câmeras de vídeo para captura de imagens, estas estavam enquadradas para captura de até no máximo dois ciclos completos de braçadas, o que impossibilitou a análise total do padrão de braçadas, com vistas a maiores dados para interpretação das razões desta assimetria.

Em se tratando de desempenho, não se pode refutar o parâmetro da individualidade. No estudo, um dos sujeitos apresentou grande assimetria térmica na RI AF5xAF6 (+0,8°C), mantendo o mesmo padrão para a região dorsal AD5 x AD6 (0,5°C) entre os esforços de 80% e máximo, possivelmente indicando uma maior tração, ou maior aplicação de força causando maior dispêndio de energia para aquele segmento e conseqüentemente maior aquecimento (Figura 13).



**Figura 13**—Termogramas dos antebraços (esquerdo e direito) na vista frontal e dorsal.

No plano dorsal, os resultados entre as áreas AD1xAD2 e AD5xAD6 mesmo entre as intensidades progressivas, apresentaram pouquíssima variação ou aumento de temperatura e assimetria dentro das normalidades, porém nas áreas AD3xAD4 (tríceps) apresentaram altíssima assimetria. Para explicar este fenômeno, uma análise cinemática tridimensional deveria ser realizada.

Por fim, os poucos estudos de TIV em esforço podem oferecer um gama de interpretações, porém estão intimamente ligadas as particularidades daquela modalidade pesquisada, como por exemplo, no voleibol (CHUDECKA & LUBKOWSKA, 2012), onde os sujeitos permanecem vestidos e o aumento de temperatura foi no dorso. Assim embora a temperatura possa ter um comportamento padrão, deve-se levar em conta a especificidade em si, principalmente com a natação, onde os nadadores estão no meio líquido, sujeitos à pressão hidrostática e a troca de calor com o meio. Se estudos já citados anteriormente demonstraram queda na temperatura corporal após exercícios em diferentes intensidades ou com o aumento dela, os achados aqui encontrados seguem o mesmo comportamento, embora em situações totalmente distintas e o aumento parecendo estar próximo dos limiares anaeróbios.

O achado demonstra claramente a necessidade de outras avaliações biomecânicas conjuntas para detectar ou explicar esses comportamentos, principalmente no que tange a padrões técnicos, evidenciando que a aplicação do referido instrumento biomecânico (TIV) deva ser utilizado individualmente. O uso da TIV, assim como foi utilizada no presente estudo, mostra-se como uma nova possibilidade de ferramenta biomecânica para avaliação de nadadores, pois é não invasiva e tem o feedback imediato. Assim, será muito importante e útil que este estudo seja replicado nos demais estilos, no nado combinado, em fundistas e maratonistas, para que se

obtenham novas informações que irão contribuir para um melhor entendimento da obtenção da performance em natação e que venham a contribuir, somar e comparar aos presentes resultados.



## 6. CONCLUSÃO

---

De acordo com o que foi o propósito deste estudo, de analisar a variação da temperatura cutânea em diferentes áreas corporais, por termografia infravermelha, em nadadores juvenis, após cargas de intensidade progressivas em piscina, pode-se constatar variações importantes na temperatura da pele.

Os achados neste estudo correspondem às variações térmicas já descritas na literatura, embora realizados em outras modalidades, condições de esforço ou método de avaliações diferentes. A temperatura cutânea aumentou em nível de esforços aeróbios e diminuiu em nível de esforços anaeróbios, baseada nas porcentagens médias de esforços realizados, bem como no acúmulo de lactato sanguíneo.

Através da TIV ficaram evidenciadas assimetrias em função das intensidades nas áreas de interesses selecionadas correspondentes a mecânica das braçadas do nado crawl. Essa assimetria ficou bem caracterizada para os hemicorpos referentes a região do peitoral e tríceps. A TIV permitiu uma avaliação refinada da temperatura dos membros, decorrentes de sua ação motora, e variável de acordo com a individualidade do sujeito, sendo assim, dependente de parâmetros fisiológicos e biomecânicos conforme apontou os dados.

A TIV é um método de avaliação não invasivo e de fácil portabilidade. Em esforço físico é notório, a individualidade biológica do sujeito. O acesso rápido a informação pela TIV durante os treinamentos, pode ultrapassar o uso como instrumento de diagnóstico médico (p.e. detecção de lesões por *overuse*), assim recomendo o uso da TIV como ferramenta biomecânica na busca de informações fisiológicas rápidas sobre o desempenho técnico individual, com o objetivo de complementar o trabalho dos treinadores durante as sessões de treinamento.

Ao demonstrar diferenças razoáveis nas temperaturas em hemipares, pode-se sugerir que possa estar ocorrendo algum distúrbio na mecânica ou execução no ato de nadar, no caso a braçada, devendo ser investigadas as causas, visando dirimir e reduzir estas variações, além de fornecer elementos tangíveis aos treinadores para as modificações cabíveis a melhoria do desempenho.

As coletas foram realizadas em período de treinamento intenso e perto de competições alvo. Por serem medidas totalmente individualizadas, recomenda-se o uso da TIV em diferentes fases da temporada de treinamento para um acompanhamento e estudo longitudinal.

Foi medida a  $\Delta t_{da}$  pele em relação à determinada velocidade de nado, porém o desempenho do sujeito em natação poderá mudar em relação a uma redução de forças resistivas, ou aumento das forças propulsivas ou a combinação destes dois fatores. Sendo assim, sugere-se replicar estes estudos com design estatístico diferente, do tipo single design, onde o sujeito passa a ser o próprio controle, pela repetição dos testes, bem como nas outras modalidades de técnica de nado, bem como em maratonistas aquáticos.

Outra possibilidade de replicar este estudo é realiza-lo em diferentes condições de treinamento, devido às dimensões continentais do Brasil, tais como distintas regiões e climas, horários e equipamentos cobertos e descobertos.

Conclui-se que a TIV é um diferencial para as análises biomecânicas e fisiológicas, o qual aponta para variáveis não percebidas por treinadores em práticas, treinamentos ou até mesmo nas avaliações tradicionais, o que ainda recomendo o uso inclusive em competições.

## 7. BIBLIOGRAFIA

---

ADAMCYK, JG. et al., Thermographic evaluation of lactate level in capillary blood during post-exercise recovery, **Kinesiology**, (46):2,186-193, 2014.

ALVES, Francisco. O treino de Resistência e as Zonas de Intensidade. **Cad Téc Nat**, 8. Oeiras, 2000.

American Red Cross, SAC Instructor Information Water **Temperaturefor Aquatic Instruction**, 2012. Disponível em: <[http://www.instructorscorner.org/media/resources/SAC/Instructor%20Information%20Water%20Temperature%20for%20Aquatic%20Information%20Final%20for%20Posting%203\\_30\\_12.pdf](http://www.instructorscorner.org/media/resources/SAC/Instructor%20Information%20Water%20Temperature%20for%20Aquatic%20Information%20Final%20for%20Posting%203_30_12.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2013.

ANDERSON, M. Performance and physiological monitoring of highly trained swimmers. **B.App.Sci**. Tese apresentada para o grau de Doutorado. University of Canberra, 2006.

ARFAOUI, A., et al. (2012). Infrared Thermography in Sports Activity, **Infrared Thermography**, Dr. Raghu V Prakash (Ed.), ISBN: 978-953-51-0242-7, InTech, DOI: 10.5772/30268. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/infrared-thermography/infrared-thermography-in-sports-activity>>>. Acesso em 18 Nov 2012.

ASCHOFF, J. Circadian Control of Body-Temperature. **J Therm Biol**. 1983; 8(1-2):143-7.

BALBINOT, LF. et al. Plantar thermography is useful in the early diagnosis of diabetic neuropathy. **Clinics**, v. 67, n. 12, p. 1419-1425, 2012.

BARBOSA et al. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. **J Sci and Med Sp**. (13) 2, p.262-269, March 2010.

BASFORD, JR. Agentes físicos. In: O'YOUNG, B.; YOUNG, MA. STIENS, SA. **Segredos em Medicina Física e de Reabilitação**: respostas necessárias ao dia-a-dia em rounds, na clínica, em exames orais ou escritos. Porto Alegre: Artmed, 2000.

BATES, A. & HANSOS. **Exercícios Aquáticos Terapêuticos**. 1ª ed., Manole, São Paulo, p.21-32, 1998.

BECKER, BE & COLE AJ. **Comprehensive Aquatic Therapy**, Butterworth-Heinemann, Boston, p.16-28, 1997.

BECKER, BE & COLE AJ. **Terapia aquática Moderna**. Manole, São Paulo, 2000.

BECKER, BE. Aquatic Physics. In: Ruoti RG, Morris DM e Cole AJ. **Aquatic Rehabilitation**. New York, Lippincott, p.15-24, 1997.

BERTMARING, IC. **Using Thermography to Evaluate the Effects of Arm Flexion and Loading on the Anterior Deltoid during a Simulated Overhead Task**. 79p. Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Master of Science in Industrial and Systems Engineering. 4-13-2006, 79p. Blacksburg, Virginia.

BLATTEIS, CM. **Physiology and pathophysiology of temperature regulation**. World Scientific, 1998.

BLOMFIELD J.; FRIECKER,P.; FITCH, K. **Textbook of Science and Medicine in Sport**. Champaign, vol III: Human Cinetics Books; 1992.

BOOKSPAN, Jolie. Efeitos fisiológicos da imersão em repouso. Em: Ruoti RG, Morris DM e Cole AJ, **Reabilitação Aquática**. São Paulo, Ed. Manole, 2000.

BRANDT, RA.,PICHOWSKY, MA. Conservation of energy in competitive swimming. **J Biomech.** Aug;28(8), p.925-33, 1995.

BRUNO, AA. et al. Meios físicos em Reabilitação. In: LIANZA, Sérgio. **Medicina de Reabilitação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

BUCKHOUT, Bradley C.; WARNER, Mark A. Digital perfusion of handball players Effects of repeated ball impact on structures of the hand. **The Amer J Sp Med**, v. 8, n. 3, p. 206-207, 1980.

CAMPION, MR.**Adult Hydrotherapy: A Practical Approach**. Heinemann Medical Books: Oxford, 1990.

CAMPION, MR. **Hidroterapia: Princípio e Prática**. 1ª ed., São Paulo, Manole, p.14-22. 1999.

CAPUTO, F. et al. Fatores intrínsecos do custo energético da locomoção durante a natação. **Rev Bras Med Esp**. 12(6), 2006.

CAROMANO, F A.; THEMUDO FILHO, M R F.; CANDELORO, J M. **Efeitos fisiológicos da imersão e do exercício na água**. Rev. Fisiot. Brasil, São Paulo, n.4, jan/2003. Disponível em: <<http://www.poolterapia.com.br>>. Acesso em: 19 abr. 2013.

CAROMANO, FA., NOWOTNY JP. Princípios físicos que fundamentam a hidroterapia. **Fisiot Br..3(6)**. 2002.

CASTRO, J. Thermal Imaging and Fitness. Disponível em: <<http://www.flir.com/WorkArea/linkit.aspx?LinkIdentifier=id&ItemID=50051&libID=62965>>. Acessado em 26 set.2013.

CHARKOUDIAN, Nisha. Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why. In: **Mayo Clinic Proceedings**. Elsevier, 2003. p. 603-612.

CHATARD, JC. LAVOIE, JM. LACOUR, JR. Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. **Eur J Appl Phys Occup Phys.**, 61 (1-2), p88-92, 1990.

CHUDECKA, M,LUBKOWSKA,A.The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature.**Hum Mov.** vol. 13 (1), p. 33-39, 2012.

ČOH, M, ŠIROK, B. Use of the thermovision method in sport training. **Phys Ed Sport**. (5)1.,85–94. 2007.

ČOH, M,et al. Uporaba termovizije pri športnem treningu. **Šport**55, 2007,

COLE AJ. **Aquatic Rehabilitation**.Lippincott. Philadelphia, 1997.

COLWIN, CM. **Swimming into the 21st century**. Champaign: Leisure Press. 1992.

COSTA, CMA. Técnicas de mensuração da temperatura corporal: uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia. Tese apresentada para o grau de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, (2012) Disponível em:<<http://www.ufjf.br/pgedufisica/files/2010/06/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Carlos-Magno.pdf>>. Acesso em 15 de dezembro de 2014.

CUEVAS, IF, SILVA, RG, Pereira, JC e Marin, JCB. Effect of endurance, speed and strength training on skin temperature measured by infrared thermography: a systematic review. **Rev Andal Med Dep.** (5)3:113-117, 2012.

CUNNINGHAM, J. Método Halliwick, In: Ruoti RG, Morris DM e Cole AJ. **Aquatic Rehabilitation**, cap. 16. Lippincott: Philadelphia, 1997.

DE JESUS, K. et al. Thermography in front crawl swimming at anaerobic threshold intensity. **Thermology Intern.** (22)3:107-108,2012.

DEKERLE, J., et al. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **Europ J Ap Phys.** v. 89.3-4, p. 281-288, 2003.

DIAKIDES, NA. & BRONZINO, JD. Medical Infrared Imaging. CRC Press, 2008.

DI PRAMPERO, P. E., PENDERGAST, D. R., WILSON, D. W. and RENNIE, D. W. Blood lactic acid concentrations in high velocity swimming. **Swimming Medicine** 1. University Park Press, 249-261., 1978.

FEBRAIO, MA. Does muscle function and metabolism affect performance exercise in the heat? **Exerc Sport SCI Rev.** 28:171-6, 2000.

FEBRAIO, MA. Et al. Effect of epinephrine on muscle glycogen utilization during exercise in trained man. **J Appl Physiol**, 84, 465-70,1998.

FERNANDES, AA et al. Evaluation of skin temperature during exercise by infrared thermography: a systematic review. **R Andal Med del Dep.** (5)3:2012.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. et al. Reliability and Reproducibility of Skin Temperature of Overweight Subjects by an Infrared Thermography Software Designed for Human Beings. **EAT2012 Book of Proceedings** –Appendix 1 of Thermology international (22)3:2012, p. 130.2012.

FINA RULES.

Disponível em:<[http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com\\_content&view=article&id=284:sw-7-breaststroke&catid=82:swimming-rules&Itemid=184](http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_content&view=article&id=284:sw-7-breaststroke&catid=82:swimming-rules&Itemid=184)>. Acesso em 13 set. 2014.

FOLEY, K. Dor. In: CECIL, RF. **Tratado de Medicina Interna**. 20ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,v2. 1997.

FRACAROLLI,JL. **Análise Mecânica dos Movimentos Gímnicos e Esportivos**. 3ª ed., Cultura Médica: Rio de Janeiro, 1998.

FRANKEN M, ZACCA, R., Castro FAS. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação.**Motriz**, Rio Claro, (17)1, p.209-22, 2011.

FRANKEN M. e al. Esforço percebido e cinemática em percentuais da velocidade crítica na natação.**Motriz**, Rio Claro, v.17 n.4, p.708-718, out./dez. 2011.

FREITAS JR, GC. A Cura pela Água – **Hidrocinesioterapia**: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Rio, 2005.

GANONG, WF. **Fisiologia Médica**. 19. ed. Rio de Janeiro: McGrawHill, 1999.

GARCIA, EAC. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 1998.

GATTI, RGO et al. Respostas fisiológicas e biomecânicas de nadadores em diferentes intensidades de nado. **Rev. Bras. Cineantropom. Desemp Hum**, v. 6, n. 1, p. 26-35, 2004.

GIL, A. C. (2010). **Como elaborar projetos de pesquisa**. (5a ed.). São Paulo: Atlas.

GILLILAND, R P.. Uma Perspectiva Médica em Fibromialgia. In: CHAITOW, Leon. **Síndrome da Fibromialgia: Um Guia para o Tratamento**. São Paulo: Manole, 2002.

GUIRRO, ECO; GUIRRO, RRJ. **Fisioterapia Dermatofuncional**: fundamentos, recursos, patologias. 3. ed. Barueri: Manole, 2002.

GRZEGORZ, AJ. et al. Usage of Thermography as Indirect Non-Invasive Method of Evaluation of Physical Efficiency. Pilot Study. **PedagogicsPsychology**. (3) 90-94, 2014.

GUYTON, AC.; HALL, JE. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10ª. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física 2-** Gravitação, Ondas, Termodinâmica. 8ªed. Rio de Janeiro, LTC, 2012.

HARMER, Alison R. et al. Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. **J App Phys**, v. 89, n. 5, p. 1793-1803, 2000.

HILDEBRANDT, C. et al. The Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine. Disponível em: <[http://cdn.intechopen.com/pdfs/28453/InTech-The\\_application\\_of\\_medical\\_infrared\\_thermography\\_in\\_sports\\_medicine.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/28453/InTech-The_application_of_medical_infrared_thermography_in_sports_medicine.pdf)>. Acesso em 18 abr. 2013.

HOLMER, I. Energy Cost of Arm Stroke, Leg Kick, and the Whole Stroke in Competitive Swimming Styles. **Europ. J. Appl. Physiol.** (33), 105-118, 1974.

HOLMER, I. Impact of environmental factors on swim training and performance. **Kinesiology**. Vol. 2, No. 1, pp. 51-55, 1997.

HUTTUNEN, P. et al. Effects of long-distance swimming in cold water on temperature, blood pressure and stress hormones in winter swimmers. **Journal of Thermal Biology**, v. 25, n. 1, p. 171-174, 2000.

JIANG, L.J., et al. A perspective on medical infrared imaging. **J. Med. Eng. Technol.**, 29 (6), pp. 257–267, 2005.

KELLOGG JR, DEAN, L.; PERGOLA, PE. Skin responses to exercise and training. **Exerc Sp Sc**. Kirkendall DT. p. 239-250, 2000.

KEMPINSKA, A., CHUDECKA, Thermal presentation of physical effort of the third year students at the University of Szczecin (the Physical Education Institute) during the

scheduled swimming classes [in Polish]. In: Bulicz E. (ed.), *Potęgowanie Zdrowia*. Politechnika Radomska, Radom, p.331–336. 2003

KESKINEN, KL. RODRÍGUEZ, AF, KESKINEN, OP et al. Human Cardiorespiratory Responses to Resting Water Immersion to the Neck with changing body positions. ONS. In: **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**, ed Chatard JC, 2002.

KESKINEN, KL. State of the Art on Swimming Physiology and Coaching Practice:In **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. Ed. J. P. Vilas-Boas, F. Alves, A. Marques, p. 285-287, 2006.

KESKINEN, KL. KOMI, PV. RUSKO, H. A Comparative Study of Blood Lactate Tests in Swimming. **Int J Sports Med**, 10(3):197-201. 1989.

KEYL, W., & LENHART, P. Thermography in Sport Injuries and Lesions of the Locomotor System due Sport. **Fortschr. Med.**, 93(3), 124-126. 1975.

KIRCHOF, APC. O Efeito do Banho de Imersão Termorregulador em Banheira de Hidromassagem na Qualidade de Vida de Mulheres com Fibromialgia, (2005) Monografia, Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2005. Disponível em:<<http://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23441.pdf>>. Acesso em: 21 mar 2013.

LEHMUSKALLIO, Eero; HASSI, Juhani; KETTUNEN, Päivi. The skin in the cold. **International journal of circumpolar health**, v. 61, n. 3, 2002.

LeVEAU, B &LISSNER,W. **Biomechanics of Human Motion**. 2<sup>a</sup> ed., Saunder: Philadelphia, 1997.

LOSSOW, JF; FRANCONI, CA; LOSSOW, WJr. **Anatomia e Fisiologia Humana**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.

LIU, C., van NETTEN, JJ., van BAAL, JG et al. Automatic detection of diabetic foot complications with infrared thermography by asymmetric analysis. **J. Biomed. Opt.** 20(2), 2015.

LUCENA, C. **Hiper e Hipo termoterapia**. Curitiba: Lovise, 1991.

MAGLISCHO, EW. **Swimming Fastest**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2003.

MANNING, B, STOLLERMAN, GH. Hypothermia in the elderly. **Hosp Pract.**;28(5),p.53-60. 1993.

MATOS CC, CASTRO FAS. Variabilidade do lactato sanguíneo em resposta a nadões de aquecimento e de máxima intensidade. **R Bras Cien e Mov**.21(1):98-106, 2013.

MCLEOD, Ian. **Swimming anatomy**. Human Kinetics, 2010.

MERLA, A.; MATTEI, PA.; diDONATO, L., ROMANI, GL. Thermal Imaging of Cutaneous Temperature Modifications in Runners during Graded Exercise. **Annals of Biomedical Engineering**, 38:1,p.158–163. 2010.

MONTPETIT, RR, LEGER, LA, LAVOIE, JM, CAZORLA, G. VO<sub>2</sub> peak during free swimming using the backward extrapolation of the O<sub>2</sub> recovery curve. **Eur J Appl Physiol**. (47) p.385-91. 1981.



MORÉ, Felipe Collares; CARPES, Felipe Pivetta; CASTRO, FA de S. Simetria das forças no nado crawl: influência da respiração. In: **Anais do XII Congresso Brasileiro de Biomecânica. São Paulo.** 2007. p. 518-23.

MORRIS,DM. Reabilitação Aquática do Paciente com Prejuízo Neurológico in Ruoti, RG, Morris, DM, Cole AJ. **Reabilitação Aquática.** São Paulo, Ed. Manole, p.117-18, 2000.

MOUGIUS, V.; DELIGIANNIS,A.Effect of water temperature on performance, lactate production and heart rate at swimming of maximal and submaximal intensity. **J Sports Med and Phys Fit.**33(1), p.27-33.1993.

NADEL ER, HI. Et al.Energy exchanges of swimming man. *J Appl Physiol* 36: 465–471, 1974.

NOVOTNÝ, J. Thermographic changes in overloaded back muscles of people with sedentary job. *Research Methods and Performance Analysis.*University of West Hungary,p.120-123, 2011.

OLIVEIRA, CA. Termografia – exame 100% seguro, não tem dor e não é invasiva. Disponível em:<<http://www.mundosemdor.com.br/termografia-exame-100-seguro-nao-tem-dor-e-nao-e-invasiva/#sthash.f2tFY0gV.dpuf>. >. Acesso em 20 set 2013.

OKUNO, E., CADAS, IL., CHOW, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas.** Ed. Harbra, São Paulo, 1982, cap. 11.

OVANDO, AC; WINKELMANN, ER; EICKHOFF, HM. O comportamento da frequência cardíaca e da pressão arterial durante imersão aquática a diferentes temperaturas em repouso. **Fisioter. Brasil**, Rio de Janeiro, v.7, n.4, jul.- ago., 2006.

PAPANÉK, PE. Regulação da temperatura. In: RAFF, H. **Segredos em Fisiologia:** respostas necessárias ao dia-a-dia em rounds, na clínica, em exames orais ou escritos. Porto Alegre. Artmed, 2002.

PLASSMANN, P, RING, EFJ and JONES, CD. Quality assurance of thermal imaging systems in medicine **Thermol. Int.** (16), 10–5. 2006.

HOWLEY, E. T.; POWERS, S. K. **Fisiologia do Exercício:** Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. São Paulo: Manole, 2000.

PYNE, DB, LEE, H, and SWANWICK, KM. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. **Med Sci Sports Exerc** 33:291–297, 2001.

PRECHT et al. **Temperature and life.** Berlin Heidelberg New York: Springer, 1973.

RING EFJ et al. The Technique of Infrared Imaging in Medicine. **Thermology International.** 10(1), 7-14. 2000.

ROGLIC, G et al. Thermovisional Detection of Viral Muscle Infections in Athletes in **Proceedings of the 5th International Congress Youth Sport**, Ljubljana. p.299-302, 2010.

RUOTI, RG.; MORRIS, DM.; COLE, AJ. **Reabilitação Aquática.** São Paulo: Manole, 2000.



SALLES PG, MATARUNA, L. Natação para Bebês. Retrato da realidade em Nova Iguaçu – RJ. **Lecturas: Educación Física y Deportes**(96), 2006.

SALVADOR, JP; SILVA, QF; ZIRBES, MGM. Hidrocinesioterapia no tratamento de mulheres com fibromialgia: estudo de caso. **Rev. Fisiot.Univ.** São Paulo, São Paulo, v.11, n.1, p.27-36, jan.-abr., 2005.

SECCHII, L B.; MURATTII, Mavi Diehl; ANDRADE, N VS; et al.; Grevellsokinetic trunk dynamometry in different swimming strokes. **Acta Ortop. Bras.** vol.18 no.5 São Paulo, 2010.

SILLERO-QUINTANA, M et al. Effect of Yoga and Swimming on Body Temperature of Pregnant Women. **EAT2012 Book of Proceedings.** Appendix 1 of Thermology International 22/3. 143, 2012.

SKINNES, AT & THOMSON, AM. Duffield: **Exercícios na Água.** 3ª ed., São Paulo, Manole.1985.

SONG, WJ., WEINBAUM, S., JIJI, LMA. A theoretical model for peripheral tissue heat transfer using the bioheat equation of Weinbaum and Jiji. **J Biomed Eng,** v.109, p.72-74, 1987.

TEIXEIRA, Ana M.; RAMA, Luís. Workload and Perception of effort in swimming training. In SILVA, Manuel Coelho; MALINA, Robert, coord. - Children and Youth in Organized Sports. Coimbra : Imprensa da Universidade de Coimbra, 2004. p. 231-246.

TORII, M.et al. Fall in Skin Temperature of Exercising Man. *Br J Sp Med.* 26:1, p.29-32, 1992.

TOUSSAINT, HM, KNOPS, W, De GROOT, G, HOLLANDER. AP. The mechanical efficiency of front crawl swimming. **Med Sci Sports Exerc.** 1990; 22:402-8.

UEMATSU, S., et al. Quantification of thermal asymmetry. Part 1: Normal values and reproducibility. **J Neurosurg,** 69:552-555,1988.

VARDASCA, R. Symmetry of temperature distribution in the upper and lower extremities. **Thermology Intern.** 18.4:154-155, 2008.

VILAS-BOAS, J.; LAMARES, J. P. Velocidade Crítica: Critério para a Avaliação do Nadador e para a Definição de Objetivos. In: **XX Congresso Técnico Científico da Associação Portuguesa dos Técnicos de Natação.** 1997.

YODER, E. Distúrbios causados pelo frio e pelo calor. In: CECIL, RLaF. **Tratado de Medicina Interna.** 20ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v2. 1997.

WADE, CE.& VEGHTE, JH. Thermographic evaluation of the relative heat loss by area in man after swimming. **Aviat Space Environ Med,** 48(1)8-16.1977.

WALLACE, LK. SLATTERY, KM., COUTTS, AJ. The ecological validity and application of the session RPE method for quantifying training loads in swimming. **J Strength Cond Res Champaign,** 23(1), p.33-38, 2009.

WALLIN, GB. Neural control of human skin blood flow. **J Auton Nerv Syst.** v.30, p.185-190.1990.

WILMORE, JH. COSTILL, DL. **Physiology of sport and exercise**. Champaign: Human Kinetics, 1994.

ZAIDI, H et al. The influence of swimming type on the skintemperature maps of a competitive swimmer from infrared thermography. **Acta Bioengin Biomec**,9(1), p.47-51, 2007.

ZAMPARO, P. et al. Energy cost of front-crawl swimming at supra-maximal speeds and underwater torque in Young swimmers. **Eur J Appl Physiol**. 83: 487-491, 2000.

ZAPROUDINA, N et al. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. **Physiol Meas**; 29(4), p. 515-524, 2008.

## APÉNDICE



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Análise das Variações da Temperatura Cutânea durante Teste Incremental de Esforço em Nadadores Juvenis de Elite

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, da pesquisa intitulada: **Análise das Variações da Temperatura Cutânea dos Membros Superiores em Nadadores após Teste Incremental de Esforço**, a ser realizada junto ao Laboratório de Esforço Físico (LAEF) e o Laboratório de Biomecânica (BioMEC), vinculado ao Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

A participação no estudo não envolve nenhum gasto para o participante e todos os materiais necessários serão providenciados pelos pesquisadores. Com sua adesão ao estudo, você ficará disponível para a pesquisa em algumas visitas ao CDS, com duração aproximada de 120 minutos cada.

Os testes deverão ser realizados em traje de natação, sendo de uma peça para homens e duas peças para mulheres. Na primeira parte das avaliações, um avaliador preencherá uma ficha com seus dados pessoais e, logo após, você será submetido à avaliação antropométrica, na qual serão realizadas medidas de massa corporal (kg), estatura (cm). Na segunda parte das avaliações, serão obtidas termo fotografias para posterior análise da temperatura da pele e coletadas amostras sanguíneas no lóbulo da orelha para posterior mensuração do lactato sanguíneo. Estas amostras serão obtidas durante a condição de repouso, pós-aquecimento e após o terceiro (LA70), sexto (LA80), nono (LA90) e décimo esforço (LAmáx).

Antes de iniciar os testes, haverá um aquecimento livre de quinze minutos com pausa de quinze minutos, seguido de um teste incremental de 10x100m, sendo três na intensidade de 70%, três na intensidade de 80%, três na intensidade de 90% e a última repetição em esforço máximo.

As velocidades de nado serão obtidas a partir do seu melhor tempo oficial na prova de 100m nado livre e serão determinadas através de indicação sonora ou

informação visual, os quais você deverá acompanhar. Os índices determinados neste teste são indicadores do seu condicionamento aeróbio e fornecerão importantes dados para a prescrição do seu treinamento.

A coleta será realizada por profissionais especializados. Os riscos relacionados com a sua participação nesse procedimento se resumem a um leve desconforto durante a punção no lóbulo da orelha, não requerendo nenhum cuidado posterior.

Para participar deste estudo você deve estar apto para realizar exercícios físicos de alta intensidade. Da mesma forma, deve estar ciente que tem a possibilidade de apresentar náuseas e vômito em decorrência do esforço máximo na realização do teste.

Quanto aos benefícios e vantagens em participar deste estudo, você contribuirá para o desenvolvimento da ciência, dando possibilidade a novas descobertas e ao avanço das pesquisas; além de ser informado sobre sua condição física e das condições de sua temperatura e a partir do repasse do relatório individual de sua avaliação, utilizar dados para nortear seu treinamento.

Salientamos, ainda, que você poderá retirar-se do estudo a qualquer momento. Ao participar do estudo, você ou seu responsável, autoriza através de documento previamente assinado, o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos, com garantia de privacidade e não identificação do seu nome.

As pessoas que o acompanharão serão o Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro, o mestrando Prof. Cezar Augusto Moraes Bolzan, além de colaboradores do BioMEC e LAEF – UFSC.

Agradecemos desde já a sua colaboração e participação.

#### CONTATOS:

Prof. Cezar Augusto Moraes Bolzan

E-mail: [cezarbolzan@gmail.com](mailto:cezarbolzan@gmail.com)

Tel: (48) 9677 26 11

Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro

E-mail: [moro@cds.ufsc.br](mailto:moro@cds.ufsc.br)

Tel: (48) 8428 45 44



Universidade Federal de Santa Catarina

Centro de Desportos

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Declaro que fui informado, de forma clara e objetiva, sobre todos os procedimentos do projeto de pesquisa intitulado **Análise das Variações da Temperatura Cutânea dos Membros Superiores em Nadadores após Teste Incremental de Esforço.**

Estou ciente que todos os dados a meu respeito serão sigilosos e que posso me retirar do estudo a qualquer momento. Assinando este termo, eu concordo em participar deste estudo.

Nome do Atleta (por extenso): \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome do Pai ou Responsável (por extenso): \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Florianópolis (SC) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 201\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Prof. Md. Cezar Augusto Moraes Bolzan  
(Pesquisador Principal)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro  
(Pesquisador Responsável)