

THIAGO FONSECA DOS SANTOS

**O AUMENTO DA TEMPERATURA MUSCULAR INDUZIDO PELA EXPOSIÇÃO
AO AMBIENTE QUENTE ESTÁ ASSOCIADO À MAIORES DESEMPENHOS EM
SPRINTS REPETIDOS**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2017

THIAGO FONSECA DOS SANTOS

**O AUMENTO DA TEMPERATURA MUSCULAR INDUZIDO PELA EXPOSIÇÃO
AO AMBIENTE QUENTE ESTÁ ASSOCIADO À MAIORES DESEMPENHOS EM
SPRINTS REPETIDOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Educação Física na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Washington Pires

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2017

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (LAFISE -EEFFTO/UFMG).

RESUMO

Os efeitos da modificação da temperatura muscular, através do aquecimento e/ou do resfriamento corporal, sobre o desempenho em exercícios de diferentes durações e intensidades são alvo de diversos estudos. No entanto, não está claro até que ponto a temperatura muscular está associada ao desempenho em tarefas de curta duração e alta intensidade, como os *sprints* repetidos. O objetivo do presente estudo foi verificar se o desempenho em *sprints* repetidos de alta intensidade está associado com a temperatura muscular. Participaram desse estudo 13 homens fisicamente ativos (idade $24 \pm 2,1$ anos; massa corporal $80,6 \pm 9,0$ kg; estatura $175,7 \pm 3,9$ cm). Foram necessárias quatro visitas ao laboratório, uma para a familiarização e três para a realização das sessões experimentais nas diferentes condições ambientais: frio (10°C), termoneutro (26°C) e quente (42°C). Durante o tempo de exposição à câmara ambiental (80 min), a cada 5 min, as variáveis temperatura muscular (T_{Mus}) e temperatura retal (T_{Ret}) foram mensuradas. Durante o protocolo de *sprints* repetidos (10reps x 6 segundos, com 30 segundos de recuperação passiva), além da T_{Mus} e da T_{Ret} , a potência média ($P_{\text{Média}}$) e potência pico (P_{Pico}) foram mensuradas. Para comparação entre as variáveis ANOVA *two way* para medidas repetidas foram utilizadas (fator tempo: intragrupo entre os sprints; fator ambiente: 10°C vs. 26°C vs. 42°C). Para verificar a associação entre o desempenho ($P_{\text{Média}}$) e as variáveis T_{Mus} e T_{Ret} , correlações de Pearson foram utilizadas entre os valores dos deltas ($10^{\circ}\text{C} . 26^{\circ}\text{C}$; $42^{\circ}\text{C} . 26^{\circ}\text{C}$) para cada *Sprint*. A partir das análises de Pearson realizadas, uma correlação forte e positiva ($r=0,832$; $p<0,001$) foi encontrada entre os deltas de T_{Mus} e os deltas de $P_{\text{Média}}$ após exposição ao ambiente quente, indicando que a temperatura deste compartimento está associada à desempenhos de alta intensidade e curta duração e que podem ter influência nestes. Entretanto, quando esta mesma análise foi feita entre T_{Ret} e $P_{\text{Média}}$, nenhuma associação foi verificada, nem no ambiente frio ($r=-0,05$; $p=0,886$) e nem no ambiente quente ($r=-0,516$; $p=0,127$). Dessa forma, podemos concluir que o desempenho em *sprints* repetidos, quando estes são realizados em ambiente quente, está associado com a temperatura muscular.

Palavras-chave: Temperatura muscular. Exposição ambiental. Sprints repetidos.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 6 |
| 2 MÉTODOS..... | 11 |
| 2.1 Delineamento..... | 13 |
| 2.2 Análise estatística..... | 13 |
| 3 RESULTADOS..... | 14 |
| 3.1 Efeitos da exposição aos ambientes nas variáveis termorregulatórias durante repouso na câmara ambiental..... | 14 |
| 3.1.1 Temperatura Retal..... | 14 |
| 3.1.2 Temperatura Muscular..... | 15 |
| 3.2 Efeitos da exposição aos ambientes nas variáveis termorregulatórias durante a realização dos <i>sprints</i> repetidos..... | 16 |
| 3.2.1 Temperatura Retal..... | 16 |
| 3.2.2 Temperatura Muscular..... | 17 |
| 3.3 Efeito da exposição aos ambientes nas variáveis de desempenho durante a realização dos <i>sprints</i> repetidos..... | 18 |
| 3.3.1 Potência Média..... | 18 |
| 3.3.2 Potência Pico..... | 20 |
| 3.4 Correlações entre as alterações da temperatura retal, muscular e da pele induzidos pela exposição aos ambientes quente e frio com as alterações da potência média em 10 <i>sprints</i> repetidos..... | 21 |
| 3.4.1 No ambiente quente..... | 21 |
| 3.4.2 No ambiente frio..... | 22 |
| 4 DISCUSSÃO..... | 23 |
| 4.1 Efeitos da exposição nas respostas termorregulatórias..... | 24 |
| 4.2 Efeitos da exposição no desempenho..... | 25 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 28 |
| REFERÊNCIAS..... | 29 |

1 INTRODUÇÃO

Desde meados do século XX pesquisadores já buscavam compreender como o aquecimento corporal poderia influenciar na capacidade humana de realizar exercícios (WILLIAMS *et al.*, 1962; ROWELL, 1974; SAWKA *et al.*, 1983). Segundo Hargreaves (2006), o exercício extenuante realizado em ambientes quentes, ao induzir aumento exacerbado da temperatura corporal, altera a atividade do sistema nervoso central (SNC), modula o metabolismo energético, a função cardiovascular e o balanço de fluidos. O alcance de uma temperatura interna próxima a 40°C (hipertermia) gerada por uma não-compensação dos mecanismos de dissipação de calor, é um fator que explica tais respostas fisiológicas (HARGREAVES, 2006). O aumento da temperatura cerebral, também induzido pela hipertermia (NYBO; SECHER; NIELSEN, 2002), está associado com redução da motivação para a realização do exercício e do recrutamento muscular, resultando em antecipação da fadiga (CAPUTA; FEISTKORN; JESSEN, 1986; NYBO; SECHER; NIELSEN, 2002).

Até os anos 90, a redução do desempenho físico induzido pelo ambiente quente era explicada apenas por alterações na função cardiovascular. Como esses modelos não explicavam totalmente as respostas da hipertermia, modelos envolvendo o SNC foram propostos (RACINAIS; OKSA, 2010). Estes estudos apresentavam o SNC como a estrutura central que coordena as respostas termorregulatórias associadas com o desempenho físico (NYELSEN *et al.*, 2001, RACINAIS; GAOUA; GRANTHAM, 2008). Os modelos envolvem tanto respostas cerebrais, tais como modulação da atividade eletroencefalográfica (NYBO; NYELSEN, 2001b; NYBO; SECHER; NIELSEN, 2001), quanto alterações circulatórias, como a redução da perfusão muscular (NYBO; NYELSEN, 2001a; NYBO; SECHER; NIELSEN, 2002; RASMUSSEN *et al.*, 2004).

No estudo de Todd *et al.* (2005), foi verificado que em situações de hipertermia também ocorre um decréscimo de ativação voluntária, mesmo com as áreas corticais motoras ainda sendo excitadas. Isso poderia ser explicado por uma alteração na condução voluntária descendente para compensar mudanças nas propriedades musculares, apesar de estímulos corticais adicionais estarem sendo produzidos (TODD *et al.*, 2005), levando assim, à diminuição do recrutamento

muscular. Racinais, Gaoua, Grantham (2008), observaram que o quadro hipertermia induzida passivamente reduziu a contração voluntária máxima sustentada por 120 segundos. Estes autores concluíram que a diminuição na ativação voluntária em uma contração prolongada poderia ser decorrente de uma falha supraespinhal (RACINAIS; GAOUA; GRANTHAM, 2008).

Os efeitos do ambiente quente no desempenho físico são dependentes da duração do exercício (RACINAIS; OKSA, 2010). Enquanto em exercícios submáximos de longa duração realizados em ambiente quente o desempenho tende a ser prejudicado (TATTERSON *et al.*, 2000; GALLAWAY; MAUGHAN, 1997; PARKIN *et al.*, 1999), em exercícios de curta duração e alta intensidade, como *sprints* únicos (LINNANNE *et al.*, 2004) e saltos verticais (SEGAL *et al.*, 1986; DAVIES; YOUNG, 1985) este desempenho pode ser é aumentado (QUADRO 1) (RACINAIS; OKSA, 2010). Estudos sugerem que o aquecimento prévio à um *sprint* de alta intensidade aumenta o desempenho por elevar a capacidade de conversão de AMP em IMP, permitindo a manutenção da atividade devido à maior taxa de renovação de pontes cruzadas (LACERDA *et al.* 2007; LINNANE *et al.*, 2004). No entanto, segundo Oksa, Rintamaki e Rissanen (1997), a temperatura muscular é o fator determinante nas alterações no desempenho físico. Essa afirmação pode ser comprovada a partir de estudos que realizaram aquecimentos passivos prévios à atividade de curta duração através de imersão em água quente, que ao promoverem um aumento da temperatura muscular, geraram um aumento da potência muscular no cicloergômetro (SARGEANT, 1987) e da altura do salto vertical (DAVIES; YOUNG, 1985). Deve-se ressaltar que o contrário também foi observado nestes estudos, pois quando a temperatura muscular foi reduzida através de um pré-resfriamento o desempenho físico em ambas as atividades supracitadas diminuiu (SARGEANT, 1987; DAVIES; YOUNG, 1985).

Quadro 1. Efeito do aquecimento/resfriamento em diferentes protocolos de sprints.

| Estudo | Protocolo de aquecimento ou resfriamento | Protocolo de sprints Ergômetro | Duração (seg.) | Nº de repetições e método de recuperação (seg.) | Nº de séries e recup. (seg.) | T _{interna} alcançada (°C) | Resultados |
|----------------------------------|--|-----------------------------------|----------------|---|------------------------------|--|--|
| SARGEANT (1987) | Imersão em água quente | Cicloergômetro | 20 | - | - | ~39.3 (TMus) | Pmáx |
| SARGEANT (1987) | Imersão em água fria | Cicloergômetro | 20 | - | - | 31.9 e 29.0 (TMus) | Pmáx |
| MAXWEL; AI TCHISON; NIMMO (1996) | Aquecimento ativo ou no frio (CC e CH) ou no quente (HH) | Corrida: Sprints supramáximos | 20 | Até a exaustão Passiva (100) | - | Pós-exercício: CC: 37.6 CH: 38.0 HH: 38.2 | Tempo de exercício em CH e HH |
| FALK <i>et al.</i> (1998) | Exercício no ambiente quente (35°C) | Cicloergômetro | 15 | 5 Ativa (30) | 2 3600 (passiva) | ~37.5 | 1º série: PPico e PMédia no quente; 2º série: PPico no neutro e = PMédia |
| BALL, BURROWS, SARGEANT (1999) | Exercício realizado à 30°C | Cicloergômetro | 30 | 2 Passiva (240) | - | Não foi aferido | PPico e PMédia à 30°C |
| MARSH; SLEIVERT (1999) | Imersão em água fria | Cicloergômetro | 70 | - | - | No início do Sprint: Experimental: ~36.5 Controle: ~37.5 | PMédia após condição pré-resfriamento |
| BACKX <i>et al.</i> (2000) | Exercício realizado à 30°C e à 40°C | Cicloergômetro | 30 | 3 | 2 3600 (passiva) | Não foi aferido | = PMédia e PPico em ambas as séries |
| SCHNIEPP <i>et al.</i> (2002) | Imersão em água fria | Cicloergômetro | 30 | 2 | - | Não foi aferido | PMédia e PPico |
| LINNANE <i>et al.</i> (2004) | Imersão em água quente | Cicloergômetro | 30 | 2 Passiva+ ativa (240) | - | 38.1 (condição quente) 37.1 (condição neutra) | 1º Sprint: PMédia no quente 2º Sprint: =PMédia =PPico nas 2 repetições |
| DRUST <i>et al.</i> (2005) | Aquecimento ativo ou no | Cicloergômetro | 15 | 5 | - | 39.5 (TMus = | média da PMédia no |

| | | | | | | | |
|--|---|--|----|----|---|--|---|
| | termoneutro ou no quente. | | | | | 40.2) | quente; =PPico e PMédia no primeiro <i>Sprint</i> |
| LACERDA et al. (2007) | Câmara ambiental (H1=30°C e H2=35°C). | Cicloergômetro | 30 | - | - | ~37.3 (nas 3 condições) | PPico em H1 e H2 PMédia em H2 em comparação ao neutro |
| ALMUDEHKI et al. (2012) | Exercício realizado no ambiente quente. | Cicloergômetro | 6 | 8 | - | Controle: 37.6 Condição quente: 37.7 | =média PPico |
| GIRARD, BISHOP, RACINAIS (2013) | Exercício realizado ou no quente ou no termoneutro | Cicloergômetro | 6 | 10 | | Condição quente: 38.0 Condição termoneutr a: 37.7 | média PPico no ambiente quente |
| MATSUURA et al. (2015) | Exercício realizado: termoneutro ou no quente- seco | 4x10s Recuperação passiva de 30s | 10 | 4 | - | Condição quente: ~37.4 Condição termoneutr a: ~37.4 | média PMédia no segundo 2 na condição quente PMédia nos segundos 5 e 6 na condição quente =PPico |

Recup. (recuperação); Temperatura muscular (TMus); Potência pico (PPico); Potência média (PMédia); Potência máxima (PMáx); CC (aquecimento ativo no frio e exercício no frio); CH (aquecimento ativo no frio e exercício no quente); HH (aquecimento ativo no quente e exercício no quente).

O aumento da temperatura muscular eleva a potência muscular de forma mais significativa em movimentos dinâmicos em altas velocidades do que em movimentos dinâmicos de velocidade inferior (SARGEANT, 1987). Pode ser que o aumento da velocidade de condução dos estímulos nervosos promovido pelo aumento da temperatura muscular (BISHOP, 2003) seja capaz de explicar esta resposta. Portanto, é possível afirmar que o aumento da temperatura muscular aumente a potência muscular em exercícios que exijam altas velocidades de contração, como os *sprints* únicos. Por outro lado, em relação aos *sprints* repetidos os estudos encontrados na literatura apresentam respostas contraditórias. Linnane *et al.* (2004) encontrou aumento do desempenho em *sprint* único quando aquecimento passivo prévio foi realizado. Entretanto, foi observada redução do desempenho no *sprint* II,

em comparação com o *sprint* I, realizado após 4 minutos de recuperação. Foi observado que essa redução do desempenho entre os *sprints* na situação quente não foi observada na condição temperada (LINNANE *et al.*, 2004). A partir destes resultados os autores sugerem que um aumento de 1°C na temperatura interna é capaz de aumentar o desempenho em um *Sprint* único de 30 segundos, mas não tem efeitos benéficos no *Sprint* subsequente. Corroborando com a hipótese de que o pré-aquecimento é prejudicial ao desempenho em *sprints* repetidos, Drust *et al.* (2005), verificou que após a realização de uma atividade preparatória intermitente no cicloergômetro com duração de 40 minutos, o desempenho nos *sprints* repetidos (5x15 segundos com intervalos de recuperação passiva de 15 segundos) foi reduzido em ambiente quente. Nesta situação a temperatura muscular atingiu 40,2°C. Os autores atribuíram o menor desempenho aos elevados valores de temperatura interna. No entanto, outros autores encontraram efeitos positivos do pré-aquecimento no desempenho em *sprints* repetidos (FALK *et al.*, 1998; BALL; BURROWS; SARGEANT, 1999). Estes afirmam que aumento da temperatura muscular altera a curva força/velocidade gerando maior eficiência mecânica (SARGEANT e JONES, 1996) e aumenta a velocidade de contração. Além disso, promove maior dissociação do oxigênio da hemoglobina e da mioglobina (FALK *et al.*, 1998), acelerando os processos metabólicos. Além disso, Girard, Bishop e Racinais (2013), mostraram aumento da potência durante a realização dos *sprints* repetidos no ambiente quente. Estes resultados contraditórios podem ser explicados pelo ritmo circadiano da temperatura corporal (RACINAIS; GAOUA; GRANTHAM, 2010) ou mesmo pelos parâmetros medidos nos estudos (RACINAIS; OKSA, 2010).

Dessa forma, ao entender que grande parte dos esportes coletivos caracterizam-se pela presença de *sprints* repetidos e vendo a escassez de estudos voltados à compreensão da influência do aquecimento prévio a esse tipo de atividade, o objetivo central do presente estudo foi verificar se o desempenho em *sprints* repetidos de alta intensidade está associado com a temperatura muscular. Para isso, indivíduos saudáveis foram expostos a três temperaturas ambientais como estratégia para elevar ou diminuir a temperatura muscular e, na sequência, as alterações induzidas pela exposição ao ambiente quente ou frio, respectivamente, foram correlacionadas com as alterações da potência gerada nos *sprints*. A compreensão desta associação pode auxiliar preparadores e treinadores a

elaborarem seus treinamentos. Nossa hipótese é que o aumento ou diminuição na potência durante os *sprints* induzidos pela exposição ao ambiente quente ou frio, respectivamente, estarão significativamente correlacionados com as alterações na temperatura muscular induzidas por tais condições ambientais.

2 MÉTODOS

Treze homens, com média de idade de $24,4 \pm 0,58$ anos, considerados fisicamente ativos através do questionário IPAQ . versão curta (prática de atividade física com frequência de $4,1 \pm 0,28$ vezes por semana) (MATSUDO *et al.*, 2001), que não apresentavam nenhum tipo de lesão nos membros inferiores, coluna e pelve durante os últimos seis meses participaram do estudo. Os voluntários foram considerados saudáveis após responderem o questionário PAR-Q. As características gerais da amostra são mostradas na tabela 1.

TABELA 1 . Características dos participantes do estudo.

| n | Idade (anos) | Massa Corporal (kg) | Estatuta (cm) | Gordura (%) | IPAQ (U.A) |
|----|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|----------------|
| 13 | $24,4 \pm 0,58$ | $80,6 \pm 2,49$ | $175,7 \pm 1,08$ | $14,7 \pm 1,11$ | $4,1 \pm 0,28$ |

Os valores estão expressos como média \pm EP. Fonte: OLIVEIRA (2016), Modificado.

Como este estudo envolveu pesquisa com seres humanos, o mesmo respeitou as normas do Conselho Nacional de Saúde (Resolução 466/2012) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (CAAE: 47193715.8.0000.5149). As coletas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia de Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG. Cada voluntário compareceu ao laboratório em quatro dias distintos. Anteriormente a realização das situações experimentais, na primeira visita ao laboratório, os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), responderam ao questionário IPAQ e a aferição das medidas antropométricas, juntamente com a familiarização com o protocolo de *sprints* repetidos no cicloergômetro foram realizados (5 x 6 segundos, 30 segundos de recuperação passiva, com a seguinte resistência: massa corporal (kg) x 0,075). Nos outros três dias as sessões experimentais foram realizadas de forma aleatória e balanceada, onde um tempo de recuperação mínimo de 72h e máximo de uma semana foi proporcionado aos voluntários entre as situações. Durante as 24 horas anteriores a

cada situação experimental o voluntário era orientado a não realizar nenhum tipo de atividade física vigorosa.

Os sujeitos permaneceram dentro de uma câmara ambiental (*Russells®*) durante 80 min em três temperaturas ambientais: fria (10°C), temperada (26°C) e quente (42°C). Em ambas as situações a umidade relativa do ar foi mantida em 50%. Durante o tempo em que permaneciam em repouso na câmara, os sujeitos estavam vestidos apenas com um short, condição esta que seria repetida em todas as demais situações (com exceção da condição ambiental fria, onde foi permitida a utilização meias, verificada como necessidade pelo pesquisador durante o estudo piloto realizado no laboratório). Adicionalmente, durante o repouso, a cada 5 minutos, as seguintes variáveis foram medidas: temperatura interna (sonda retal YSI I400 series . Tipo 4491-E, *Yellow Springs Instruments®*, OH, EUA) e temperatura muscular (sensor de temperatura muscular conectado à um termômetro digital com precisão de $\pm 0,1$). Ressaltando a importância da influência do ritmo circadiano nas temperaturas dos compartimentos corporais, as três situações experimentais foram conduzidas no mesmo horário do dia.

Para a medição da temperatura muscular foi inserido um termômetro invasivo que foi devidamente alocado na região do bíceps femoral por uma pessoa capacitada para esta função. A profundidade a ser inserido o termômetro foi calculada a partir da mensuração da espessura dos tecidos muscular e subcutâneo, utilizando um ultrassom (*Sonoline SL-1, Siemens*) para tal. O valor da espessura do tecido muscular encontrado foi dividido por dois e somado ao valor da espessura do tecido subcutâneo, tudo para garantir que o termômetro alcançasse o centro do ventre muscular e evitar que o mesmo atingisse outros músculos que não fossem de interesse ao estudo.

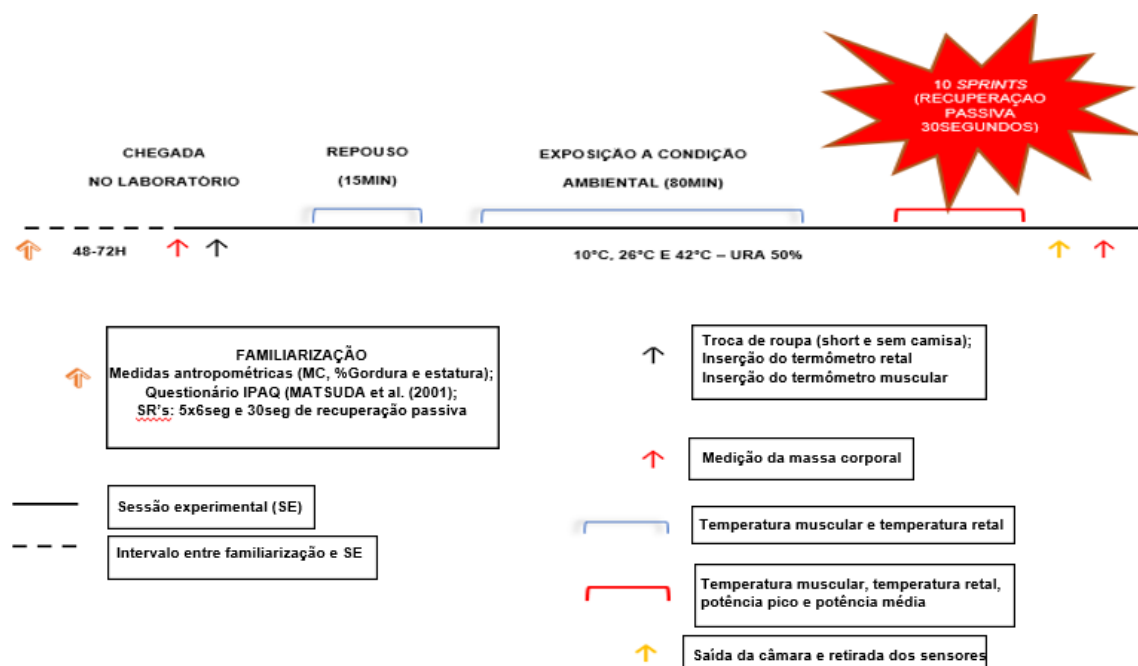
Previamente ao protocolo de exercício, alguns procedimentos foram realizados. O short a ser utilizado durante a coleta foi vestido e as demais peças de roupa foram retiradas, a sonda retal foi devidamente inserida pelo próprio voluntário (11 centímetros além do esfíncter anal), o sensor de temperatura muscular foi inserido no músculo bíceps femoral pelo pesquisador.

O protocolo de *sprints* realizado após a exposição ambiental foi realizado em um cicloergômetro (*Monark*, Ergomedic 824-E, Suécia) e era composto de 10 repetições máximas de 6 segundos com 30 segundos de recuperação passiva entre os mesmos, seguindo o modelo proposto por Girard, Bishop e Racinais (2013). A resistência adotada para a realização dos *sprints* repetidos foi igual a massa corporal do indivíduo (kg) x 0,075, como proposto por Inbar, Bar-Or e Skinner (1996). As variáveis de desempenho, potência pico (P_{Pico}), potência média ($P_{\text{Média}}$), foram mensuradas durante os *sprints*.

2.1 Delineamento

No dia da coleta, os voluntários, ao chegarem no laboratório, eram encaminhados para uma sala isolada para a inserção da sonda retal. Neste momento, o sujeito deveria trocar de roupa e voltar para a sala adjacente, onde seria realizado a inserção do termômetro muscular. Antes de entrar na câmara ambiental, os sujeitos deveriam permanecer sentados em repouso durante 15 minutos, para normalização das temperaturas corporais. Ao entrar na câmara, o voluntário permaneceria sentado durante 80 minutos, sem que houvesse nenhum contato entre as superfícies corporais. Durante a exposição ambiental em repouso e o protocolo de *sprints* temperaturas muscular e retal também foram mensuradas.

FIGURA 1. Desenho representativo do delineamento apresentado no estudo.



2.2 Análise Estatística

Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e foram expressas como média e erro padrão da média. Para analisar as respostas induzidas pelos 80 minutos de exposição ambiental (para fator situação e fator tempo) na T_{Mus} e na T_{Ret} foi utilizada ANOVA com dois fatores de variação e com medidas repetidas. Para analisar e comparar os valores de T_{Mus} , T_{Ret} , P_{Pico} e $P_{Média}$ ao longo dos 10 *sprints* nas três condições ambientais (10°C, 26°C e 42°C), também foi utilizada ANOVA com dois fatores de variação e com medidas repetidas (fator situação e fator tempo). Post Hoc de *Tukey* foi utilizado para verificar onde encontravam-se as diferenças.

Correlações de Pearson foram utilizadas para verificar a associação entre as variáveis termorregulatórias (T_{Mus} e T_{Ret}) e a variável de desempenho ($P_{Média}$) e para isso a média dos deltas dos valores intercondições para cada *Sprint* (42°C . 26°C . para avaliar os efeitos da exposição ao ambiente quente; e 10°C . 26°C . para avaliar os efeitos da exposição ao ambiente frio) foram utilizados para ambas as variáveis. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$.

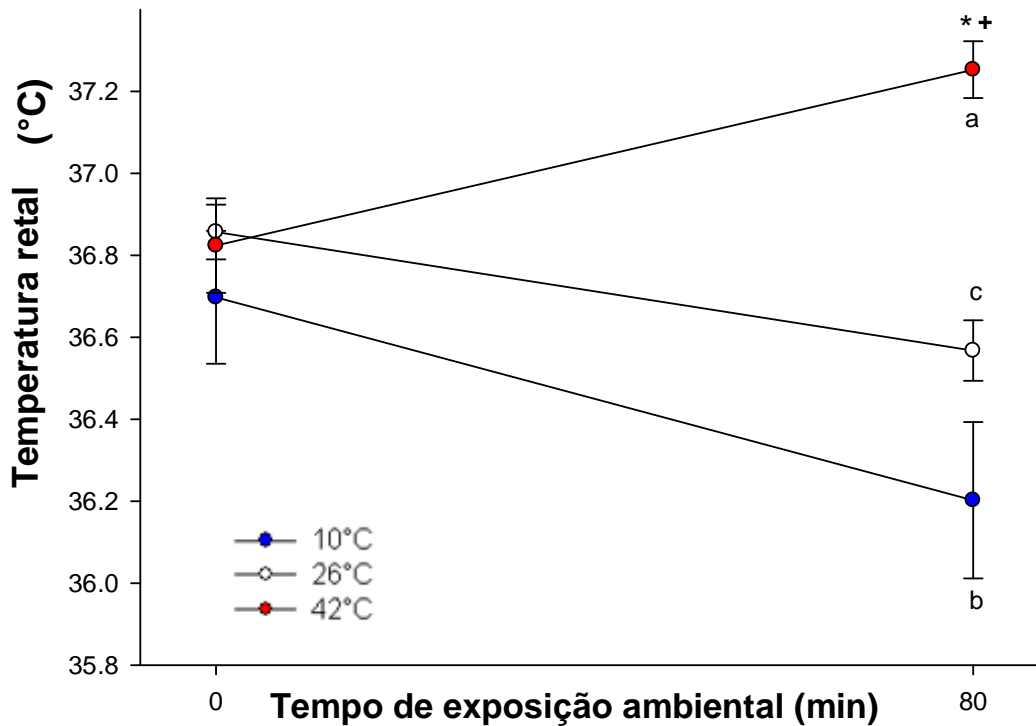
3 RESULTADOS

3.1 Efeitos da exposição aos ambientes nas variáveis termorregulatórias durante repouso na câmara ambiental

3.1.1 Temperatura retal (T_{Ret})

Para a temperatura retal não foi possível identificar diferenças significativas entre as condições ambientais no minuto 0. Já para o minuto 80, ou seja, após o tempo total de exposição ambiental, diferenças foram encontradas entre as condições 42°C e 26°C (37,25 vs. 36,56°C) entre 10°C e 26°C (36,20 vs. 36,56°C) e entre 42°C e 10°C (37,25 vs. 36,20°C). Ainda para a mesma variável, em relação ao fator tempo foi possível identificar que ambas as condições, inclusive o termoneutro, modificaram a temperatura retal após a exposição ambiental, efeito este representado pela diferença significativa encontrada entre o minuto 0 e o minuto 80. O ambiente quente foi capaz de elevar a T_{Ret} em 0,5°C e o ambiente frio de reduzi-la em 0,5°C. (FIGURA 2)

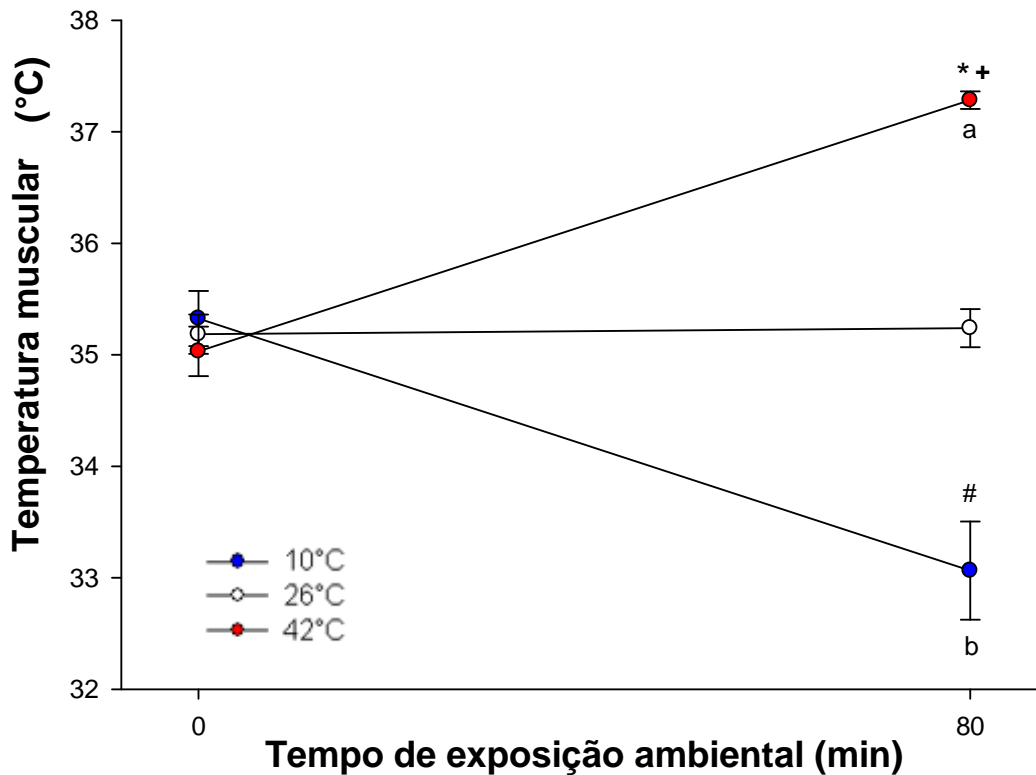
FIGURA 2. Efeito das diferentes exposições ambientais (42°C, 26°C e 10°C) na temperatura retal. *quente vs. termoneutro; # frio vs. termoneutro; + quente vs. frio; a diferença significativa entre os minutos 0 e 80 para o ambiente quente; b diferença significativa entre os minutos 0 e 80 para o ambiente frio; c diferença significativa entre os minutos 0 e 80 para o ambiente termoneutro ($p < 0,05$).



3.1.2 Temperatura muscular (T_{Mus})

Para a temperatura muscular não foi possível identificar diferenças significativas entre as condições ambientais no minuto 0. Já para o minuto 80, ou seja, após o tempo total de exposição ambiental, diferenças foram encontradas entre as condições 42°C e 26°C (37,28 vs. 35,23°C) entre 10°C e 26°C (33,06 vs. 35,23°C) e entre 42°C e 10°C (37,28 vs. 33,06 °C). Para a mesma variável, porém em relação ao fator tempo, as condições quente e frio foram eficazes ao promoverem alterações na temperatura muscular, ou seja, quando comparamos os minutos 0 e 80 para as respectivas condições, diferenças significativas foram encontradas. O ambiente quente foi capaz de elevar a T_{Mus} em 2,3°C, enquanto o ambiente frio foi capaz de reduzi-la em 2,3°C. (FIGURA 3).

FIGURA 3. Efeito das diferentes exposições ambientais (42°C, 26°C e 10°C) na temperatura retal. *quente vs. termoneutro; # frio vs. termoneutro; + quente vs. frio; a diferença significativa entre os minutos 0 e 80 para o ambiente quente; b diferença significativa entre os minutos 0 e 80 para o ambiente frio ($p < 0,05$).



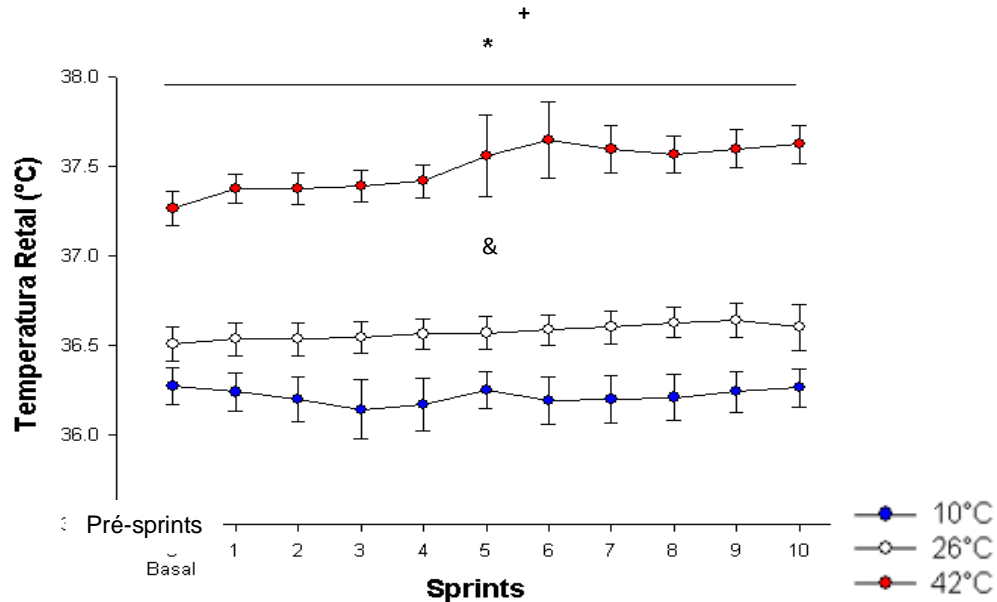
3.2 Efeitos da exposição aos ambientes nas variáveis termorregulatórias durante a realização dos *sprints* repetidos

3.2.1 Temperatura retal

A figura 4 mostra que a T_{Ret} permaneceu mais elevada durante a realização de todos os *sprints* na situação ambiental quente (42°C) em comparação as situações termoneutro (26°C) e frio (10°C) (médias dos *sprints* agrupadas $37,49 \pm 0,4$ vs. $36,58 \pm 0,3$ vs. $36,22 \pm 0,4$ °C, respectivamente, $p < 0,05$).

Em relação ao fator tempo, a T_{Ret} não se modificou ao longo dos 10 *sprints* realizados nos ambientes frio e temperado. No entanto, a T_{Ret} aumentou a partir do *Sprint* 5 quando os testes foram realizados no ambiente quente ($T_{Pré-sprints}$ $37,26 \pm 0,4$ vs. T_{Ret} 5 $37,56 \pm 0,9$ °C) ($p < 0,05$). (FIGURA 4)

FIGURA 4. Gráfico representativo do comportamento da T_{Ret} ao longo dos 10 *sprints* repetidos nas três diferentes situações ambientais: quente (42°C), termoneutro (26°C) e frio (10°C).
 Fator situação: * quente vs. termoneutro, + quente vs. frio ($p < 0,05$).
 Fator tempo: & para o ambiente quente, após esse *Sprint*, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint* 1 nesta condição ambiental ($p < 0,05$).

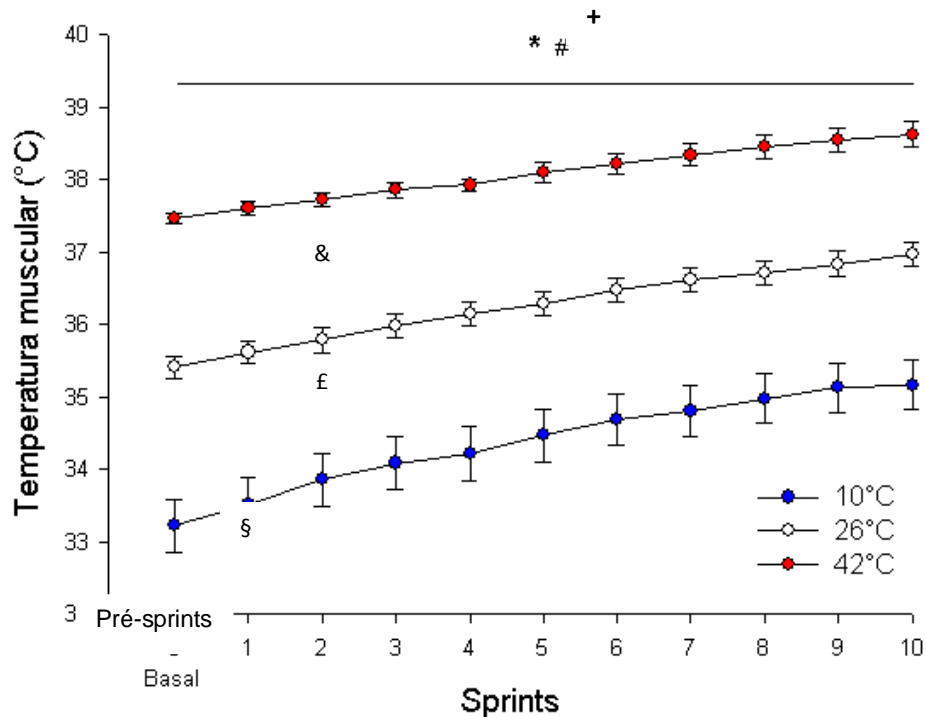


3.2.2 Temperatura muscular

A figura 5 mostra que a T_{Mus} permaneceu mais elevada no ambiente quente (42°C) durante a realização dos 10 *sprints*, em comparação com os ambientes termoneutro e frio (médias dos *sprints* agrupados $38,1 \pm 0,5$ vs. $36,3 \pm 0,6$ vs. $34,4 \pm 1,3$ $^{\circ}\text{C}$, respectivamente, $p < 0,05$). Além disso, a T_{Mus} na situação ambiental termoneutro permaneceu maior ao longo de todos os *sprints* em comparação à situação ambiental frio ($36,3 \pm 0,6$ vs. $34,4 \pm 1,3$ $^{\circ}\text{C}$, respectivamente) ($p > 0,05$).

Em relação ao fator tempo, identificamos que no ambiente frio todos os valores de T_{Mus} foram maiores após os *sprints* quando comparados à temperatura pré-sprints, sendo observado que logo após o primeiro *sprint* a T_{Mus} já se elevou cerca de $0,3^{\circ}\text{C}$ ($T_{Pré-sprints}$ $33,2 \pm 1,4$ vs. T_{Mus} 1 $33,5 \pm 1,4$ $^{\circ}\text{C}$, $p < 0,05$). No entanto, quando comparamos os *Sprints* dentro de suas respectivas condições, no ambiente termoneutro ($T_{Pré-sprints}$ $35,4 \pm 0,6$ vs. T_{Mus} 2 $35,8 \pm 0,6$ $^{\circ}\text{C}$) e quente ($T_{Pré-sprints}$ $37,5 \pm 0,3$ vs. T_{Mus} 2 $37,7 \pm 0,4$ $^{\circ}\text{C}$) ($p < 0,05$), todos os valores de T_{Mus} , com exceção da T_{Mus} 1, foram maiores que a temperatura pré-sprints. (FIGURA 5)

FIGURA 5. Gráfico dos valores de T_{Mus} ao longo dos 10 *sprints* repetidos nas três diferentes situações ambientais: quente (42°C), termoneutro (26°C) e frio (10°C).



Fator situação: * quente vs. termoneutro. # termoneutro vs. frio., + quente vs. Frio,
 Fator tempo: & para o ambiente quente, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint* 1 nesta condição ambiental, ε para o ambiente termoneutro, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint* 1 nesta condição ambiental, § para o ambiente frio, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint* 1, nesta condição ambiental ($p < 0,05$).

3.3 Efeito da exposição aos ambientes nas variáveis de desempenho durante a realização dos *sprints* repetidos

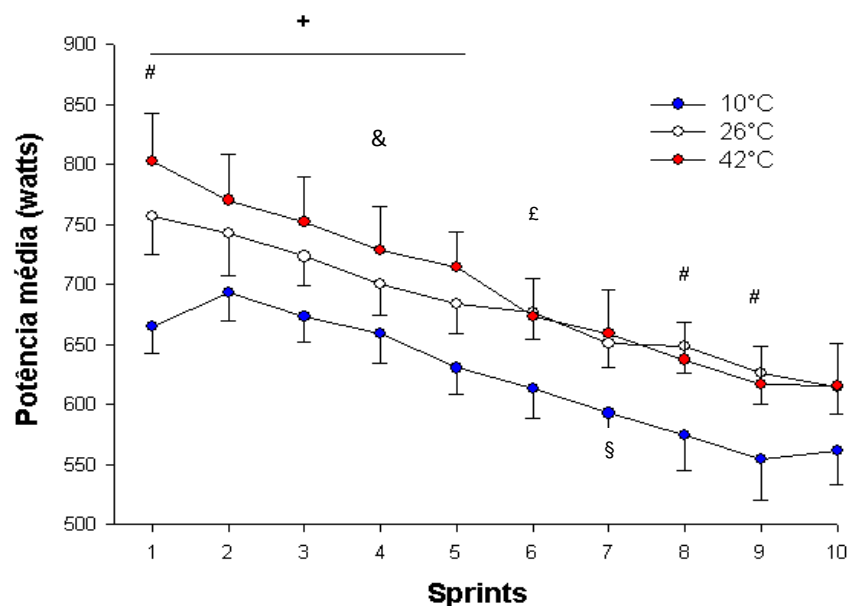
3.3.1 Potência média ($P_{Média}$)

A partir das análises da $P_{Média}$ a ANOVA *two way* para medidas repetidas identificou diferenças significativas ao comparar a situação ambiental quente (42°C) e o frio (10°C), onde os maiores valores de $P_{Média}$ foram encontrados apenas nos cinco primeiros *sprints* na situação quente ($p < 0,05$). A análise comparativa, ainda com fator situação ambiental identificou diferenças significativas no primeiro, no oitavo e no nono *Sprint*, entre as situações termoneutro e frio, onde os maiores valores de $P_{Média}$ foram encontrados na primeira situação ambiental ($757,0 \pm 118,8$ vs.

664,5±81,6, 648,1±82,5 vs. 574,6±109,7 e 626,1±97,3 vs. 554,5±127,2 W, respectivamente) ($p<0,05$). Não foram encontradas diferenças significativas entre as situações quente e termoneutro em nenhum dos 10 *sprints*.

Além disso, em relação ao fator tempo, quando os *sprints* foram comparados entre si no ambiente frio, foi possível identificar que a $P_{Média}$ foi significativamente diferente apenas a partir do *Sprint 7*, quando comparados ao *Sprint 1* (*Sprint 1* 664,5±81,6 vs. *Sprint 7* 592,5±97,6 W). Para o ambiente termoneutro a diferença de desempenho entre os *sprints* se deu mais cedo (*sprint 1* 757,0 ±118,8 vs. *sprint 6* 676,9±85,1 W) ($p<0,05$). No ambiente quente a diferença entre os valores de $P_{Média}$ foi marcada ainda mais previamente, sendo o desempenho no *sprint 4* já diferente do *sprint 1* (*sprint 1* 802,3±148,9 vs. *sprint 4* 728,8±136,2 W) ($p<0,05$). (FIGURA 6)

FIGURA 6. Gráfico dos valores de $P_{Média}$ ao longo dos 10 *sprints* repetidos nas três diferentes situações ambientais: quente (42°C), termoneutro (26°C) e frio (10°C).



Fator situação: + quente vs. frio. # termoneutro vs. frio. ($p<0,05$),

Fator tempo: & para o ambiente quente, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint 1* nesta condição ambiental, £ para o ambiente termoneutro, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint 1* nesta condição ambiental, § para o ambiente frio, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint 1* nesta condição ambiental ($p<0,05$).

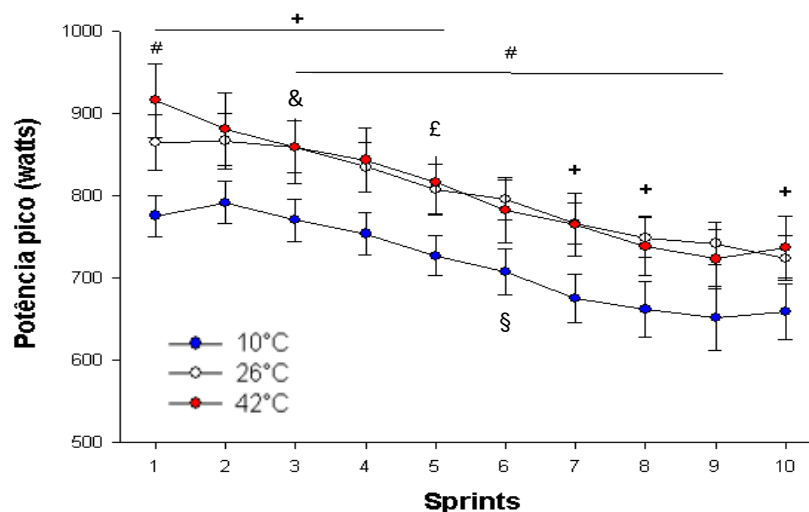
3.3.2 Potência Pico (P_{Pico})

Baseado na análise da P_{Pico} a ANOVA *two way* para medidas repetidas identificou diferenças significativas entre as situações ambientais quente (42°C) e frio (10°C),

onde o desempenho foi maior após os sujeitos terem sido expostos ao ambiente quente, mas apenas nos 5 primeiros *sprints*, no sétimo ($764,9 \pm 137,2$ vs. $675,3 \pm 107,3$ W), oitavo ($738,9 \pm 130,5$ vs. $662,1 \pm 124,3$ W) e décimo ($737,5 \pm 136,1$ vs. $659,0 \pm 121,5$ W). Ao analisarmos de forma comparativa os ambientes termoneutro (26°C) e frio, foi possível identificar diferenças significativas de P_{Pico} no primeiro *Sprint* ($864,6 \pm 121,0$ vs. $775,9 \pm 90,2$ W) e do *Sprint* 3 ao *Sprint* 9, onde os maiores desempenhos foram obtidos após os sujeitos terem permanecido em repouso no ambiente termoneutro. Não foram encontradas diferenças significativas entre as situações quente e termoneutro em nenhum dos 10 *sprints*.

Adicionalmente, ao analisarmos a variável P_{Pico} em relação ao fator tempo, verificamos que no ambiente termoneutro, somente os desempenhos do *sprint* 6 ao 10 foram significativamente diferentes do *sprint* 1 (*sprint* 1 $864,6 \pm 121,0$ vs. *sprint* 6 $795,5 \pm 86,2$ W) ($p < 0,05$), diferentemente da diferença de desempenho já encontrada mais previamente (*sprint* 1 vs. *Sprint* 5) quando a variável $P_{\text{Média}}$ foi analisada. Para o ambiente frio e o ambiente quente a diferença de desempenho entre os *sprints* assemelhou-se a resposta obtida em relação à variável $P_{\text{Média}}$, onde na condição fria a diferença de P_{Pico} entre o *Sprint* 1 e os demais só foi observada após o *Sprint* 7 (*Sprint* 1 $775,9 \pm 90,2$ vs. *Sprint* 7 $675,3 \pm 107,34$ W), enquanto na condição quente essa diferença se deu de forma mais precoce, a partir do *Sprint* 4 (*Sprint* 1 $916,1 \pm 161,4$ vs. *Sprint* 4 $843,5 \pm 139,7$ W) ($p < 0,05$). (FIGURA 7)

FIGURA 7. Gráfico dos valores de P_{Pico} ao longo dos 10 *sprints* repetidos nas três diferentes situações ambientais: quente (42°C), termoneutro (26°C) e frio (10°C).



Fator situação: + quente vs. frio. # termoneutro vs. frio. ($p < 0,05$), Fator tempo: & para o ambiente quente, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint 1* nesta condição ambiental, _a para o ambiente termoneutro, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint 1* nesta condição ambiental, _b para o ambiente frio, após esse Sprint, incluindo o mesmo, todos os posteriores apresentaram maiores valores em relação ao *Sprint 1* nesta condição ambiental ($p < 0,05$)

3.4 Correlações entre as alterações da temperatura muscular e retal induzidos pela exposição aos ambientes quente e frio com as alterações da potência média em 10 *sprints* repetidos

3.4.1 No ambiente quente (42°C)

Para T_{Ret} , ao correlacionarmos os valores dos deltas da temperatura retal e da potência média a partir da análise de Pearson foi encontrada uma correlação negativa de grau moderado, porém não significativa ($r = -0,516$ $p = 0,127$). (FIGURA 8).

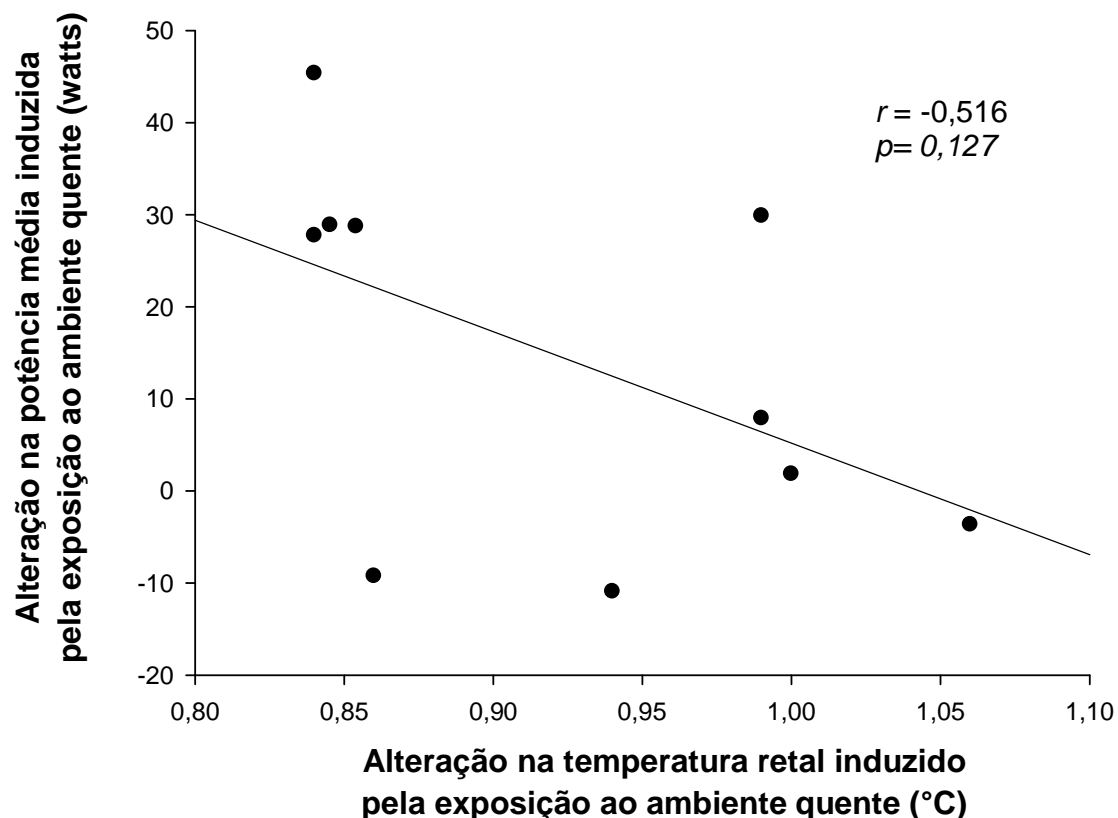


FIGURA 8. Correlação entre o aumento da temperatura retal induzido pela exposição ao ambiente quente e o aumento da potência média induzido pela exposição ao ambiente quente durante a realização de 10 *sprints* repetidos de 6 segundos com recuperação passiva de 30 segundos. Os

valores representados nos eixos X e Y são deltas entre as condições quente (42°C) e termoneutro (26°C).

No entanto para T_{Mus} , foi encontrado uma correlação positiva e muito forte entre o aumento da temperatura muscular gerado pela realização dos *sprints* no ambiente quente e o aumento da $P_{Média}$ induzida pela exposição ao ambiente quente ($r=0,832$ $p<0,001$). Dessa forma, durante a realização dos *sprints*, aqueles indivíduos que apresentaram maiores valores de delta de temperatura muscular inter-condições (42°C-26°C) também apresentaram os maiores deltas de $P_{Média}$, o que pode ser observado na metade distal da curva apresentada abaixo. (FIGURA 9)

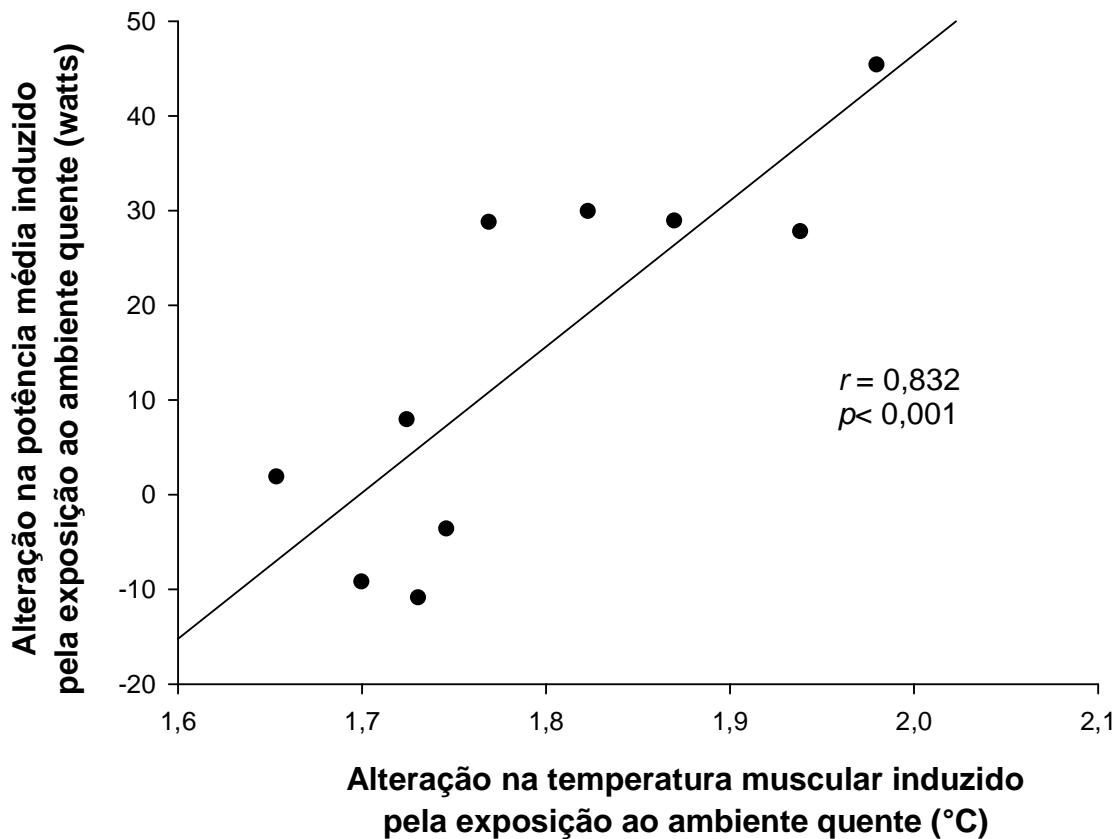


FIGURA 9. Correlação entre o aumento da temperatura muscular induzido pela exposição ao ambiente quente e o aumento da potência média induzido pela exposição ao ambiente quente durante a realização de 10 *sprints* repetidos de 6 segundos com recuperação passiva de 30 segundos. Os valores representados nos eixos X e Y são deltas entre as condições quente (42°C) e termoneutro (26°C).

3.4.2 No ambiente frio (10°C)

Diferentemente dos resultados obtidos quando efeitos induzidos pelo ambiente quente foram associados ao desempenho, apresentados na sessão anterior, nenhuma correlação foi encontrada quando a análise de Pearson foi realizada entre os deltas de temperaturas dos dois compartimentos (10°C-26°C) e os deltas de potência média (10°C-26°C). Dessa forma, podemos afirmar que realmente as respostas induzidas nas respostas termorregulatórias, nos diferentes compartimentos, sob influência do ambiente frio não apresentam nenhuma associação com os desempenhos, aqui representados pelo delta *inter-condições* (10°C-26°C) para cada Sprint realizado (FIGURA 10).

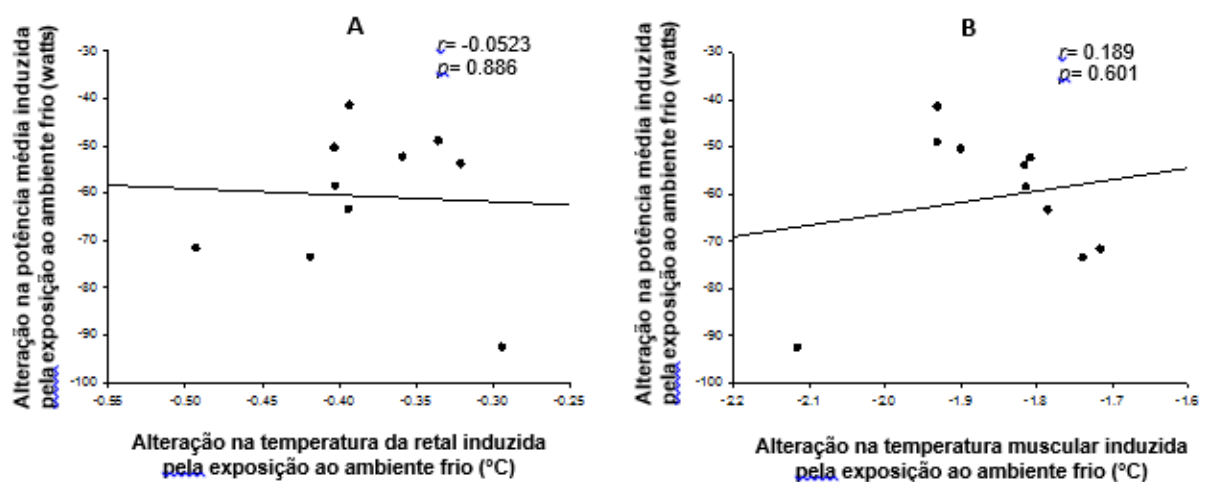


FIGURA 10. Correlação entre alterações da temperatura retal (A) e muscular (B) induzidas pela exposição ao ambiente frio e as alterações da potência média induzidas pela exposição ao ambiente frio durante a realização de 10 *sprints* repetidos de 6 segundos com recuperação passiva de 30 segundos. Os valores representados nos eixos X e Y são deltas entre as condições frio (10°C) e termoneutro (26°C).

4 DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foi que a exposição passiva aos ambientes quente e frio foi eficiente em aumentar e diminuir a temperatura muscular, respectivamente. Além disso, o aumento da temperatura muscular induzido pela exposição ao ambiente quente correlacionou positivamente com o aumento da potência gerada nos *sprints* repetidos. Estes resultados mostraram que o desempenho em *sprints* de alta intensidade está associado com a temperatura muscular.

Assim como esperado, os maiores valores das temperaturas muscular e retal, foram encontrados após a realização dos *sprints* na condição quente, bem como as menores temperaturas foram obtidas na condição fria. Por outro lado, em relação ao desempenho ($P_{Média}$ e P_{Pico}), não foi verificada uma diferença entre as condições quente e termoneutro, contrariando a possível hipótese de que os maiores valores de temperatura (central e/ou periférico) promoveriam alterações nos desempenhos. Já na condição fria, menores valores de P_{Pico} foram encontrados em comparação a condição termoneutra. No entanto, ao analisar cada *Sprint* separadamente, foi verificado que nos *sprints* onde a exposição ao ambiente quente levou à maiores aumentos da T_{Mus} , foram os *sprints* que apresentaram os melhores desempenhos de $P_{Média}$. Diferentemente da resposta encontrada sobre a influência da exposição do ambiente quente sob o desempenho, as respostas induzidas pelo ambiente frio (em todos os compartimentos estudados) não apresentaram nenhuma associação com o desempenho.

4.1 Efeitos da exposição nas respostas termorregulatórias

As diferentes condições ambientais as quais os sujeitos foram expostos promoveram respostas distintas nos dois compartimentos corporais estudados. Durante o período de exposição, em repouso, na câmara ambiental, pudemos verificar em relação à temperatura muscular que ambos ambientes extremos, 42°C e 10°C, corresponderam às expectativas ao elevar (2,3°C) e reduzir (2,3°C) a temperatura neste compartimento, respectivamente. Para a temperatura retal, ambas as exposições ambientais, durante o repouso na câmara ambiental, promoveram

alterações na T_{Ret} , o ambiente quente a elevando ($0,5^{\circ}\text{C}$) e o ambiente frio a reduzindo ($0,5^{\circ}\text{C}$).

Durante a realização do protocolo de *sprints*, para a temperatura muscular, identificamos que nas três condições a temperatura neste compartimento elevou-se, quando comparado a T_{Mus} Pré-*sprints* vs. T_{Mus} do *Sprint* 10. Já em relação à temperatura retal, a condição quente proporcionou maiores valores de T_{Ret} comparado as condições termoneutro e frio. Entre as condições termoneutro e frio não foi verificada nenhuma diferença ao longo dos *sprints*. Apenas o ambiente quente foi capaz de elevar a T_{Ret} durante a realização dos *sprints*. De acordo com Cheuvront *et al.* (2005), em condições ambientais frias o esforço cardíaco tende a ser menor em comparação ao ambiente quente devido à uma maior manutenção do volume sanguíneo central (para reduzir a perda de calor para o ambiente), dessa forma contribuindo também para a manutenção da temperatura interna durante a realização do exercício nesta condição em específico. Isto poderia explicar em parte o fato de a T_{Ret} não ter reduzido durante a realização do exercício no ambiente frio.

4.2 Efeitos da exposição no desempenho

A P_{Pico} no ambiente quente não foi diferente em comparação ao ambiente temperado. Os valores de P_{Pico} observados no presente estudo foram semelhantes quando os *sprints* realizados nos ambientes quente e termoneutro foram comparados. Corroborando Linnane *et al.* (2004), os valores de potência pico encontrados não apresentaram diferenças *inter-condições* (quente vs. termoneutro) na realização de *sprints* (2x30seg com 4min de recuperação). No entanto, Girard, Bishop e Racinais (2013) ao propor a realização de um protocolo de *sprints* idêntico ao utilizado no presente estudo (10 x 6seg com 30seg de recuperação passiva), sem exposição ambiental prévia ao exercício e também sem induzir a hipertermia nos seus voluntários ($T_{Ret}=38^{\circ}\text{C}$), encontrou um melhor desempenho (média da P_{Pico}) quando o exercício foi realizado no ambiente quente (34°C) em comparação com a ambiente termoneutro (24°C). Os autores atribuem esta resposta à um possível maior aumento da temperatura muscular durante a realização dos *sprints* no ambiente quente, que poderiam induzir à alterações na viscosidade muscular, aumentos no metabolismo anaeróbico e maiores taxas de condução de impulsos

nervosos (BISHOP *et al.*, 2003 citado por GIRARD; BISHOP; RACINAIS, 2013). As diferenças entre os protocolos de aquecimento utilizados e a não-mensuração da temperatura muscular de forma precisa podem ter sido os fatores causadores dos diferentes resultados obtidos entre os nossos estudos.

Apesar de os piores desempenhos médios terem sido observados no ambiente frio, no presente estudo, nenhuma associação foi encontrada entre o desempenho e as temperaturas corporais quando os deltas de cada Sprint *inter-condições* (10°C-26°C) foram correlacionados, ou seja, as alterações induzidas nas temperaturas dos diferentes compartimentos geradas pela exposição ao ambiente frio não interferiram no desempenho. Em uma revisão realizada por Wegmann *et al.* (2012), foi encontrado dois estudos que também apresentaram uma associação entre pré-resfriamento e desempenho em sprints, um apresentando elevações no desempenho (MARSH; SLEIVERT, 1999) e o outro apresentando efeitos prejudiciais (SCHNIEPP *et al.*, 2002). Sargeant (1987) também encontrou possíveis efeitos do pré-resfriamento no desempenho, onde menores valores de temperatura muscular induzidos por imersão em água fria (12 e 18°C) podem ter levado a prejuízos no desempenho (P_{Pico}). Esta redução no desempenho poderia estar relacionada a um desequilíbrio na co-contração (OKSA; RACINAIS, 2010), onde uma maior ativação dos músculos antagonistas em conjunto com uma redução da ativação dos agonistas pode ser observada quando há um resfriamento prévio ao exercício, fenômeno este denominado de *braking effect* (OKSA; RACINAIS, 2010; OKSA *et al.*, 1997).

Em relação aos valores de potência média, a influência da temperatura ambiental quente tem sido bem discutida na literatura, apresentando resultados positivos (LACERDA *et al.*, 2007; LINNANE *et al.*, 2004; SARGEANT, 1987), negativos (DRUST *et al.*, 2005) e sem interferência (BACKX *et al.*, 2000) para o desempenho em sprints. No presente estudo encontramos respostas semelhantes aos encontrados no estudo de Backx *et al.* (2000) e Almudehki *et al.* (2012), onde os valores de $P_{Média}$ não apresentaram diferenças *inter-condições* quente e termoneutro. Backx *et al.* (2000) ao propor a realização de 2 séries de sprints (3x30 seg. com 30seg de recuperação ativa) com recuperação passiva de 60min entre elas, sem aquecimento prévio, encontrou desempenhos semelhantes entre as

condições quente/úmido (30°C/URA 85%), quente/seco (40°C/URA 40%) e termoneutro (22°C/ URA 30%). Estes autores atribuem tal resultado à sobreposição dos processos de fadiga promovidos durante os *sprints* repetidos em relação as possíveis alterações geradas pelas condições ambientais. Pode ser que os protocolos utilizados neste estudo fossem insuficientes para promover alterações significativas nas temperaturas corporais e desta forma, faria com que estes não sejam capazes de influenciar o desempenho. Por conseguinte, é difícil relacionar o presente estudo ao de Backx *et al.*, simplesmente pelo fato de medidas das temperaturas corporais não terem sido mensuradas durante o segundo estudo. Em contraste, Linnane *et al.* (2004), encontrou maiores valores de $P_{Média}$ durante realização de sprints no ambiente quente em comparação ao ambiente termoneutro, sendo este resultado associado à uma cadência mais rápida do pedal no ambiente quente (LINNANE *et al.*, 2004). Já Drust *et al.* (2005) encontraram menores valores de $P_{Média}$ ao longo da realização dos sprints repetidos (5x15 segundos) na condição quente (40°C) em comparação à quando os sprints foram realizados no ambiente termoneutro (20°C). No entanto, este resultado demonstrado foi devido aos efeitos hipertérmicos e consequente maior redução da ativação muscular voluntária (DRUST *et al.*, 2005; NYBO; NIELSEN, 2001c) induzidos pela exposição ao ambiente quente (temperatura interna=39.5°C), diferentemente do presente estudo, onde o protocolo de sprints foi realizado sem que os voluntários se encontrassem sob os efeitos negativos da hipertermia (temperatura retal no Sprint 10=37,62°C). Em relação à temperatura muscular, Drust *et al.* (2005), de forma similar ao presente estudo, verificou um aumento significativo desta temperatura após a realização dos sprints. Após o último Sprint foi observado uma elevação de cerca de 1,2°C (40,2°C) na temperatura deste compartimento, enquanto no presente estudo, ao término do Sprint 10 no ambiente quente a T_{Mus} elevou-se aproximadamente 1,1°C (38,6°C). Analisando conjuntamente ambos os dados (T_{Mus} e T_{Ret}), podemos observar que mesmo com a elevação da temperatura muscular semelhante proporcionada por ambos os protocolos de sprints (~1°C), o alcance de uma temperatura interna crítica no estudo de Drust *et al.* (2005) foi capaz de suprimir os possíveis efeitos positivos da T_{Mus} no desempenho de alta intensidade e curta duração. Dessa forma, estas respostas apresentadas nos permitem, ao menos em parte, afirmar que em condições não-hipertérmicas, a temperatura muscular seria um importante fator preditor de melhores desempenhos de potência nos sprints repetidos. Analisando a

partir deste ponto de vista, pode ser que se no presente estudo a duração do protocolo de exercícios fosse maior, permitindo assim o alcance de um valor mais alta da temperatura retal, os maiores deltas de $P_{Média}$ presente nos sprints que apresentaram os maiores deltas de T_{Mus} entre as condições 42°C e 26°C poderiam ter sido suprimidos, levando a uma queda do desempenho no ambiente quente.

Além disso, em um de seus estudos, Matsuura *et al.* (2015), encontrou que mesmo na ausência de hipertermia ($\sim 37.4^\circ\text{C}$) a condição ambiental quente (40°C, URA=20%) pode promover alterações no desempenho ao longo da realização dos sprints repetidos. Neste caso, o exercício feito no ambiente quente promoveu uma redução do desempenho médio inicial (aos 2 segundos de sprint) durante a realização de sprints repetidos (4x10 segundos). Como os fatores que levam a fadiga periférica (pH intramuscular e decréscimo da eficiência neuromuscular) foram semelhantes entre as condições quente e termoneutro (20°C URA=30%), Matsuura *et al.* supõem que esta redução inicial do desempenho no ambiente quente deve-se à uma redução da eletromiografia superficial (SEMG), indicando níveis sub ótimos de drive neural. Contudo, ainda neste mesmo estudo, estes pesquisadores encontraram que, nos segundos 5 e 6, a potência média foi maior quando o exercício foi realizado no ambiente quente. Mesmo não tendo mensurado a temperatura muscular no seu estudo, Matsuura e colaboradores tendem a corroborar o presente estudo, pois atribuem os maiores valores de potência encontrados na fase intermediária dos sprints realizados na condição quente ao alcance de uma temperatura mais elevada neste compartimento (SARGEANT, 1987; BALL; BURROWS; SARGEANT, 1999), que poderia induzir a uma melhoria da eficiência neuromuscular (força/amplitude da SEMG) (STEWART; MACALUSO; DE VITO, 2003), influenciando positivamente no desempenho. Isso nos chama a atenção para que, mesmo que a temperatura interna não alcance níveis críticos, a realização dos sprints em condição quente pode interferir, aumentando ou reduzindo, o desempenho em diferentes momentos de um mesmo Sprint.

De acordo com o exposto acima, podemos inferir que em tarefas de curta duração e alta intensidade, como os *sprints* repetidos, parece que a T_{Mus} é mais determinante quando estes *sprints* são realizados após a exposição ao ambiente quente, onde as maiores temperaturas neste compartimento encontraram-se associadas positivamente com os valores de $P_{Média}$. Além disso, parece que para atividades que

apresentam estas características particulares, a T_{Ret} não apresenta uma forte associação com desempenho, assim como é visto na durante a realização de exercícios de duração prolongada ou mesmo quando esta atinge valores críticos (hipertermia), capazes de induzir uma redução no desempenho de potência. Assim, podemos afirmar, ao menos em parte que os maiores valores de temperatura muscular, mesmo havendo elevação na temperatura retal (com ausência de hipertermia), foram os principais determinantes do desempenho nos *sprints* repetidos.

5 CONCLUSÃO

O desempenho em *sprints* repetidos, quando estes são realizados em ambiente quente, está associado forte e positivamente com a temperatura muscular. Elevações na temperatura muscular induzidos pela exposição ambiental e pelo protocolo de *sprints* podem ter gerado alterações fisiológicas capazes de proporcionarem melhores desempenhos em tarefas de curta duração e alta intensidade. No entanto a mesma resposta não foi encontrada quando estes foram realizados no ambiente frio, pois nem temperatura retal e nem temperatura muscular estavam associadas com o desempenho de potência média.

Dessa forma, ao terem em mãos tal informação, treinadores e preparadores físicos podem se utilizar de técnicas de aquecimento passivo, como a exposição ambiental, previamente à realização de atividades que apresentam estas características para que seus atletas, ao elevarem a sua temperatura muscular, alcancem melhores índices de performance. Estudos posteriores podem focar-se nos possíveis efeitos que uma redução maior na temperatura muscular pode gerar no desempenho de potência em *sprints* repetidos, para que possamos assegurar se realmente reduções na T_{Mus} não estão associadas aos menores desempenhos em atividades que apresentam estas características.

REFERÊNCIAS

BALL, D.; BURROWS, C.; SARGEANT, A. J. Human power output during repeated *sprint* cycle exercise- the influence of thermal stress. **European Journal of Applied Physiology**. v.79, p.360-366, 1999.

BISHOP, D. Warm Up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. **Sports Medicine**, v.33, p.439-454, 2003.

CAPUTA, M.; FEISTKORN, G.; JESSEN, C. Effects of brain and trunk temperature on exercise performance in goats. **Pflugers Archiv European Journal of Physiology**, v.406, p.184-189, 1986.

CHEUVRONT, S.N., *et al.* Hypohydration Impairs Endurance Exercise Performance in Temperate but Not Cold Air. **Journal of Applied Physiology**, v.99, p.1972-1976, 2005.

DAVIES, C.T.; YOUNG, K. Effect of heating on the contractile properties of triceps surae and maximal power output during jumping in elderly men. **Gerontology**, v.31, p.1-5, 1985.

DRUST, B. *et al.* Elevations in core and muscle temperature impairs repeated *sprint* performance. **Acta Physiologica Scandinavica**. v.183, n.2, p.181-90, 2005.

FALK, B. *et al.* The effect of heat exposure on performance of and recovery from high-intensity, intermittent exercise. **International Journal of Sports Medicine**. v. 19, p.1-6, 1998.

FAULKNER, S.H., *et al.* Conductive and evaporative pre-cooling lowers mean skin temperature and improves time trial performance in the heat. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v.25, p.183-189, 2015.

GIRARD, O.; BISHOP, D.J.; RACINAIS, S. Hot conditions improve power output during repeated cycling *sprints* without modifying neuromuscular fatigue characteristics. **European Journal Applied Physiology**, v.113, n.2, p.359-369, 2013.

HARGREAVES, M. Physiological limits to exercise performance in the heat. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 11, p.66-71, 2008.

- INBAR, O.; BAR-OR, O.; SKINNER, J. S. **The Wingate anaerobic test**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
- LACERDA, A.C.R. *et al.* Acute heat exposure increases high-intensity performance during *sprint* cycle exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v.99, n.1, p.87-93, 2007.
- LINNANE, D.M. *et al.* Effects of hyperthermia on the metabolic responses to repeated high-intensity exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v.93, p.159-66, 2004.
- MARSH, D.; SLEIVERT, G. Effect of precooling on high intensity cycling performance. **Sports Medicine**, v.33, n.6, p.393-7, 1999.
- MATSUDO, S. *et al.* Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Revista brasileira de atividade física e saúde**. v.6, n.2, p.05-18, 2001.
- MAXWELL, N. S.; AITCHISON, T. C.; NIMMO, M. A. The effect climatic heat stress on intermittent supramaximal running performance in humans. **Experimental Physiology**. v.81, p. 833-845, 1996.
- NYBO, L; NIELSEN, B. Middle cerebral artery blood velocity is reduced with hyperthermia during prolonged exercise in humans. **Journal Physiology**, v.534, p. 279. 286, 2001a.
- NYBO, L; NIELSEN, B. Perceived exertion is associated with an altered brain activity during exercise with progressive hyperthermia. **Journal of Applied Physiology**, v.91, p.2017. 2023, 2001b.
- NYBO, L; NIELSEN, B. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.91, p.1055. 1060, 2001c.
- NYBO, L; SECHER, N.H.; NIELSEN, B. Inadequate heat release from the human brain during prolonged exercise with hyperthermia. **Journal Physiology**, v.545, p.697. 704, 2002.
- OKSA, J.; RINTAMAKI, H.; RISSANEN, S. Muscle performance and electromyogram activity of the lower leg muscles with different levels of cold exposure. **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p.484. 490, 1997.

OLIVEIRA, G. G. A. **Efeitos alterações da temperatura muscular induzidas pela exposição aos ambientes quente e frio em relação ao desempenho dos sprints repetidos em cicloergômetro.** 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) . Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

RACINAIS, S.; GAOUA, N.; GRANTHAM, J. Hyperthermia impairs short-term memory and peripheral motor drive transmission. **Journal of Physiology**, v.586, p.4751. 4762, 2008.

RACINAIS, S; OKSA, J. Temperature and neuromuscular function. **Scandinavian Journal of Medicine Science Sports**. v.20, n.3, p. 1-18, 2010.

ROWELL, L.B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. **Physiological Reviews**, v.54, p.75. 15, 1974.

SARGEANT, A.J., JONES, D.A. The significance of motor unit variability in sustaining mechanical output of muscle. In: GANDEVIA, S.C.; ENOKA, R.M.; MCCOMAS, A.J.; STUART, D.G.; THOMAS, C.K. (eds). **Fatigue neural and muscular mechanisms.** New York: Plenum Press, 1996. p. 323-338.

SARGEANT, A.J. Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 56, n. 6, p. 693-698, 1987.

SAWKA, M.N. *et al.* Hypohydration and exercise: effects of heat acclimation, gender, and environment. **Journal of Applied Physiology**, v.55, p.1147. 1153, 1983.

SCHNIEPP, J. *et al.* The effects of cold-water immersion on power output and heart rate in elite cyclists. **Journal of Strength Conditioning Research**, v.16, n.4, p.561-6, 2002.

STEWART, D.; MACALUSO A.; DE VITO, G. The effect of an active warm-up on surface EMG and muscle performance in healthy humans. **European Journal of Applied Physiology**, v.89, p.509. 513, 2003.

TODD G. *et al.* Hyperthermia: a failure of the motor cortex and the muscle. **Journal of Physiology**, v.563, p.621. 631, 2005.

WEGMANN *et al.* Pre-cooling and sports performance: a meta-analytical review. **Sports medicine**, v.42, n.7, p.545-564, 2012.

WILLIAMS, C.G. *et al.* Circulatory and metabolic reactions to work in heat. **Journal of Applied Physiology**, v.17, p.625. 638, 1962.