

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Efeitos de Diferentes Níveis de Condicionamento Físico  
Sobre Respostas Termográficas e Eletromiográficas de  
Ciclistas.

Bolsista: Lucas Tavares Sampaio, FAPEAM

Orientador: Prof. MSc. Vinicius Cavalcanti

MANAUS

2015

# SUMARIO

<b>1. RESUMO</b> .....	3
<b>2. INTRODUÇÃO</b> .....	4
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	Erro! Indicador não definido.
3.1.Geral.....	Erro! Indicador não definido.
3.2.Específicos.....	Erro! Indicador não definido.
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	5
4.1. Termografia e suas aplicações.....	5
4.2. Termorregulação e exercício.....	6
4.2.1. Termografia e exercício físico.....	7
4.3. Relações entre termografia e eletromiografia.....	8
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	9
5.1. Caracterização da Pesquisa.....	9
5.2. Procedimento experimental.....	9
5.3. Grupo de estudo.....	9
5.4. Protocolo de avaliação.....	10
5.4.1. Avaliação da temperatura cutânea.....	10
5.4.2. Avaliação da atividade eletromiográfica.....	10
5.4.3. Teste ergoespirométrico e de frequência cardíaca.....	11
5.4.4. Teste progressivo máximo.....	11
5.4.5. Obtenção de dados acerca da estatura e composição corporal.....	11
5.4.6. Avaliação do posicionamento corporal no ciclismo.....	12
5.5. Análise de Dados.....	12
5.6. Análise Estatística.....	13
<b>6. RESULTADOS</b> .....	13
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	18
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	20
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	21

## **RESUMO**

Este estudo demonstrou que há diferença na temperatura da pele com o exercício físico, tendo diminuição desta durante a atividade e logo após a mesma, seguida de aumento da temperatura após um intervalo de 10 min de descanso principalmente em indivíduos treinados em relação aos não treinados, a EMG apresentou comportamento inverso, aumentando com o passar da atividade, aumentando principalmente nos indivíduos não treinados no ciclismo. A relação entre essas duas variáveis acontece principalmente com o momento de potência máxima em ambos os grupos, sendo este o que maior influência nas variações da temperatura da pele. A amostra foi composta por 18 indivíduos, 9 participantes treinados no ciclismo e 9 participantes não treinados na modalidade (Ansley e Cangle, 2009). O experimento foi realizado em duas partes: i. Dados antropométricos, dobras cutâneas, avaliação do posicionamento corporal na bicicleta e composição corporal; ii. Aplicação dos testes progressivos máximos, de temperatura cutânea, de atividade muscular (EMG).

Palavras chave: Termografia, Eletromiografica, Ciclismo, Treinamento.

### **1. Introdução**

Durante a realização do exercício físico ocorre um aumento da taxa metabólica para atender as demandas do organismo (SCHLADER, 2010). Desta forma de 30-70% da energia produzida na contração muscular é dissipada na forma de calor (KRUSTRUP et al., 2003), que vem a modificar o equilíbrio térmico do indivíduo (MARINS, 2011). Este aumento no calor interno do indivíduo causa um aumento no transporte de sangue para a superfície da pele (TAYLOR, 2000), para que ocorra tal resfriamento ocorre uma troca de calor com o ambiente mediante processos termorregulatórios como condução,

convecção e radiação, sendo de se esperar que alterações sejam observadas na superfície da pele (GANONG, 1998).

Para avaliar este comportamento térmico nos últimos anos começou a ser utilizada a termografia infravermelha, onde em diversos estudos já vêm demonstrando que indivíduos com valores maiores de  $VO_{2MAX}$  (Chudecka & Lubkowska, 2010, 2012) e níveis de lactato (Akimov & Son'kin, 2011), ou ativação neuromuscular mais eficiente (Priego Quesada et al., 2015), apresentaram uma redução maior na temperatura da pele durante a atividade física (Akimov & Son'kin, 2011; Chudecka & Lubkowska, 2010, 2012), além de apresentarem menores aumentos desta temperatura logo após o exercício (Abate et al., 2013; Merla et al., 2010; Priego et al., 2015). O mecanismo principal que liga o desempenho com estas alterações na temperatura da pele é uma maior capacidade de dissipação do calor através da evaporação do suor durante o exercício (Chudecka & Lubkowska, 2010; Ichinose-Kuwahara et al., 2010).

Já em relação ao sistema neuromuscular a eletromiografia de superfície (SEMG), demonstra que os indivíduos com melhor desempenho no ciclismo não apresentam padrões de atividade eletromiográfica diferentes de indivíduos com aptidões aeróbicas menores (Marsh & Martin, 1995). No entanto, Takaishi et al. (1988) sugeriram que os ciclistas com melhor desempenho têm uma habilidade de pedalada melhor em relação à utilização positiva dos flexores do joelho (BF) na fase de recuperação da pedalada.

Deste modo o objetivo deste estudo foi o de comparar o desempenho de dois grupos de ciclistas com capacidades funcionais distintas (competitivos vs. recreacionais), a fim de entender o comportamento Térmico e Eletromiográfico destes grupos. Comparando e relacionando estes dois fatores durante a prática do ciclismo, a fim de demonstrar as diferenças existentes na relação destes fatores entre os grupos avaliados, uma vez que acredita-se que indivíduos com maiores aumentos na ativação neuromuscular durante um exercício de carga incremental deveriam apresentar menores aumentos na temperatura da pele, o que pode destacar uma melhor resposta adaptativa de seu sistema termorregulatório.

## **2. Objetivos**

## **Objetivo Geral**

Analisar a resposta térmica, e a sua relação com a resposta eletromiográfica de ciclistas recreacionais e competitivos.

## **Objetivo Específico**

- 1) Descrever o comportamento eletromiográfico dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral em ambas as pernas, durante um teste progressivo máximo de ciclistas recreacionais e competitivos.
- 2) Apresentar o comportamento da temperatura da pele em ciclistas recreacionais e competitivos nos diferentes momentos pré, durante e pós-exercício, nas regiões dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral em ambas as pernas.
- 3) Relacionar as respostas de EMG nos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral com a temperatura cutânea encontrada na região destas musculaturas em ciclistas recreacionais e competitivos.

## **3. Revisão Bibliográfica**

### **3.1. Termografia e suas aplicações**

A termografia infravermelha é uma técnica não invasiva caracterizada pela gravação de radiação infravermelha muito utilizada para medir a temperatura superficial, já que, todos os organismos emitem radiação no nível infravermelho a qual é equivalente a quarta potência da temperatura superficial (MORALES, 2011).

O uso de termógrafos é extenso tendo uma grande utilização no setor industrial (FERREIRA, 2012) realizando a medição da temperatura de equipamentos para evitar possíveis problemas decorrentes de aumentos ou declínios de calor no mesmo. Levando para a área médica algumas das principais aplicações vem sendo na detecção de processos dolorosos (BRIOSCHI, 2007<sup>2</sup>), na detecção de doenças reumáticas (BRIOSCHI, 2007<sup>3</sup>) e para o diagnóstico em mulheres quanto ao câncer de mama (BRENNAN & HOUSSAMI, 2013).

Já na área esportiva a termografia vem sendo utilizada cada vez mais já que apresenta aplicações para o diagnóstico de lesões músculo-esqueléticas (CHRISTENSEN, 2012), na avaliação da recuperação muscular após treinos e competições, para liberação de atletas para treinos específicos e como preditor

do VO<sub>2</sub>max (BANDEIRA, 2012). Sendo utilizada principalmente em clubes de futebol visando prevenir e/ou reduzir a quantidade de lesões em suas equipes. Um exemplo disto é o estudo de Gomes Carmona (2012) em um time de futebol espanhol da primeira divisão, que utilizando a termografia como técnica para diagnóstico e prevenção de lesões, conseguiu reduzir a frequência de lesões em até 60%. Além deste um estudo realizado por Bandeira (2012), mostra que as imagens termográficas podem ser utilizadas para a determinação anatômica de lesões em conjunto com marcadores bioquímicos, uma vez que a termografia não avalia processos de dor ou lesões e sim alterações fisiológicas do indivíduo.

### **3.2. Termorregulação e exercício:**

Por meio de receptores térmicos presentes na pele, o corpo humano pode reconhecer as diferentes condições ambientais como frio ou calor, onde para cada condição, existe uma resposta fisiológica específica como vasoconstrição periférica em temperaturas muito baixas, ou a vasodilatação periférica em temperaturas muito elevadas (CHARKOUDIAN, 2010).

Já durante o exercício físico, ocorre um aumento na taxa metabólica visando atender as necessidades do corpo humano naquela tarefa o que conseqüentemente gera um aumento no calor interno do corpo (SCHLADER, 2010). Tal calor é produzido a partir da convecção metabólica de energia em energia mecânica e térmica principalmente pela musculatura ativa (GONZALEZ E ALONSO, 2012), causando um aumento de até 10 °C na temperatura muscular (BENNETT, 1984). O que torna a temperatura um importante determinante da contratilidade do músculo esquelético (FERREIRA ET AL, 2008).

A termorregulação visa remover este excesso de calor (SHERWOOD, 2011), a fim de evitar diminuições no desempenho atlético (TUCKER, 2004) ou sérios problemas médicos (SHEPHARD, 2007), por meio de processos termorregulatórios (condução, convecção e radiação) que visam manter a homeostase do organismo. Assim durante o exercício ocorre uma vasodilatação periférica que permite a transferência maciça de sangue mais quente da parte interna do corpo para a parte mais superficial do mesmo, onde os processos acima citados agem para regular a temperatura corporal. (GANONG, 1998). Desta forma o exercício é considerado um agente

perturbador da homeostase do corpo. Este comportamento termorregulatório varia de acordo com o nível de aptidão física do indivíduo e/ou percentual de gordura (ABATE, 2013).

### **3.2.1. Termografia e exercício físico**

Quanto à temperatura superficial da pele, a termografia se mostra de grande utilidade uma vez que registra grava e produz imagens que refletem a dinâmica micro circulatória da mesma, assim como dito por Quesada (2013) que diz que a termografia infravermelha é sensível as variações de temperatura produzidas tanto em todo o corpo.

Assim alguns estudos vêm mostrando como se dá o comportamento térmico da pele durante o exercício físico como o de Merla *et. al.* (2010) que mostraram que durante uma intensidade gradual de aumento do exercício em corredores treinados tende-se a se observar uma diminuição na temperatura da pele durante o exercício e um aumento durante a recuperação.

Outros estudos, como por exemplo de Abate *et. al.* (2013) que observou que ciclistas bem treinados apresentavam uma diminuição na temperatura da pele durante o exercício enquanto o mesmo não ocorria no grupo de ciclistas não treinados, do mesmo modo, jogadores com melhor nível de condicionamento físico apresentaram uma redução maior na temperatura da pele após 90 min de exercício (CHUDECKA E LUBKOWSKA, 2010), estudos feitos com corrida apresentam resultados parecidos, onde indivíduos treinados apresentaram diferenças em relação a indivíduos não treinados (ABATE *et. al.*, 2013; FORMENTI *et. al.*, 2013) e entre indivíduos com diferentes VO2MAX e níveis de lactato (AKIMOV *et. al.*, 2011; CHUDECKA e LUBKOWSKA, 2012).

Assim nota-se que o corpo humano atende a necessidades diferentes de perda de calor, a temperatura da pele apresenta respostas diferentes para cada região corporal onde cada uma possui uma resposta específica durante o exercício (ANDRADE FERNANDES, 2014). Recentemente, tem sido observada uma relação reduzida entre as temperaturas do núcleo e da pele durante o exercício devido principalmente ao efeito da evaporação do suor (XU *et. al.*, 2013). No entanto, a relação entre o esforço muscular e temperatura da pele ainda é desconhecida.

### **3.3. Relações entre termografia e eletromiografia:**

Sabe-se que o processo de treinamento tem influência direta sobre o sistema neuromuscular desde uma melhor utilização em tarefas específicas, até uma maior força da musculatura ativa durante o exercício (MC ARDLE, 2010). Desta forma pode-se utilizar a EMG para estimar quando um músculo se torna ativo, por quanto tempo se mantém ativo e se houve pouca ou muita atividade contrátil do músculo (ANDRADE *et. al.*, 2011), sendo estimada observando a largura ou amplitude do sinal de EMG que permite determinar a atividade do músculo.

Como dito anteriormente a temperatura da pele durante o exercício está relacionada com o trabalho muscular, o que reflete a eficiência na dissipação do calor produzido e, por sua vez depende da atividade de nível circulatório e do sistema de recrutamento e taxa de sudorese (CHUDECKA E LUBKOWSKA 2010). Uma redução significativa na temperatura da pele é observada durante ou depois de uma carga de trabalho incremental ou intensa de exercício (FERREIRA *et. al.*, 2008), o que pode estar relacionado com a evaporação do suor para dissipação de calor durante o exercício (CHUDECKA E LUBKOWSKA, 2010).

A ligação entre a ativação muscular e a temperatura da pele pode ser valiosa para determinar a eficiência do sistema termorregulador para dissipar a produção de calor do músculo. Como por exemplo, ao longo do exercício isométrico onde se observou um aumento da temperatura do bíceps braquial durante a atividade o que se associou a uma diminuição na frequência de alimentação média do sinal de EMG, sugerindo aumento da fadiga muscular (BARTUZI *et. al.*, 2012). Portanto, não está claro se os sujeitos que realizam exercícios aeróbicos com maior ativação neuromuscular poderiam dissipar o calor de forma otimizada.

Neste contexto um estudo recente publicado por Quesada *et. al.* (2015) identificou que participantes com maior ativação neuromuscular geral e menor conteúdo de baixa frequência na ativação do vasto lateral apresentavam uma melhor resposta adaptativa do seu sistema termorregulador, mostrando menores aumentos na temperatura da pele. Dentre os músculos estudados (Reto femoral, Bíceps femoral, Vasto lateral e Gastrocnêmio medial) o vasto lateral apresentou a melhor associação entre as mudanças na ativação



neuromuscular e temperatura da pele durante exercício incremental no ciclismo.

#### **4. Material e Métodos**

##### **4.1. Caracterização da área de estudo**

Este é um estudo do tipo de caso avaliativo, cujo objetivo principal é utilizar os dados para avaliar o mérito de alguma prática, programa, movimento ou evento (THOMAS, NELSON e SILVERMAN, 2007).

##### **4.1. Procedimento experimental**

O experimento foi realizado em duas partes: i. Dados antropométricos, dobras cutâneas, avaliação do posicionamento corporal na bicicleta e composição corporal; ii. Aplicação do teste progressivo máximo, de temperatura cutânea e de atividade muscular (EMG). Todas as coletas de dados foram realizadas no Laboratório de Estudo do Desempenho Humano (LEDEHU) da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia (FEFF) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

##### **4.2. Grupo de estudo**

Participaram deste estudo 30 indivíduos, 15 praticantes treinados no ciclismo (Club) (Ansley e Cangle, 2009) e 15 praticantes recreacionais na modalidade (No-Ciclist). As medianas e desvios-padrões para idade, massa corporal, % de gordura, estatura, dobras cutâneas da coxa e panturrilha dos participantes Club e No-Ciclist se encontram na Tabela 1. Os voluntários foram convidados a participar do estudo, o que caracteriza uma amostragem por conveniência, onde todos foram informados dos procedimentos e condições experimentais e, posteriormente, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas de acordo com a resolução nº 466/12 do CNS (Conselho Nacional de Saúde), com o protocolo CAAE/CEP/UFAM 32025314.2.0000.5020.

**Tabela 1:** Medianas e Desvios Padrões referentes à idade, massa corporal, % de gordura, estatura, dobra cutânea da coxa (DCC) e dobra cutânea da panturrilha (DCP).

---

<b>Classificação</b>	<b>Idade</b>	<b>Massa</b>	<b>%</b>	<b>de Estatura</b>	<b>DCC</b>	<b>DCP</b>
----------------------	--------------	--------------	----------	--------------------	------------	------------

---

o	corporal (kg)	gordura	(cm)			
<b>Club</b>	34±8.64	81,03±12.54	20.90±7.87	174.50±6.2	17±5.02	9.50±4.45
				0		
<b>No-Ciclist</b>	23±6.18	82.49±16.89	25.80±9.50	174±9.17	20±4.57	14±4.34

### 4.3. Protocolo de avaliação

#### 4.3.1. Avaliação da temperatura cutânea

A Avaliação da temperatura cutânea foi realizada com os indivíduos de sunga, sem equipamentos eletrônicos próximos que perturbassem a medida, os indivíduos não tomaram sol ou raios UVA no dia do teste, não utilizaram cremes para pele, ou consumiram bebidas quentes ou alcoólicas nas 12 horas anteriores ao teste e nem praticaram exercício físico extenuante nas 24 horas antes do teste. Na sala de teste permaneceram apenas o avaliador e o avaliado, onde foram realizadas fotos termográficas com um painel antirreflexo por trás do participante, além da ausência de energia solar e elétrica (GOMES CARMONA, 2012). Foram tiradas 3 fotos dos membros inferiores dos indivíduos uma no plano anterior e duas no posterior; através de uma câmera termográfica (FLIR T4xx series, FLIR, Luxemburgstraat, Bélgica) com a lente paralela ao solo a uma distância de 1 metro do indivíduo (HILDEBRANDT, *et. al.*, 2010).

Anteriormente ao teste máximo foram realizadas as primeiras fotos termográficas após dez minutos de aclimação ao ambiente do laboratório (Pré), durante o exercício ocorreu uma filmagem (plano sagital, onde foi colocada uma caixa de seleção de 9cm<sup>2</sup> no terço medial da coxa, para a tomada da temperatura média desta região a cada ciclo de pedalada), após o exercício, foram realizadas duas baterias de fotos termográficas, logo ao termino (Pós) e após 10 minutos de retirada de suor (Pós10). A umidade e temperatura ambiente foram controladas por um termômetro, mantendo uma temperatura de 22±3° C e uma umidade relativa do ar de 40±15%.

#### 4.3.2. Avaliação da atividade eletromiográfica

A coleta de dados acerca da atividade muscular nos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF) e gastrocnêmio medial (GM) da perna direita, durante o teste máximo de ciclismo foi realizada por meio da eletromiografia de superfície (EMG). Para a avaliação da EMG foram colocados sensores **(MARCA)** bipolares simples para obtenção dos sinais

elétricos musculares, sinais estes que serão enviados via *wireless* para um receptor (*Noraxon USA – Tele Myo DTS Desk Received*) ligado diretamente ao computador com o software *MR-XP 1.07 Basic Application Protocols* para arquivamento dos dados. Os sensores foram posicionados na pele após o barbear e cuidadosa limpeza da área, usando um produto abrasivo limpo e álcool para reduzir a impedância da pele, seguindo os parâmetros da Sociedade Internacional de Eletromiografia e Cinesiologia. Os sensores de EMG foram colocados no terço central do comprimento do músculo (a fim de evitar a junção muscular) longitudinalmente sobre o ventre dos músculos na direção em que as fibras se dispõem (HERMENS *et. al.*, 2000).

#### **4.3.3. Teste progressivo máximo e de frequência cardíaca**

Após a primeira bateria de fotos, colocação dos sensores de EMG e posicionamento da câmera para filmagem lateral, os avaliados tiveram a postura adotada em suas bicicletas copiada para a bicicleta ergométrica (Imbrasport CG-04), por meio da aplicação das técnicas propostas por Burke e Pruitt (2003). O teste iniciou com uma carga de 105 W durante 3 minutos, seguindo com incrementos de 35 W a cada 3 minutos até a exaustão (Denadai *et. al.*, 2012). A cadência de pedalada foi mantida em  $55\pm 5$  rotações por minuto (RPM) pelo retorno visual do *software (Ergo-control)* da bicicleta ergométrica. A exaustão foi definida como o momento em que o participante não foi capaz de manter a cadência de pedalada de 50 RPM. A potência de pico foi definida como a carga de trabalho da última etapa concluída. Durante o Teste foram monitoradas a Atividade Eletromiográfica, Avaliação Termográfica e Frequência Cardíaca.

A frequência cardíaca (FC) foi continuamente monitorada por meio de uma cinta da marca Polar®, fixada ao peito do ciclista, sendo registrada a cada término de estagio. A frequência cardíaca máxima (FCMAX) foi o maior valor obtido durante o teste.

#### **4.3.4. Obtenção de dados acerca da estatura e da composição corporal**

A estatura dos sujeitos foi verificada com o uso de um estadiômetro compacto de parede de 2 m, seguindo as orientações da Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria (ISAK). A composição corporal foi aferida por meio da pletismografia por deslocamento de ar (air

displacement plethysmography, BOD POD bodycomposition system; Life Measurement Instruments, Concord, CA), o qual fornece a densidade corporal (DC), os procedimentos para uso do instrumento foram estabelecidos pelo fabricante do equipamento, a partir da DC o percentual de gordura foi equacionada pela fórmula de Siri (1961), em seguida foram realizadas as medidas das dobras cutâneas da coxa e panturrilha que foram realizadas de acordo com o protocolo antropométrico da ISAK (ALBARRAN e HOLWAY, 2005) através de um adipômetro (Innovare CRESCORF).

#### **4.4. Análise de Dados**

Para a extração dos dados das avaliações termográficas foi utilizado o software ThermaCAM Researcher Pro 2.0 (FLIR, Luxemburgstraat, Bélgica), onde será obtida uma temperatura média para cada região de interesse (parte anterior e posterior da coxa e parte posterior da panturrilha), além de serem identificadas as variações entre os diferentes momentos (Pré, Pós, Pós10). Já para a extração dos dados do vídeo foi utilizado o software livre Kinovea®, sempre identificando a temperatura da região de interesse na posição de 90° do pedal com a perna direita à frente (pedal paralelo ao solo). Sempre foi analisado o minuto do meio de cada etapa, e no último estágio será analisado o minuto final se este não for concluído. Foram calculados a partir das temperaturas médias de cada momento as variações ocorridas entre os momentos (Pós-Pré=Var1, Pós10-Pré=Var2 e Pós10-Pós=Var3) de cada foto e na filmagem entre os momentos Lv1 (60% da potência máxima no teste), Lv2 (0% da potência máxima no teste) e Pomax (Potência máxima no teste) dentro da filmagem (Lv2-Lv1=Var4, Pomax-Lv1=Var5 e Pomax-Lv2=Var6).

Os dados da EMG foram processados utilizando o software Noraxon U.S.A. Inc. MyoResearch XP Basic versão 1.07.1. O sinal bruto foi retificado e suavizado pelo referido programa. Posteriormente, valores quadráticos médios (RMS) foram calculados para todos os músculos avaliados sempre no minuto do meio de cada etapa.

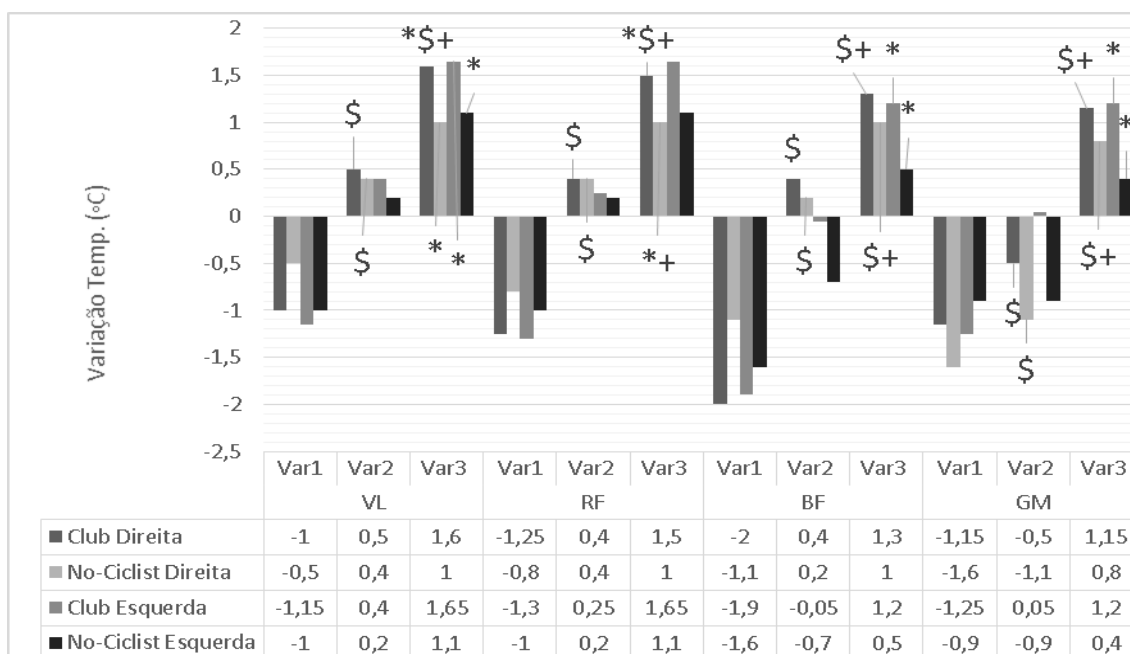
#### **4.5. Análise estatística**

Todas as variáveis apresentaram distribuição não normal na saída do teste de Shapiro-wilk (não paramétricas). A comparação das variáveis (Temperatura cutânea e Valor do sinal de EMG) do estudo entre os grupos

(Club e No-Ciclist) e entre os diferentes momentos em cada variável foram realizadas através do Teste de Mann-Witney. A relação entre o valor do sinal de EMG e as variações de temperatura em cada grupo foi verificada através da correlação de Spearman. O nível de significância adotado foi de 5% ( $p < 0,05$ ). O tratamento estatístico foi realizado no programa SPSS 21.0.

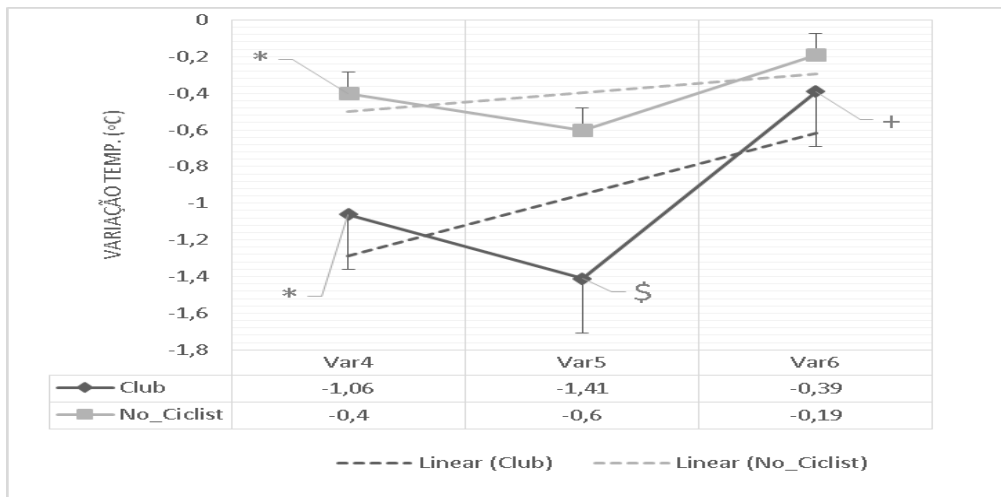
## 5. RESULTADOS

Na Figura 1 demonstra-se os valores das variações de temperatura nas fotos (Var1, Var2 e Var3) dos músculos analisados, com identificação das diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, entre os membros e entre as variações.



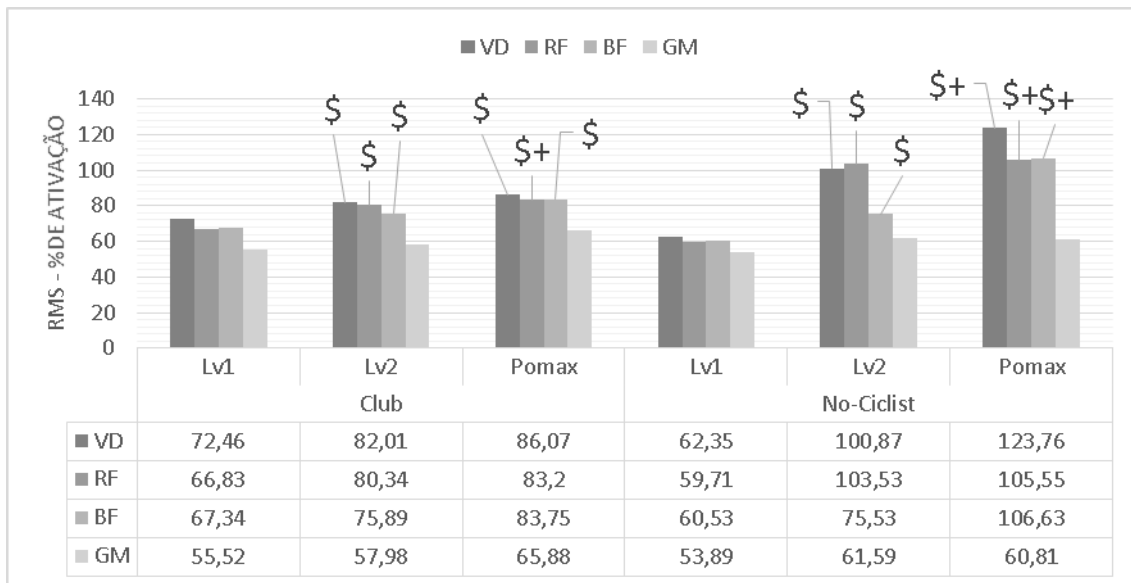
**Figura 1:** Valores das medianas das variações (Var1, Var2 e Var3) das temperaturas obtidas nos músculos VL, RF, BF e GM em ambas as pernas para os grupos Club e No-Ciclist (\* = diferença estatisticamente significativa entre os grupos; \$ = diferença estatisticamente significativa com a Var1; + diferença estatisticamente significativa com a Var2) ( $p < 0,05$ ).

Da mesma maneira a Figura 2 demonstra os valores das variações de temperatura (Var4, Var5 e Var6) do musculo VL na filmagem, com identificação das diferenças estatisticamente significativas entre os grupos e entre as variações.



**Figura 2:** Valores das medianas das variações de temperatura (Var4, Var5 e Var6) no músculo VL, (\* = diferença estatisticamente significativa entre os grupos, \$ = diferença estatisticamente significativa com a Var4; + diferença estatisticamente significativa com a Var5)( $p < 0,05$ ).

Já na Figura 3 é demonstrado o comportamento do EMG nos momentos Lv1, Lv2 e Pomax em todas as musculaturas avaliadas do lado direito dos sujeitos, identificando as diferenças estatísticas significativas entre os momentos e grupos. Os valores de EMG no membro inferior direito em todos os momentos foi correlacionado com todas as variações de temperatura em cada músculo (VL, RF, BF e GM), a partir disto foram obtidas relações da Var1 com o EMG no momento Pomax ( $p = 0,22$ ,  $R\hat{o} = -0,605$ ) no VL e da Var3 com o EMG no momento Lv2 no BF ( $p = 0,036$ ,  $R\hat{o} = 0,563$ ) ambos no grupo Club, já no grupo No-Ciclist demonstrou-se relação do RF com o EMG no momento Lv1 ( $p = 0,41$ ,  $R\hat{o} = -0,534$ ). Também foram correlacionadas as variações da filmagem termografica com o EMG e encontrada relação entre a Var5 com o EMG Pomax no grupo No-ciclist ( $p = 0,027$ ,  $R\hat{o} = 0,568$ ).



**Figura 3:** Resultados medianos das respostas de EMG (% do pico de ativação do primeiro estágio) nos músculos VL, RF, BF e GM nos momentos (LV1, LV2 e Pomax) (\$ = diferença estatisticamente significativa com o momento LV1, + = diferença estatisticamente significativa com o momento Lv2) ( $p < 0,05$ ).

## 6. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram relação entre a EMG e as variações de temperatura da pele principalmente com os momentos de maior intensidade (Lv2 e Pomax) e variações após a atividade. Estes resultados se assemelham ao estudo de Priego (2015), no entanto com um menor número de relações uma vez que em poucas musculaturas e em poucas variações. O nível de treinamento não aparentou ter influência clara sobre esta relação uma vez que houve correlação entre a ativação neuromuscular e a variação de temperatura no grupo não treinado também. Desta maneira indicando que o nível de ativação muscular e nível de treinamento não foram as principais influências nas modificações da temperatura da pele. Outras variáveis podem ser assumidas na influência sobre estas temperaturas, como por exemplo, o % de gordura (Savastano, 2009), idade e atividade metabólica, que demonstram influência na temperatura tanto em indivíduos em repouso (Savastano, 2009) quanto em atividade (Merla, 2010).

Os resultados de comparação entre as variações de temperatura demonstraram diferença significativa entre os momentos de teste, em ambos os grupos com diminuição inicial e aumento após 10 minutos de descanso principalmente no grupo Club em relação aos dois outros momentos (Pré e Pós). Esta diferença é demonstrada entre os grupos estudados apenas nas

variações 3 e 4 e mostra que os valores de variação da temperatura dos indivíduos treinados age de forma mais efetiva direcionando maior sangue quente para a pele visando os processos termoregulatorios (GANONG, 1998).

Estes achados se assemelham aos de Abate *et. al.* (2013) que observou que ciclistas bem treinados apresentavam uma diminuição na temperatura da pele durante o exercício enquanto o mesmo não ocorria no grupo de ciclistas não treinados e também com o estudo de Merla *et al.* (2010) que demonstrou que corredores treinados ao realizarem um teste incremental de intensidade gradual do exercício tendiam, apresentaram uma diminuição na temperatura da pele durante o exercício e um aumento durante a recuperação. Estes resultados de diminuição de temperatura são ainda mais notáveis quando se observa a temperatura da pele do músculo VL na filmagem termográfica, onde se demonstra uma tendência de diminuição da temperatura gradativamente durante a atividade com maior intensidade no grupo Club. O que pode vir a explicar esta diminuição na temperatura durante e logo após a atividade também é o efeito da evaporação do suor, uma vez que o processo de sudorese age para auxiliar na diminuição da temperatura do indivíduo (XU *et. al.*, 2013).

Já em relação a atividade neuromuscular foi demonstrada uma diferença significativa entre os grupos e entre os momentos o que nos permite observar que a atividade muscular no grupo No-Ciclist sofre um aumento do momento Lv1 para o Lv2 muito maior em comparação ao grupo Club, que por sua vez apresenta estabilidade durante a atividade tendo aumentos graduais, demonstrando uma melhor utilização da musculatura durante a atividade. Assim como dito por Lucia, *et al.* (2000) que demonstrou que ciclistas apresentavam um recrutamento de demasiadas fibras musculares durante a atividade o que pode demonstrar uma melhor utilização da musculatura ativa na modalidade.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante dos resultados obtidos demonstra-se que em ambos os grupos a temperatura da pele tem uma tendência de variação com diminuição durante e após a atividade e aumentos da temperatura após um intervalo de descanso e estabilização da temperatura de 10 minutos, neste ponto podemos observar através das diferenças



entre os grupos que o grupo Club possui maiores aumentos desta temperatura, demonstrando uma melhor adaptação da pele para a perda de calor por radiação após a atividade. Já a EMG demonstra comportamento escalonar onde aumenta gradativamente durante o teste, pode-se observar também que indivíduos menos treinados apresentam níveis de ativação (% do pico de ativação) maiores em intensidades menores que indivíduos mais treinados e estes indivíduos melhor treinados apresentam elevação mais controlada que indivíduos menos treinados, ou seja, aumentos em menor escala. A relação entre ativação muscular e as variação da temperatura apresentou relação em poucos músculos e em poucos momentos dentro, no entanto os momentos de intensidade mais elevada Lv2 e Pomax demonstraram influenciar nas variações de temperatura logo após e durante no momento de intensidade elevada.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABATE M, DI CARLO L, DI DONATO L, ROMANI GL, MERLA A. Comparison of cutaneous thermic response to a standardised warm up in trained and untrained individuals. **J Sports Med Phys Fitness**. Apr;53(2):209–15, 2013.
2. AKIMOV, E. B.; SON'KIN, V. D. Skin temperature and lactate threshold during muscle work in athletes. **Human Physiology**, v. 37, n. 5, p. 621-628, 2011.
3. ALBARRAN, M. A.; HOLWAY, F. Estandares Internacionales para la Valoración Antropométrica (ISAK Manual). **Universidad de Puerto Rico: Sociedad Internacional para el avance de la Kinantropometría**, 2005.
4. ANDRADE FERNANDES, A. et al. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. **Physiol. Meas.** 35;189; 2014.
5. ANDRADE, R. et al. Coactivation of the shoulder and arm muscles during closed kinetic chain exercises on an unstable surface. **Singapore medical journal**, v. 52, n. 1, p. 35, 2011.
6. BANDEIRA, Fábio et al. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol?; Can thermography aid in the diagnosis of muscle injuries in soccer athletes?. **Rev. bras. med. esporte**, v. 18, n. 4, p. 246-251, 2012.
7. BARTUZI, Pawel; ROMAN-LIU, Danuta; WIŚNIEWSKI, Tomasz. The influence of fatigue on muscle temperature. **International journal of occupational safety and ergonomics: JOSE**, v. 18, n. 2, p. 233-243, 2011.
8. BENNETT, A. F. Thermal dependence of muscle function. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 247, n. 2, p. R217-R229, 1984.
9. BRENNAN, Meagan; HOUSSAMI, Nehmat. Thermography in breast cancer diagnosis, screening and risk assessment: systematic review. **Breast Cancer Management**, v. 2, n. 2, p. 163-172, 2013.

10. BRIOSCHI, M. L. et al. Avaliação intraoperatória da revascularização cardíaca por angiografia térmica coronária: estudo experimental preliminar. **Arq Med PUCPR**, v. 2, p. 33, 2000.
11. BRIOSCHI, Marcos Leal; YENG, Lin Tchia; TEIXEIRA, Manoel Jacobsen. Diagnóstico avançado em dor por imagem infravermelha e outras aplicações. **Prática Hospitalar**, v. 50, n. 1, p. 93-8, 2007<sup>2</sup>.
12. BRIOSCHI, Marcos Leal et al. Infrared imaging use in rheumatology. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 47, n. 1, p. 42-51, 2007<sup>3</sup>.
13. BURKE, ER, Pruitt AL. Body positioning for cycling. In: Burke ER, organizadores. High-Tech Cycling. 2 ed. Champaign: **Ed. Human Kinetics**; 2003. p. 69-92.
14. CHARKOUDIAN, Nisha. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 1221-1228, 2010.
15. CHRISTENSEN, J. et al. Thermography as a quantitative imaging method for assessing postoperative inflammation. 2014.
16. CHUDECKA, Monika; LUBKOWSKA, Anna. Temperature changes of selected body's surfaces of handball players in the course of training estimated by thermovision, and the study of the impact of physiological and morphological factors on the skin temperature. **Journal of Thermal Biology**, v. 35, n. 8, p. 379-385, 2010.
17. CHUDECKA, Monika; LUBKOWSKA, Anna. 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. **Human Movement**, v. 13, n. 1, p. 33-39, 2012.
18. DENADAI, Benedito Sérgio. Limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 1, n. 2, p. 74-88, 2012.
19. FERREIRA, José JA et al. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. **Annals of biomedical engineering**, v. 36, n. 8, p. 1420-1427, 2008.
20. FERREIRA, G. et al. Experimental Analysis of the Infrared Thermography for the Thermal Characterization of a Building Envelope. In: **Defect and Diffusion Forum**. 2012. p. 318-323.
21. FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JUNIOR, José Alexandre. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2010.
22. FORMENTI, Damiano et al. Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. **Annals of biomedical engineering**, v. 41, n. 4, p. 863-871, 2013.
23. GANONG, William F.; STELLA, Giulio. **Fisiología médica**. El manual moderno, 1998.
24. GOMEZ CARMONA, Pedro Maria. **Influencia de la información termográfica infrarroja en el protocolo de prevención de lesiones de un equipo de fútbol profesional español**. 2012. Tese de Doutorado. Ciencias.
25. GONZÁLEZ-ALONSO, José. Human thermoregulation and the cardiovascular system. **Experimental physiology**, v. 97, n. 3, p. 340-346, 2012.

26. HERMENS, Hermie J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361-374, 2000.
27. HILDEBRANDT, Carolin; RASCHNER, Christian; AMMER, Kurt. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, n. 5, p. 4700-4715, 2010.
28. KUMAR, Shrawan; MITAL, Anil (Ed.). **Electromyography in ergonomics**. CRC Press, 1996.
29. KRUSTRUP, Peter et al. ATP and heat production in human skeletal muscle during dynamic exercise: higher efficiency of anaerobic than aerobic ATP resynthesis. **The Journal of physiology**, v. 549, n. 1, p. 255-269, 2003.
30. MARINS, J. C. B. Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral. **Fontoura edn., Jundiaí**, 2011.
31. MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. **Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance**. Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
32. MERLA, Arcangelo et al. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. **Annals of biomedical engineering**, v. 38, n. 1, p. 158-163, 2010.
33. MORALES, M. et al. Termografía Infrarroja y el estudio de riesgo de lesiones músculo-esqueléticas. **Revista Ingeniería Industrial. Concepción. Universidad de Bio-Bio**, v. 10, n. 1, p. 55-67, 2011.
34. MORITANI, Toshio; YOSHITAKE, Yasuhide. 1998 ISEK Congress Keynote Lecture: The use of electromyography in applied physiology. **Journal of electromyography and kinesiology**, v. 8, n. 6, p. 363-381, 1998.
35. QUESADA, Jose I. Priego et . al. (2013). **Evaluación de la postura en ciclismo mediante Temografía Infrarroja**. Dissertação de Mestrado. Fisiologia.
36. QUESADA, Jose I. Priego et al. Relationship between skin temperature and muscle activation during incremental cycle exercise. **Journal of Thermal Biology**, v. 48, p. 28-35, 2015.
37. SCHLADER, Zachary J.; STANNARD, Stephen R.; MÜNDEL, Toby. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise—a prospective review. **Physiology & behavior**, v. 99, n. 3, p. 269-275, 2010.
38. SHEPHARD, R. J. Astrand PO La resistencia en el deporte. **España, Ed. Paidotribo**, 2000.
39. SHERWOOD, Lauralee. **Human physiology: from cells to systems**. Cengage Learning, 2008.
40. SIRI, William E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. **Techniques for measuring body composition**, v. 61, p. 223-44, 1961.
41. TAYLOR, N.A.S. (2000). Principles and Pratices of Heat Adaptation. **Journal of the Human-Environment System**, 4(1), 11-22.

42. THOMAS, Jerry R.; NELSON, Jack K.; SILVERMAN, Stephen J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Artmed, 2002.
43. TUCKER, Ross et al. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. **Pflügers Archiv**, v. 448, n. 4, p. 422-430, 2004.
44. XU, Xiaojiang et al. Relationship between core temperature, skin temperature, and heat flux during exercise in heat. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 9, p. 2381-2389, 2013.