

**Guilherme da Costa Moreira e Sá**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO TREINO DESPORTIVO**

**O EFEITO DO AQUECIMENTO NA NATAÇÃO PURA DESPORTIVA –  
ANÁLISE TERMOGRÁFICA**

**Instituto Politécnico de Santarém – Escola Superior de Desporto de Rio Maior**

**Orientador:**

Professor Doutor Hugo Louro

Junho de 2017

## **Agradecimentos**

A tese de mestrado é um passo importante no percurso académico de qualquer estudante, apesar de não ser um momento de ensino semelhante ao que estou habituado a fazer no cais da piscina, acaba por ser algo que ajuda o estudante a reflectir sobre os vários assuntos em estudo. Apenas é apresentado um autor na capa, no entanto são várias as pessoas envolvidas neste percurso. Como tal, gostaria de dar os meus agradecimentos a algumas das pessoas envolvidas neste percurso, não só na tese de mestrado, mas todo o percurso académico.

Primeiramente, aos nadadores presentes na amostra deste estudo, e ao Prof. Dr. Henrique Neiva que nos permitiu fazer parte do estudo dele utilizando a sua amostra para o estudo presente neste trabalho.

À professora Doutora Ana Conceição da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, por todas as aprendizagens passadas durante todo o percurso académico, projectos partilhados, correcções nos trabalhos, por toda a ajuda dada na área da investigação, em diversos temas, e principalmente por todas as oportunidades que me deu durante a licenciatura que me permitiram evoluir enquanto treinador e como pessoa.

Ao professor Doutor António Moreira da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, por todos os ensinamentos dados durante o percurso académico, e principalmente por todo o apoio que continua a dar a nível de treino e aos atletas do Clube de Natação de Rio Maior, e nas diversas conversas que fomos tendo sobre vários temas que me obrigou a reflectir sobre vários assuntos.

Ao meu colega e amigo Nuno Ricardo por todo o apoio que me dá dentro e fora da piscina, foi um dos grandes responsáveis pela motivação diária para o trabalho sistemático, seja dentro como fora da piscina, começando como orientador de estágio, e hoje colega de cais, uma das primeiras pessoas a quem recorro quando surgem dúvidas, problemas ou simples opiniões sobre os mais diversos assuntos.

Ao professor Doutor Hugo Louro da Escola Superior de Desporto de Rio Maior que foi sem dúvida, a principal razão de eu ter finalizado este documento, a insistência contínua levou-me a trabalhar e finalizar esta tese, dentro e fora da escola sempre me

ajudou, os meus mais sinceros agradecimentos a uma pessoa que sempre me deu muitas oportunidades de trabalho e que me incentivou a ser mais proactivo durante todo o percurso académico, foi a criação da equipa de polo aquático no 2º ano de licenciatura, incentivada pelo professor, que me permitiu ganhar visibilidade e estar hoje o Clube de Natação de Rio Maior onde desempenho a função de treinador, com um grupo de atletas que vai crescendo em numero e resultados de época para época.

Finalizando agradeço também a todos os meus familiares, que me deram o apoio e me permitiram fazer todo este percurso em Rio Maior.

## Resumo

Este estudo teve como objectivo analisar os efeitos de um aquecimento padrão realizado na água, com dois tempos de repouso diferentes antes de um teste máximo de 100 metros livres. A amostra foi constituída por 6 nadadores masculinos de clubes de natação da associação do norte de Portugal com experiencia competitiva a nível nacional de 6 anos (idade  $18,17 \pm 1,60$ ; altura  $1,72\text{m} \pm 0,08\text{cm}$ ; peso  $70,5\text{kg} \pm 9,61$ ; IMC  $22,83 \pm 2,75$ ; tempos aos 100m livres de  $56,7 \pm 1,48$  segundos correspondendo a uma pontuação FINA, em média, de 570 pontos  $\pm 44,5$ ). A máquina termográfica utilizada para este estudo foi uma máquina da marca Flir i60, 180x180. O estudo teve lugar em dois dias diferentes, com 48 horas entre eles para assegurar a recuperação dos sujeitos. Após aclimatização dos sujeitos foram retirados 3 termogramas nos mesmos momentos relativamente ao teste máximo, antes do aquecimento, imediatamente antes e depois do teste máxima, em que a única variável que muda é o descanso total do atleta entre o aquecimento e o teste máximo. O tratamento dos dados foi feito através do software “Flir Tools” onde é possível analisar todas as variáveis contidas nos termogramas. Assim como a técnica não paramétrica “U” de Mann Whitney e a técnica não paramétrica de Spearman. Como aplicações práticas, podemos retirar desde estudo que o aquecimento parece ser benéfico ao rendimento desportivo na prova dos 100 metros livres; o efeito do aquecimento parece baixar ao longo do tempo uma vez que os piores resultados do teste máximo foram encontrados no segundo dia de teste, onde o tempo de repouso antes do teste máximo era de 20 minutos vs os 10 minutos de repouso utilizados no primeiro dia de testes.

## **Abstract**

The aim of this study was to analyze the effects of a specific water warm-up, with two distinct rest times prior to the maximal 100 freestyle test. Six male swimmers with six years of nacional competitive experience were analyzed (age  $18,17 \pm 1,60$ ; height  $1,72\text{m} \pm 0,08\text{cm}$ ; body mass  $70,5\text{kg} \pm 9,61$ ; IMC  $22,83 \pm 2,75$ ; 100m freestyle times of  $56,7 \pm 1,48$  seconds matching a fina score, in average of 570 points  $\pm 44,5$ ). The thermographic camera used for this study was branded Flir i60, 180x180. Study took place in two different days, 48h apart to ensure the rest of the subjects. All procedures were replicated in the second day with the difference of an extra 10 minute rest after the warm-up until the maximal test. Three thermograms were taken, prior to in water warm-up, immediately before and after the maximal test. Data processing was done using “Flir Tools” software, where we can analyze all the variables contained in the thermogram, Microsoft excel, and the non-parametric statistic technique “U” Mann Whitney and Spearman. It was concluded with the results obtained that the warm-up seems to be beneficial to physical performance on the 100m freestyle, and that the effect of the warm-up decreases over time, as the worst results were found in the second day of testing where the rest time between the warm-up and the maximal test was 20minutes vs the 10minutes rest in day one, prior to maximal test.

## Índice

Resumo .....	IV
Abstract.....	V
Índice de tabelas .....	VII
Índice de Figuras .....	VII
1. Introdução.....	1
2. Definição do Problema.....	3
3. Revisão Bibliográfica.....	3
3.1. Caracterização do Aquecimento .....	3
3.2. Caracterização da Termografia .....	4
3.3. Termografia infravermelha no desporto .....	9
4. Metodologia .....	17
4.1. Seleção e caracterização da Amostra .....	17
4.2. Variáveis.....	18
4.3. Procedimentos .....	18
4.4. Ameaças à Validade Interna/Externa .....	22
4.5. Tratamento de Dados .....	23
5. Resultados .....	24
6. Discussão e Conclusão .....	29
7. Aplicações práticas e futuras linhas de investigação .....	32
8. Bibliografia.....	33

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Protocolo experimental repetido para os 4 estilos de nado (tempo de recuperação de 10 min entre cada teste).....	IX
Tabela 2 - Resultados do teste no estudo de Ahlem et al. (2012).....	X
Tabela 3 - Variação da temperatura por zona em cada estilo de nado (Ahlem et al., 2012).....	XIII
Tabela 4 - Resultados da relação entre VO <sub>2</sub> Máx e a Temperatura subcutânea (Akimov et al., 2009).....	XV
Tabela 5 - Caracterização da amostra.....	XVII
Tabela 5 - Variáveis Dependentes e Independentes do estudo 1.....	XVIII
Tabela 6 – Variáveis dependentes e independentes do estudo 2.....	XVIII
Tabela 7 – Aquecimento Padrão.....	XX
Tabela 8 - Organograma dos procedimentos para o 1º dia de testes .....	XXI
Tabela 9 - Organograma dos procedimentos para o 2º dia de teste.....	XXI
Tabela 10 - Tempos aos 100 metros livres.....	XXIV
Tabela 12 - Tempos do teste dos 100metros livres, em segundos.....	XXV
Tabela 13 - Temperaturas registadas nos termogramas, 1º dia recolhas. ....	XXVI
Tabela 14 - Temperaturas registadas nos termogramas, 2º dia recolhas. ....	XXVI
Tabela 14 - Resultados recolha, em °C.....	XXVII
Tabela 15 - Resultados do teste de "U" de Mann-Whitney e Spearman .....	XXVIII

## Índice de Figuras

Figura 1 - Espectro Eletromagnético com a sua típica utilização. Adaptado de Hildebrandt et al., 2010. ....	V
Figura 2 - Condições de medição. Adaptado de Hildebrandt et al 2009. ....	VIII
Figura 3 – Regiões de interesse utilizadas no estudo de Ahlem et al. (2012). ....	X
Figura 4 - Termograma após 10 minutos imerso (Ahlem et al, 2012). ....	XI
Figura 5 – Exemplo de termograma .....	XIV
Equação 1 - Equação para calcular a temperatura global total.....	XIII





## 1. Introdução

As condições em que a modalidade de natação se pratica desde sempre contemplam um aquecimento prévio às provas, mas em algumas ocasiões, apesar de raras, isto não acontece, levando a que se coloque a questão se é ou não mesmo necessário o aquecimento prévio às provas, e se sim, para que serve. Neste estudo iremos utilizar a termografia como instrumento de medição para averiguar as diferenças no aquecimento do corpo e a sua influência no rendimento desportivo.

É referido por Neiva et al., (2012) que o aquecimento desportivo é uma prática habitualmente utilizada pelos treinadores e nadadores. No entanto, a literatura existente é pouco esclarecedora nesta matéria. Neste estudo os autores tiveram como objetivo verificar o efeito do aquecimento típico utilizado pelos nadadores no rendimento desportivo dos 50m de nado na técnica de crol. O resultado do mesmo sugere que o aquecimento habitualmente realizado pelos nadadores não provoca alterações de rendimento nos 50m de nado na técnica de crol.

Segundo Neiva et al. (2013), apesar da falta de evidências científicas, o uso do aquecimento para melhorar a performance do atleta parece ser um hábito comum entre treinadores e atletas. No mesmo estudo são citados outros autores (Wright, 1961; Gray, 2001; Bishop, 2003) que referem que os diferentes exercícios físicos executados durante o aquecimento têm como objetivo aumentar a temperatura muscular e, através da solicitação de mecanismos fisiológicos, melhorar a performance. É referido ainda por Gray (2001) e Pearson, Low et al. 2011), citados por Neiva et al. (2013), que a hipertermia resultante da atividade física aumenta a vasodilatação e o fluxo sanguíneo nos músculos, estimulando assim um aumento da contribuição da energia aeróbica para uma tarefa subsequente. Especificamente na natação é referido por Houmard et al. (1991, citado por Neiva et al., 2013), que o aquecimento aumenta a distância de ciclo de nado durante um nado intensivo de 368.5m e uma diminuição na acumulação das concentrações de lactato após o exercício.

Noutro estudo, realizado por Balilionis et al. (2012), foi observada uma melhor performance em nados de 50 jardas na técnica de crol após um aquecimento (~0.2s),

apesar de não terem sido detetados efeitos na frequência de braçada ou na escala de esforço percebido.

É referido por Hilderbrant et al (2010) que a termografia através de infravermelhos já é reconhecida pela “American Medical Association Council” como uma ferramenta de diagnóstico fiável desde 1897 e que foi recentemente reconhecida pela “American Academy of Medical Infrared Imaging”. Vários grupos e associações promovem o uso da termografia infravermelha na prática das ciências desportivas. Nesses grupos estão incluídos a “European Association of Thermology”, “The United Kingdom Thermography Association”, “Northen Norwegian Centre for Medical Thermography”, “American Academy of Thermology”, “The German Society of Thermography” e a “Regulation Medicine (DGTR)” como uma das mais antigas sociedades de termografia médica.

Outro estudo realizado por Bishop (2003) refere que esta melhoria do rendimento através do aquecimento provavelmente está relacionada com o aumento da temperatura corporal, assim como o trabalho de Racinais et al., (2010), o que nos leva a crer que podemos relacionar o rendimento desportivo com a temperatura através da termografia,

Dada a falta de evidência científica consistente sobre os efeitos do aquecimento na performance do nadador, o propósito deste estudo é investigar a influência que um aquecimento padrão, com tempos de repouso diferentes para o início da prova, tem no rendimento dos 100metros na técnica de crol. Irá ser avaliado o rendimento (tempo), assim como a temperatura cutânea através do uso da termografia.

## **2. Definição do Problema**

O objetivo deste estudo assenta na análise dos efeitos de um aquecimento padrão realizado na água, com dois tempos de repouso diferentes antes de um teste máximo de 100 metros livres. Irá também ser averiguada a temperatura cutânea do sujeito previamente ao teste máximo, para verificar se pode existir, ou não, correlação entre a temperatura cutânea e o resultado desportivo.

## **3. Revisão Bibliográfica**

### **3.1. Caracterização do Aquecimento**

Tem como objetivo melhorar a performance para a tarefa seguinte (Hedrick, 1992), assim como aumentar a dinâmica do músculo, reduzir o risco de lesão e preparar o atleta para as necessidades da tarefa principal (Woods, Bishop & Jones, 2007).

Noutro estudo (Neiva et al. 2012) é ainda referido que o aquecimento é uma prática habitualmente utilizada pelos treinadores e nadadores, presumindo-se que o rendimento competitivo é afetado positivamente. Contudo, a literatura existente (Atkison et al., 2005; Burnley et al., 2002) é pouco esclarecedora nesta matéria, segundo Neiva et al. (2012).

Podem ser dadas duas classificações de aquecimento: a) o aquecimento passivo e b) o aquecimento ativo, sendo esta atividade utilizada para aumentar a temperatura intramuscular, estimulando assim a circulação sanguínea, aumentando a mobilidade muscular e articular e, inclusivamente, a coordenação motora (Neiva et al., 2012).

Quando se fala em esforços máximos de curta duração, o aquecimento ativo parece influenciar de forma positiva o rendimento no que diz respeito ao tempo de corrida e a máxima potência alcançada no cicloergómetro. No entanto, em natação pura desportiva, os estudos existentes são antigos e de difícil replicação (Neiva et al., 2012).

### **3.2. Caracterização da Termografia**

De forma a analisar se a termografia seria um bom instrumento de medição da temperatura corporal, foi feita uma revisão bibliográfica sobre o assunto.

A termografia infravermelha transforma a radiação térmica, radiada pelo corpo no espectro eletromagnético (08µm -1000µm) numa imagem visível dessa radiação, chamada de termograma. (Hildebrandt et al., 2010).

Durante anos, a termografia infravermelha tornou-se uma boa ferramenta de investigação em diversas áreas, desde mecânica, eléctrica, militar, construção e medicina. Devido à sua característica de não ser uma medida invasiva, a termografia infravermelha pode ser definida como a ciência de análise de dados recolhidos sem contacto através de instrumentos que tiram fotografias térmicas. As câmaras de imagens térmicas dessa mesma radiação detetam radiação infravermelha dentro do espectro eletromagnético e produzem imagens dessa mesma radiação, designadas de termogramas. Este método fornece em tempo real e de forma instantânea imagens com a medição da temperatura da superfície do objeto/pessoa à distância. (Hildebrandt et al., 2010).

Poucos estudos foram feitos no desporto usando a termografia infravermelha e para diagnosticar patologias no desporto. É já sabido que as atividades desportivas induzem um complexo processo de termorregulação onde parte do calor é libertado pela pele dos atletas. Como nem todo o calor é totalmente libertado, segue-se um aquecimento dos músculos, resultando num aumento da superfície cutânea. (Zontak et al., 1998; Akimov et al, 2009; Merla et al., 2010; Borozan et al, 2012; Cuevas et al, 2012; Formenti et al., 2013; Louro et al., 2015).

A temperatura da pele é um parâmetro significativo que pode condicionar a evolução de parâmetros fisiológico como, por exemplo, a produção de lactato ou a frequência cardíaca, refere Mougios et al (1993), e que tem influência direta na termorregulação.

A termografia infravermelha é utilizada para detetar anomalias térmicas caracterizadas por uma diminuição ou aumento da temperatura da pele. (Hildebrandt et al., 2010).

Albert et al (1964) foram os primeiros a determinar sintomatologia de dor através da termografia infravermelha. Esta técnica é um método de diagnóstico que fornece informação sobre a sensibilidade normal, anormal, sobre o sistema nervoso, trauma, ou inflamação local e global. A termografia infravermelha fornece informações fisiológicas em vez de anatómicas, e pode ser uma nova ferramenta de diagnóstico para detetar patologias do joelho (Selfe et al, 2010, citado por Ahlem et al., 2012).

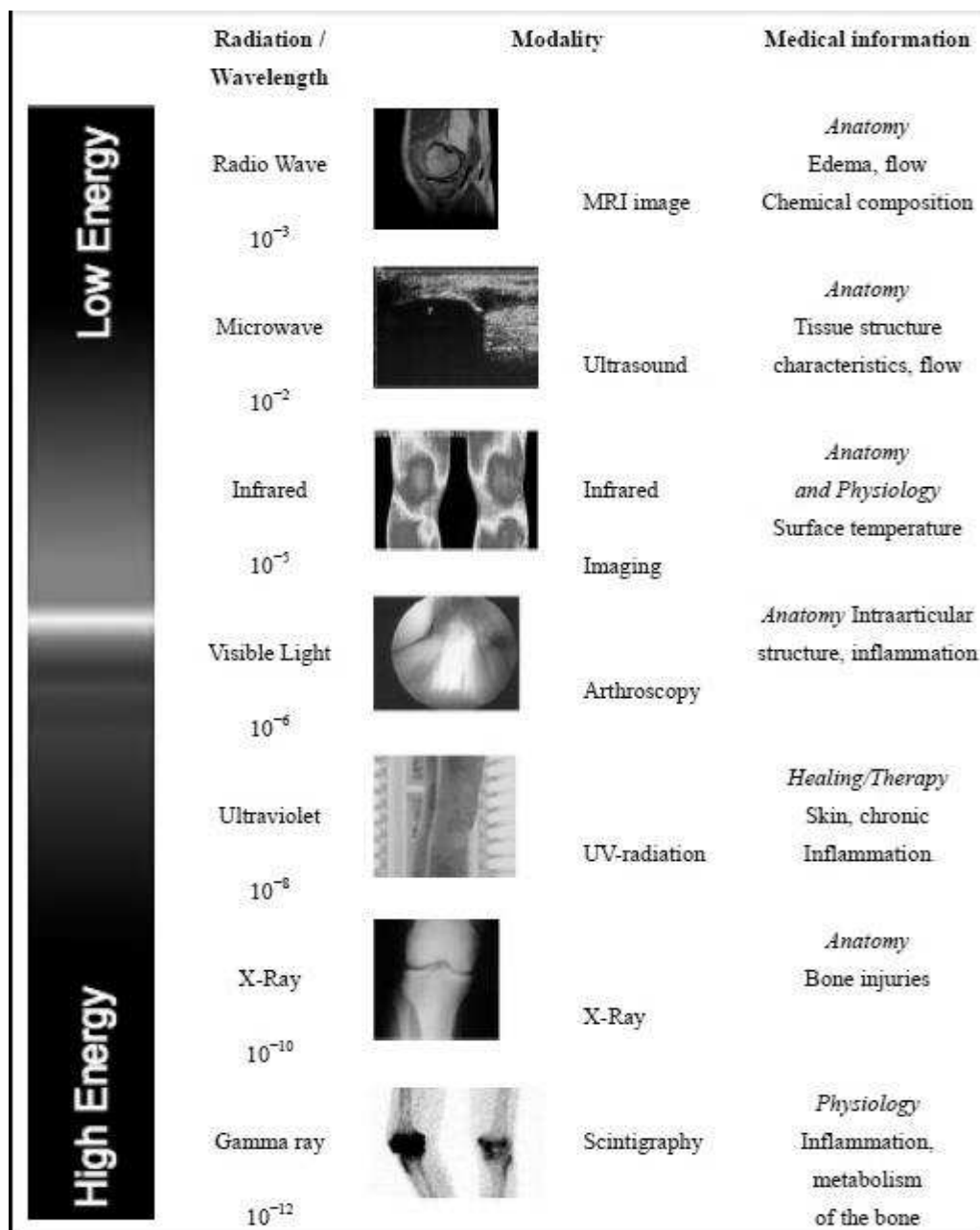


Figura 1 - Espectro Eletromagnético com a sua típica utilização. Adaptado de Hildebrandt et al., 2010.

É referido ainda por Ahlem et al (2012) que as características especiais da termografia infravermelha residem no facto de podermos obter informação sobre o aspeto térmico da pele, assim como do complexo processo da termorregulação. Dá também a possibilidade de avaliar os efeitos das atividades desportivas e detetar possíveis traumas ou disfunções. Pode ser mensurada a temperatura da pele por cima de articulações inflamadas. Esta técnica é usada para detetar anomalias térmicas caracterizadas pelo decréscimo ou aumento da temperatura observada na superfície da pele. Baseado na mensuração da radiação infravermelha do corpo, a termografia infravermelha é a técnica mais acessível para obter imagens da temperatura de uma superfície ou ponto. O princípio desta técnica é que todo o corpo emite uma quantidade de energia infravermelha e a intensidade desta radiação infravermelha é dada através da temperatura. (Hildebrandt et al., 2010).

Esta radiação medida segue-se por uma serie de fundamentos, ela não só depende do tipo de superfície do corpo, mas também da emissividade do mesmo corpo em diferentes condições ambientais. Emissividade é a habilidade relativa de a superfície de um corpo emitir energia através de radiação.

A pele humana emite radiação infravermelha, maioritariamente no comprimento de onda de  $2\mu\text{m}$ - $20\mu\text{m}$  com um pico média de  $9\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$ . A pele do corpo humano tem um fator de emissividade de 0.98 (Steketee, 1973) e como tal é um perfeito emissor de radiação infravermelha à temperatura ambiente de uma sala.

A energia realmente emitida pela superfície do corpo e detetada pela câmara infravermelha depende da emissividade da superfície, das propriedades do corpo e do ambiente. É importante também não tirar imagens térmicas no ambiente muito brilhante ou quando o corpo está exposto a outras radiações.

Tendo isto presente, a escolha de parâmetros de um sistema de termografia infravermelha como instrumento de medição da temperatura deve ter em conta certos parâmetros:

- Emissividade do corpo dentro do comprimento de onda do infravermelho;
- Natureza do corpo;

- Temperatura ambiente;
- Alcance da variação da temperatura do corpo;
- Objetos no ambiente que possam brilhar diretamente no detetor ou indiretamente por reflexão;
- Distância mínima e máxima, a qual depende do constrangimento do envolvimento.

No que toca às metodologias para recolha de termogramas é referido em Hilderbrant et al. (2010) que existe uma bateria de testes para analisar a fiabilidade de uma câmara de infravermelhos, publicados pela universidade de Glamorgan (Ammer, K. 2008). Neste domínio, é de salientar:

1. Mínimo de resolução de 320 (horizontal) x 240 (vertical) pixéis;
2. Quanto maior a sensibilidade da câmara para detetar diferenças de temperatura mínimas entre dois pontos distintos, melhor;
3. Calibração da temperatura a que os humanos estão acostumados (exemplo: 20-40°);
4. Software médico de análise com inclusão de uma função para exportar dados (capaz de tratar as imagens com uma emissividade de 0.98.)

Existem medidas de confiança que devem ser tomadas que têm um impacto substancial no diagnóstico e interpretação dos dados recolhidos.

Foi feito um estudo por Hildebrandt & Raschner (2009), com o objetivo de analisar a repetibilidade dos resultados dia para dia, para garantir a confiança das medidas. Neste estudo foram utilizadas instalações estandardizadas, como demonstra a figura abaixo. É possível ver-se a forma como foram colocados os materiais: foi necessária uma plataforma com marcação para permitir um posicionamento mais preciso, de fundo preto e redondo, para se evitar a reflexão da radiação infravermelha, e a câmara termográfica foi colocada perpendicular ao chão a uma distância de 90cm do sujeito.

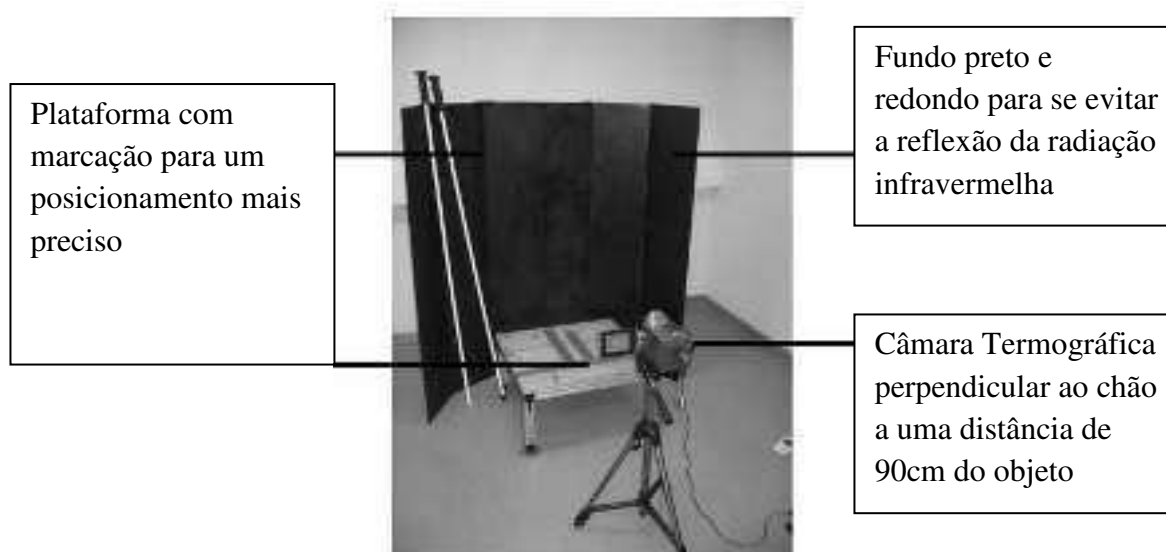


Figura 2 - Condições de medição. Adaptado de Hildebrandt et al 2009.

Foram analisados 15 sujeitos no estudo em que foi retirada a média das temperaturas do segmento anterior do joelho. Para se eliminar o erro, as medidas foram sempre recolhidas pela mesma pessoa. A examinação foi conduzida através do “Glamorgan protocol”, que foi estabelecido para assegurar o controlo de qualidade quando se usa a termografia através de infravermelhos em aplicações médicas.

A eficácia, segurança e baixo custo da termografia infravermelha faz dela uma ferramenta auxiliar para se diagnosticarem patologias (Ring, & Ammer, 1998). Pode ser aplicada sem qualquer objecção, uma vez que é uma técnica não invasiva. Tem potencial para se fazer diagnóstico ao vivo sem haver necessidade de serem retiradas amostras de tecido e, como tal, é qualificada como medida passiva por Diakides et al., (2008). Para além disso, o resultado real da informação pode ser usado como feedback instantâneo para o paciente ou atleta.

As mudanças da temperatura cutânea da pele durante o exercício podem ser detetadas através da termografia infravermelha em tempo real e pode ser uma fonte de dados úteis (Zontak et al., 1998; Merla et al., 2010).



O maior desafio para a termografia infravermelha, refere Hilderbrandt et al (2010), é combinar a informação anatômica e fisiológica dada pelo padrão térmico da superfície da pele. O uso de instrumentos técnicos para medir as condições circulatórias deve ser considerado.

### 3.3. Termografia infravermelha no desporto

Nesta secção vão ser apresentados alguns estudos onde a termografia foi aplicada ao desporto, com principal ênfase em estudos ligados à modalidade de natação.

O estudo levado a cabo por Ahlem et al. (2012) teve como objetivo, por um lado, mostrar a fiabilidade e aplicabilidade da termografia através de infravermelhos na natação com o propósito de quantificar a influência do estilo de nado na temperatura cutânea de um nadador.

A experiência realizou-se numa piscina coberta de 25m de comprimento. A temperatura da água era de 27°C e do ambiente de 24°C. O protocolo experimental foi constituído por:

Tabela 1 – Protocolo experimental repetido para os 4 estilos de nado (tempo de recuperação de 10 min entre cada teste).

<b>Aclimação</b>	<b>1º Termograma</b>	<b>Teste e 2º Termograma</b>	<b>2º Aclimação</b>
<b>Imerso durante 10' até ao pescoço numa posição estática</b>	Saída da água e secagem para prevenir influências nas radiações	Teste dos 100metros Mariposa, saída da água e secagem do corpo	Imerso durante 10' até ao pescoço numa posição estática

Este protocolo é reproduzido depois para todos os outros estilos.

Para ser mais fácil aceder-se aos dados relevantes para o estudo, a superfície cutânea foi dividida em diferentes partes: A, B,..., J, de acordo com a distribuição apresentada na figura abaixo. As extremidades dos membros e as regiões das articulações foram excluídas deste processo, uma vez que têm uma representação pobre

sobre o processo da termorregulação. A divisão feita neste estudo foi usada também em YANAI (2001). (1) – Vista Anterior. (2)- Vista posterior.



Figura 3 – Regiões de interesse utilizadas no estudo de Ahlem et al. (2012).

No referido estudo apenas um sujeito foi avaliado neste teste. O sujeito era nadador de nível nacional, especializado nos 400m estilos, com um treino de 10-12 horas por semana. Foram também retiradas as principais características antropométricas do sujeito: 19 anos de idade, 1,78m altura, 67kg, e uma percentagem de massa gorda de 12,4%. O nadador no presente estudo, após realizar os respetivos períodos de aclimatização de 10 minutos cada, fez o tempo de 1:03,00 nos 100m mariposa, 1:08,00 nos 100m costas, 01:22,00 nos 100m bruços e 1:03,00 nos 100m livres.

Tabela 2 - Resultados do teste no estudo de Ahlem et al. (2012).

	Balanco Térmico	100m M	Balanco Térmico	100m C	Balanco Térmico	100m B	Balanco Térmico	100m L	Fim do teste
<b>Duração</b>	10'	1'03''	10'	1'08''	10'	1'22''	10'	1'03''	-
<b>Cronologia do teste</b>									
<b>Recolha Dados</b>	X (referencia)		X		X		X		X

A figura seguinte, retirada de Ahlem et al. (2012), representa as cartografias infravermelhas do corpo do nadador em repouso após ter estado 10 minutos imerso na piscina com água a 27°C.

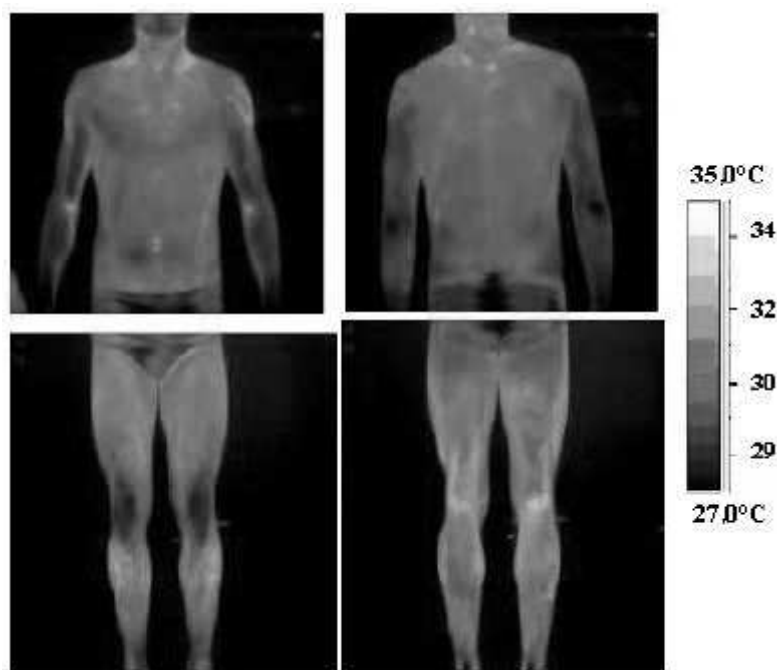


Figura 4 - Termograma após 10 minutos imerso (Ahlem et al, 2012).

Para se determinar com maior precisão as temperaturas em repouso, foram determinadas as áreas A, B, C, D, E, F, G e H definidas anteriormente. As figuras 4 e 5 mostram os vários termogramas estabelecidos para os 4 estilos, tanto para os membros inferiores como membros superiores do nadador.

Figura 5 - Termograma após o teste máximo da parte superior do tronco, vista anterior e posterior (Ahlem et al 2012).

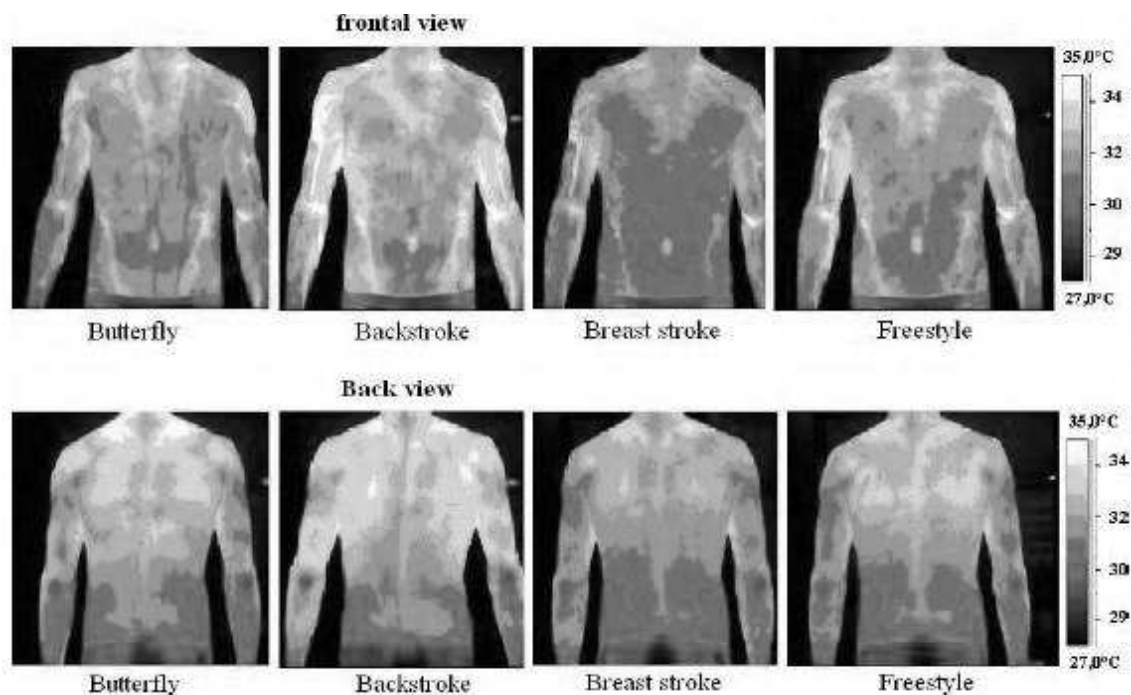
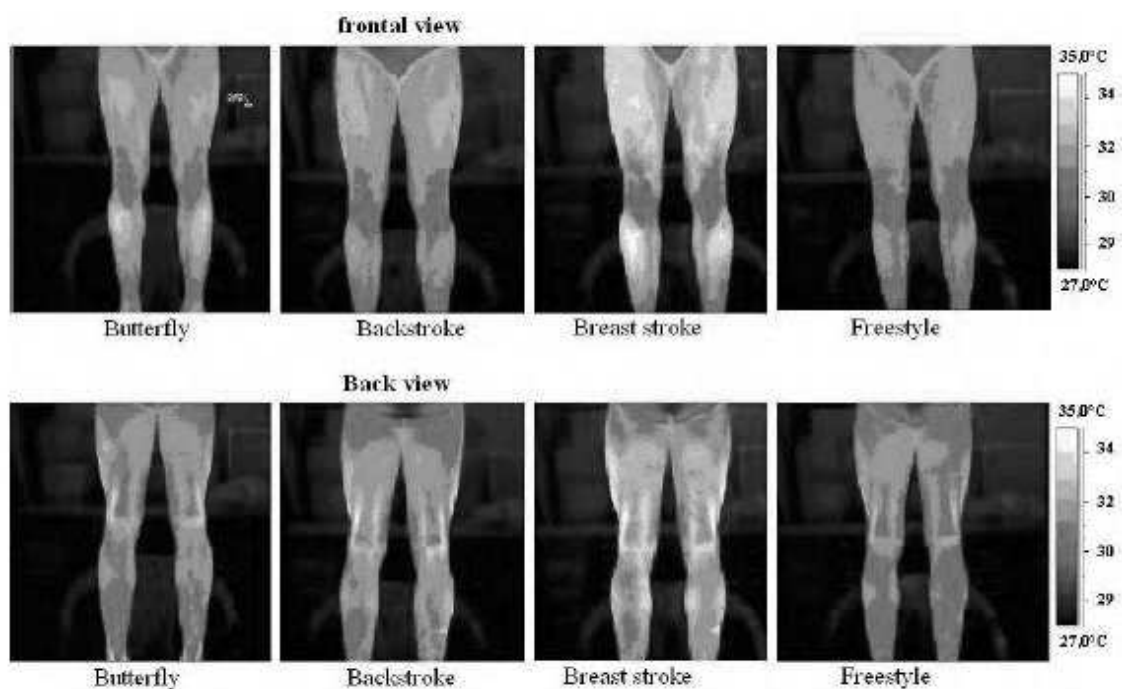


Figura 6 - Termograma após o teste máximo da parte inferior do tronco, vista anterior e posterior (Ahlem et al., 2012).



Os termogramas indicam que um significativo aumento na temperatura cutânea é possível de acordo com o estilo de nado e a zona do corpo considerada. A temperatura mais alta parece ser na parte superior do corpo correspondendo às zonas A, B, C, D, E, F (cf. Figura 3) para o estilo de costas com  $2.50 \pm 0.10 \leq \Delta T \leq 4.55 \pm 0.10$ , enquanto ao nível dos membros inferiores recaiu nas zonas G, H, I, J. É o estilo de bruços que gere maior aumento na temperatura cutânea com  $1.25 \pm 0.10 \leq \Delta T \leq 2.05 \pm 0.10$ .

O quadro seguinte resume a maior e a menor variação da temperatura por zona em cada estilo de nado.

Tabela 3 - Variação da temperatura por zona em cada estilo de nado (Ahlem et al., 2012).

Zona	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$\Delta T$ Máx	Costas	Bruços	Costas	Costas	Costas	Costas	Bruços	Bruços	Bruços	Bruços
$\Delta T$ Min	Bruços	Bruços	Mariposa	Bruços	Bruços	Mariposa	Livre	Livre	Livre	Livre

#### Temperatura cutânea global

Após calcular todas as temperaturas médias de todas as áreas do corpo previamente definidas para cada estilo de nado, foi de interesse dos autores definir uma temperatura global total para cada estilo de nado. Esta variável é dada pela fórmula:

$$\bar{T}_{\text{overall}} = \frac{\sum_{i=A}^J T_i S_i}{\sum_{i=A}^J S_i}$$

Equação 1 - Equação para calcular a temperatura global total.

Onde  $S_i$  é o número de pixéis a definir cada zona e  $T_i$  a temperatura média para cada zona.

Os resultados deste estudo apontam no sentido de que a temperatura global mais alta encontrada corresponde ao estilo de costas. Este estilo parece mostrar, neste estudo, que tem o dispêndio de energia mais elevado. O dispêndio de energia mais baixo

corresponde ao estilo de bruços, que evidencia a menor temperatura cutânea. No presente caso, e de acordo com o protocolo desenhado, a diferença na temperatura induzida pela prática é de  $0.78 \pm 0.10^{\circ}\text{C}$ . No entanto, os autores realçam que os seus resultados não podem ser comparados com Holmer (1974), que refere que as técnicas alternadas mostraram ser mais eficientes que as técnicas simultâneas.

Este estudo teve como objetivo servir como estudo preliminar experimental para estudar a fiabilidade da termografia infravermelha na natação e, por outro lado, quantificar a influência do tipo de braçada na distribuição da temperatura cutânea. Foi observado que a temperatura, em média, de toda a superfície corporal após o teste prático, é superior em  $2.16^{\circ}\text{C}$  na mariposa,  $2.56^{\circ}\text{C}$  para costas,  $1.78^{\circ}\text{C}$  para o bruços e  $2.00^{\circ}\text{C}$  para livres, respetivamente.

Os autores reforçam que estas conclusões não podem ser consideradas como universais, uma vez que a amostra foi apenas de um sujeito do sexo masculino de nível nacional.

Outro estudo realizado por Borožan & Miron (2012) teve como objetivo analisar o exercício de extensão de braços no solo através de variáveis cinemáticas e com o auxílio da termografia. Apenas um sujeito masculino foi analisado no presente estudo (idade 27, 1.80m de altura e com um peso de 818.4 Newton). Para o estudo o sujeito não utilizou calças e realizou o teste em tronco nu.

Para o estudo da termografia foi utilizada uma camara Flir B 200 para determinar a atividade muscular enquanto realizava o exercício de extensão de braços. Borožan & Miron (2012) referem que, ao usar a termografia, pode ser facilmente determinada a diferença na atividade muscular através da temperatura da pele. Como resultado principal, os autores observaram que o sujeito tinha uma tendência para a sua mão esquerda, aumentando a atividade muscular do lado esquerdo do corpo.

Um estudo realizado por Akimov et al., (2009) teve como objetivo relacionar a capacidade aeróbica dos sujeitos com a imagem térmica obtida dos mesmos. Foram estudados 40 sujeitos com uma idade média de  $23.5 \pm 4.9$ , peso médio de  $70 \pm 11.5\text{kg}$  e uma altura média de  $174 \pm 7\text{cm}$ .

Como instrumento de medida foi utilizada a câmara NEC TH 9100 SL. A câmara foi mantida a uma distância de 3m do sujeito e uma altura de 140cm do solo, tendo sido utilizado o software Image Processor para analisar os termogramas.

Foi utilizado um teste de velocidade gradual com um analisador de gases (Oxycon Pro) para medir o  $\text{VO}_2\text{Max}$ . Os resultados do estudo são apresentados na tabela 4. Neste estudo os autores concluíram que a imagem térmica durante atividade física moderada era em forma de mosaico na superfície posterior. Obtiveram também correlações significativas entre a capacidade aeróbica e a temperatura média da parte superior do corpo, verificando que quanto maior era a temperatura média mais aumentava a capacidade aeróbica.

Tabela 4 - Resultados da relação entre  $\text{VO}_2\text{Máx}$  e a Temperatura subcutânea (Akimov et al., 2009).

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<b><math>\text{VO}_2\text{Max ml/min/kg}</math></b>	40-50	50-60	60-70	70-90
<b>Back( Min °C)</b>	26.6±0.78	28.7±1.22	28.9±1.17	29.5±0.89
<b>Back (Máx °C)</b>	33±0.61	33.5±0.36	33.7±0.51	34±0.28
<b>Back (Avr °C)</b>	30.5±0.5	31.5±0.34	31.7±0.43	32±0.37

Noutro estudo realizado por Adamczyk et al., (2012), questionou-se a influência dos vários tipos de aquecimento para um dado exercício. O estudo teve como objetivo qualificar a influência dos vários tipos de aquecimento na atividade física, assim como examinar se existe alguma dependência da temperatura subcutânea do músculo quadríceps na força expressada pelo salto pliométrico a dois pés (Counter movement jump – CMJ).

Para este estudo recorreu-se ao uso de uma câmara termográfica (MobIR m3, 160x120) para se recolherem os termogramas e se aceder à plataforma de forças. Foram realizados três testes em três momentos distintos: a primeira sessão consistiu em corrida lenta; a segunda em corrida lenta e exercícios de alongamento; a terceira, de exercícios

dinâmicos de aquecimento. Os testes foram feitos a 10 indivíduos não treinadores com idades entre os 21 e 24 anos e com um IMC de  $23.10 \pm 2.18$ .

Mais recentemente foi feito um estudo piloto em andebol com recurso à termografia (Louro et al., 2015) que teve como objetivo analisar-se o efeito do aquecimento na temperatura corporal dos jogadores num jogo de andebol, verificar a existência de diferenças ao nível da temperatura para os músculos deltóide anterior e deltóide posterior antes e após o aquecimento e avaliar se a solicitação dos membros superiores é de natureza unilateral ou não. Foi utilizada uma amostra de 21 indivíduos moderadamente treinados do sexo masculino ( $19 \pm 3$  anos de idade;  $75 \pm 3.5$ kg de peso;  $1.78 \pm 2.8$ m de altura). A amostra foi dividida em dois grupos, A e B. O grupo A realizou jogo logo após do aquecimento e retirou-se o termograma, enquanto o grupo B teve uma pausa de 8' previamente à realização do jogo (duração de 7 minutos). Foi analisado o lado direito e esquerdo dos músculos deltóide anterior e deltóide posterior. Para a recolha de dados foi utilizada uma camara termográfica Flir i60 Series, com uma resolução de 180x180 pixels, e os dados foram tratados no software Flir Tools. Neste estudo foi possível concluir-se que o deltóide posterior apresentou temperaturas superiores relativamente ao deltóide anterior realçando a sua elevada participação durante o jogo, assim como o cariz unilateral do jogo.



## 4. Metodologia

### 4.1. Seleção e caracterização da Amostra

A amostra foi constituída por 6 nadadores masculinos de clubes de natação da associação do norte de Portugal com experiência competitiva a nível nacional de 6 anos (idade  $18,17 \pm 1,60$ ; altura  $1,72\text{m} \pm 0,08\text{cm}$ ; peso  $70,5\text{kg} \pm 9,61$ ; IMC  $22,83 \pm 2,75$ ; tempos aos 100m livres de  $56,7 \pm 1,48$  segundos correspondendo a uma pontuação FINA, em média, de  $570 \text{ pontos} \pm 44,5$ ).

Os atletas, para serem incluídos na amostra, terão de ter a sua % de massa gorda entre 4% e 12%.

Tabela 5 - Caracterização da amostra.

	Idade	Ano Nasc	Altura (m)	Peso (kg)	IMC	Tempo 100L	Pontos Fina
1	17	1997	1,90	77	21,32964	56,5	572
2	17	1997	1,75	64	20,897959	55,3	610
3	19	1995	1,74	79	26,093275	58,5	515
4	17	1997	1,75	75	24,489796	58	529
5	18	1996	1,68	54	19,132653	54,7	630
6	21	1993	1,72	74	25,013521	56,7	566
Media	18,17	1995,83	1,76	70,50	22,83	56,62	570,33
SD	1,60	1,60	0,08	9,61	2,75	1,48	44,55

#### 4.2. Variáveis

Tabela 6 - Variáveis Dependentes e Independentes do estudo 1

<b>Dependentes</b>	<b>Independentes</b>
<b>Temperatura Cutânea G1</b>	Aquecimento com 10' Repouso
<b>Temperatura Cutânea G2</b>	Aquecimento com 20' Repouso

Tabela 7 – Variáveis dependentes e independentes do estudo 2

<b>Dependentes</b>	<b>Independentes</b>
<b>Velocidade de nado aos 100metros Livres G1</b>	Aquecimento com 10' Repouso
<b>Velocidade de nado aos 100metros Livres G2</b>	Aquecimento com 20' Repouso

Aquecimento Padrão na água: 1000-1500m água, intensidade moderada, exercícios focados na eficácia de braçada, distâncias curta a velocidade de prova (15-25min) (Neiva et al, 2013).

Velocidade de nado – retirada nos 15m a meio da piscina (marcas aos 20m e 35m).

#### 4.3. Procedimentos

Foram realizados testes em dois dias diferentes, com um intervalo de 48 horas entre os mesmos.

Todas as experiências foram conduzidas numa piscina interior de 50m com água à temperatura de 27.5°C. Após chegarem à piscina, os nadadores ficaram sentados durante 10 minutos para ambientarem o corpo à temperatura ambiente. Após esta aclimatização dos sujeitos ao cais da piscina, foi-lhes pedido que se deslocassem à zona da piscina com menos incidência de radiações, onde foi retirado o termograma.

Todos os sujeitos foram colocados a 90 cm da camara termográfica, com esta perpendicular ao chão, como é recomendado pelo trabalho de Hildebrandt & Raschner (2009). A máquina termográfica utilizada para este estudo foi uma máquina da marca Flir i60, 180x180

O termograma retirado regista a temperatura de um ponto do corpo do sujeito, que neste caso foi sempre apontado ao umbigo dos sujeitos.

Na figura em baixo podemos ver um exemplo de um termograma retirado de um dos sujeitos em estudo. O valor utilizado para o estudo em causa foi o Sp1, representado na figura, que corresponde, neste caso, a 30,6 °C.

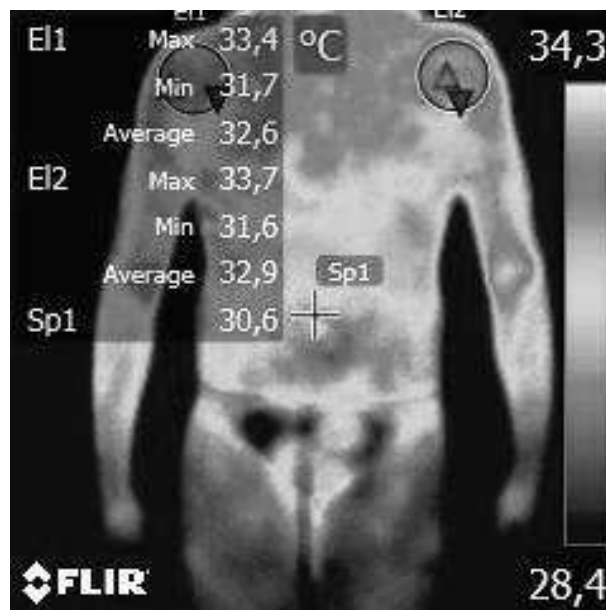


Figura 5 – Exemplo de termograma

Após este primeiro termograma ter sido retirado, os 6 nadadores realizaram um aquecimento pré-definido na água e ao finalizarem o aquecimento os atletas saíram da água. Foram secos com uma toalha seca, sem fricção no corpo dos mesmos para não se gerar calor desnecessário. Após estarem secos, fizeram o repouso sentados. O tempo deste repouso variou em função do dia de recolhas: no 1º dia de recolhas foi feito um repouso de 10 minutos; no 2º dia de recolhas foi feito um repouso de 20 min. Após o período de repouso é retirado novo termograma, nas mesmas condições que anteriormente.

No fim de ser registado o termograma, os sujeitos realizaram um teste máximo de 100 metros livres. Após o teste, os atletas voltaram a sair da água e a ser secos, para se retirar um novo termograma nas mesmas condições que os anteriores.

Todos os termogramas retirados são da parte anterior dos sujeitos, apontados ao umbigo, de forma a registar a temperatura de um só ponto.

Em todos os testes, foram utilizadas partidas dentro de água para cada nadador e registado um tempo por dois treinadores.

É medida a velocidade de nado nos 15 metros a meio da piscina (marcas aos 20 e 35m)

Na tabela em baixo, podemos ver o aquecimento padrão realizado pelos sujeitos no presente estudo.

Tabela 8 – Aquecimento Padrão

Aquecimento	Descrição Tarefa
300m	Normal – Respirar 5ª Braçada – Normal
4x100 @ 1:50	25m Perna – 25m Braçada longa
8x50m @ 1:00	75-85% da velocidade máxima aos 50m
100m	Relaxar

**Organograma dos procedimentos**

Tabela 9 - Organograma dos procedimentos para o 1º dia de testes

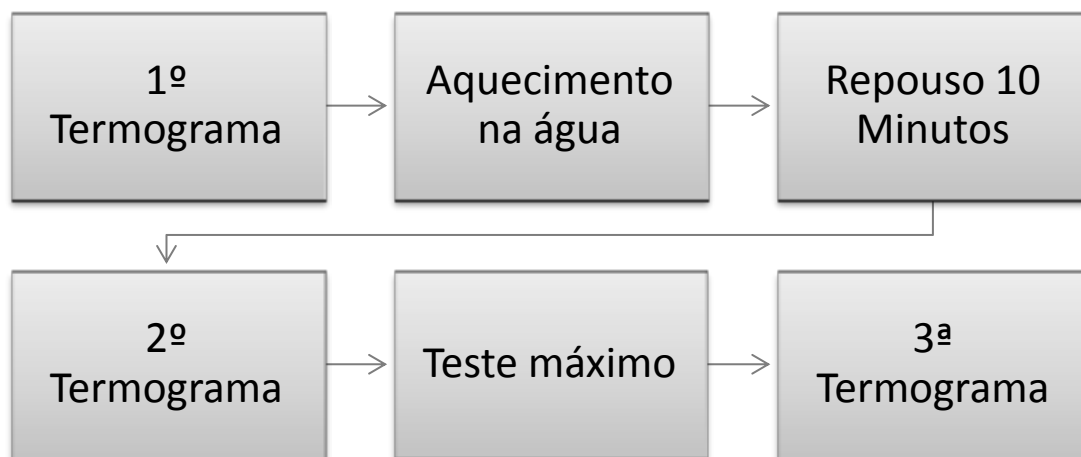
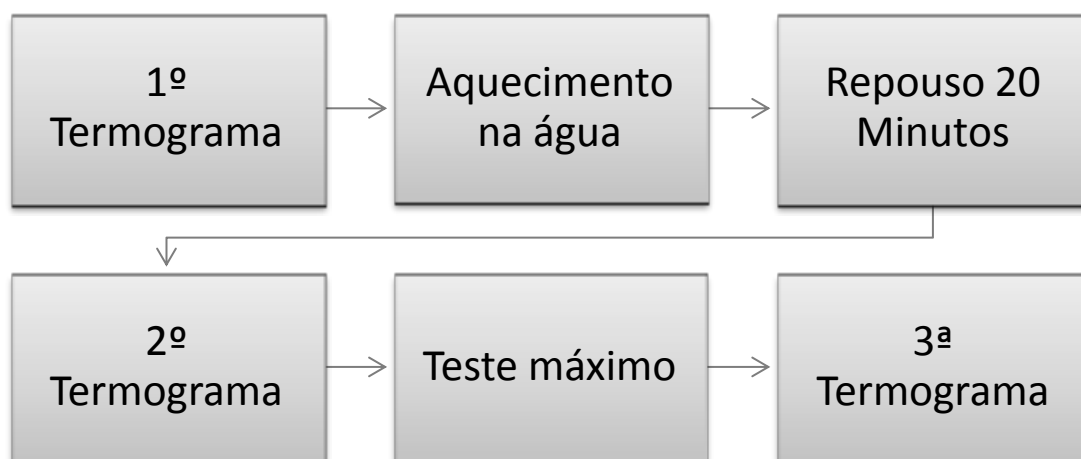


Tabela 10 - Organograma dos procedimentos para o 2º dia de teste.



Nos organogramas em cima podemos ver o seguimento dos procedimentos. Antes de retirar o primeiro termograma é realizada a aclimatização de 10 minutos do sujeito ao ambiente. Após esse procedimento é retirado o termograma (sujeito em tronco nu) da vista anterior, é feito o aquecimento na água e, após saída da água, o sujeito repousou 10 minutos no primeiro dia e 20 minutos no segundo dia, sendo retirado outro termograma após o repouso e imediatamente antes do teste máximo. Após o teste máximo, são retirados novamente os termogramas.

#### **4.4 Ameaças à Validade Interna/Externa**

Relativamente à validade interna do estudo foram verificadas as possíveis ameaças e forma de as eliminar.

Todos os atletas foram controlados e não aconteceu nenhum facto na história que possa ter influência no resultado do teste.

Relativamente à ameaça interna da maturação, a mesma não se aplica no presente estudo uma vez que não é um estudo longitudinal. Uma vez que as recolhas e o teste apenas se aplicam uma vez, o efeito de treino do teste não é considerado uma ameaça interna.

O uso do mesmo instrumento elimina as alterações que podem surgir nos resultados decorrentes do uso de diferentes instrumentos para medição da termografia.

A amostra foi constituída de forma aleatória para se eliminarem ameaças internas provenientes da seleção de grupos em função de uma variável.

Relativamente às ameaças externas não foram encontradas ameaças ao protocolo do presente estudo.

Outros fatores que não sejam possíveis controlar, como o dia-a-dia dos atletas fora da piscina, podem ter influência ou não no presente estudo.

#### 4.5 Tratamento de Dados

Para análise dos termogramas irá ser utilizado o software “Flir Tools” onde é possível analisar todas as variáveis contidas nos termogramas. Para este estudo, apenas foi necessário retirar o valor de Sp1 (cf. Figura 7).

De forma a avaliar as diferenças significativas entre os tempos da prova máxima dos 100 metros livres, foi utilizada a técnica não paramétrica “U” de Mann Whitney.

A avaliação das diferenças significativas da temperatura entre o primeiro dia de recolhas e o segundo foi feita através da técnica não paramétrica de Mann Whitney.

Para avaliar se existe ou não correlação entre a temperatura registada no termograma e o tempo final da prova de 100 metros, para ambos os dias, foi utilizada a técnica não paramétrica de Spearman.

O tratamento dos dados baseou-se na comparação da temperatura do segundo termograma, retirado após o repouso, uma vez que este é o único momento em que é possível haver diferenças significativas entre as duas recolhas. Ambos, o primeiro e terceiro termograma, foram retirados nas mesmas condições nos dois dias de recolhas, como tal, não é expectável que existam diferenças significativas entre os dois.

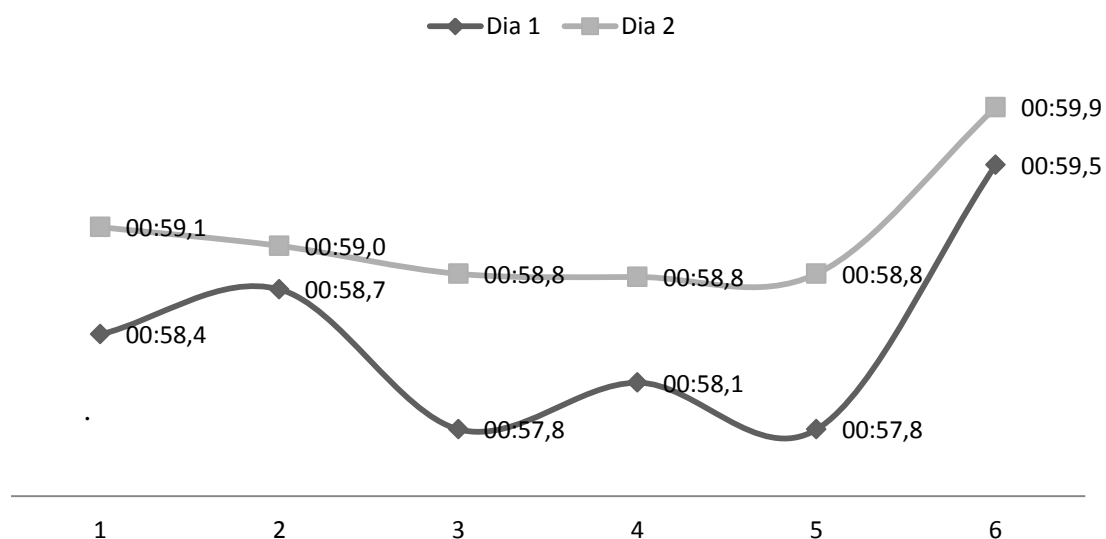
## 5. Resultados

No presente capítulo irá ser efectuado a apresentação de todos os resultados recolhidos durante o teste.

De forma a perceber quais os dados que deveríamos utilizar para testar o objetivo neste trabalho, foi feito um primeiro tratamento estatístico utilizando o Microsoft excel, verificando as diferenças entre os tempos dos testes máximos e as temperaturas registadas nos diferentes momentos.

Em baixo temos a comparação dos tempos realizados aos 100 metros livres pelos sujeitos em amostra, no primeiro e segundo dia de recolhas.

Tabela 11 - Tempos aos 100 metros livres.



Aparentemente, os tempos dos 100 metros livres foram melhores no segundo dia de recolhas do que os tempos retirados no primeiro dia de recolhas, para verificar a existência de diferenças significativas, foi utilizada a técnica de estatística não paramétrica “U” de Mann-Whitney onde foram observadas diferenças significativas para os tempos realizados no primeiro e segundo dia de recolhas. É possível ver que os testes realizados no primeiro dia, com 10 minutos de repouso após o aquecimento, tiveram uma velocidade de nado mais rápida do que os testes realizados no segundo dia, com 20 minutos de repouso. Em baixo, temos a tabela com o registo dos tempos efectuados pelos sujeitos.



Tabela 12 - Tempos do teste dos 100metros livres, em segundos.

Sujeito	Tempos100_dia1	Tempos100_dia2
1	58.4	59.1
2	58.7	59.0
3	57.8	58.8
4	58.1	58.8
5	57.8	58.8
6	59.5	59.9
Média	58.3	59.0

Estão representados os tempos em segundos do primeiro e segundo dia de testes juntamente com a média dos resultados de cada um dos dias, com os nomes atribuídos para tratamento de dados.

Posteriormente foi analisado em excell se existiam grandes diferenças nas temperaturas registadas nos termogramas nos diferentes momentos. Nos dois gráficos em baixo, podemos ver o comportamento da temperatura dos sujeitos no primeiro e segundo dia de recolhas, durante os três momentos em que foram retirados os termogramas (1-Antes do aquecimento, 2-antes do teste máximo, 3-após o teste máximo)

Tabela 13 - Temperaturas registadas nos termogramas, 1º dia recolhas.

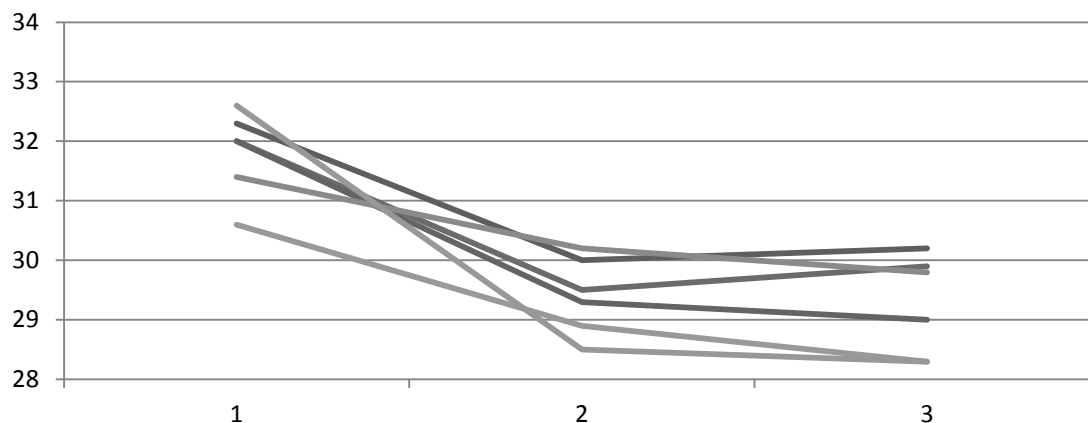
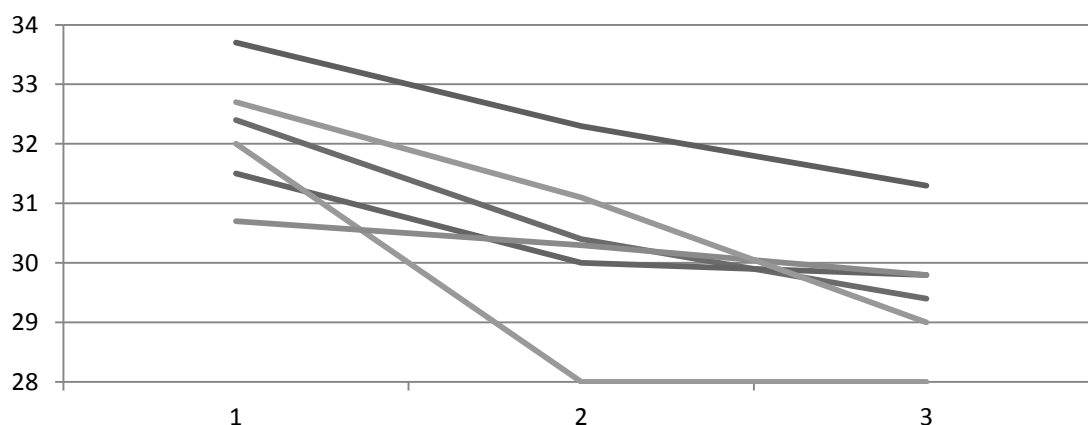


Tabela 14 - Temperaturas registadas nos termogramas, 2º dia recolhas.



Pelos procedimentos utilizados, relativo aos momentos de captura dos termogramas seria expectável uma diferença nas temperaturas registadas no momento numero dois (após o período de repouso e antes do teste máximo), onde parece ser maior a diferença, para verificar esta diferença, foram analisadas as médias das temperaturas de todos os sujeitos nos diferentes dias, e a diferença entre as mesmas, na tabela abaixo podemos ver os cálculos efectuados:

Tabela 15 - Resultados recolha, em °C.

Sujeito	Termo1_ _dia1	Termo1_ dia2	Termo2_ dia1	Termo2_ dia2	Termo3_ dia1	Termo3_ dia2
1	32.0	32.4	29.5	29.9	29.4	30.4
2	32.0	31.5	29.3	29.0	29.8	30.0
3	30.6	32.0	28.9	28.3	28.0	28.0
4	32.3	33.7	30.0	30.2	31.3	32.3
5	29.6	30.7	33.1	29.8	29.8	30.3
6	32.6	32.7	28.5	28.3	29.0	31.1
Média	31.8	32.2	29.4	30.4	29.3	29.6
Diferença média		0.35		<b>0.95</b>		0.3

Na tabela estão representadas as recolhas realizadas à amostra em estudo. As temperaturas em °C reportam-se aos diferentes termogramas registados e aos dias de recolhas, representadas por Termo1\_dia1, Termo1\_dia2, Termo2\_dia1, Termo2\_dia2, Termo3\_dia1, Termo3\_dia2.

Como pode ser observado, a maior diferença aparece no segundo momento de recolha, o que seria expectável em função dos procedimentos utilizados neste trabalho. Posto isto, utilizamos esse valor para os testes estatísticos não paramétricos utilizados, foi feita a comparação entre as temperaturas dos sujeitos no termograma imediatamente anterior ao teste máximo. Ao realizar o teste de Mann-Whitney, não foram encontradas diferenças significativas entre a temperatura dos sujeitos.

De forma a avaliar uma possível correlação entre os tempos dos 100metros livres e as temperaturas dos sujeitos, foi feito o teste de Spearman entre o tempo dos 100metros livres do primeiro dia com a temperatura dos sujeitos do mesmo dia, e o mesmo procedimento com os valores do dia 2. Em ambos os momentos não foram encontradas correlações significativas entre os valores.

Na tabela abaixo podemos ver os resultados dos testes estatísticos não paramétricos aplicados (“U” de Mann-Whitney e coeficiente de Spearman).

Tabela 16 - Resultados do teste de "U" de Mann-Whitney e Spearman

		Valor p (man-Whitney)	Valor p (Spearman)
Tempos100_dia1	Tempos100_dia2	0,02	
Termo2_dia1	Termo2_dia2	0,16	
Tempos100_dia1	Termo2_dia1		0,25
Tempos100_dia2	Termo2_dia2		0,6

## 6. Discussão e Conclusão

O objetivo desta investigação foi analisar o comportamento dos atletas num teste máximo de 100 metros livres após um aquecimento pré-definido com tempos de repouso diferentes até realizarem a prova. Adicionalmente, procurámos correlacionar esses valores com a temperatura corporal dos sujeitos, através da termografia, tendo em conta o trabalho de Racinais & Oksa (2010). Alguns estudos já foram feitos neste sentido de explorar o efeito do aquecimento na natação (Neiva et al., 2012; Neiva et al., 2013; Neiva et al., 2016).

Neste estudo, o aquecimento utilizado teve como objetivo preparar o corpo para a tarefa principal que seria o teste dos 100 metros livres, tentando de certa forma, esclarecer o pouco mais sobre as duvidas apresentadas em Atkison et al (2005) & Burnley et al (2002).

Segundo Neiva et al (2012), ao aquecimento podem ser dadas duas classificações: a) aquecimento passivo e b) aquecimento ativo, neste estudo, apenas se recorreu ao aquecimento ativo para preparar os sujeitos para o teste máximo.

Hilderbrandt et al (2010) refere que a termografia infravermelha tem-se tornado uma boa ferramenta de investigação em diversas áreas, desde mecânica, eléctrica, militar, construção e medicina, ao ser usada em medicina, leva-nos a crer que também pode ter as suas aplicações no desporto, ao procurar estudos sobre o mesmo não foram encontrados muitos, e ainda menos na natação. Por ser um método que fornece em tempo real e de forma instantânea alguma informação que pode ser útil, foi utilizada neste estudo como instrumento de medição.

A temperatura da pele é um parâmetro que pode condicionar a evolução de parâmetros fisiológicos como, por exemplo, a produção de lactato ou a frequência cardíaca (Mougios et al 1993), como tal, mais justifica a nossa opção de usar a termografia como instrumento de medida.

No decorrer do estudo tivemos de adaptar algumas condições para a recolha dos termogramas, como é referido por Steketee (1973), a energia realmente emitida pela superfície do corpo e detetada pela câmara infravermelha depende da emissividade da

superfície, das propriedades do corpo e do ambiente, como tal, foi preciso ter um cuidado extra relativamente à secagem dos sujeitos para não ter água a interferir com a leitura feita pela máquina, e foi necessário improvisar um espaço na piscina com o mínimo radiação possível.

Segundo Ammer (2008), a câmara termográfica para utilizar em estudos com sujeitos humanos deveria cumprir alguns critérios, nomeadamente uma resolução mínima de 320 (horizontal) x 240 (vertical) pixels, a câmara (Flir i60) utilizada neste estudo, apenas teve uma resolução de 180 x 180 pixels, o que pode ter comprometido os resultados do mesmo. Para assegurar a repetibilidade dos resultados de dia para dia e garantir a confiança das medidas, em ambos os dias os termogramas foram retirados no mesmo lugar, com a mesma posição da câmara e do sujeito.

Num estudo feito por Ahlem et al (2012), nos procedimentos utilizados por eles existia um período de aclimatização de 10 minutos em que os sujeitos deveriam estar imersos dentro de água antes de realizar o termograma, no presente estudo esse procedimento não foi feito, devido ao alto desconforto que causou a outros sujeitos noutros testes já realizados.

No presente estudo foi encontrada uma diferença significativa no resultado dos 100metros livres de uma recolha para a outra, o que sugere que a diferença do intervalo de repouso após o aquecimento, uma vez que foi a única variável diferente, influencia o tempo final aos 100 metros, o que vai de encontro aos resultados encontrados no estudo de Neiva et al. (2016). No entanto, ao analisar as diferenças entre as temperaturas anteriores ao teste máximo, não foram encontradas diferenças significativas, o que sugere que a temperatura daquele ponto em específico, não justifica a diferença de resultados nos 100metros livres. No trabalho de Neiva et al (2016) também foi utilizada a temperatura, mas registada através de uma capsula ingerida de forma a registar a temperatura do interior do corpo, e não apenas da superfície da pele, nesse estudo foram encontradas diferenças, apesar de não serem significativas, comparando os 10min vs 20min. A termografia tira o valor da superfície da pele e também não foram encontradas diferenças significativas na temperatura dos sujeitos, o que pode sugerir que a temperatura pode não estar relacionada com o rendimento desportivo na prova dos 100metros livres, noutro estudo realizado por Adamczyk et al (2012) foi analisada a

temperatura da superfície corporal do músculo quadricípite durante o teste máximo de salto vertical, e também não foi encontrada nenhuma relação entre a temperatura da pele e os resultados obtidos.

Posto isto, fomos tentar correlacionar a temperatura de cada dia com o tempo final aos 100metros livres do mesmo dia e também não foi encontrada correlação significativa, nem no dia 1, nem no dia 2, o que sugere mais uma vez que a temperatura do sujeito em nada influencia o tempo final da prova dos 100m livres.

O aquecimento na natação parece influenciar positivamente o rendimento desportivo na prova dos 100metros livres (Neiva et al, 2013). No entanto, os resultados do presente estudo não indicam qual é o melhor intervalo de repouso até ao teste máximo para otimizar o rendimento desportivo.

A temperatura parece ser um bom indicador do rendimento desportivo na natação pelos resultados encontrados, já que o dia em que se registou uma maior descida de temperatura foi o segundo, tendo sido também o dia em que os piores resultados foram registados, apesar de as diferenças encontradas não serem significativas.

Podemos também concluir neste estudo que o excesso de descanso antes das provas parece influenciar negativamente a performance dos nadadores nas provas, neste caso de 100m livres. Já em distâncias mais pequenas (50m livres), foi feito um estudo por Neiva et al. (2012), onde não foram encontradas diferenças significativas entre o resultado do teste de 50m máximo com e sem aquecimento prévio, o que sugere que quanto mais pequena a distância da prova menor a importância do aquecimento. Outros fatores não controlados, como o dia-a-dia dos sujeitos fora da piscina, podem ter, ou não, influenciado os resultados obtidos.

## **7. Aplicações práticas e futuras linhas de investigação**

Algumas aplicações práticas que podemos retirar desde estudo:

- O aquecimento parece ser benéfico para o rendimento desportivo na prova dos 100metros livres;
- O efeito do aquecimento parece baixar ao longo do tempo e o aquecimento deve ser realizado mais perto da prova (por exemplo, 10 minutos).

Seria interessante replicar este estudo com um N maior e com mais variáveis em estudo, para que os treinadores tenham um método mais simples para avaliar o estado ótimo dos atletas previamente à realização das provas. Não é de todo prático ter uma câmara termográfica sempre no cais, realizar a aclimatização necessária e retirar a temperatura dos atletas, pelo que seria útil encontrar um meio mais simples para avaliar o estado do atleta antes da realização das provas, da mesma forma que acontece com o estudo da termografia.

Mais estudos devem ser feitos neste sentido, mas em provas de maior distância, de forma a avaliar realmente qual é o efeito do aquecimento da Natação Pura Desportiva;

Devem ser feitos também estudos no sentido de se perceber se existem diferenças numa prova de natação pura desportiva com um aquecimento apenas a seco;

Devem ser feitas também futuras investigações no sentido de analisarem as diferenças no aquecimento de provas seguidas, uma vez que na natação as provas importantes estão divididas por manhã / tarde, com eliminatórias de manhã e finais à tarde. Será que o aquecimento realizado nas diferentes sessões deve ser diferente ou não e qual a sua influência no resultado desportivo?



## 8. Bibliografia

- Adamczyk, J.G.; Boguszewski, D.; Siewiersky, M. (2012). Physical Effort Ability, Kind of Warm-Up and Surface Temperature of Muscles.
- Ammer, K. (2008) The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermol. Int.* 2008, 18, 125–129.
- Arfaoui, A., Polidoro, G., Taiar R., & Popa C. (2012). Infrared Thermography in Sports Activity, Infrared Thermography, Dr. Raghu V Prakash (Ed.), ISBN: 978-953-51-0242-7, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/infrared-thermography/infrared-thermography-in-sports-activity>
- Albert, S.M., Glickman, M., Kallish, M. (1964). Thermography in orthopedics. *Ann N Y Acad Sci*, Vol.70. pp.121-157.
- Akimov, E.B.; Andreev, R.S.; Arkov, V.V.; Kirdin, A.A.; Saryanc, V.V.; Sonkin, V.D.; Toneviksy, A.G. (2009). Thermal “portrait” of Sportsmen with Different Aerobic Capacity. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*. 2009, Vol.14.
- Atkison, G., Todd, C., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2005). Diurnal variation in cycling performance: influence of warm-up. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), 321-9.
- Balilionis G, Nepocaty S, Ellis CM. (2012). Effects of different types of warm-up on swimming performance, reaction time, and dive distance. *J Strength Cond Res* 2012; 26(12):3297–3303.
- Bishop D. (2003) Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med* 2003; 33(7):483–498
- Borozan, I.; Miron, P.; (2012). Ergonomic study regarding sport training – Push-ups simulation and analysis. V. 4. Issue 8. 2012.

Buono, M.J., Jechort, A., Marques, R., Smith, C., Welch, J. (2007). Comparison of infrared versus contact thermometry for measuring skin temperature during exercise in the heat. *Physiological Measurement*. 28:855-859.

Burnley, M., Doust, J.H., Jones, A. M. (2002). Effects of prior heavy exercise, prior sprint exercise and passive warming on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 87(4-5), 424-432.

Cuevas, I.F.; (2012). Effect of Endurance, Speed and Strenght training on Skin Temperature Measured By Infrared Thermography. *Doctoral Thesis with International Mention*. Universidade Politécnica de Madrid.

Diakides, N.A.; Diakides, M.; Lupo, J.C.; Paul, J.L.; Balcerak, R. Medical Infrared Imaging; In *Advances in Medical Infrared Imaging*. Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2008; pp. 1–13.

Formenti, D., Ludwig, N., Gargano, M., Gondola, M., Dellerma, N., Caumo, A., Alberti, G. (2013). Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. *Annals of Biomedical Engineering*., 4:863-71.

Hedrick, A. (1992). Physiological responses to warm up. *National Strength and Conditioning Journal*; 14(5), 25-27.

Hildebrandt, C.; Raschner, C. (2009) An intra-examiner reliability study of knee temperature patterns with medical infrared thermal imaging. *Therm. Int.* 2009, 19, 73–77.

Hildebrandt, C.; Raschner, C.; Ammer, K. (2010). An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors* 2010, 10, 4700-4715; doi: 10.3390/s100504700.

Louro, H., Espada, M., Sá, G., Figueiredo, T., Fontes, P., Conceição, A. (2015). Termografia, efeito do aquecimento no Andebol – Estudo Piloto. *EFDeportes.com, Revista Digital*. Buenos aires – Ano 20 – Nº 205 – Junho 2015.

Merla, A.; Mattei, P.A.; Di Donato, L.; Romani, G.L.(2010) Thermal Imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann. Biomed. Eng.* 2010, 38, 158–163.

Mougios, V., Deligiannis, A. (1993). Effect of water temperature on performance, lactate production and heart rate at swimming of maximal and submaximal intensity. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, Vol.33. pp.27–33.

Holmer, I. (1974). Energy cost of arm stroke leg kick and the whole stroke in competitive swimming styles. *Europ. J. Appl. Physiol.*, Vol.33. pp.105–118.

Holmes, L.C.; Gaughan, E.M.; Gorondy, D.A.; Hogge, S.; Spire, M.F. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. *Can. Vet. J.* 2003, 44, 392–396.

Horvath, SM, Hollander, J L. (1949). Intra-articular temperature as a measure of joint reaction. *J Clin Invest*, Vol.73. pp.441-469.

H.P. Neiva. P.G. Morouço, F.M. Pereira, D.A. Marinho. (2012). O efeito do aquecimento no rendimento dos 50m de nado. *Motricidade*. 2012, vol. 8, n.S1, pp. 13-18.

H.P. Neiva, M.C. Marques. R.J. Fernandes, J.L., Viana, T.M., Barbosa, D.A., Marinho.(2013). Does warm-up have a beneficial effect on 100m Freestyle? *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2013 Human Kinetics, Inc.

H.P.Neiva; M.C. Marques; T.M. Barbosa; M. Izquiero; J.V. Viana, D. A. Marinho. (2016) Effects of 10min vs 20min passive rest after warm-up on 100m

Freestyle time-trial performance: A randomized crossover study. *Journal of Science and Medicine in Sport* 20 (2016) 81-86.

Racinais S, Oksa J.(2010). Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med SciSports* 2010; 20(Suppl. 3):1–18

Ring, E.F.J.; Ammer, K.. (1998). Thermal Imaging in sports medicine. *Sport Med. Today* 1998, 1, 108–109.

Purohit, R.C.; McCoy, M.D. (1980). Thermography in the diagnosis of inflammatory processes in the horse. *Am. J. Vet. Res.* 1980, 41, 1167–1168.

Selfe, J., Sutton, C., Hardaker, N.J., Greenhalgh, S., Karki, A., Dey, P. (2010). Anterior knee pain and cold knees: A possible association in women. *The knee*, Vol.17. pp.319 – 323.

Selfe, J.; Whitaker, J.; Hardaker, N. (2008). A narrative literature review identifying the minimum clinically important difference for skin temperature asymmetry at the knee. *Thermol. Int.* 2008, 18, 41–44.

Steketee, J. (1973). Spectral emissivity of skin and pericardium. *Phys. Med. Biol.*, Vol.18. pp.686–694.

Turner, T.A. (2000). Diagnostic thermography. *Vet. Clin. North. Am. Equine Pract.* 2000, 17, 95–113.

Vardasca, R. (2008). Symmetry of temperature distribution in the upper and lower extremities. *Thermol. Int.* 2008, 18, 154–155.

West DJ, Dietzig BM, Bracken RM et al.(2013). Influence of post-warm-up recoverytime on swim performance in international swimmers. *J Sci Med Sport* 2013;16(2):172–176

Woods, K., Bishop, P., & Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*, 37(12), 1089-1099.

Zontak, A.; Sideman, S.; Verbitsky, O.; Beyar, R.(1998). Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann. Biomed. Eng.* 1998, 26, 988–993.