

MOISÉS VIEIRA DE CARVALHO

**EFEITOS DA TEMPERATURA E DO VOLUME DE ÁGUA
INGERIDO NO DESEMPENHO DURANTE 40 KM DE CICLISMO
COM INTENSIDADE AUTO-REGULADA NO CALOR**

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Belo Horizonte - 2009

MOISÉS VIEIRA DE CARVALHO

**EFEITOS DA TEMPERATURA E DO VOLUME DE ÁGUA
INGERIDO NO DESEMPENHO DURANTE 40 KM DE CICLISMO
COM INTENSIDADE AUTO-REGULADA NO CALOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Silami Garcia

**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Belo Horizonte - 2009**



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

Dissertação intitulada “Efeitos da temperatura e do volume de água ingerido no desempenho durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor”, de autoria do mestrando Moisés Vieira de Carvalho, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Emerson Silami Garcia – Orientador

Depto de Esportes/Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

Prof. Dra. Danusa Dias Soares

Depto de Esportes/Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

Prof. Dr. Fabiano Trigueiro Amorim

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/UFVJM

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2009.

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE), da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Foram concedidos auxílios financeiros pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo Ministério da Educação e pelo Ministério do Esporte.

A minha família, fonte de inspiração para a realização desse sonho e da minha vida. Amo vocês mais do que tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por abençoar o meu caminho e me dar força para superar todos os obstáculos;

Aos meus pais, Cristina e Batista, por assumirem o dom da criação, da doação e do amor incondicional. Cada vitória é apenas uma simples vitória perto do que vocês representam pra mim;

As minhas irmãs, Nanda e Cris, por sempre acreditarem, apoiarem e zelarem por mim. O amor que nos une ultrapassa qualquer laço;

Aos amigos e parentes por estarem sempre presentes na minha vida, compartilhando momentos de alegria e tristeza e, torcendo pelo meu sucesso;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Emerson Silami Garcia, por acreditar na minha capacidade, abrindo as portas e me recebendo com o entusiasmo que só os grandes mestres sabem fazer.

Ao Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins por ter despertado em mim o interesse pela fisiologia do exercício e pela valiosa colaboração na realização deste estudo;

Aos professores, Dr. Nilo Resende Viana Lima e Dra. Danusa Dias Soares, pelos conhecimentos, reflexões críticas, ética e postura marcante dentro e fora da sala de aula.

A todos os colegas e amigos do LAFISE agradeço por me receberem de braços abertos e por me proporcionarem momentos fantásticos nesses longos 30 meses. Obrigado pelo convívio, companheirismo, amizade, colaboração, discussões, tolerância e compreensão nos momentos difíceis e é claro pelos diversos momentos de diversão.

Adriano Alves, Alessandro Assis, Aline Gomes, Ana Cláudia Serafim, André Maia, Ângelo Pisani, Camila Nassif, Carol Wilke, Christian Cabido, Cristiano Lino, Daniel Coelho, Débora Romualdo, Diego Alcântara, Eliney Melo, Emerson Rodrigues, Fabiana Tavares, Francisco Teixeira, Guilherme Passos, Jacqueline Viveiros, João Batista Jr, Kênia Paula, Louise Pacheco, Lucas Lima, Lucas Mortimer, Lucas Oaks, Luciano Antonacci, Luiz Alexandre, Marco Antônio Melo, Matheus Siqueira, Michelle Macedo, Milene Lima, Patrícia Kajuru, Renata Passos, Roberta Miranda, Rodrigo Morandi, Sabrina Maia, Tatiana Fonseca, Thiago Mendes, Victor Ciminelli e Washington Pires.

Aos professores Ângela, Danilo, Miguel e Natasha, da Escola de Veterinária da UFMG pela valiosa contribuição na análise estatística dos resultados;

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia Renal do ICB pela cessão do espaço físico e por ajudarem na análise da osmolalidade plasmática;

Ao povo brasileiro por custear minha formação em uma universidade pública possibilitando meu desenvolvimento pessoal, profissional e acadêmico;

Finalmente, aos voluntários por cederem algumas de suas manhãs dando o máximo para que tudo saísse rigorosamente perfeito. Obrigado pela inestimável dedicação, persistência, disponibilidade e comprometimento com a pesquisa. Vocês foram fundamentais!

**“Minha motivação é a busca da perfeição,
de aprender sempre...”**

Airton Senna

RESUMO

Dentre as principais técnicas de resfriamento corporal que podem afetar o desempenho físico, a ingestão de água fria tem sido proposta como meio mais prático para atenuar o aumento da temperatura interna durante exercícios prolongados no calor. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da temperatura e do volume de água ingerido no desempenho durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor (35°C e 60% URA). Dez atletas do sexo masculino participaram do estudo (25,5 ± 1 anos; 69,9 ± 2,7 kg; 1,73 ± 0,02 m; 7,3 ± 0,6 % de gordura; potência pico 341 ± 12,9 W; FC_{máx} 187 ± 3 bpm; VO_{2máx} 67,20 ± 1,82 mL.kg⁻¹.min⁻¹). Os voluntários foram submetidos a quatro situações experimentais: *ad libitum* 10°C (AL10), *ad libitum* 37°C (AL37), programada 10°C (PRO10) e programada 37°C (PRO37). As temperaturas da água que caracterizaram o tratamento foram 10°C e 37°C. Em AL10 e AL37 a ingestão ocorreu de forma *ad libitum*, sendo registrado o volume (? mL) e o momento (? km) no qual cada alíquota foi consumida. Nas duas últimas situações (PRO10 e PRO37) os voluntários reproduziram o mesmo padrão de ingestão das situações AL10 e AL37, porém de maneira invertida, criando-se assim um controle para o volume de água ingerido *ad libitum*. Não foram observadas diferenças no tempo total de exercício de 40 km e nos tempos parciais (TP) a cada 8 km entre as situações experimentais. Porém, considerando-se a média global das quatro situações, o TP_{24-32km} foi maior que o TP_{0-8km}. A potência, cadência e velocidade média não foram influenciadas pela temperatura da água ingerida. Entretanto, a potência foi maior quando os voluntários consumiram menor volume de água, correspondente ao volume *ad libitum* 37°C. Ao longo do exercício não foram identificados efeitos de tratamento sobre a concentração sanguínea de glicose e lactato, frequência cardíaca, percepção subjetiva do esforço, temperatura retal, temperatura média da pele, temperatura média do corpo, sudorese total, taxa de sudorese, taxa de acúmulo de calor, osmolalidade plasmática e variação percentual do volume plasmático. A temperatura da água influenciou o padrão de ingestão voluntária dos atletas sendo consumido maior volume de água fria do que quente. A efetividade dessa técnica de resfriamento corporal não alterou o desempenho e o nível de estresse termorregulatório, cardiovascular e metabólico durante exercício de intensidade auto-regulada no calor.

Palavras-chave: Temperatura da água, volume ingerido, desempenho, intensidade auto-regulada, calor, ciclismo.

ABSTRACT

Among the main body cooling techniques that can affect the physical performance, the water ingestion has been proposed as the most practical way of attenuating the core temperature increase during prolonged exercises in the heat. Therefore, the purpose of the present study was to evaluate the effects of the water temperature and volume ingested on performance during self-paced 40-km cycling time trials in the heat (35°C and 60% URA). Ten male athletes participated in the study ($25,5 \pm 1$ years-old; $68,9 \pm 2,7$ kg; $1,73 \pm 0,02$ m; $7,3 \pm 0,6$ % of body fat; peak power output $341 \pm 12,9$ W; $HR_{\text{máx}} 187 \pm 3$ bpm; $VO_{2\text{máx}} 67,20 \pm 1,82$ mL.kg⁻¹.min⁻¹). The volunteers were submitted to four experimental conditions: *ad libitum* 10°C (AL10), *ad libitum* 37°C (AL37), scheduled 10°C (PRO10) and scheduled 37°C (PRO37). The water temperatures that have characterized the treatment were 10°C and 37°C. In AL10 and AL37, the ingestion occurred *ad libitum*, registering the volume (? mL) and the moment (? km) in which it was consumed. In the last two conditions (PRO10 and PRO37) the volunteers reproduced the same pattern of ingestion in the conditions AL10 and AL37, although in an inverted way, creating thus a control for the water volume ingested *ad libitum*. Differences were not observed in the time trial performance times and in the partial times (TP) in every 8 km among the experimental conditions. However, considering the overall average of the four situations, the $TP_{24-32\text{km}}$ was greater than the $TP_{0-8\text{km}}$. The power output, cadence and average speed were not influenced by the temperature of the ingested water. However, the power output was greater when the volunteers consumed smaller volume of water, for the *ad libitum* volume at 37°C. During exercise, treatment effects on blood concentration of glucose and lactate, heart rate, rating of perceived exertion, rectal temperature, mean skin temperature, mean body temperature, total sweating, sweat rate, rate of heat storage, plasma osmolality and variation of the plasma volume were not identified. The water temperature has influenced the pattern of voluntary ingestion by the athletes being the volume of consumption of cold water higher than warm water. The effectiveness of this body cooling technique did not alter performance and the level of thermoregulatory, cardiovascular and metabolic stress during self-paced exercise in the heat.

Keywords: Water temperature, ingested volume, performance, self-paced, heat, cycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo dos limites integrados.....	17
Figura 2 – Modelo do governador central.....	19
Figura 3 – Taxa de elevação da temperatura retal.....	33
Figura 4 – Exemplo representativo da dinâmica das situações experimentais.....	44
Figura 5 – Procedimento de punção venosa à vácuo.....	49
Figura 6 – Protocolo de exercício na câmara ambiental.....	52
Figura 7 – Computador do sistema de frenagem eletromagnética.....	54
Figura 8 – Tempo total dos 40 km.....	60
Figura 9 – Potência média relativa ao volume de água <i>ad libitum</i>	62
Figura 10 – Potência durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada.....	63
Figura 11 – Temperatura retal.....	64
Figura 12 – Temperatura média da pele.....	65
Figura 13 – Concentração de glicose sanguínea	66
Figura 14 – Frequência cardíaca absoluta e em percentual da $FC_{máx}$	67
Figura 15 – Concentração de lactato sanguíneo.....	68
Figura 16 – Percepção subjetiva de esforço.....	69
Figura 17 – Osmolalidade plasmática.....	70
Figura 18 – Temperatura média do corpo.....	71
Figura 19 – Taxa de acúmulo de calor.....	72
Figura 20 – Volume de água ingerido <i>ad libitum</i>	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização da amostra.....	39
Tabela 2 – Tempos parciais a cada 8 km de exercício.....	61
Tabela 3 – Potência, cadência e velocidade média em 40 km de ciclismo.....	62
Tabela 4 – Sudorese total, taxa de sudorese, desidratação e variação do volume plasmático durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ordem das situações experimentais.....	43
Quadro 2 – Descrição do café da manhã consumido pelos voluntários.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%G – Percentual de gordura

~ – Aproximadamente

AB – Dobra cutânea abdominal

ACSM – *American College of Sports Medicine*

ADH – Hormônio anti-diurético (Vasopressina)

AL – *Ad libitum*

ASC – Área de superfície corporal

bpm – Batimentos por minuto

CENESP – Centro de Excelência Esportiva

C.V – Coeficiente de variação

DC – Densidade corporal

D.P – Desvio-padrão

EEFFTO – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

E.P.M – Erro-padrão da média

EST – Estatura

FC – Frequência cardíaca

FC_{máx} – Frequência cardíaca máxima

GEU – Gravidade específica da urina

Hb – Hemoglobina

Hct – Hematócrito

ICB – Instituto de Ciências Biológicas

LAFISE – Laboratório de Fisiologia do Exercício

MC – Massa corporal

NATA – *National Athletic Trainer's Association*

OSM – Osmolalidade do plasma

P_{máx} – Potência máxima

POT – Potência

PP – Potência pico

PRÉ – Pré-exercício

PRO – Programada

PSE – Percepção subjetiva de esforço

R – Quociente respiratório

rpm – Rotações por minuto

SBPC/ML – Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial

SUB – Dobra cutânea subescapular

S_{total} – Sudorese total

TAC – Taxa de acúmulo de calor

T_{braço} – Temperatura da pele no braço

T_{peito} – Temperatura da pele no peito

T_{coxa} – Temperatura da pele na coxa

T_{corpo} – Temperatura média do corpo

TT_{40km} – Tempo total dos 40 km

TP – Tempos parciais

T_{pele} – Temperatura média da pele

T_{retal} – Temperatura retal

TRI – Dobra cutânea tríceps

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

URA – Umidade relativa do ar

VO₂ – Consumo de oxigênio

VO_{2máx} – Consumo máximo de oxigênio

VO_{2pico} – Consumo pico de oxigênio

[Glic] – Concentração de glicose no sangue

[Lac] – Concentração de lactato no sangue

Δ%VP – Variação percentual do volume plasmático

SUMÁRIO

1) INTRODUÇÃO	17.
1.1) Relação entre modelos de fadiga e protocolos de exercício	17.
1.2) Princípios básicos de termorregulação humana	20.
1.3) Balanço osmótico e o controle da sede	21.
1.4) Fatores que influenciam a sede	23.
1.5) Reposição hídrica e exercício	24.
1.6) A sede como estratégia de hidratação	25.
1.7) Temperatura dos líquidos.....	28.
1.7.1) Padrão de ingestão voluntária	28.
1.7.2) Esvaziamento gástrico.....	30.
1.7.3) Desempenho físico	31.
2) OBJETIVOS	35.
2.1) Objetivo geral.....	35.
2.2) Objetivo específico	35.
3) HIPÓTESES	36.
3.1) Hipótese de estudo	36.
3.2) Hipóteses estatísticas	36.
4) MATERIAIS E MÉTODOS	37.
4.1) Cuidados Éticos	37.
4.2) Seleção da amostra.....	37.
4.3) Avaliações prévias às situações experimentais.....	39.
4.3.1) Avaliação física	39.
4.3.2) Protocolo de exercício para determinação do $VO_{2máx}$	40.
4.4) Delineamento experimental	42.
4.5) Situações experimentais.....	43.
4.5.1) Manipulação da água a ser ingerida	45.
4.5.2) Instruções pré-coleta de dados	46.
4.5.3) Procedimentos iniciais.....	46.
a) Café da manhã	46.
b) Cuidados com o voluntário	47.
c) Punção venosa	48.

d) Processamento do sangue.....	50.
4.6) Protocolo de exercício.....	51.
4.7) Variáveis estudadas.....	53.
4.7.1) Variáveis de desempenho.....	53.
4.7.2) Variáveis de controle.....	54.
4.7.3) Variáveis calculadas.....	56.
4.8) Análise Estatística.....	59.
5) RESULTADOS.....	60.
5.1) Variáveis de desempenho	60.
a) Tempo total dos 40 km.....	60.
b) Tempos parciais.....	61.
c) Velocidade, cadência e potência.....	61.
5.2) Variáveis de controle	64.
a) Temperatura retal.....	64.
b) Temperatura média da pele	65.
c) Glicose sanguínea.....	66.
d) Frequência cardíaca.....	67.
e) Lactato sanguíneo	68.
f) Percepção subjetiva de esforço	69.
g) Osmolalidade plasmática.....	70.
5.3) Variáveis calculadas.....	71.
a) Temperatura média do corpo.....	71.
b) Taxa de acúmulo de calor.....	72.
c) Volume de água ingerido.....	73.
d) Sudorese total	74.
e) Taxa de sudorese	74.
f) Desidratação.....	74.
g) Variação percentual do volume plasmático	74.
6) DISCUSSÃO	76.
7) CONCLUSÃO	86.
8) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87.
ANEXOS	99.

1) INTRODUÇÃO

1.1) Relação entre modelos de fadiga e protocolos de exercício

De acordo com o modelo teórico idealizado por Rodrigues e Silami-Garcia (1998), denominado “modelo dos limites integrados” (FIG.1), a fadiga se manifestaria pela integração de sinais provenientes dos sistemas fisiológicos envolvidos na homeostase do exercício (neurohumoral, térmico, cardiorrespiratório, ácido-básico, enzimático e de substratos). O envolvimento de cada sistema seria proporcional a intensidade do exercício ($\%VO_{2máx}$), sendo que uma mesma intensidade incita respostas fisiológicas distintas em função do ambiente no qual o exercício ocorre. Neste modelo, a fadiga deve ser compreendida como um mecanismo de defesa, no qual o próprio organismo seria capaz de interromper ou reduzir a intensidade do esforço com o objetivo de evitar qualquer falha da homeostase corporal.

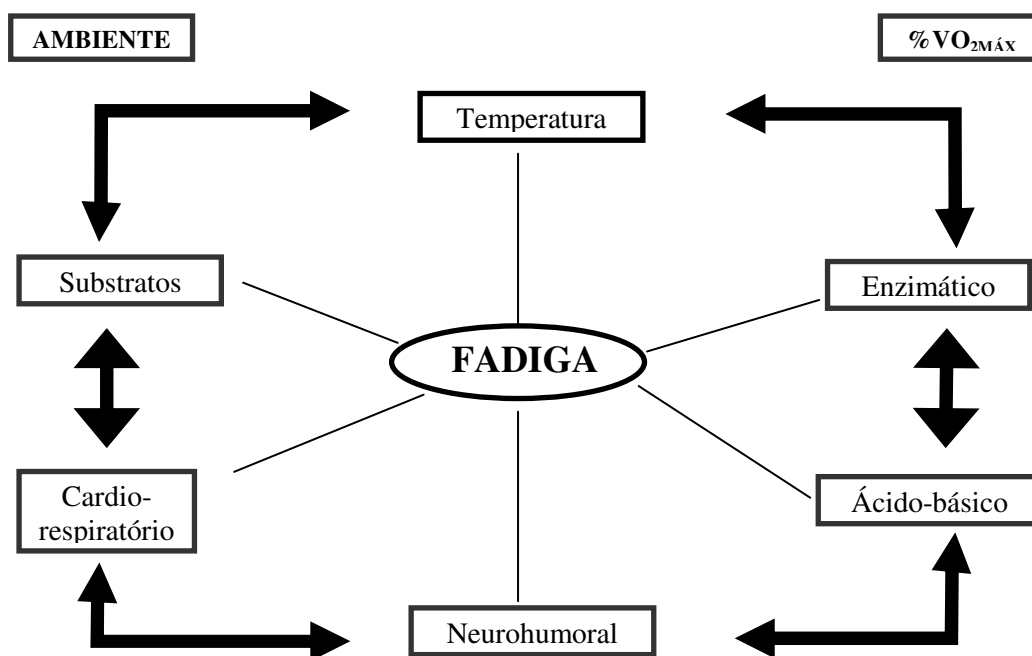


FIGURA 1 – Modelo dos limites integrados envolvidos na fadiga

Fonte: Rodrigues e Silami-Garcia, 1998.

Existem ainda, modelos que defendem que a manifestação da fadiga durante exercícios prolongados, definidos como intensidades de exercícios sustentáveis por 30 a 180 minutos (MAUGHAN et al., 2000), pode ocorrer devido a fatores periféricos (FITTS, 1994), como depleção de substrato e/ou acúmulo de derivados metabólicos, ou centrais (DAVIS e BAILEY, 1997). De acordo com a hipótese da fadiga central, o desempenho seria prejudicado com o aumento da atividade serotoninérgica, que por sua vez, estaria associado a um estado letárgico e à incapacidade do cérebro em recrutar um número apropriado de unidades motoras (DAVIS e BAILEY, 1997). Entretanto, Rodrigues e Silami-Garcia (1998) consideram que a subdivisão dos mecanismos de fadiga seria muito mais anatômica do que fisiológica, tendo em conta a natureza complexa e multifatorial desse fenômeno. Corroborando essa linha de raciocínio, outros modelos que não sustentam essa subdivisão, buscam compreender e relacionar a origem da fadiga com uma temperatura interna crítica (GONZALES-ALONSO et al., 1999; PARKIN et al., 1999), com a taxa de acúmulo de calor (RODRIGUES et al., 2003), com fenômenos de regulação antecipatória (MARINO, 2004) e por fim, com base no “governador central” (NOAKES et al., 2004).

Segundo o modelo da temperatura limite crítica, a fadiga se manifestaria através de uma diminuição do comando eferente do sistema nervoso central para os músculos-esqueléticos a partir de um dado valor de temperatura interna (GONZALES-ALONSO et al., 1999; PARKIN et al., 1999). Em outras palavras, presume-se que as respostas fisiológicas necessárias para o controle do aumento da temperatura central só seriam iniciadas após o alcance de uma temperatura crítica, característica de um estado hipertérmico (39,5°C – 40°C). Todavia, Marino (2004) relata que seria catastrófico se o organismo necessitasse atingir tais limites térmicos antes de qualquer redução no comando eferente do sistema nervoso central. Em concordância, Nybo (2007) propõe que a fadiga induzida por hipertermia não pode ser considerada um fenômeno que ocorre apenas se a temperatura central alcançar um valor crítico. Segundo esse autor, ela deve ser entendida como um sinal inibitório progressivo das áreas cerebrais responsáveis pela ativação motora, que em conjunto com outros sinalizadores provocam a fadiga.

Alternativamente, o modelo do governador central propõe que os processos subconscientes do sistema nervoso central atuam na regulação da intensidade do exercício por meio do número de unidades motoras ativadas (NOAKES et al., 2004). A quantidade de massa

muscular recrutada estaria sob influencia constante de estímulos sensoriais provenientes de vários órgãos periféricos – provavelmente do músculo-esquelético, músculos respiratórios, coração, além de mecanorreceptores e quimiorreceptores centrais e periféricos (FIG.2). A partir do início do exercício, a parte subconsciente do cérebro informaria a parte do consciente sobre o aumento de comando central, talvez relativo a uma dificuldade crescente em manter a homeostase naquela dada intensidade de exercício. Este evento seria interpretado pelo cérebro como sensação de fadiga crescente, que poderia, por si só, controlar outros processos da parte subconsciente do cérebro.

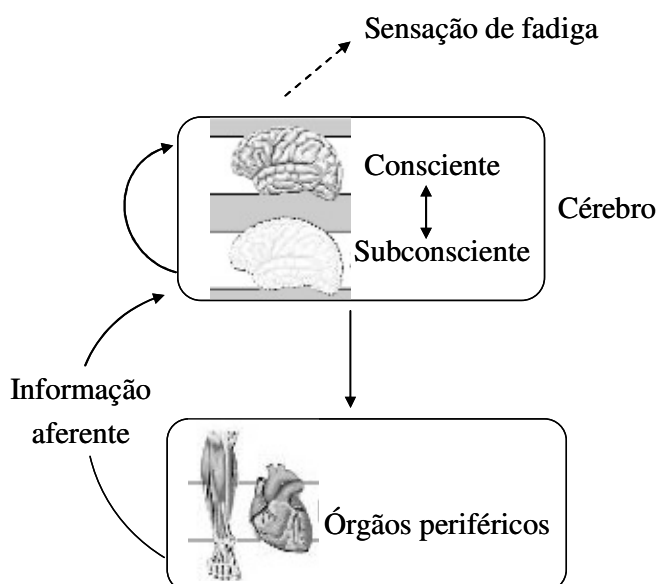


FIGURA 2 – Modelo do governador central
Adaptado de Noakes et al. (2004).

Em geral, a relação entre o desempenho físico e os mecanismos relacionados à fadiga têm sido avaliados através de dois protocolos de exercícios: 1) Intensidade fixa e 2) Intensidade auto-regulada. O primeiro deles é caracterizado pela realização de exercício físico numa intensidade fixa até um ponto de fadiga (GONZALES-ALONSO et al., 1999; NYBO e NIELSEN, 2001) no qual o indivíduo voluntariamente pede para que a atividade seja interrompida. Do ponto de vista prático, esse protocolo parece ter pouca aplicabilidade uma vez que o mesmo não simula aspectos característicos das situações competitivas (KREBS e POWERS, 1989; McLELLAN et al., 1995; MAUGHAN e LEE, 2009).

Por outro lado, um segundo protocolo, conhecido internacionalmente como “*self-paced*”, ou seja, de intensidade auto-regulada, foi proposto de maneira que um parâmetro seja estabelecido e mantido fixo, podendo ser à distância ou até mesmo o tempo (MARINO et al., 2004; ALBERTUS et al., 2005). Em outras palavras, uma distância pré-estabelecida deve ser percorrida no menor tempo possível ou a maior distância deve ser completada a partir de um dado tempo (contra-relógio). Nesse caso, a estratégia de ritmo seria definida pelo próprio voluntário.

Considerando-se todos esses aspectos, a fadiga durante exercícios de intensidade auto-regulada parece melhor contextualizada com os modelos propostos por Rodrigues e Silami-Garcia (1998); Marino (2004); Noakes et al. (2004), devido, sobretudo, a capacidade humana de antecipar o que deve ocorrer no futuro. Isto permitiria a seleção de uma estratégia de ritmo ótima para que a tarefa fosse eficientemente completada, sem que houvesse prejuízos para a homeostase corporal.

1.2) Princípios básicos de termorregulação humana

O ser humano é conhecido como um animal homeotérmico capaz de manter a sua temperatura interna próxima a 37°C, mas com pequenas variações ao longo do dia em função do ciclo circadiano (STEPHENSON et al., 1984; VAN CAUTER et al., 1991). Entretanto, em situações adversas, como durante a prática de atividades físicas no calor, a manutenção dessa temperatura torna-se um desafio para o organismo. Para isso, o ser humano dispõe de ajustes fisiológicos (vasodilatação periférica e sudorese) e comportamentais (ex.: procura de sombra, banho com água fria, aumento da superfície para troca de calor) que se integram a mecanismos físicos (condução, radiação, convecção e evaporação) para o controle de sua temperatura.

A contribuição de cada um dos mecanismos físicos envolvidos na termorregulação humana depende principalmente das condições ambientais onde o exercício ocorre. Sabe-se que, com o aumento da temperatura ambiental, a contribuição da condução e convecção no processo de dissipação de calor decresce acentuadamente, enquanto que a radiação torna-se

quase insignificante. Dessa forma, a evaporação do suor passa a predominar como principal meio para dissipação do calor corporal (Associação de Treinadores Norte-Americanos – NATA, 2000; Colégio Americano de Medicina do Esporte – ACSM, 2007). Contudo, a combinação de altas temperaturas e elevadas taxas de umidade relativa do ar diminuem a eficiência da via evaporativa para perda de calor corpóreo, uma vez que o ambiente já se encontra saturado de moléculas de água (WENDT et al., 2007).

Complementando as informações acima, a magnitude das perdas hídricas pela sudorese depende basicamente das características individuais (massa corporal, predisposição genética, estado de aclimatização e eficiência metabólica), da duração e intensidade do exercício, do tipo de vestimenta e/ou equipamento (s) utilizado(s) nas competições e treinamentos e obviamente das condições ambientais (ACSM, 2007). Em suma, o fenômeno da sudorese é regulado por mecanismos neurais e acontece quando as glândulas sudoríparas écrinas são ativadas pelo sistema nervoso simpático colinérgico do hipotálamo posterior permitindo que o calor metabólico, produzido pelo exercício, possa ser dissipado para o ambiente (SHIBASAKI et al., 2006; WENDT et al., 2007).

1.3) Balanço osmótico e o controle da sede

Aproximadamente 60% e 50% da massa corporal de homens e mulheres adultos, respectivamente, são constituídas por água na qual é distribuída entre os compartimentos intracelulares (dois terços) e extracelulares (um terço). O equilíbrio entre esses dois compartimentos depende diretamente da concentração de soluto de cada um deles, do tipo de membrana que os separa e das características das substâncias que podem atravessá-la. A água se movimenta pelos compartimentos de acordo com o gradiente osmótico de cada um deles, ou seja, pela osmolalidade, que precisa ser a mesma para todos eles. Por exemplo, se a osmolalidade do plasma estiver maior que dos outros compartimentos, a água se deslocará do líquido intersticial para o plasma e das células para o líquido intersticial, mantendo um equilíbrio osmótico, mas fazendo com que todos os compartimentos terminem com uma osmolalidade semelhante (SALTMARSH, 2001).

A combinação do estresse térmico ambiental com a desidratação induzida pelo exercício poderia ter como respostas diretas a diminuição do volume plasmático e o aumento da osmolalidade do plasma (GONZÁLES-ALONSO, 1998; SALTMARSH, 2001). Como consequência, haveria uma redução do volume sistólico e um aumento compensatório da frequência cardíaca na tentativa de manutenção do débito cardíaco.

As mudanças na osmolalidade plasmática são percebidas no cérebro por células sensíveis (osmoreceptores) que quando estimuladas desencadeiam a sensação de sede e estimulam os rins a conservar água (SALTMARSH, 2001). O mecanismo de ação dos rins é controlado diretamente pela secreção de substâncias reguladoras dos fluidos corporais como a angiotensina II – que estimulará a produção de aldosterona pelas glândulas supra-renais (KENEFFICK et al., 2007) – e da vasopressina, também conhecida como hormônio anti-diurético (ADH) (KENEFFICK et al., 2000; KENEFFICK et al., 2007), pelos neurônios dos núcleos supra-óptico e paraventricular do hipotálamo (BARRETT et al., 2007). A aldosterona e o ADH atuam diretamente nos rins, na reabsorção dos íons de sódio juntamente com água e na regulação da diurese através da reabsorção de água nos ductos coletores, respectivamente. Porém, o mecanismo de ação do ADH e a percepção de sede não acontecem exatamente ao mesmo tempo. Primeiramente, os rins concentram a urina e somente depois a sede se torna perceptível (SALTMARSH, 2001).

Figaro e Mack (1997) monitoraram a sede e o comportamento do ADH através de três procedimentos de reidratação: (1) ingestão de água *ad libitum* - CON, (2) com infusão intragástrica - INF, (3) normal com extração simultânea de água via uma sonda nasogástrica - EXT. Os pesquisadores verificaram uma rápida diminuição nos níveis de ADH plasmático logo após a ingestão de água, e quando a concentração desse hormônio estava alta, os voluntários sentiam mais sede. Apesar da diminuição do ADH plasmático após a ingestão, a osmolalidade manteve-se elevada na situação com EXT. A sensação de sede foi reduzida mais rapidamente nas situações CON e EXT comparado a INF. Esses achados sugerem que receptores orofaríngeos estimulados pelo reflexo da deglutição influenciam o padrão de ingestão de líquidos em humanos.

Para Saltmarsh (2001), receptores de volume e osmorreceptores localizados na boca, garganta, estômago e intestino poderiam fornecer informações ao sistema nervoso central acerca da natureza dos líquidos como o volume e o grau de refrescância dos mesmos.

1.4) Fatores que influenciam a sede

Por definição, a sensação de sede seria um estado motivacional central (provocado pelo núcleo ventro-medial do hipotálamo) e comportamental de buscar e consumir água (NADEL et al., 1993). Para se avaliar a sede, que é uma sensação individual, os estudos normalmente utilizam tabelas constituídas de uma escala linear, com um valor mínimo que representa “nenhuma sede” e com um valor máximo “muita sede” (NADEL et al., 1993; ORMEROD et al., 2003).

O fenômeno da sede pode ser influenciado por diversos fatores como as alterações na osmolalidade plasmática, a redução do volume sanguíneo e a sensação de boca seca (NADEL et al., 1993). Além desses, a secreção aumentada de histamina, gastrina e serotonina durante as refeições também são estímulos desencadeadores do desejo de beber algo (SALTMARSH, 2001). No entanto, a definição de qual dessas substâncias seria mais relevante para tal sensação não parece bem definido na literatura.

Brunstrom et al. (2000) verificaram os efeitos do grau de umidade da boca na ingestão voluntária de líquidos. Os resultados desse estudo mostraram que na situação na qual a saliva não pode ser transferida dos ductos parótidos para a cavidade oral principal (pelo uso de bastões de algodão na boca), os voluntários consumiram mais água e com uma maior frequência do que na condição controle. No entanto, não foi observada diferença na sensação de sede entre os grupos. Esses achados podem ser explicados pela inibição da produção de saliva provocada pela ingestão de água, removendo assim a sensação de boca seca.

Ormerod et al. (2003) citam que a sede também é influenciada por aspectos comportamentais, ambientais e sociais, e que entre eles estão a palatabilidade (entendida como a qualidade, o sabor, a temperatura, o cheiro e a cor dos líquidos), a ingestão de

alimentos, o grau de distensão gástrica, o estado de humor de cada indivíduo e o horário permitido para o consumo.

Em um estudo de revisão, Saltmarsh (2001) relata que durante testes em laboratório, no qual as bebidas foram colocadas em diferentes distâncias dos voluntários, mais líquido foi consumido por aqueles que tiveram acesso ao mesmo numa distância próxima ao corpo comparado com aqueles que tinham que levantar-se para alcançar o objetivo.

Alternativamente, a adição de carboidratos e sais minerais à água seria uma vantagem para melhoria do sabor e conseqüentemente para ingestão voluntária de maiores volumes (SALTMARSH, 2001; ACSM, 1996 e 2007).

1.5) Reposição hídrica e exercício

Admitindo-se que a taxa de acúmulo de calor se constituiria em um dos fatores determinantes para a fadiga (TUCKER et al., 2006; MARINO, 2004; RODRIGUES et al., 2003), a manutenção ou atenuação do aumento da temperatura corporal dentro de limites ideais através da utilização de técnicas de resfriamento poderia ser determinante para uma maior tolerância à atividade física no calor (GUIMARÃES e SILAMI-GARCIA, 1993).

Dentre as técnicas mais conhecidas de resfriamento corporal, a imersão em água fria (MARINO, 2002) e a ingestão de líquidos frios (MÜNDEL et al., 2006; LEE e SHIRREFS, 2007; LEE et al., 2008a, LEE et al., 2008b) têm sido estudadas com o intuito de diminuir o nível de estresse termorregulatório e cardiovascular. Entretanto, do ponto de vista metodológico, algumas dessas técnicas apresentam limitações quanto a sua aplicabilidade em situações de campo e/ou devido ao alto custo financeiro dos equipamentos necessários para sua execução. Sendo assim, a reposição de fluidos parece ser o método de resfriamento corporal mais prático durante atividades físicas realizadas no calor (MÜNDEL et al., 2006; LEE et al., 2008a, LEE et al., 2008b).

Especificamente, os efeitos positivos da hidratação nas respostas cardiovasculares e termorregulatórias já estão bem definidos na literatura (SAWKA, 1992; MURRAY, 1995).

O consumo de líquidos atuaria prevenindo a redução do volume plasmático, volume de ejeção, débito cardíaco e do fluxo sanguíneo para a pele, além de atenuar o aumento da frequência cardíaca, temperatura retal e percepção subjetiva do esforço (NOAKES, 1993). Além desses benefícios, a reposição hídrica também seria importante para a manutenção da osmolalidade plasmática (NOAKES, 2007a).

Marino et al.(2004) verificaram que a restrição de líquidos acelerou significativamente a taxa de aumento da temperatura retal e assim reduziu a tolerância ao esforço num protocolo de exercício de intensidade fixa (70% da potência máxima) até a fadiga, realizado logo após 40 minutos de exercício preparatório.

Em um estudo de revisão, Chevront et al. (2003) relatam que de um total 13 trabalhos avaliados, em 10 deles houve melhora do desempenho quando os indivíduos beberam algum líquido comparado com aqueles que nada consumiram durante o exercício e, em 3 deles a ingestão não apresentou nenhuma vantagem adicional. Notavelmente, esses estudos que falharam em apontar algum efeito benéfico da hidratação tiveram curta duração e foram realizados em ambientes temperados. Esses achados sugerem que a efetividade da hidratação seria menos aparente em exercícios de curta duração (ROBINSON et al., 1995; McCONNELL et al., 1999; BACKX et al., 2003; CHEUVRONT et al., 2003).

Segundo o ACSM (1996; 2007), para que a reposição hídrica seja feita de maneira eficiente é necessário que alguns fatores sejam considerados, dentre eles, o tipo, temperatura e volume do líquido ingerido, assim como a frequência de ingestão, as velocidades de esvaziamento gástrico e da taxa de absorção intestinal.

1.6) A sede como estratégia de hidratação

Nas últimas décadas, apesar da existência de certo consenso sobre a importância da reposição hídrica, uma questão continua sendo alvo de constantes discussões entre grupos de estudos e pesquisadores da área: como se hidratar durante o exercício?

De acordo com as recomendações propostas por reconhecidas instituições esportivas (NATA, 2000; ACSM, 1996 e 2007), os líquidos devem ser consumidos de forma planejada, de modo que toda perda hídrica seja plenamente repostada. As características dessas diretrizes baseiam-se na hipótese de que a desidratação acima de 2% da massa corporal poderia comprometer o desempenho físico, e em níveis mais elevados, aumentar o risco de aparecimento das doenças relacionadas ao calor (ACSM, 1996 e 2007; NATA, 2000; COYLE, 2004). Contudo, a validade dessas estratégias de hidratação tem sido questionada, devido, sobretudo, à ausência de evidências científicas consistentes que comprovem a existência de uma relação direta entre o nível de desidratação e o grau de piora do desempenho, e se essa relação realmente aumenta quando as condições ambientais tornam-se mais severas.

Kay e Marino (2003) testaram a hipótese de que a ingestão de fluidos atenuaria o estresse termorregulatório e com isso promoveria melhora do rendimento durante a realização de 60 minutos de ciclismo com intensidade auto-regulada em dois tipos de ambientes (quente=33°C e temperado=20°C). Os autores observaram que a distância total pedalada e a temperatura retal não foram alteradas pelas condições ambientais e nem pela reposição de 100% das perdas hídricas quando comparada a situação sem ingestão de água. Esses resultados sugerem que a reposição plena de água não fornece vantagem termorregulatória e no desempenho durante esse tipo de exercício, independente das condições ambientais.

Dugas et al. (2008) avaliaram os efeitos de seis diferentes volumes de líquidos no desempenho físico de ciclistas submetidos a 80 km de ciclismo contra-relógio no calor. A primeira das situações aconteceu com ingestão *ad libitum* (Ad Lib) e as demais calculadas a partir do valor de desidratação observado em Ad Lib. Esses valores corresponderam a 0% (0), 33% (33), 66% (66), 100% (100) da massa corporal perdida. Além dessas, uma última situação foi realizada de maneira que os voluntários deveriam apenas enxaguar a boca sem que houvesse ingestão (WET). Não foram observados efeitos do tratamento ($p > 0,05$) para as variáveis termorregulatórias e de desempenho apesar da maior potência desenvolvida nas situações Ad Lib, 66 e 100 quando comparada comparado a WET, 0 e 33. Os autores concluíram que beber mais do que o volume consumido *ad libitum* não implica em nenhuma vantagem ergogênica. Como limitação, o estudo apresentou um baixo

valor amostral (n=6), favorecendo o erro do tipo II e dificultando o aparecimento de diferenças estatísticas entre os grupos.

Backx et al. (2003) investigaram os efeitos do volume ingerido durante um contra-relógio de 1 hora em ambiente temperado (20°C e 70% URA). Durante a familiarização, os voluntários ingeriram bebida carboidratada *ad libitum* em períodos regulares (15-20 min, 30-35 min, e 45-50 min). Em seguida, em ordem aleatória, os sujeitos realizaram uma das situações experimentais consumindo muito - HF (300 mL), moderado - MF (150 mL) e pouco líquido - LF (40 mL) nos mesmos momentos da familiarização. Não foram encontradas diferenças no desempenho e nas demais variáveis (frequência cardíaca e massa corporal perdida) entre HF, MF e LF. Entretanto, a sensação de plenitude gástrica nos últimos 30 minutos de exercício foi maior quando mais líquido foi consumido (HF), comparado as situações MF e LF. Além disso, relatos de náuseas e desconforto gástrico foram reportados na situação HF.

Para Noakes et al. (2007a), o desempenho físico será otimizado independente do grau de desidratação desde que algum líquido seja ingerido e prontamente absorvido para prevenir a sede durante o exercício. Isso parece explicar o porquê de atletas de elite apresentarem alto rendimento em diferentes competições mesmo estando altamente hipodratados (CHEUVRONT et al., 2003).

De fato, além de não representar benefício para o desempenho, o ato de beber além do volume *ad libitum*, conforme é proposto nos protocolos que padronizam a taxa de ingestão em volumes fixos ou relativizam pela massa corporal pré-exercício, poderia superestimar a real necessidade dos indivíduos (NOAKES, 2003). Em casos extremos, o consumo excessivo de líquidos poderia diluir o meio extracelular do sangue, e como consequência provocar um quadro conhecido como hiponatremia dilucional (níveis de sódio abaixo da normalidade (O'BRIEN et al., 2001; GARDNER, 2002, NOAKES, 2003). Em menor escala a ingestão sistematizada pode causar desconforto gástrico, náuseas, vômitos e em alguns casos, até mesmo morte (NOAKES, 1993).

Baseando-se nessas discussões sobre os possíveis riscos relacionados à hiperidratação durante o exercício, alguns autores têm defendido a efetividade da reposição hídrica de acordo com a sede como estratégia segura e suficiente de hidratação (MACHADO-MOREIRA et al., 2006; NOAKES, 2007a; NOAKES, 2007b). Segundo os mesmos, o mecanismo da sede é considerado como parte do processo evolutivo do ser humano, o qual desenvolveu ao longo do tempo formas diferenciadas e perfeitamente integradas para regular o volume e a osmolalidade plasmática, assim como sua temperatura corporal. Logo, o sistema nervoso central seria capaz de indicar corretamente o volume de fluidos a ser ingerido, a partir das informações por ele integradas sobre todas as demandas do organismo.

Para os críticos desse modelo, a reposição hídrica guiada pelo mecanismo da sede só seria válido nas situações de repouso, pois durante a atividade física os seres humanos repõem voluntariamente menos líquidos do que perdem, ocorrendo assim uma “desidratação voluntária”. Outros autores preferem chamar este fenômeno de “desidratação involuntária”, já que as pessoas não diminuem a taxa de ingestão de água “voluntariamente” (GREENLEAF et al., 1983).

1.7) Temperatura dos líquidos

1.7.1) Padrão de ingestão voluntária

De acordo com as recomendações do ACSM (1996; 2007), os líquidos mais frios que a temperatura ambiente teriam uma melhor palatabilidade e assim seriam mais eficientes no processo de reidratação.

Em humanos, a temperatura média da água preferida para o consumo seria em torno de 15°C (10°C - 20°C), sendo que a ingestão nessa temperatura foi 29 - 54% (SZLYK et al., 1990) e 31% (SZLYK et al., 1989) superior ao consumo de água a 40°C. Esses valores corroboram aos sugeridos pelo ACSM (2007) que variam de 15°C a 21°C. Para Saltmarsh (2001), a temperatura preferida para o consumo é condicionada culturalmente, mas geralmente fica entre 5° e 16°C. Segundo esse mesmo autor, existem relatos de que atletas

acham difícil ingerir líquidos extremamente gelados. No entanto, ratos preferem água cuja temperatura seja próxima à temperatura do corpo (30°C - 37°C) (SZLYK et al., 1989).

Marins et al. (2004) analisaram os hábitos de hidratação de atletas de diferentes modalidades esportivas de longa duração. Nesse estudo, mais de 70% dos triatletas, ciclistas e corredores de fundo entrevistados revelaram não se importar com a temperatura do líquido com o qual se hidratam e que o mais importante seria não ingerir líquidos em temperaturas demasiadamente baixas, uma vez que, segundo os atletas, isso causaria algum tipo de mal-estar.

Hubbard et al. (1984) compararam o consumo de água fria (15°C) e água quente (40°C), e de água com sabor e sem sabor durante exercício intervalado. Verificou-se um maior consumo de água fria que água quente, independente da presença de sabor ou não, e também um maior consumo da água quando estava com sabor. Quando era ingerida água fria e com sabor, o consumo foi ainda maior. Este estudo mostra que tanto a temperatura, quanto o sabor dos líquidos influenciam o padrão de ingestão voluntária de líquidos. Os autores sugerem que durante o exercício no calor há uma aliestesia positiva para a água fria e negativa para a água quente. Este termo foi proposto por Cabanac (apud HUBBARD et al., 1984) e significa que o indivíduo sente uma sensação agradável (aliestesia positiva) ou uma sensação desagradável (aliestesia negativa) que depende do estímulo e do estado interno do sujeito. Como resultado da aliestesia negativa para a água quente, os indivíduos que consumiram essa água terminaram o exercício com um maior percentual de perda hídrica. Os autores sugerem que o grupo que bebeu a água quente sem sabor sentia mais sede que o grupo que bebeu mais líquido (água fria com sabor) e que esse paradoxo pode ser explicado pela aliestesia negativa, e não porque o mecanismo da sede é ineficiente.

Recentemente, Mündel et al. (2006) observaram que durante exercício contínuo em bicicleta, a 34°C, realizado até a fadiga, o líquido frio (4°C) foi significativamente mais consumido do que a uma temperatura mais neutra (19°C), corroborando com os resultados de Sandick et al. (1984) no qual os indivíduos, após o exercício, também preferiram a ingestão de uma bebida que tivesse a temperatura mais baixa, sendo ingerido um volume maior de água a 5°C, comparado as outras temperaturas (16, 22 e 38°C).

1.7.2) Esvaziamento gástrico

Basicamente, o processo de esvaziamento gástrico depende do gradiente de pressão entre o estômago e o duodeno, sendo a taxa máxima de esvaziamento gástrico e absorção de fluidos situada entre 800 mL.h⁻¹ (DAVIS et al., 1980) e 1000 mL.h⁻¹ (GISOLFI e DUCHMAN, 1992).

Para a mensuração do esvaziamento gástrico, diferentes métodos são empregados, os quais apresentam em sua extensão, vantagens e limitações (SILVA et al., 2009). Dentre as técnicas não-invasivas, destacam-se a ultra-sonografia e a cintilografia, sendo esta última considerada o “padrão-ouro” em análises clínicas desse tipo (BROUNS, 1998; VALADARES et al., 2006). Por outro lado, os métodos utilizados durante o exercício são mais invasivos e envolvem o procedimento de intubação gástrica. Em função das dificuldades de adaptação e aplicação dessas técnicas, os poucos estudos feitos em condições de exercício apresentaram resultados conflitantes, ampliando o universo da discussão sobre o assunto.

Em um trabalho clássico, Costill e Saltin (1974) verificaram que em repouso, aproximadamente 50% de uma solução fria (5°C) foi esvaziada do estômago nos 15 minutos após a ingestão, enquanto que apenas 27% foi esvaziada quando a temperatura da solução era quente (35°C). Para Williams (1999), a temperatura da bebida entre 4 a 10°C estimularia a motilidade estomacal, fazendo com que os fluidos fossem absorvidos mais rapidamente. Todavia, essa ação se daria somente nos primeiros minutos após a ingestão, num período no qual a temperatura intragástrica fosse mais baixa para proporcionar alguma alteração na organização da pressão das ondas antropilóricas e do estímulo das ondas de pressão isoladas do piloro (SUN et al., 1995).

Sun et al. (1988) concluíram que a bebida fria retardava significativamente o fluxo gástrico. As temperaturas das soluções utilizadas foram de 4 e 50°C, com a bebida controle a 37°C. Sessenta segundos após a ingestão da bebida a 50°C foi registrada a maior temperatura intragástrica (43°C), enquanto que a menor (21,2°C) ocorreu quarenta e cinco segundos após a ingestão da bebida fria (4°C). A temperatura intragástrica retornou aos valores normais 20-30 minutos após a ingestão de ambos os líquidos, o que indica um

efeito da ação térmica da solução no esvaziamento gástrico até esse momento. Tanto a bebida quente quanto a fria demorou mais tempo a passar pelo estomago do que a controle, porém, somente foi verificada diferença significativa na inibição do fluxo gástrico quando os valores da temperatura intragástrica foram menores, pela ação do líquido mais frio.

Por outro lado, alguns pesquisadores não atribuem um papel importante à temperatura do líquido no esvaziamento gástrico. McArthur e Feldman (1989) não encontraram em estado de repouso, diferenças na taxa de esvaziamento gástrico de uma solução em três temperaturas diferentes (4, 37 e 58°C). Nesse estudo, os autores verificaram que a temperatura intragástrica retornou aos valores normais 16,7 e 23,8 minutos após o consumo da bebida quente (58°C) e fria (4°C), respectivamente. Esses achados sugerem que pode ser que desde o primeiro momento de contato com a boca até a chegada no estomago, o líquido faça uma troca constante de calor com o corpo, sendo extremamente improvável que atinja o centro do estômago a mesma temperatura da ingestão.

1.7.3) Desempenho físico

Em repouso, o consumo de líquidos provoca uma sustentada atenuação da temperatura interna, levando-se em consideração o volume e a temperatura da bebida (IMMS e LIGHTEN, 1989). Esses achados estão de acordo com os resultados de Wimer et al. (1997) e Guimarães e Silami-Garcia (1993) nos quais a taxa média de elevação da temperatura interna foi maior na situação sem ingestão quando comparada as situações com reposição hídrica. Além disso, esse comportamento foi mais acentuado quando a água quente foi consumida (38°C) versus água a temperaturas mais baixas (19 e 0,5°C). Porém, apesar da simplicidade do método, esse trabalho não avaliou os efeitos da temperatura da água sob os parâmetros de desempenho.

Dessa forma, os efeitos provocados pela temperatura dos líquidos ingeridos tem sido proposta devido a sua aparente capacidade hipotérmica para diminuir o nível do estresse termorregulatório, que potencialmente pode afetar o rendimento durante a prática de atividade física prolongada no calor.

Em um experimento realizado em nosso laboratório, Guimarães e Silami-Garcia (1993), estudaram os efeitos da ingestão de água sobre as respostas termorregulatórias e desempenho num exercício submáximo, realizado em ambiente hipertérmico. Verificou-se um maior tempo total de exercício no grupo que ingeriu água, quando comparado com a situação sem água, e atribuíram este achado ao diferente volume de água consumida. Além disso, os diferentes valores de temperatura retal final foram atribuídos parcialmente ao resfriamento corporal provocado pela água fria (12°C), uma vez que a desidratação foi semelhante entre os grupos.

Dando continuidade ao tema, Pinto et al. (2001) analisaram os efeitos da ingestão de água a 10, 24 e 38°C sobre a tolerância ao exercício submáximo prolongado até a fadiga. Nesse estudo, não foram encontradas diferenças no tempo total de exercício entre as situações experimentais. Além disso, a ingestão de água a diferentes temperaturas durante exercício de intensidade fixa a 65% do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) em cicloergômetro não modificou significativamente as variáveis cardiovasculares, respiratórias e metabólicas durante as situações experimentais ou no momento da fadiga.

A influência da temperatura do líquido no desempenho também foram estudadas por Mündel et al. (2006) durante exercício em cicloergômetro a 65% da potência aeróbica máxima, num ambiente quente e seco. Os autores observaram que o tempo total de exercício foi significativamente superior (11%) na situação em que os voluntários ingeriram líquido frio (4°C) comparado à situação controle (19°C). Entretanto, os sujeitos consumiram um maior volume de líquido frio ($p < 0,05$) e não apresentaram diferenças nos valores da temperatura retal final entre as situações. O consumo de líquidos aconteceu de forma *ad libitum*, porém, foi requisitado aos voluntários que os mesmos ingerissem obrigatoriamente no mínimo 300 mL a cada 15 minutos para permanecerem euidratados.

Em resposta ao trabalho de Mündel et al. (2006), Marino (2007) questiona que a diferença no tempo de exercício até a fadiga, não pode ser atribuída simplesmente pelo consumo extra de líquido frio (~160 mL) ou pela resposta da temperatura retal. Segundo esse autor, é provável que o mecanismo de regulação antecipatória tenha fornecido informações via receptores localizados na boca e/ou durante um esvaziamento gástrico mais rápido sobre a disponibilidade de líquido frio, permitindo assim a continuidade do exercício. Essa

hipótese pode ser confirmada pelo fato dos sujeitos que ingeriram o líquido controle (19°C) terem fatigado aproximadamente 7 minutos mais cedo, com uma taxa de aumento na temperatura retal mais elevada (1,83 °C.h⁻¹ versus 1,45 °C.h⁻¹) (FIG.3).

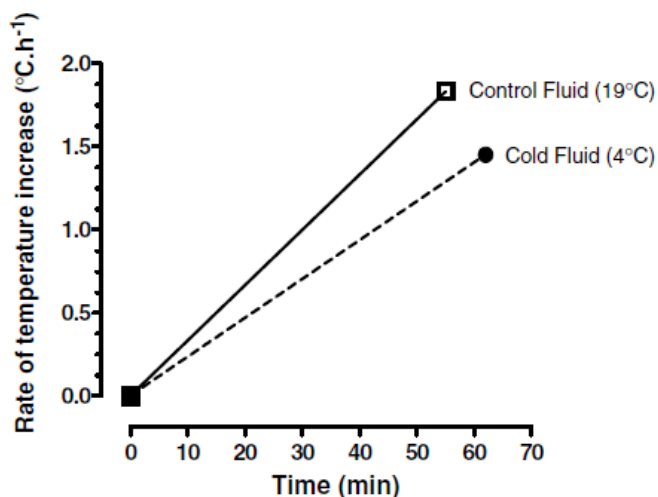


FIGURA 3 – Taxa de elevação da temperatura retal com a ingestão de líquido frio (4°C) e controle (19°C). Dados retirados de Mündel et al. (2006).

Lee e Shirrefs (2007) desenvolveram um experimento com características diferenciadas dos demais. Nesse estudo, os sujeitos pedalarão a 53% do consumo pico de oxigênio (VO_{2pico}) por 90 minutos, seguidos por uma sessão de exercício a 95% do VO_{2pico} até a fadiga. A ingestão dos líquidos (10, 37 e 50°C) aconteceu entre o minuto 30 e 40, sendo consumido um total de 1 L, fracionado em alíquotas de 250 mL a cada 2,5 minutos. Não foram encontradas diferenças na tolerância ao esforço relativo a 95% do VO_{2pico} nas três situações experimentais. No entanto, a temperatura média da pele foi maior e a frequência cardíaca menor nos indivíduos que consumiram fluidos a 10°C.

Recentemente, Lee et al. (2008a) repetiram o delineamento do estudo acima alterando somente a estratégia de reposição de líquidos. Foi requerido que os voluntários ingerissem quatro alíquotas de 400 mL após 30, 45, 60 e 75 minutos de exercício a 50% do VO_{2pico}. Apesar da mudança no plano de reidratação, o tempo total de exercício até a fadiga não foi diferente entre as situações. Segundo os autores, isso é explicado pela capacidade do corpo humano de manter a temperatura corporal através de reflexos termorregulatórios, em resposta a troca de calor provocado pela ingestão de água fria.

Todavia, esse mesmo grupo de pesquisadores (LEE et al., 2008b) observou que a ingestão de 900 mL de água fria (4°C) 30 minutos antes do exercício acrescido de 100 mL da mesma bebida a cada 10 minutos de exercício no calor (35°C e 60% URA) influenciou o desempenho de ciclistas em ~ 23%, quando comparado a situação controle (37°C). A estratégia de resfriar o corpo previamente com um grande volume de água aumentou a capacidade do corpo para armazenar calor antes do alcance de uma temperatura limite crítica na qual o exercício não pode ser sustentado. Além disso, o tratamento aplicado alterou o comportamento da FC, temperatura retal e da taxa de sudorese no repouso e durante o esforço.

Diante dos resultados conflitantes até então apresentados, parece relevante avaliar os efeitos da temperatura e/ou do volume de água ingerido *ad libitum* no desempenho físico de ciclistas submetidos a um protocolo de exercício auto-regulado no calor, simulando assim aspectos reais característicos das competições e treinamentos.

2) OBJETIVOS

2.1) Objetivo geral

Verificar os efeitos da temperatura e do volume de água ingerido no tempo total de exercício de 40 km com intensidade auto-regulada num ambiente quente e úmido.

2.2) Objetivo específico

Observar a influência da temperatura e do volume de água ingerido sobre algumas respostas metabólicas, cardiovasculares e termorregulatórias durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada num ambiente quente e úmido.

3) HIPÓTESES

3.1) Hipótese de estudo

Estabeleceu-se como hipótese de estudo que o consumo de água fria (10°C) quando comparado a situação controle (37°C), atenuaria o aumento da temperatura corporal decorrente do esforço e das condições ambientais, independentemente do volume de água ingerido. Conseqüentemente, esse resfriamento corporal seria suficiente para melhorar o rendimento, medido através do tempo gasto para completar um contra-relógio de 40 km no calor.

3.2) Hipóteses estatísticas

H₀: a temperatura e o volume de água ingerido não interferem no tempo total gasto para completar 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor.

H₁: a temperatura e o volume de água ingerido interferem no tempo total gasto para completar 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor.

4) MATERIAIS E MÉTODOS

4.1) Cuidados Éticos

Esse estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde (Resolução 196/96) envolvendo pesquisas com seres humanos e foi aprovado pelo Colegiado de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional e pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (Parecer nº 194/08) (ANEXO I).

Todos os voluntários selecionados assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO II), após explicação detalhada dos objetivos, métodos e potenciais riscos e incômodos que a pesquisa poderia acarretar. Os voluntários estavam cientes de que, a qualquer momento, poderiam deixar de participar do estudo sem a necessidade de apresentarem uma justificativa prévia aos pesquisadores.

Cabe ainda ressaltar que todos os dados relacionados ao experimento foram utilizados apenas para fins de pesquisa e que a identidade dos voluntários foi mantida sob absoluto sigilo. Estas precauções foram adotadas com o intuito de preservar a privacidade, a saúde e o bem-estar dos voluntários, acima de qualquer outro interesse.

4.2) Seleção da amostra

Atletas de ciclismo, *mountain bike* e *triathlon* foram convidados a participar voluntariamente do estudo. Durante esta etapa, os pesquisadores apresentaram aos pretendidos voluntários um panorama detalhado da pesquisa, incluindo-se os objetivos e os procedimentos gerais, além do perfil requisitado para que fossem recrutados. Os seguintes critérios de inclusão, com as respectivas justificativas, foram respeitados:

- Ser do sexo masculino, com idade entre 18 e 30 anos;
- Ser atleta de ciclismo, *mountain bike* ou *triathlon*;
- Apresentar consumo máximo de oxigênio $\geq 50 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$;
- Ser acostumado a pedalar pelo menos 200 km/semana;
- Ser considerado sadio de acordo com um questionário médico padrão (ANEXO III).

A amostra foi composta apenas por indivíduos do sexo masculino em função do maior número de praticantes da modalidade esportiva em questão serem homens, conforme o recente quadro de filiados à Federação Mineira de Ciclismo.

Atletas de ciclismo, *mountain bike* ou *triathlon* foram selecionados devido à viabilidade para reproduzir em condições laboratoriais o desempenho geralmente requisitado durante treinamentos e competições destas modalidades.

A amostra deveria apresentar de 18 a 30 anos, pois nesta faixa etária o indivíduo é considerado adulto, levando-se em consideração os processos de maturação biológica, que permanecem estáveis até os 30 anos (McARDLE et al., 2003).

Os voluntários deveriam apresentar consumo máximo de oxigênio superior a $50 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, pois este valor caracteriza a capacidade aeróbica compatível com a metodologia aplicada.

A opção por selecionar atletas acostumados a pedalar acima de 200 km/semana ocorreu com o intuito de garantir uma melhor homogeneidade da amostra no que diz respeito ao estado de treinamento dos mesmos.

O estado de saúde dos voluntários foi verificado por um médico, com base na análise das respostas ao questionário clínico aplicado no primeiro dia de visita ao laboratório (ANEXO III). Todos os voluntários interessados deveriam ser considerados sadios e não apresentarem restrições à participação no presente estudo.

De acordo com o perfil requerido, dez voluntários, sendo dois triatletas, dois atletas de *mountain bike* e seis ciclistas, foram selecionados para participar do estudo. Na Tabela 1 são apresentados os dados relativos às características físicas dos sujeitos. Os dados individuais encontram-se no ANEXO IV.

TABELA 1 - Caracterização da amostra

Idade (anos)	MC (kg)	Estatura (m)	Gordura (%)	FC_{máx} (bpm)	PP (W)	VO_{2máx} (mLO₂.kg⁻¹.min⁻¹)
25,5 ± 1 (16,8)	68,99 ± 2,7 (12,4)	1,73 ± 0,02 (4)	7,3 ± 0,6 (27,6)	187 ± 3 (5,7)	341 ± 12,9 (11,9)	67,20 ± 1,82 (8,6)

Valores expressam média ± erro-padrão da média (E.P.M). Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação, em %.

4.3) Avaliações prévias às situações experimentais

No primeiro dia em que compareceram ao laboratório, além do preenchimento do questionário médico, os voluntários foram submetidos a uma avaliação física seguida por um teste para determinação do VO_{2máx}, para fins de caracterização física da amostra.

4.3.1) Avaliação física

Nessa avaliação foram medidas a massa corporal, estatura e dobras cutâneas dos voluntários. A massa corporal foi medida com os voluntários descalços e nus utilizando-se uma balança digital (MF 100 - Filizola[®], Brasil) com precisão de 0,02 kg. Em seguida, a estatura foi registrada por um estadiômetro com precisão de 0,5 cm acoplado a uma balança mecânica (Filizola[®], Brasil).

Para o cálculo do percentual de gordura (%G) utilizou-se o método de dobras cutâneas (subescapular, tríceps e abdominal), mensuradas por um plicômetro científico graduado em milímetros (Lange[®], EUA).

Todas as medidas foram feitas do lado direito do corpo conforme descrito por Heyward e Stolarczyk (2000). No total, foram realizadas três medidas em cada dobra sendo registrado o valor médio das leituras. Caso as duas primeiras medidas fossem semelhantes, a terceira leitura não era realizada.

A equação de Katch e McArdle (1973) foi utilizada para o cálculo da densidade corporal dos indivíduos e, posteriormente, a equação de Brozek et al. (1963) citado por Katch e McArdle (1973) para estimativa do %G.

- Equação de densidade corporal (DC) de Katch e McArdle (1973):

$$DC = 1,103 - (0,00103 \bullet TRI) - (0,00056 \bullet SUB) - (0,00054 \bullet AB)$$

Sendo: TRI = dobra cutânea tríceps, em mm; SUB = dobra cutânea subescapular, em mm; AB = dobra cutânea abdominal, em mm.

- Equação de %G de Brozek et al. (1963) citado por Katch e McArdle (1973):

$$\%G = (4,57/DC - 4,142) \bullet 100$$

4.3.2) Protocolo de exercício para determinação do VO_{2máx}

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2máx}) e a potência pico (PP) foram avaliados em um protocolo de exercício de intensidade progressiva até a fadiga (PEIP), proposto por Marino et al. (2004), realizado em condições ambientais temperadas (22,3 ± 0,4°C e 64,4 ± 3,2% URA) (CLARK e EDHOLM, 1985).

Nesse teste, as bicicletas dos próprios voluntários foram montadas sobre um sistema de frenagem eletromagnética (T1684 *Flow Trainer*, Tacx[®], Holanda) com capacidade para medir continuamente a frequência de pedalada ou cadência, tempo, velocidade, potência e distância percorrida. Momentos antes de iniciar o PEIP, esse equipamento foi calibrado por

um dos pesquisadores responsáveis, de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante.

Enquanto isso, o voluntário era pesado e uma fita transmissora do cardiofrequencímetro (Polar Team System, Polar Electro Oy[®], Finlândia) era colocada sobre o tórax do mesmo para medição contínua da frequência cardíaca. Em seguida, uma máscara de borracha acoplada a um espirômetro com analisador de gases (K4B² Cosmed[®], Itália) era posicionada sobre a boca e nariz do voluntário, de maneira que não permitisse a entrada e saída de ar por frestas laterais. Esse equipamento foi utilizado com a finalidade de medir indiretamente o $VO_{2máx}$ e foi previamente calibrado conforme recomendações do fabricante.

Após a calibração dos aparelhos, o PEIP iniciava-se com uma potência de 100 W por um período de 1 minuto seguido por incrementos de 10 W a cada 30 segundos, até o momento em que o voluntário não fosse capaz de manter a potência requisitada, sendo este valor estabelecido como a PP. O valor da PP era considerado somente se o estágio de 30 segundos fosse completado. Do contrário, a potência do estágio anterior era considerada a PP.

Durante o PEIP, os voluntários deveriam permanecer assentados na bicicleta, mas a cadência foi livre e a troca de marchas permitida, desde que a potência pré-estabelecida fosse mantida. Além disso, incentivos verbais foram dados pelos pesquisadores aos voluntários durante todos os testes.

A frequência cardíaca (FC) foi registrada ao final de cada estágio de trinta segundos enquanto que a percepção subjetiva do esforço (PSE), ao final de dois estágios, que corresponde a um minuto de teste. O valor da FC máxima ($FC_{máx}$) adotado no presente estudo correspondeu ao maior valor de FC registrado durante o PEIP (ACSM, 2000).

O PEIP foi considerado máximo quando, pelo menos dois dos seguintes critérios estabelecidos pelo ACSM (2000) foram observados:

- FC atingida equivalente a 90% $FC_{\text{máx}}$ prevista pela fórmula ($FC_{\text{máx}} = 220 - \text{idade}$);
- Quociente respiratório (R) > 1,06;
- PSE igual a 20 (BORG, 1982);
- Platô do consumo de oxigênio (VO_2) mesmo com o aumento de carga.

Além disso, PEIP poderia ser interrompido caso o voluntário solicitasse o término do exercício e/ou os pesquisadores notassem a presença de sintomas como tontura, confusão, falta de coordenação dos movimentos, palidez, cianose, náusea, pele fria e úmida.

4.4) Delineamento experimental

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) do Centro de Excelência Esportiva (CENESP), localizado nas dependências da EEFPTO/UFMG. O período correspondente a fase de coleta de dados aconteceu entre os meses de outubro de 2008 e junho de 2009.

Procurou-se respeitar o intervalo de 7-10 dias entre as situações, pois este tempo foi considerado necessário para se evitar um possível efeito de treinamento da situação experimental realizada anteriormente. No entanto, devido a alguns imprevistos (gripes, resfriados, lesões, uso de medicamentos, problemas nos equipamentos do laboratório e nas bicicletas) aumentou-se o intervalo entre as coletas (Média \pm E.P.M: $12,4 \pm 1,7$ dias).

Com o objetivo de evitar influências decorrentes do ritmo circadiano nas variáveis estudadas, os voluntários realizaram os testes sempre no mesmo horário do dia, durante o período da manhã (STEPHENSON et al., 1984; VAN CAUTER et al., 1991).

4.5) Situações experimentais

Os voluntários foram submetidos a uma familiarização e quatro situações experimentais, sendo elas:

- *Situação AL10*: Ingestão de água fria (10°C) *ad libitum* durante o exercício;
- *Situação AL37*: Ingestão de água quente (37°C) *ad libitum* durante o exercício;
- *Situação PRO10*: Ingestão programada de água a 10°C nos mesmos volumes e momentos da situação AL37 durante o exercício;
- *Situação PRO37*: Ingestão programada de água a 37°C nos mesmos volumes e momentos da situação AL10 durante o exercício.

A ordem das situações experimentais ocorreu da seguinte maneira (QUADRO 1):

QUADRO 1 – Ordem das situações experimentais

Voluntário	Ordem das situações			
V1	AL10	AL37	PRO10	PRO37
V2	AL37	AL10	PRO37	PRO10
V3	AL10	AL37	PRO10	PRO37
V4	AL37	AL10	PRO37	PRO10
V5	AL10	AL37	PRO10	PRO37
V6	AL37	AL10	PRO37	PRO10
V7	AL10	AL37	PRO10	PRO37
V8	AL37	AL10	PRO37	PRO10
V9	AL10	AL37	PRO10	PRO37
V10	AL37	AL10	PRO37	PRO10

Nas duas primeiras situações do estudo (AL10 e AL37), a ingestão ocorreu de forma *ad libitum*, sendo registrado o volume (? mL) e o momento (? km) no qual cada alíquota foi consumida. A partir dessas observações foram realizadas as outras duas situações.

Nas duas últimas (PRO10 e PRO37), os voluntários foram induzidos a reproduzir o mesmo padrão de ingestão das situações AL10 e AL37, porém de maneira invertida, criando-se assim um controle para o volume de água ingerido *ad libitum* (FIG.4). Durante essas situações não foi permitido beber qualquer volume extra além do que estava estabelecido e nenhum relato de mal estar ou desconforto gástrico foi reportado.

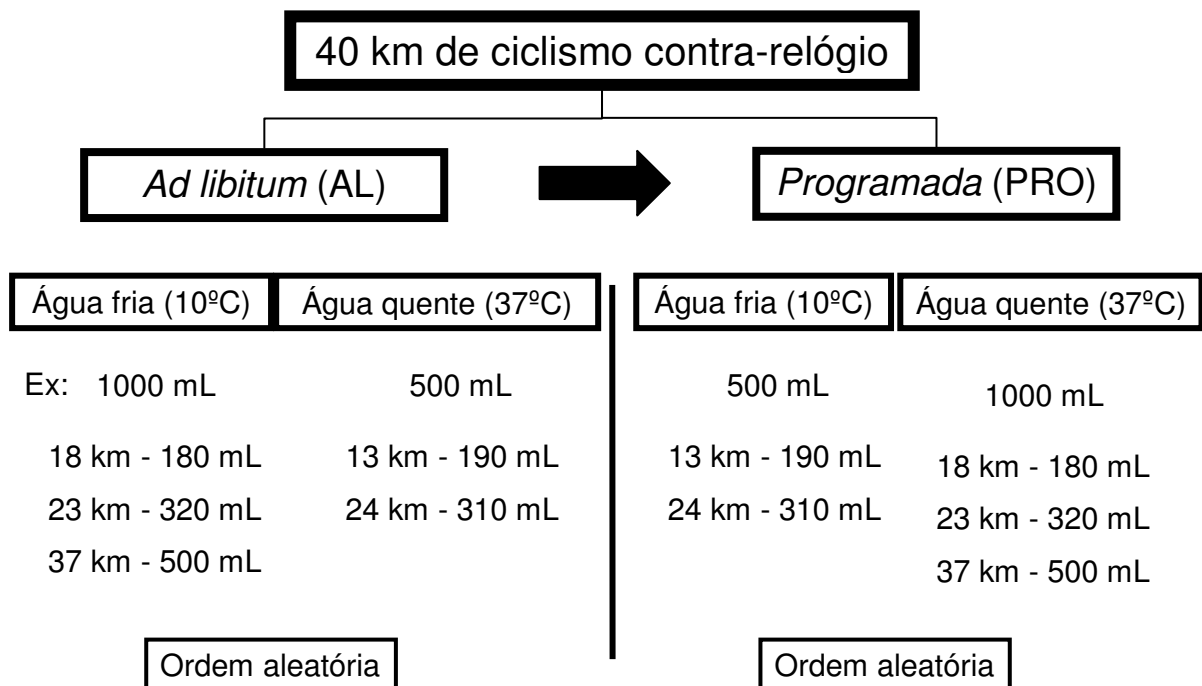


FIGURA 4 - Exemplo representativo da dinâmica das situações experimentais

Para evitar manipulações por parte dos voluntários, as duas últimas situações aconteceram de maneira velada, ou seja, os voluntários não sabiam quando e quanto iriam beber e não foram informados de que isso dependia diretamente das situações AL10 e AL37.

Esse delineamento permitiu que as diferentes temperaturas e volumes fossem comparados. De fato, isso representa um importante avanço metodológico comparado aos experimentos anteriores sobre o tema, já que no presente estudo, o volume de água foi controlado mesmo com a ingestão *ad libitum* num primeiro bloco.

4.5.1) Manipulação da água a ser ingerida

No presente estudo, as temperaturas da água testadas (10°C e 37°C) que caracterizam as situações experimentais foram semelhantes às utilizadas em outros experimentos sobre o tema (LEE et al., 2008; LEE e SHIRREFS, 2007; PINTO et al., 2001).

A água quente (37°C) serviu como controle para verificar as respostas termorregulatórias associadas com a ingestão sem que houvesse modificações no conteúdo de calor corporal, uma vez que essa temperatura representa um valor próximo àquele observado durante o exercício. O alcance e manutenção da água a 37°C foram conseguidos com a utilização de um aparelho de banho maria termostaticado (Grant Y28, Grant Instruments, Reino Unido) que era ligado aproximadamente uma hora antes dos testes.

Para a obtenção da água fria (10°C) foram misturados volumes conhecidos de água a 1 – 2°C (300 mL) com outros a 22 – 23°C (200 mL) conforme observados em testes pilotos realizados anteriormente. Essa temperatura da água foi alcançada ao final da manipulação e imediatamente antes do deslocamento para o local de realização dos testes.

Em todas as situações, garrafas plásticas de 500 mL envoltas por papel alumínio foram utilizadas para armazenar a água até o momento da ingestão. O preparo dessas garrafas aconteceu em uma sala próxima ao local de realização do experimento, para qual era necessário o deslocamento com o volume de água à temperatura desejada de, aproximadamente, 6 – 10 metros, dentro de 30 – 60 segundos que antecederam ao consumo de água. Esse procedimento foi mantido de maneira padronizada durante toda a fase de coleta de dados.

Após a ingestão, o volume de água remanescente na garrafa, caso houvesse, era medido e anotado numa planilha para em seguida ser descartado. Para essa medida, foram utilizadas vidrarias do tipo proveta de 250 e 500 mL.

4.5.2) Instruções pré-coleta de dados

Nos dias que antecederam as coletas, todos os voluntários foram orientados a seguir algumas instruções. Foram elas:

- Evitar o uso de qualquer tipo de medicamento durante a participação na pesquisa;
- Dormir bem na noite anterior ao experimento;
- Abster-se de álcool, cafeína, cigarro e exercícios vigorosos nas 24 horas que antecederam os dias de testes;
- Repetir a mesma dieta nas 24 horas que antecederam as situações experimentais;
- Chegar ao laboratório em jejum de água e comida nas manhãs dos testes;
- Comunicar aos pesquisadores responsáveis sobre imprevistos como doenças, lesões e demais problemas.

4.5.3) Procedimentos iniciais

a) Café da manhã

Por volta de 7:30 h da manhã, o voluntário chegava ao laboratório, em estado de jejum (água e comida), e os pesquisadores forneciam um café da manhã elaborado por uma nutricionista membro do laboratório.

O mesmo lanche foi ingerido previamente a todas as situações experimentais, não sendo alterada a sua composição para cada voluntário (QUADRO 2). Juntamente com o lanche foram oferecidos 500 mL de água a fim de garantir que os voluntários iniciassem os testes euidratados (ACSM, 1996). O lanche completo acrescido da água era ingerido até as 8 h da manhã, respeitando-se assim um período máximo de 30 minutos. Em caso de atraso na chegada ao laboratório e conseqüentemente na ingestão do café da manhã, o horário estipulado para o início do protocolo de exercício era corrigido de acordo com o atraso.

QUADRO 2 - Descrição do café da manhã consumido pelos voluntários

Alimento	Medida caseira	Peso (g)	Calorias	Proteínas	Carboidratos	Lipídeos
Pão de Forma	3 fatias	75	201,75	6,97	42,52	0,15
Queijo Mussarela	3 fatias médias	60	195,00	16,32	0,00	14,40
Presunto Cozido	2 fatias médias	30	82,80	5,02	0,00	6,96
Banana Prata	1 unidade média	70	72,90	1,12	17,81	0,24
Barra de Cereais	1 unidade	25	96,00	1,60	18,00	2,00
Peso fracionado dos nutrientes (g)			----	31,03	78,33	23,75
Conteúdo calórico (calorias)			648,45	124,12	313,32	213,75
Teor percentual dos nutrientes (%)			100	19,14	48,32	32,96

O consumo da mesma refeição nos dias de testes foi importante, pois evitou que os voluntários relatassem fome durante o protocolo experimental (desde a chegada até o término do exercício), além de assegurar um determinado controle sobre o volume de água contido nos alimentos.

Por último, foi requerido que os voluntários mantivessem a mesma dieta no dia anterior as coletas (24 h antes). Para isso, recordatórios alimentares foram devidamente preenchidos e entregues nos dias de testes. Essa estratégia foi adotada com o objetivo de minimizar possíveis diferenças nas concentrações de glicogênio muscular entre as situações.

b) Cuidados com o voluntário

Logo após o café da manhã o voluntário era encaminhado a uma sala anexa onde o mesmo permanecia em repouso. Aproximadamente uma hora depois (~ 9 h) iniciava-se a fase de preparação para o exercício, correspondente a instrumentação do voluntário e checagem do estado de hidratação.

Primeiramente, a vestimenta do voluntário era pesada (bermuda, meias e sapatilhas) e somada ao peso de todos os equipamentos que seriam anexados a ele. Já com as vestimentas, o voluntário era então encaminhado a sala de bioquímica do LAFISE. Nesse local, uma fita transmissora do cardiófrequencímetro foi colocada sobre o tórax do mesmo e também sensores de temperatura da pele (YSI 400-A, Yellow Springs Incorporated[®], OH,

EUA) fixados em três pontos (peito, braço e coxa) através de adesivos eletrocardiográficos (OpSite® Flexigrid, Smith and Nephew Medical Ltd, Inglaterra). Em seguida, o voluntário era direcionado ao vestiário para que pudesse fazer a inserção de uma sonda retal (YSI I400 series – Tipo 4491-E, Yellow Springs Incorporated®, OH, EUA).

Após a etapa de instrumentação, o voluntário urinava em um copo descartável, no qual uma amostra de urina era pipetada sobre o prisma de um refratômetro portátil (Uridens®, Brasil) utilizado para medir a gravidade específica da urina (GEU). Pela leitura da GEU, verificou-se o estado de hidratação antes de cada situação experimental. De acordo com a classificação proposta por Armstrong (1994), todos os valores medidos no momento pré-exercício corresponderam a um estado “euidratado” ($1,016 \pm 0,002$ g/mL), não sendo verificadas diferenças significativas entre as situações experimentais (AL10: $1,013 \pm 0,002$; AL37: $1,017 \pm 0,002$; PRO10: $1,014 \pm 0,002$; PRO37: $1,018 \pm 0,002$ g/mL).

Na seqüência, por volta das 9:30 h, o voluntário era então pesado em uma balança digital (MF 100 - Filizola®, Brasil) com precisão de 0,02 kg e novamente direcionado a sala de bioquímica, reservada aos procedimentos de colheita de sangue.

c) Punção venosa

Os procedimentos para colheita de sangue foram obtidos por meio de dois processos distintos e seguiram as recomendações da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial (SBPC/ML, 2005).

Uma lanceta com ponteira descartável foi utilizada para punção da polpa digital de um dos dedos do voluntário. Dessa técnica, uma pequena amostra de sangue era extraída para medida da glicemia sangüínea através de um glicosímetro portátil (Accu-check Advantage, Roche®, Brasil) enquanto que outra, de 30µL era coletada via tubo capilar heparinizado e armazenada em tubo plástico de 1,5 mL com fluoreto de sódio (60µL) para posterior análise da lactatemia.

Após a punção da polpa digital, a técnica de punção venosa a vácuo foi realizada através da veia mais proeminente da fossa antecubital do antebraço (FIG.5). Para isso, uma agulha para coletas múltiplas de sangue (Flashback 25 x 8 - BD Vacutainer™, Reino Unido) era fixada a um adaptador estéril no qual, em seguida, tubos a vácuo eram encaixados para a retirada das amostras sanguíneas. Os tubos a vácuo foram inseridos no adaptador na seguinte ordem: tubo para separação de soro com gel ativador de coágulo (5 mL, tampa vermelha, Vacuette®, Greiner Bio-one, Brasil), tubo contendo EDTA (4 mL, tampa roxa, BD Vacutainer™, Reino Unido) e tubo com EDTA (3 mL, tampa rosa, BD Vacutainer™, Reino Unido).



FIGURA 5 – Procedimento de punção venosa a vácuo
Fonte: Arquivo pessoal

Todos os procedimentos de colheita sanguínea foram realizados pelo mesmo pesquisador, devidamente treinado em técnicas de punctura. Ao longo das situações experimentais, as punções da polpa digital aconteceram nos momentos pré-exercício (PRÉ) e nos km 8, 16, 24, 32 e 40. Já a punção venosa a vácuo ocorreu apenas antes e imediatamente ao término do exercício, sempre de maneira semelhante entre elas.

Após os procedimentos iniciais de punção, o voluntário era encaminhado ao local de realização do exercício onde permanecia em repouso por 10 minutos antes de começar uma das situações experimentais (10 h).

Aspectos relacionados à biossegurança foram rigorosamente observados durante as colheitas de sangue. Técnicas de higienização, esterilização e assepsia foram respeitadas e previamente treinadas. Todos os materiais relacionados às colheitas de sangue eram descartáveis, sendo o lixo hospitalar apropriadamente armazenado e, se necessário, tratado para descarte no meio ambiente.

d) Processamento do sangue

As amostras de sangue eram submetidas aos procedimentos de centrifugação e separação do material para análise.

As alíquotas de plasma e soro obtidas através dos tubos a vácuo de 4 mL e 5 mL, respectivamente, fizeram parte de um projeto de iniciação científica realizado em caráter paralelo. As variáveis estudadas a partir desses tubos foram as concentrações de ADH, aldosterona e sódio.

Do tubo a vácuo de 3 mL com EDTA foi extraída uma amostra de 0,5 mL de sangue para análise do hematócrito (1-15 PK, Sigma Chemicals[®], EUA) e hemoglobina (CELM E-210D, Brasil). O restante do sangue (2,5 mL) era centrifugado (Combate, Celm[®], Brasil) por 15 minutos a 3500 rpm e, a partir desse processo, quatro alíquotas de plasma eram pipetadas (Conforpette 4700 - 500 µL, Eppendorf[®], Alemanha) em tubos plásticos de 1,5 mL, secos e sem aditivos. A primeira alíquota com um volume de 150 µL e as demais com 250 µL cada.

Na seqüência, os tubos eram armazenados em um congelador (-20°C) e assim permaneceram até a finalização de todas as coletas de dados. Por fim, os tubos de 150 µL de plasma foram então transportados até o Instituto de Ciências Biológicas da UFMG (ICB/UFMG) para análise da osmolalidade plasmática (5004 MicroOsmette[™], Precision

Systems Inc., EUA) enquanto que os demais permaneceram congelados e mantidos como reserva para futuras análises.

4.6) Protocolo de exercício

Durante o protocolo de exercício, a distância de 40 km foi estabelecida e orientada para ser completada no menor tempo possível (contra-relógio), sendo permitida a realização de *sprints* na posição sentada ou em pé e mudanças de marchas a qualquer momento (FIG.6) Este protocolo de exercício permite que a intensidade do exercício seja regulada pelo próprio voluntário (intensidade auto-regulada = *self-paced*), sendo que os ajustes de intensidade ocorrem de forma similar às características reais encontradas durante competições e treinamentos.

No presente estudo, as bicicletas dos próprios voluntários foram montadas sobre o mesmo sistema de frenagem eletromagnética utilizado no PEIP (T1684 *Flow Trainer*, Tacx[®], Holanda). Previamente ao início do exercício, esse equipamento era calibrado e programado para simular uma superfície com inclinação (*slope 2*).

Como forma de *feedback* durante o exercício a única informação visualizada pelos voluntários era a distância completada. Para isso, placas numeradas eram fixadas na parede frontal a cada 2 km. Além disso, em nenhum instante foi dado algum tipo de estímulo verbal por parte dos pesquisadores envolvidos na coleta.

Todas as situações experimentais foram realizadas no interior de uma câmara ambiental (WMD 1150-5, Russels Technical Products[®], Holland, MI, EUA) com capacidade para manter a temperatura seca em 35°C e a umidade relativa do ar em 60%.

A velocidade do vento ($\sim 0,5$ m/s) no interior da câmara manteve-se constante e foi produzida por um ventilador (Furacão[®], Brasil) posicionado em frente à bicicleta (~ 1 metro) com o objetivo único de circular o ar no local. Essa velocidade foi escolhida para minimizar o efeito de resfriamento corporal via correntes de ar (convecção). De fato, isso poderia dificultar a interpretação dos resultados das variáveis termorregulatórias uma vez que a temperatura da água ingerida não seria o principal fator de resfriamento ou atenuação da temperatura corporal. No entanto, a velocidade do vento escolhida não simula o que acontece com ciclistas em competições e treinos, já que nessas ocasiões eles são expostos a velocidades de 40 km.h^{-1} ou mais. Em todas as situações experimentais os voluntários usaram apenas short ou bermuda específica, meias e sapatilhas.



FIGURA 6 – Protocolo de exercício na câmara ambiental
Fonte: Arquivo pessoal

Por motivos de segurança e saúde dos atletas, os seguintes critérios foram considerados para a interrupção do exercício: o voluntário pedir para interromper o exercício; observação ou relato de tontura, fraqueza, confusão, ataxia, cianose, náuseas, pele fria e úmida, dentre outros; temperatura interna igual a 40°C (ACSM, 2000; CHEUNG e SLEIVERT, 2004).

Ao término do protocolo de exercício uma nova colheita de sangue, pesagem do voluntário, pesagem dos equipamentos e coleta de urina foram realizadas pelo pesquisador responsável. Todos esses procedimentos foram feitos de maneira semelhante aos realizados no momento pré-exercício. No entanto, a amostra de urina pós-exercício foi obtida após a pesagem do voluntário. Diferentemente do procedimento inicial, o volume urinário obtido nesse instante era registrado em uma planilha específica.

4.7) Variáveis estudadas

4.7.1) Variáveis de desempenho

- **Tempo total dos 40 km e tempos parciais**

O tempo total dos 40 km (TT_{40km}) correspondeu ao intervalo entre o início (0 km) e o término (40 km) do exercício. Quanto menor o TT_{40km} melhor o desempenho dos voluntários. Os tempo parciais (TP) corresponderam ao intervalo de tempo transcorrido a cada 8 km de exercício (0-8; 8-16; 16-24; 24-32 e 32-40 km). O tempo (min) foi medido por um cronômetro digital (Cronobio SW-2018, Plastbio, Brasil) com precisão de segundos.

- **Potência, cadência e velocidade**

As variáveis potência média (W) e cadência média (rpm) foram registradas ao final dos 40 km de exercício através do microcomputador (FIG.7) do sistema de frenagem eletromagnética (T1684 *Flow Trainer*, Tacx[®], Holanda). Para o cálculo da velocidade média final foi feita uma média aritmética de 20 pontos obtidos a cada 2 km pelo mesmo equipamento.



FIGURA 7 – Computador do sistema de frenagem eletromagnética

Fonte: www.tacx.com

4.7.2) Variáveis de controle

- **Temperatura retal**

A temperatura retal (T_{retal} , °C) foi medida continuamente e registrada a cada 2 km de exercício por meio de uma sonda retal esterilizada (YSI 4400 series – Tipo 4491-E, Yellow Springs Inc., OH, EUA) inserida cerca de 10-12 cm além do esfíncter anal. A sonda era ligada a um teletermômetro digital, graduado em °C (YSI Precision 4000, Yellow Springs Inc., OH, EUA).

- **Temperatura da pele**

A temperatura da pele foi medida continuamente e registrada a cada 2 km de exercício utilizando-se sensores de temperatura da pele (YSI 400-A, Yellow Springs Inc., OH, EUA) fixados em três locais (braço, peito e coxa) através de adesivos eletrocardiográficos e ligados ao mesmo teletermômetro digital citado no item acima. Os valores obtidos nesses três pontos foram utilizados para o cálculo da temperatura média da pele (T_{pele} , °C) segundo a equação proposta por Roberts et al.(1977):

$$T_{\text{pele}} = (0,43 \bullet T_{\text{peito}}) - (0,25 \bullet T_{\text{braço}}) - (0,32 \bullet T_{\text{coxa}})$$

Sendo: T_{pele} = temperatura média da pele, em °C; T_{peito} = temperatura da pele no peito, em °C; $T_{\text{braço}}$ = temperatura da pele no braço, em °C; T_{coxa} = temperatura da pele na coxa, em °C.

- **Concentração de glicose sanguínea**

Para a medida da concentração de glicose no sangue ([Glic], mg/dL) foi utilizado um glicosímetro portátil (Accu-check Advantage, Roche Diagnostics, Brasil) nos momentos pré-exercício (PRÉ) e nos km 8, 16, 24, 32 e 40. Uma amostra de sangue, colhida através de punção da polpa digital era colocada na zona reativa da tira de teste e a glicose determinada por bioamperometria.

- **Frequência cardíaca**

A frequência cardíaca (FC, bpm) foi monitorada continuamente por telemetria, utilizando-se um cardiófrequencímetro (Polar Team System, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia). Os valores absolutos de FC foram registrados a cada 2 km de exercício enquanto que a FC média ($FC_{\text{média}}$) foi aquela armazenada na memória do cardiófrequencímetro e corrigida pelo $TT_{40\text{km}}$. O valor da $FC_{\text{média}}$ serviu como parâmetro para calcular a intensidade do exercício em termos percentuais da FC máxima (% $FC_{\text{máx}}$). Considerou-se como $FC_{\text{máx}}$ o maior valor de FC obtido no teste para determinação do $VO_{2\text{máx}}$.

- **Concentração de lactato sanguíneo**

A lactatemia ([Lac], mmol/L) foi mensurada nos momentos PRÉ e a cada 8 km de exercício. Após a punção da polpa digital, amostras de sangue de 30 μL foram colhidas através de tubos capilares heparinizados, e imediatamente armazenadas em tubos de 1,5 mL contendo 60 μL de fluoreto de sódio (NaF), em uma caixa térmica com gelo. A [Lac] foi determinada em duplicata pelo método eletroenzimático (YSL 1500 SPORT, Yellow Springs, OH, EUA).

- **Percepção subjetiva do esforço**

A percepção subjetiva do esforço (PSE) foi avaliada a cada 5 km de exercício por meio da escala proposta por Borg (1982), na qual o indivíduo julga seu nível de esforço percebido que varia de “6” (muito fácil) a “20” (exaustivo).

- **Osmolalidade plasmática**

A osmolalidade do plasma (OSM, mOsm.kg⁻¹) foi avaliada antes e depois de cada situação experimental. Para isso, em cada um desses momentos, uma amostra de plasma (150 µL) foi analisada em duplicata através do método de osmometria por ponto de congelamento utilizando-se um osmômetro do ICB/UFMG (5004 MicroOsmette™, Precision Systems Inc., EUA). A média dos dois valores foi determinada para aumentar a acurácia das medidas.

4.7.3) Variáveis calculadas

- **Temperatura média do corpo**

Baseado nos valores da temperatura média da pele e da temperatura retal, a temperatura média do corpo (T_{corpo}) foi calculada de acordo com a equação proposta por Consolazio (1963):

$$T_{\text{corpo}} = 0,67 \bullet (T_{\text{retal}}) + 0,33 \bullet (T_{\text{pele}})$$

Sendo: T_{corpo} = temperatura média do corpo, em °C; T_{retal} = temperatura retal, em °C; T_{pele} = temperatura média da pele, em °C.

- **Taxa de acúmulo de calor**

A taxa de acúmulo de calor (TAC, kcal.min⁻¹.m⁻²) é definida como a quantidade de calor armazenado por unidade de tempo e foi calculada a cada 8 km de exercício. Nesse caso, o calor armazenado foi estimado a partir da massa corporal, da área de superfície corporal (DUBOIS e DUBOIS, 1916) e da diferença entre os valores da T_{retal} nos momentos 40 e 0 km (PRÉ), considerando-se o calor específico dos tecidos corporais (3,48 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹). Para o cálculo da TAC utilizou-se a equação:

$$TAC = (3,48) \bullet (m \bullet \Delta T_{retal} / t) \bullet ASC$$

Sendo: TAC= taxa de acúmulo de calor, em kcal.min⁻¹.m⁻²; m = massa corporal, em kg; ΔT_{retal} = diferença na temperatura retal entre os momentos pós e pré-exercício, em °C, t= tempo, em min; ASC= área de superfície corporal, em m².

- **Sudorese total**

A sudorese total foi calculada como sendo a diferença entre a massa corporal do indivíduo pré e pós-exercício, adicionando-se o volume de água ingerida, a quantidade de suor contido na vestimenta e materiais (bermuda, meias, sapatilhas e fita do cardiofreqüencímetro), o volume de sangue retirado nas coletas sanguíneas e o volume de urina pós-exercício. Antes da pesagem final, uma toalha seca foi utilizada para retirada do suor presente sob a superfície da pele.

$$S_{total} = (MC_{pré} - R_{pré}) - (MC_{pós} - R_{pós}) - S + H_2O - U$$

Sendo: S_{total} = sudorese total, em L; MC_{pré} = massa corporal pré-exercício, em kg; MC_{pós} = massa corporal pós-exercício, em kg; R_{pré} = peso das roupas e acessórios pré-exercício, em kg; R_{pós} = peso das roupas e acessórios pós-exercício, em kg; S = volume de sangue coletado, em L; H₂O = volume de água ingerido, em L; U = volume de urina pós-exercício, em L.

- **Taxa de sudorese**

Para a obtenção da taxa de sudorese ($L \cdot h^{-1}$), dividiu-se o valor da sudorese total encontrado pela equação do item anterior, pelo tempo total dos 40 km de exercício (TT_{40km}) (DUGAS et al., 2008).

- **Desidratação**

A desidratação foi calculada em termos percentuais (%) a partir da seguinte equação:

$$\% \text{ desidratação} = [(MC_{\text{pré}} - R_{\text{pré}})/(MC_{\text{pós}} - R_{\text{pós}} - U) \bullet 100] - 100$$

Sendo: $MC_{\text{pré}}$ = massa corporal pré-exercício, em kg; $R_{\text{pré}}$ = peso das roupas e acessórios pré-exercício, em kg; $MC_{\text{pós}}$ = massa corporal pós-exercício, em kg; $R_{\text{pós}}$ = peso das roupas e acessórios pós-exercício, em kg; U = volume de urina pós-exercício, em L.

- **Variação percentual do volume plasmático**

A variação percentual do volume plasmático ($\Delta\%VP$) foi calculada com base nos procedimentos descritos por Dill e Costill (1974), utilizando-se os dados relativos ao hematócrito (Hct) e hemoglobina (Hb), antes e depois do exercício. O hematócrito foi medido através do método de microhematócrito. Para a análise da hemoglobina, foi utilizado o método de cianometemoglobina por meio de um espectrofotômetro (CELM E-210D, Brasil). Tanto as análises do Hct quanto da Hb foram feitas em triplicata e sempre pelo mesmo pesquisador.

4.8) Análise Estatística

Para verificação da normalidade e homocedasticidade dos dados foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Devido ao fato da variável categórica PSE não apresentar distribuição normal mesmo após transformações matemáticas, sua estatística foi baseada nos métodos não paramétricos de Friedman, sendo expressa como mediana. Os resultados das demais variáveis estão apresentados sob a forma de média \pm erro-padrão da média (E.P.M).

A análise de variância (ANOVA) com três fatores de variação (temperatura, volume e distância) contida no delineamento em blocos casualizados em sistema de parcelas subdivididas foi utilizada para comparação entre grupos das seguintes variáveis: FC, [Glic], T_{retal} , T_{pele} , T_{corpo} , TAC, osmolalidade plasmática e [Lac], sendo esta última analisada após transformação radicial de seus dados. Para os resultados das variáveis; volume de água ingerida, $TT_{40\text{km}}$, S_{total} , taxa de sudorese, percentual de desidratação, potência, cadência e velocidade média, $\Delta\%VP$ utilizou-se uma ANOVA com dois fatores de variação (temperatura e volume) para medidas repetidas.

Em seguida, quando apropriado, as diferenças encontradas na ANOVA foram identificadas pelos testes de Tukey ou Newman-Keuls (*post hoc*) de acordo com o coeficiente de variação da resposta (SAMPAIO, 2007).

Todos os procedimentos da análise estatística foram realizados pelos programas SigmaStat 3.5 e SAS/STAT versão 8.0 (1999). O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$.

5) RESULTADOS

Os dados individuais das variáveis estudadas são apresentados no Anexo IV. As variáveis medidas ao longo do tempo são mostradas a cada 8 km com exceção para a PSE, nesse caso apresentada a cada 10 km de exercício.

5.1) Variáveis de desempenho

a) Tempo total dos 40 km

Não foram encontradas diferenças significativas para o tempo total dos 40 km (TT_{40km}) entre as situações experimentais (AL10= $93,03 \pm 3,49$ min; AL37= $94,43 \pm 4,10$ min; PRO10= $93,44 \pm 4,04$; PRO37= $97,41 \pm 4,28$ min) apesar de existir uma tendência em função da temperatura da água ingerida ($p=0,078$). O volume de água consumido pelos voluntários não interferiu no TT_{40km} ($p=0,425$) (FIG.8).

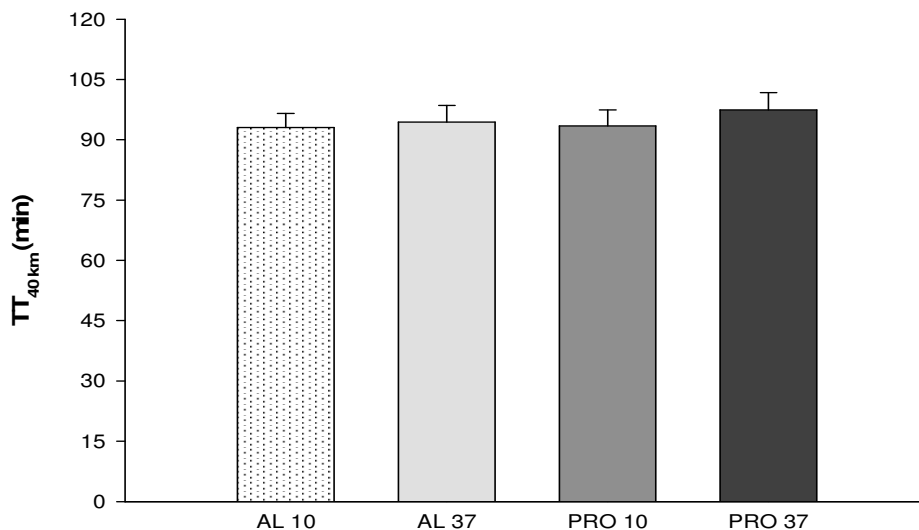


FIGURA 8: Tempo total de exercício (min) em 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M

b) Tempos parciais

A Tabela 2 mostra os tempos parciais (TP) para se completar cinco trechos de 8 km de exercício (0-8, 8-16, 16-24, 24-32 e 32-40 km). Não foram observados efeitos de temperatura ($p=0,468$) ou de volume de água ingerida ($p=0,077$) para os TP durante o exercício. No entanto, considerando a média global, o $TP_{24-32 \text{ km}}$ foi significativamente maior que o $TP_{0-8 \text{ km}}$ ($p=0,008$).

TABELA 2 - Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido sobre os tempos parciais (min) medidos a cada 8 km durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M

	TP_{0-8 km} (min)	TP_{8-16 km} (min)	TP_{16-24 km} (min)	TP_{24-32 km} (min)	TP_{32-40 km} (min)
AL10	17,8 \pm 0,7	18,3 \pm 1,0	18,5 \pm 0,7	19,4 \pm 0,7	19,0 \pm 1,0
AL37	18,1 \pm 0,7	18,0 \pm 0,7	19,5 \pm 0,9	20,2 \pm 1,1	18,6 \pm 1,0
PRO10	18,3 \pm 1,0	18,6 \pm 0,9	19,5 \pm 0,9	19,0 \pm 0,8	18,0 \pm 0,9
PRO37	18,8 \pm 1,0	19,1 \pm 1,0	20,5 \pm 1,0	20,2 \pm 0,9	18,8 \pm 0,8
Média global	18,3 \pm 0,8	18,5 \pm 0,9	19,5 \pm 0,9	19,7 \pm 0,9 *	18,6 \pm 0,9
C.V	(14,6)	(15,3)	(14,3)	(14,2)	(15,0)

(*) $p \leq 0,05$: $TP_{24-32 \text{ km}}$ vs. $TP_{0-8 \text{ km}}$

c) Velocidade, cadência e potência

Os dados médios de cadência, velocidade e potência em cada situação experimental são apresentados na Tabela 3. A temperatura da água ingerida não influenciou no comportamento dessas variáveis ao final dos 40 km de exercício ($p > 0,05$). No entanto, a potência foi influenciada pelo volume de água consumida ($p = 0,023$) sendo maior na situação correspondente ao volume de água *ad libitum* 37°C (POT37) comparada ao volume de água *ad libitum* 10°C (POT10) (POT37 = 196,70 \pm 12,81 W versus POT10 = 190,15 \pm 11,69 W) (FIG.9). Quando analisada ao longo da distância percorrida, a potência nos km 24 e 32 foi significativamente menor que aquela produzida no 8º km de exercício ($p = 0,009$) (FIG.10).

TABELA 3 - Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na potência (W), cadência (rpm) e velocidade (km/h) durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média ± E.P.M

	Potência (W)	Cadência (rpm)	Velocidade (km/h)
AL10	198,1 ± 10,9	85,8 ± 3,6	26,9 ± 1,0
AL37	194,6 ± 12,5	84,1 ± 4,6	26,6 ± 1,1
PRO10	198,8 ± 13,7	84,9 ± 3,1	26,9 ± 1,4
PRO37	182,2 ± 12,4	82,3 ± 3,3	25,9 ± 1,2
Média global	193,4 ± 12,1	84,3 ± 0,5	26,6 ± 0,1
C.V	(19,9)	(1,8)	(1,7)

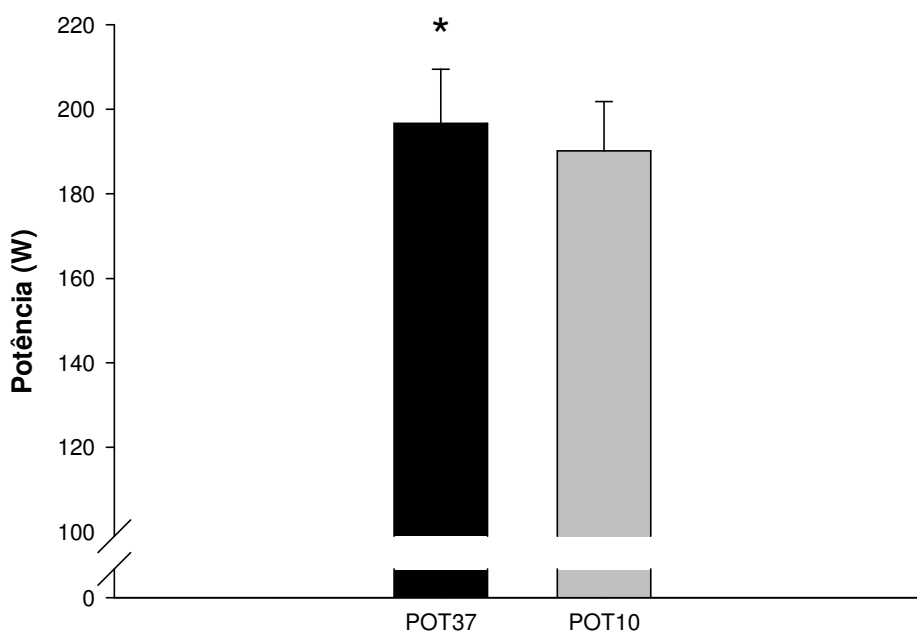


FIGURA 9: Potência relativa ao volume de água *ad libitum* 37°C (POT37) e ao volume de água *ad libitum* 10°C (POT10) em 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média ± E.P.M.

(*) $p \leq 0,05$: POT37 vs. POT10.

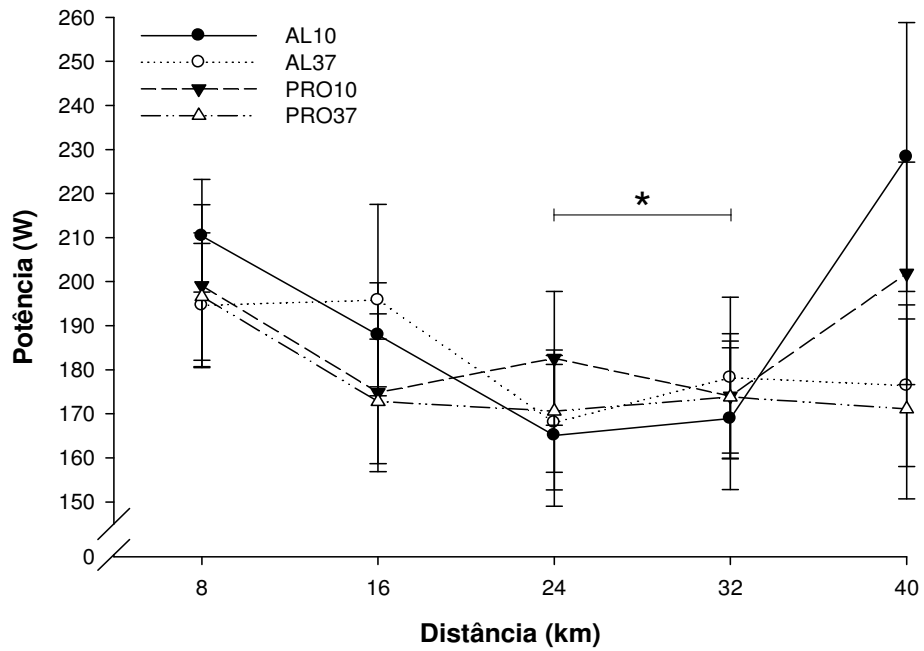


FIGURA 10: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na potência durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. (*) $p \leq 0,05$: 24, 32 km vs. 8 km.

5.2) Variáveis de controle

a) Temperatura retal

A temperatura ($p=0,6526$) e o volume de água ingerido ($p=0,1402$) não influenciaram a resposta da temperatura retal (T_{retal}). Contudo, ao longo da distância percorrida a T_{retal} aumentou continuamente nas quatro situações experimentais testadas, sendo significativamente maior nos km 8, 16, 24, 32 e 40 que no momento pré-exercício (PRÉ) ($p=0,001$). Além disso, a T_{retal} medida nos km 16, 24, 32 e 40 foi maior comparado ao km 8 assim como nos km 24, 32 e 40 em relação ao 16º km de exercício. Por fim, os valores de T_{retal} registrados ao término dos 40 km de ciclismo foram superiores aos demais momentos de análise (FIG.11).

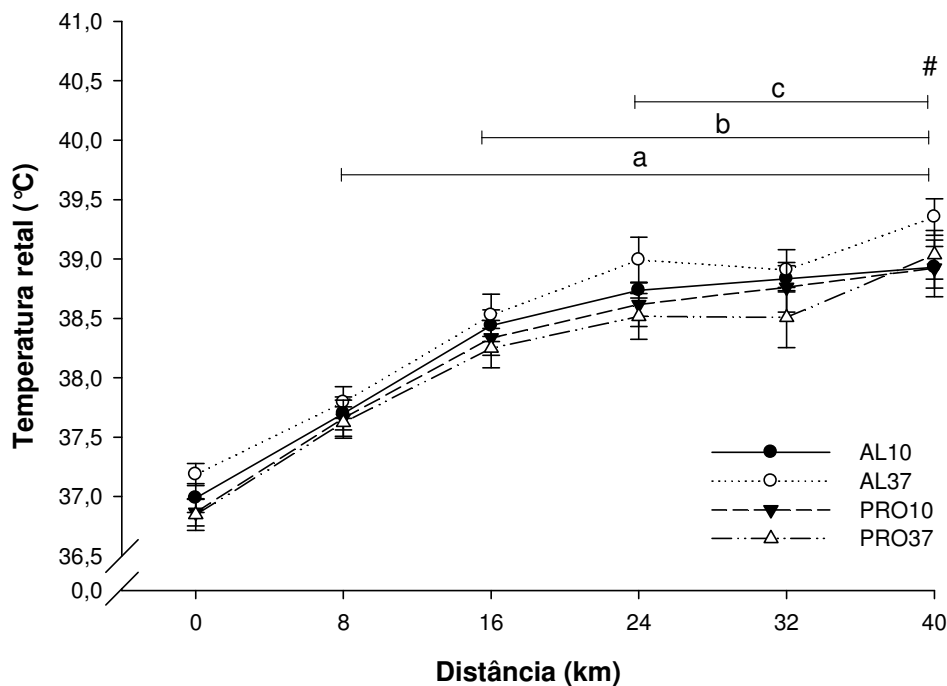


FIGURA 11: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na temperatura retal durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. ($p \leq 0,05$) a= 8, 16, 24, 32 e 40 km vs. PRÉ; b= 16, 24, 32 e 40 km vs. PRÉ e 8 km; c= 24, 32 e 40 km vs. PRÉ, 8 e 16 km; #= 40 km vs. PRÉ, 8, 16, 24 e 32 km.

b) Temperatura média da pele

A temperatura média da pele (T_{pele}) não sofreu efeito de temperatura e/ou de volume de água ingerido nas quatro situações experimentais ($p>0,05$). Entretanto, a T_{pele} a partir do km 8 foi significativamente maior que aquela registrada no início do protocolo de exercício (PRÉ) ($p<0,001$) (FIG.12).

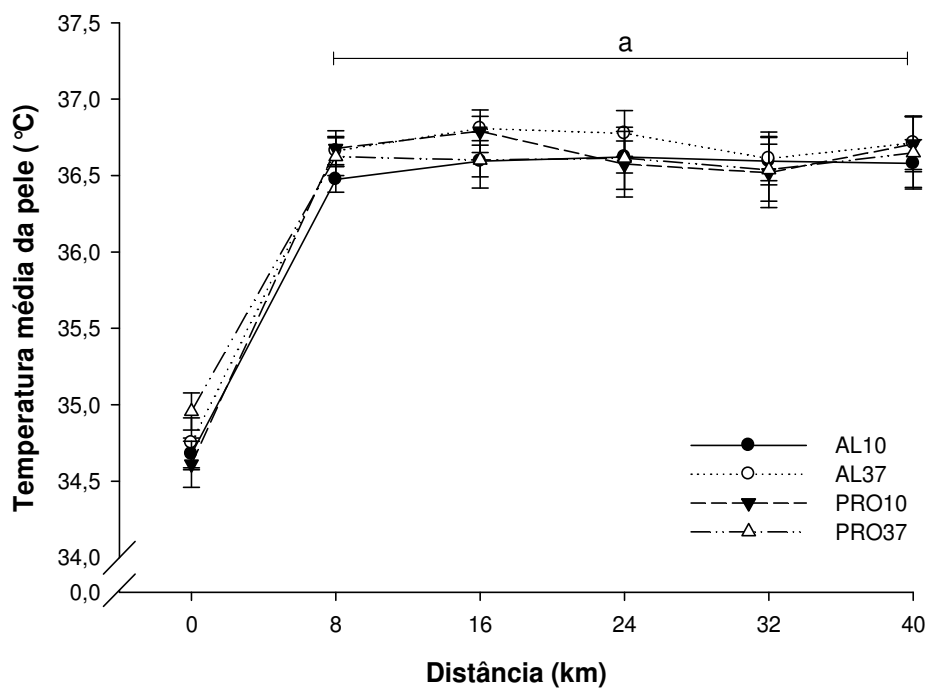


FIGURA 12: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na temperatura média da pele durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. ($p<0,05$) a= 8,16,24,32 e 40 km vs. PRÉ.

c) Glicose sanguínea

A concentração de glicose no sangue [Glic] avaliada antes do exercício (PRÉ) não foi diferente entre as situações experimentais ($p=0,651$) (AL10= $99 \pm 3,04$ mg/dL; AL37= $98,1 \pm 4,09$ mg/dL; PRO10= $103,2 \pm 3,71$ mg/dL; PRO37= $101,5 \pm 3,36$ mg/dL). Além disso, a [Glic] não sofreu efeito de temperatura e/ou de volume de água ingerida ($p>0,05$). Ao longo do tempo, verificou-se que a [Glic] foi menor no 8º km comparado a todos os outros momentos de medição ($p=0,002$) conforme mostra a Figura 13.

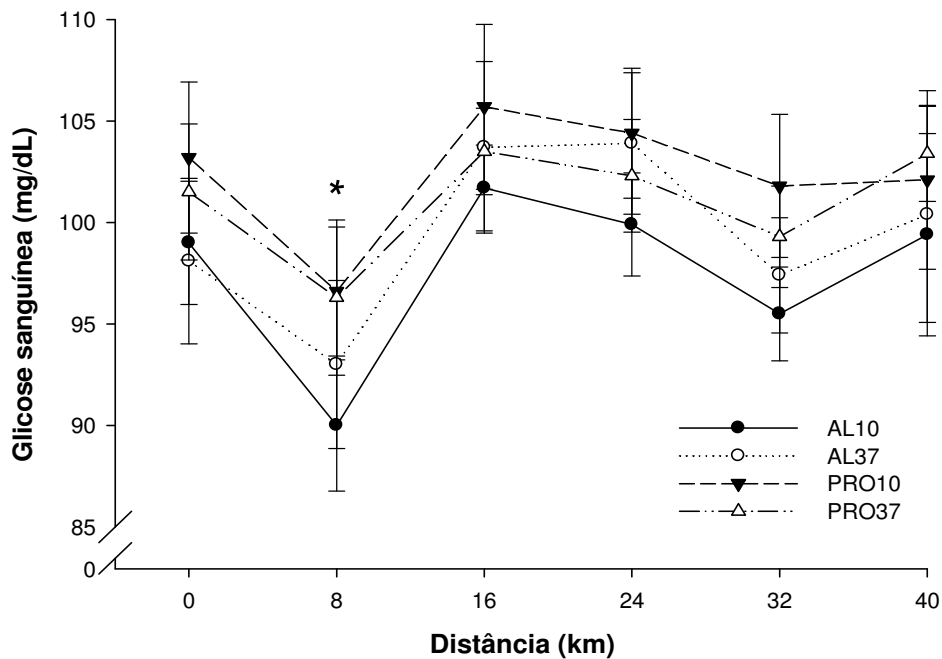


FIGURA 13: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na glicose sanguínea durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. (*) $p \leq 0,05$: 8 km vs. PRÉ, 16, 24, 32 e 40 km.

d) Freqüência cardíaca

A Figura 14 mostra a intensidade do exercício, com base nos valores médios de freqüência cardíaca (FC) durante os 40 km de ciclismo (dados absolutos e em percentual da $FC_{máx}$).

Observou-se que a FC não sofreu influência da temperatura e/ou do volume de água ingerido ($p>0,05$) tanto em termos absolutos quanto percentuais da $FC_{máx}$ (AL10= $83,6 \pm 1,9$ % $FC_{máx}$; AL37= $82,7 \pm 2,7$ % $FC_{máx}$; PRO10= $83,9 \pm 1,9$ % $FC_{máx}$; PRO37= $81,3 \pm 2,2$ % $FC_{máx}$). No entanto, ao longo do tempo, a FC foi maior nos km 8, 16, 24, 32 e 40 comparado aos valores pré-exercício (PRÉ) e também significativamente maior no 40º km de exercício comparado aos demais momentos de registro ($p<0,001$).

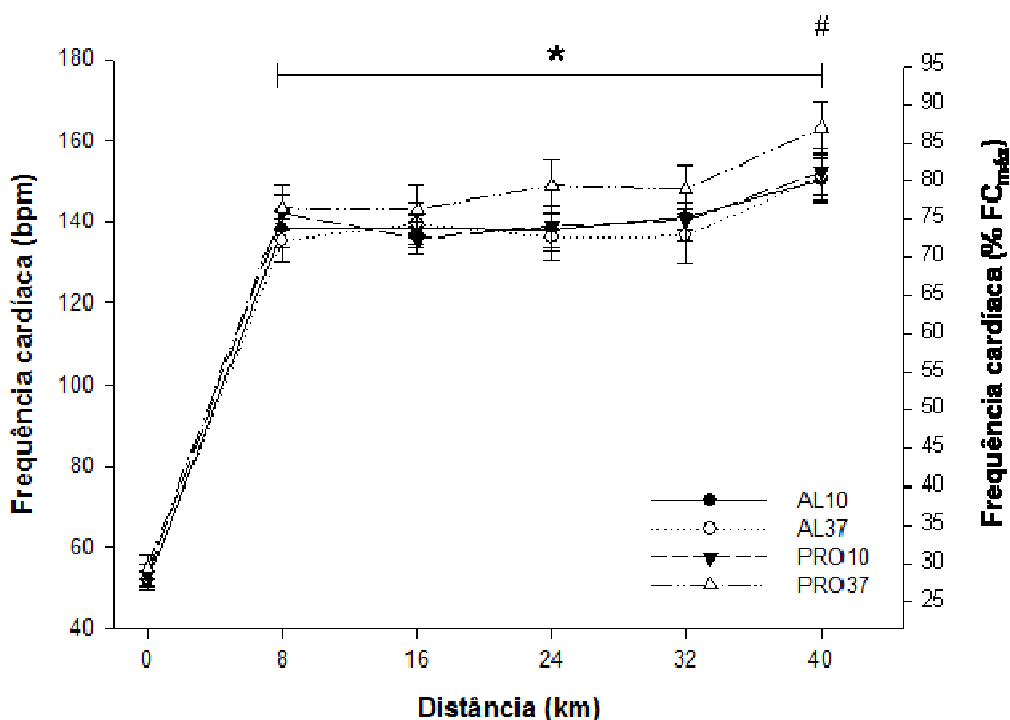


FIGURA 14: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na FC durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada, no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. ($p<0,05$) *= 8, 16, 24, 32 e 40 km vs. PRÉ; #= 40 km vs. PRÉ, 8, 16, 24 e 32 km.

e) Lactato sanguíneo

A concentração de lactato sanguíneo [Lac] não sofreu alteração em função da temperatura e/ou do volume de água ingerido ($p>0,05$). No entanto, a [Lac] medida no 8º km de exercício foi maior que no momento pré-exercício e os valores obtidos no km 40 maiores que em todos os outros momentos (0, 8, 16, 24, 32 km). O comportamento dessa variável está apresentado na Figura 15.

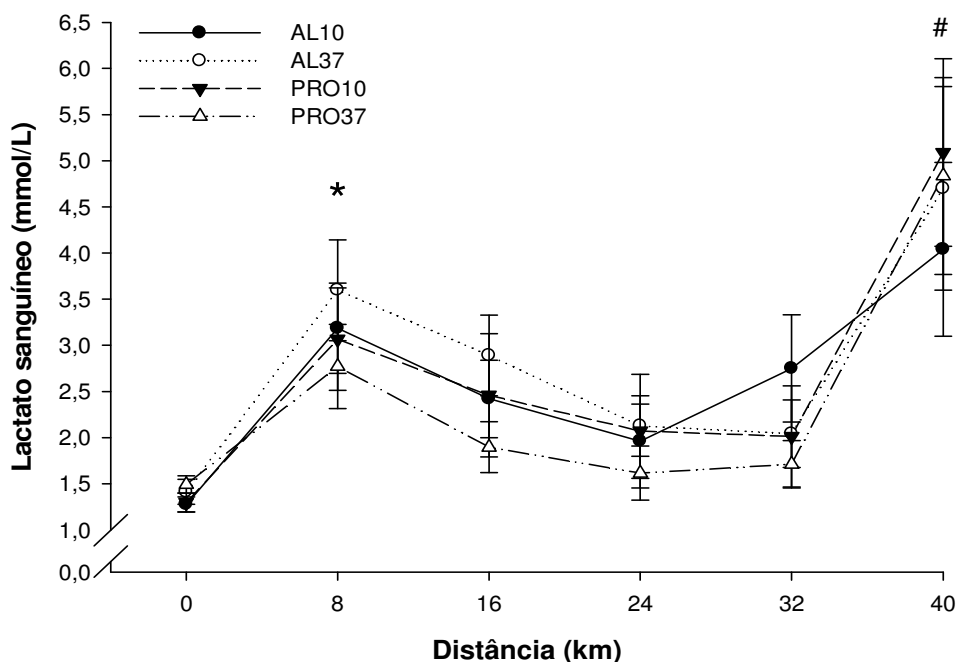


FIGURA 15: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido no lactato sanguíneo durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. ($p\leq 0,05$) *= 8 km vs. PRÉ; #= 40 km vs. PRÉ, 8, 16, 24 e 32 km.

f) Percepção subjetiva de esforço

A percepção subjetiva de esforço (PSE) está apresentada na Figura 16 pela mediana global. Não foi verificado efeito de tratamento para essa variável ($p > 0,05$). Todavia, a PSE aumentou continuamente ao longo da distância percorrida ($p < 0,001$) sendo atribuída uma nota ~ 15, correspondente a “cansativo” na escala de Borg (1982), ao final dos 40 km de exercício.

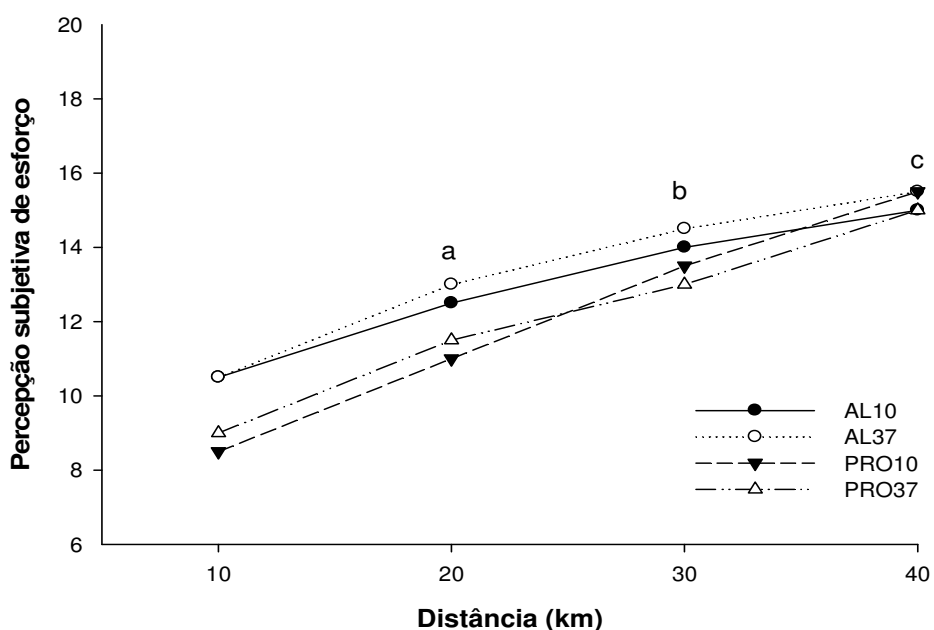


FIGURA 16: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na PSE durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada, no calor. Valores expressam mediana. ($p \leq 0,05$) a= 20 km vs. 10 km; b= 30 km vs. 10, 20 km; c= 40 km vs. 10, 20 e 30 km.

g) Osmolalidade plasmática

Não foram encontradas diferenças significativas para a osmolalidade do plasma em função da temperatura ($p=0,1378$) e/ou volume de água ingerido ($p=0,5181$). Além disso, a osmolalidade plasmática não variou entre os momentos pré (AL10= $298,5 \pm 3,7$ mOsm.kg⁻¹; AL37= $305,1 \pm 2,2$ mOsm.kg⁻¹; PRO10= $300,2 \pm 2,8$ mOsm.kg⁻¹; PRO37= $302,8 \pm 3,0$ mOsm.kg⁻¹) e pós-exercício (AL10= $307,9 \pm 3,0$ mOsm.kg⁻¹; AL37= $310,7 \pm 3,8$ mOsm.kg⁻¹; PRO10= $306,0 \pm 3,0$ mOsm.kg⁻¹; PRO37= $306,9 \pm 5,5$ mOsm.kg⁻¹) ($p=0,8831$) como mostra a Figura 17.

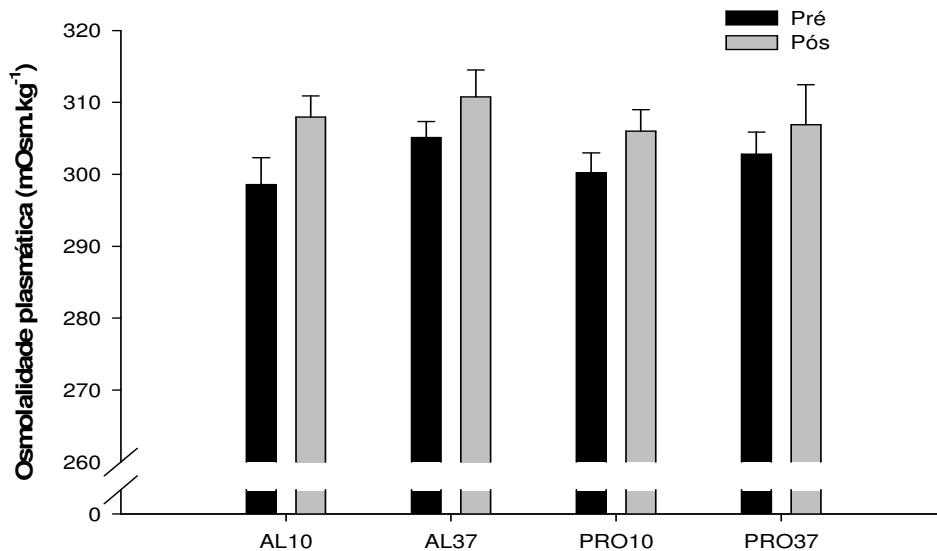


FIGURA 17: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na osmolalidade plasmática durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M.

5.3) Variáveis calculadas

a) Temperatura média do corpo

A temperatura média do corpo (T_{corpo}) aumentou significativamente ao longo da distância percorrida ($p < 0,001$) de forma semelhante entre as situações experimentais. O consumo de diferentes volumes ($p = 0,2359$) e temperaturas da água ($p = 0,6785$) não influenciou no comportamento da T_{corpo} (FIG.18)

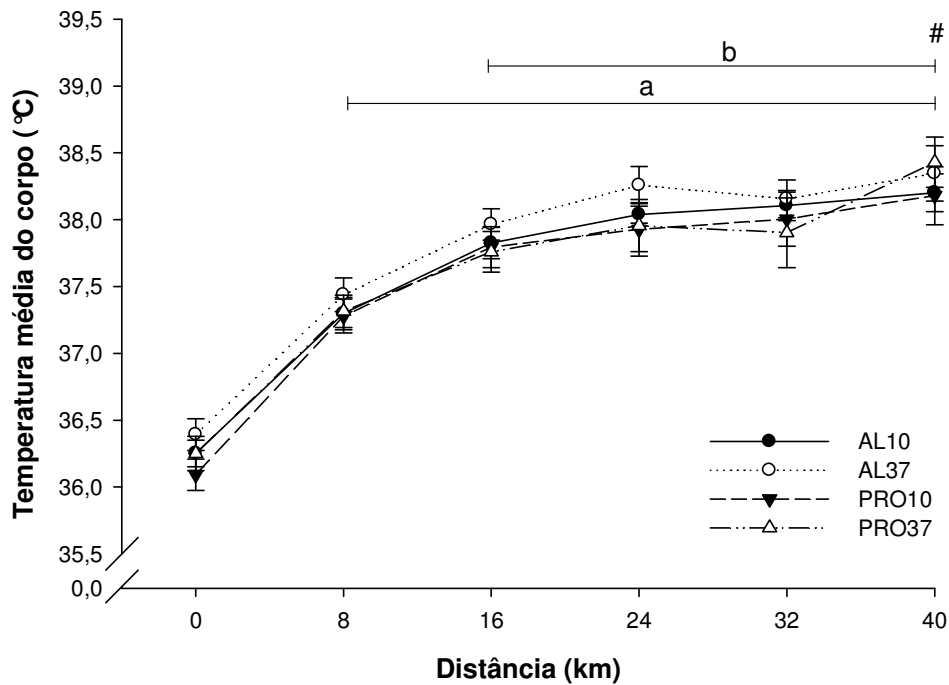


FIGURA 18: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na temperatura média do corpo durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. ($p \leq 0,05$) a= 8, 16, 24, 32 e 40 km vs. PRÉ; b= 16, 24, 32 e 40 km vs. PRÉ e 8 km; #= 40 km vs. PRÉ, 8, 16, 24, 32 km.

b) Taxa de acúmulo de calor

A taxa de acúmulo de calor (TAC) não foi diferente estatisticamente em função da temperatura ($p=0,2067$) e/ou do volume de água ingerido ($p=0,9494$) entre as situações tratamento. No entanto, observou-se que a TAC a partir do 24º km foi menor que aquela observada até o 16º km de exercício. Além disso, a TAC entre os km 32 e 40 foi semelhante, mas menores que aquela calculada até o km 24 (FIG.19).

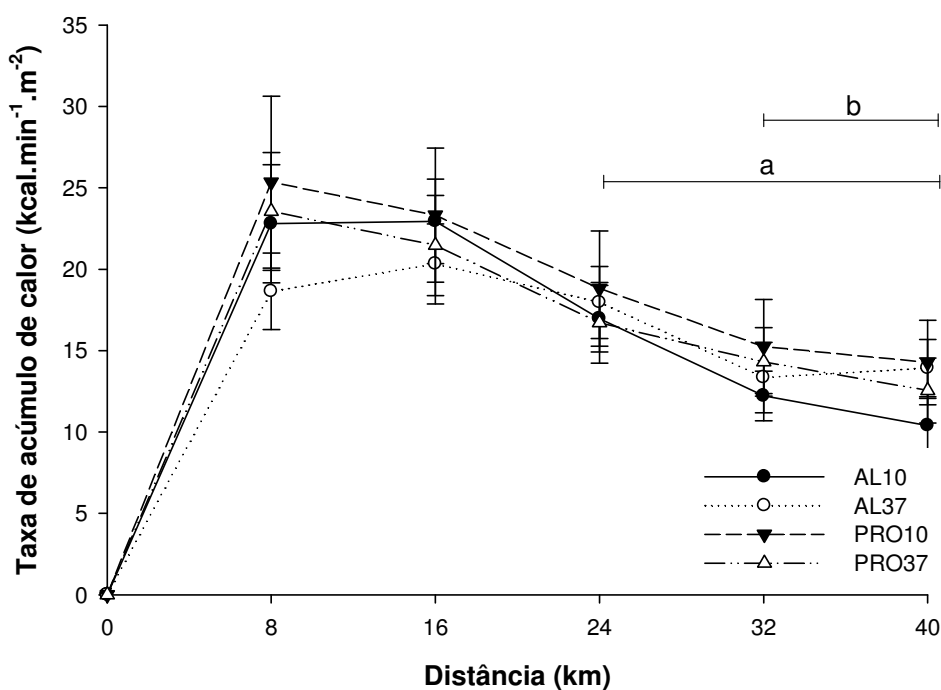


FIGURA 19: Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na taxa de acúmulo de calor durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. ($p \leq 0,05$) a= 24, 32 e 40 km vs. 8 e 16 km; b= 32 e 40 km vs. 8, 16 e 24 km.

c) Volume de água ingerido

A temperatura da água influenciou o padrão de ingestão voluntária dos atletas ($p=0,025$) sendo consumido maior volume de água fria (AL10= $1,14 \pm 0,13$ L) do que quente (AL37= $0,83 \pm 0,17$ L). Cabe lembrar que as outras duas situações (PRO10 e PRO37) apenas reproduzem os volumes das situações *ad libitum* por representarem um controle para o volume ingerido (FIG.20).

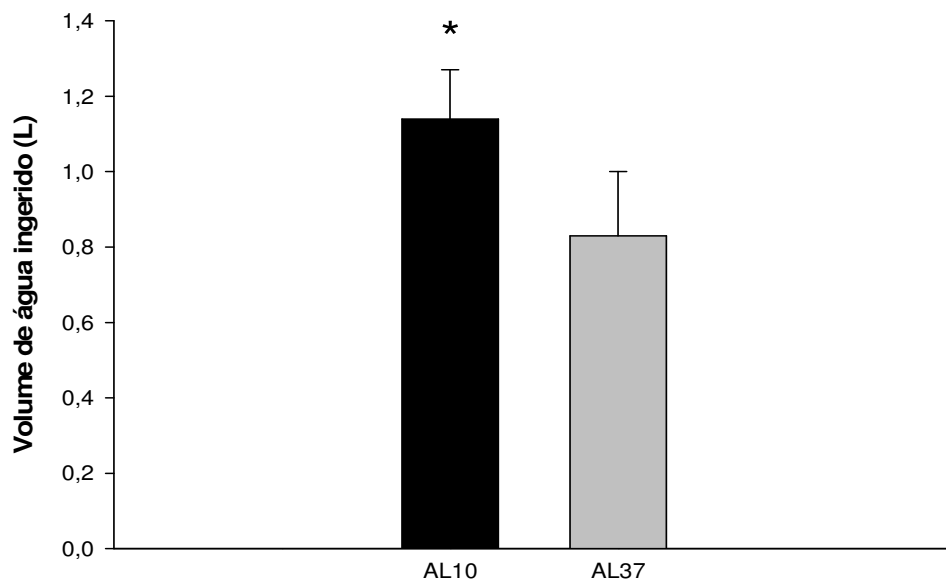


FIGURA 20: Volume de água ingerido (L) a 10°C e 37°C em 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M. (*) $p \leq 0,05$: volume de água fria *ad libitum* (VOL10) vs. volume de água quente *ad libitum* (VOL37).

d) Sudorese total

A sudorese total após 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor não sofreu efeito de temperatura ($p=0,445$) e/ou de volume de água ingerida ($p=0,206$) (TAB 4).

e) Taxa de sudorese

A taxa de sudorese dada pela razão entre a sudorese total e tempo total dos 40 km (TT_{40km}) não foi influenciada pela temperatura ($p=0,098$) e/ou do volume de água consumida ($p=0,378$). Os dados médios dessa variável são apresentados na Tabela 4.

f) Desidratação

A Tabela 4 apresenta os dados de desidratação percentual nas quatro situações experimentais testadas. Não foram encontradas diferenças significativas para essa variável em função da temperatura ($p=0,703$) e/ou do volume de água ingerida ($p=0,114$).

g) Variação percentual do volume plasmático

O cálculo do volume plasmático foi feito a partir dos dados de hematócrito e hemoglobina, conforme proposto por Dill e Costill (1974). A comparação dos valores pré e pós-exercício indicaram uma redução significativa do volume plasmático nas situações experimentais testadas ($p<0,001$). Entretanto, a magnitude da redução do volume plasmático em termos percentuais ($\Delta\%VP$), não foi diferente em função da temperatura ($p=0,683$) e/ou do volume de água ingerido ($p=0,421$) como mostra a Tabela 4.

TABELA 4 - Efeitos da temperatura e/ou volume de água ingerido na sudorese total (L), taxa de sudorese total (L/h), desidratação (%) e variação percentual do volume plasmático ($\Delta\%VP$) durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor. Valores expressam média \pm E.P.M.

	Sudorese total (L)	Taxa de Sudorese (L/h)	Desidratação (%)	$\Delta\%VP$
AL10	2,2 \pm 0,2	1,4 \pm 0,1	1,8 \pm 0,2	-9,1 \pm 1,1
AL37	2,0 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	2,1 \pm 0,2	-8,2 \pm 1,0
PRO10	2,1 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	2,1 \pm 0,3	-10,5 \pm 2,7
PRO37	2,1 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,8 \pm 0,2	-11,6 \pm 1,1
Média global	2,1 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	2,0 \pm 0,2	-9,8 \pm 1,6
C.V	(22,4)	(23,4)	(34,6)	(52,6)

6) DISCUSSÃO

O objetivo principal do presente estudo foi verificar os efeitos da temperatura e do volume de água ingerido no desempenho físico, representado pelo tempo gasto para percorrer 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor (TT_{40km}).

Para isso, dez voluntários consumiram água a 10°C e 37°C, como nos estudos de Lee et al.(2008a); Lee e Shirrefs (2007) e Pinto et al.(2001). Nos demais trabalhos sobre o tema, as temperaturas das bebidas que caracterizaram as situações experimentais estiveram próximas das utilizadas em nosso experimento. A água quente (37°C) serviu como controle para a temperatura, uma vez que esse valor representa a temperatura média do corpo durante o exercício. Já as ingestões de água programada foram utilizadas como controle para o volume de água ingerido *ad libitum*.

Tendo em vista a hipótese de que a ingestão de fluidos atenuaria o aumento da temperatura interna durante o esforço, foi-se especulado um possível efeito de resfriamento corporal provocado pela água fria comparado com a condição controle.

Nesse contexto, a efetividade dessa técnica de resfriamento corporal visando avaliar o desempenho tem sido testada, porém os resultados até então encontrados são contraditórios. A maior parte das pesquisas não encontrou diferenças no desempenho devido à temperatura, independente se o líquido foi consumido em alíquotas menores durante intervalos regulares de tempo (LEE et al., 2008a; PINTO et al., 2001) ou por uma grande dose num momento específico da atividade (LEE e SHIRREFS, 2007). Por fim, o desempenho também não foi alterado pelo volume de líquido consumido (McCONNELL et al., 1999; KAY e MARINO, 2003; BACKX et al., 2003; MARINO et al., 2004; DUGAS et al., 2008).

Por outro lado, alguns estudos verificaram efeitos significativos da temperatura (LEE et al., 2008b; MÜNDEL et al., 2006) e do volume de líquido ingerido (ROBINSON et al., 1995; McCONNELL et al., 1997) no rendimento. No experimento de Mündel et al.(2006), a diferença no tempo de exercício até a fadiga não pode ser atribuída simplesmente ao volume extra de líquido frio consumido *ad libitum* (~ 160 mL) ou pela temperatura retal no

momento da fadiga. Nesse caso, o mecanismo responsável pela interrupção do exercício próximo a temperatura limite crítica não se confirmou uma vez que os sujeitos interromperam o exercício antes de alcançarem a temperatura de ~ 39,5 - 40°C. Marino (2004) justifica que seria catastrófico se o organismo necessitasse atingir tais limites térmicos antes de qualquer redução no comando eferente do sistema nervoso central para os músculos esqueléticos. Possivelmente, o mecanismo de regulação antecipatória forneceu informações via receptores localizados na boca e/ou durante um esvaziamento gástrico mais rápido sobre a disponibilidade de líquido frio, permitindo assim a continuidade do exercício na situação água fria (MARINO, 2007). A presença desses sinalizadores em diferentes partes do corpo já havia sido relatada por Fígaro e Mack (1997) e Saltmarsh (2001).

Com relação ao trabalho de Lee et al.(2008b), o efeito ergogênico foi atribuído ao resfriamento prévio provocado pelo consumo fracionado de 900 mL de líquido frio (4°C) nos 30 minutos que antecederam o início do exercício, fazendo com que os sujeitos desse grupo iniciassem o exercício com a temperatura retal reduzida comparado ao grupo controle (37°C). Marino e Noakes (2009) comentam que é provável que o efeito ergogênico observado no estudo acima realmente tenha sido provocado pelo resfriamento prévio já que a temperatura da bebida ingerida por si só durante o exercício, não se mostrou efetiva em outros estudos (PINTO et al., 2001; LEE e SHIRREFS, 2007; LEE et al., 2008a; LEE et al., 2008b), assim como no nosso experimento.

Numa perspectiva evolutiva, a fadiga deve ser compreendida como um mecanismo de defesa no qual o próprio organismo reduz a intensidade do esforço com o objetivo de evitar qualquer falha da homeostase corporal (RODRIGUES e SILAMI-GARCIA, 1998; MARINO, 2004; NOAKES et al., 2004). A manifestação da fadiga se daria pela integração de sinais provenientes dos sistemas fisiológicos envolvidos na homeostase do exercício (neurohumoral, térmico, cardiorrespiratório, ácido-básico, enzimático e de substratos) e o grau de envolvimento de cada sistema seria proporcional a intensidade do exercício, sendo que uma mesma intensidade incita respostas fisiológicas distintas em função do ambiente. Essa capacidade antecipatória trata-se de uma característica marcante nos modelos de fadiga encontrados na literatura (RODRIGUES e SILAMI-GARCIA, 1998; MARINO, 2004; NOAKES et al., 2004).

Sendo assim, a taxa de acúmulo de calor (TAC) tem sido proposta como moduladora da fadiga devido, sobretudo, ao fato de se tratar de uma variável dinâmica que considera simultaneamente a produção de calor metabólico e o grau de dificuldade de dissipação de calor para o ambiente (RODRIGUES et al., 2003; MARINO, 2004; TUCKER et al., 2006).

No presente estudo, a TAC e demais variáveis termorregulatórias (T_{retal} , T_{pele} , T_{corpo}) não foram diferentes em função da temperatura e/ou volume de água consumido. No entanto, ao longo da distância percorrida, a TAC diminuiu a partir do 24º km de exercício (FIG.19). Claramente, esses dados estão de acordo com o modelo de regulação antecipatória de fadiga no qual a potência produzida é continuamente ajustada por meio de reflexos termorregulatórios com o intuito de assegurar que a TAC e a taxa de aumento da temperatura corporal sejam controladas antes de um quadro hipertérmico (CHEUNG, 2007; MARINO e NOAKES, 2009; DUGAS et al., 2008).

Alternativamente, pode ser que o volume de água fria ingerida não tenha sido suficiente para resfriar o corpo, sendo improvável que ela alcance o centro do estômago à mesma temperatura da ingestão, minimizando-se assim seus efeitos hipotérmicos. Além da temperatura e do volume ingerido (LEE et al., 2008a; IMMS e LIGHTEN, 1989; PINSON e ADOLPH, 1942), especula-se que as modificações sustentadas na temperatura intragástrica também dependam da frequência de ingestão (LEIPER apud LEE et al., 2008a).

Do ponto de vista prático, o protocolo de exercício no qual a carga de trabalho é regulada pelo próprio voluntário parece ser mais confiável para avaliação do desempenho visto que o mesmo simula aspectos reais e específicos que caracterizam as competições esportivas (KREBS e POWERS, 1989; McLELLAN et al., 1995; MAUGHAN e LEE, 2009).

No que se refere ao padrão de ingestão voluntária, nossos resultados sugerem que a água a 10°C possui melhor palatabilidade que a 37°C, fato esse comprovado por uma significativa diferença no volume consumido *ad libitum* entre essas temperaturas (FIG.20, $p < 0,05$). Esses achados corroboram aos encontrados na literatura por outros autores (SZLYK et al., 1989; SKLYK et al., 1990; SALTMARSH, 2001; ACSM, 2007). De acordo com Hubbard

(1984), a melhor palatabilidade apresentada pela água fria durante o exercício no calor existe devido à sensação agradável provocada pela ingestão da mesma (aliestesia positiva). Mündel et al. (2006) verificaram que durante exercício de intensidade fixa até a fadiga realizado em ambiente quente, os indivíduos beberam voluntariamente (*ad libitum*) mais água fria do que quente e tiveram melhor desempenho na situação com água a 4°C.

De fato, o regime de hidratação *ad libitum* utilizado por Mündel et al. (2006) dificultou a interpretação dos resultados. Porém, trata-se do único artigo publicado que tenha utilizado tal metodologia para estudar esse fenômeno. Diante disso, a utilização da estratégia baseada na sede, na qual os indivíduos voluntariamente escolhem quanto e quando beber tem sido questionado, pois o volume é considerado um importante fator de variação capaz de interferir na análise final dos resultados (LEE e SHIRREFS, 2007; LEE et al., 2008b). No presente estudo, apesar da limitação inerente ao modelo *ad libitum*, o mesmo volume de água consumido *ad libitum* num primeiro momento (AL10 e AL37) foi repetido num segundo bloco, porém com as temperaturas invertidas (PRO10 e PRO37) (FIG.4). Dessa forma, esse delineamento permitiu verificar separadamente os efeitos da temperatura e do volume de água ingerido.

A importância de se manter o organismo hidratado durante o exercício encontra-se bem documentada na literatura (ACSM, 2007; MAUGHAN e SHIRREFS, 2008). Esse consenso tem sido mostrado através de estudos que utilizaram diferentes tipos de exercícios, intensidades e durações realizados em condições ambientais distintas e com a participação de homens e mulheres de diferentes níveis de condicionamento físico. Em um estudo de revisão, Cheuvront et al.(2003) relatam que de um total 13 trabalhos avaliados, em 10 deles houve melhora do desempenho quando os indivíduos beberam algum líquido comparado com aqueles que nada consumiram e, em 3 deles a ingestão não representou nenhuma vantagem adicional. Notavelmente, os estudos que falharam em apontar algum efeito benéfico da hidratação tiveram curta duração e foram realizados em ambientes temperados. Esses dados sugerem que os benefícios ergogênicos da reposição de fluidos são menos evidentes em exercícios de curta duração.

Até o presente momento, evidências mostram que o volume de líquido ingerido não resulta em benefício para o desempenho tanto em exercícios de intensidade auto-regulada (KAY e MARINO, 2003; BACKX et al., 2003) quanto nos exercícios nos quais a intensidade é mantida constante (McCONNELL et al., 1999; MARINO et al., 2004). Esses resultados corroboram aos apresentados no presente estudo. Entretanto, Robinson et al. (1995) verificaram que o consumo de líquido equivalente a 85% da água perdida pela sudorese afetou o desempenho de ciclistas durante um contra-relógio de 1 hora. Levando-se em consideração que a taxa máxima de esvaziamento e absorção de fluidos gira em torno de 800 – 1000 mL.h⁻¹ em repouso (DAVIS et al., 1980; GISOLFI e DUCHMAN, 1992) e que a mesma deve diminuir com o aumento da intensidade do exercício (LEIPER et al., 2005) parece improvável que altos volumes propiciem melhora no rendimento.

Recentemente, Dugas et al. (2008) verificaram que durante 80 km de ciclismo com duração de ~ 120 minutos, a ingestão de diferentes volumes de água não alterou o tempo total para se completar essa tarefa. Os autores concluíram que o consumo de qualquer volume de líquido acima do que é ingerido *ad libitum* não afeta o desempenho, mesmo em condições ambientais termicamente estressantes (33°C e 50% URA). Todavia, apesar desse estudo apresentar algumas características e resultados semelhantes ao nosso experimento, o número de voluntários utilizados (n=6) é reconhecido pelos próprios autores como fator limitante para uma consistente análise estatística dos dados.

Vários métodos podem ser usados para acessar o estado de hidratação pré e pós-atividade física, porém nenhum deles é considerado o “padrão-ouro”. Parâmetros urinários (ex: cor, gravidade específica, condutividade elétrica e osmolalidade da urina) e índices derivados do sangue (ex: concentração de Hb e Hct, osmolalidade plasmática, fator natriurético atrial, catecolaminas, cortisol e testosterona plasmática) têm sido sugeridos como marcadores do estado de hidratação, mas com vantagens e desvantagens que dependem das condições de coleta, da disponibilidade de equipamentos e das características do exercício (SHIRREFS, 2000; MAUGHAN e SHIRREFS, 2008). Segundo Armstrong (1994), a medida da osmolalidade plasmática seria mais sensível a mudanças agudas do estado de hidratação quando comparado a outros marcadores como a gravidade específica (GEU) e osmolalidade da urina.

A combinação do estresse térmico ambiental com a desidratação induzida pelo exercício poderia ter como respostas diretas a diminuição do volume plasmático e o aumento da osmolalidade do plasma (GONZÁLES-ALONSO, 1998; SALTMARSH, 2001). No presente estudo, de fato houve uma redução no volume plasmático pós-exercício, mas a magnitude desse estímulo parece não ter sido suficiente para que a osmolalidade fosse aumentada, mesmo com valores médios de desidratação em torno de 2% da massa corporal. Lee e Shirrefs (2007) também observaram que a osmolalidade e as mudanças no volume plasmático foram semelhantes já que o volume de líquido consumido foi o mesmo. Hipoteticamente, a presença de K^+ - EDTA nos tubos de coleta de sangue poderia depletar os íons de cálcio (Ca^{++}) livres no plasma e assim bloquear as ações de todas as enzimas dependentes desses íons. Por sua vez, isso preveniria qualquer processo de degradação enzimática e assim estabilizaria a osmolalidade. Entretanto, Seifarth et al. (2004) verificaram que essa substância resultou em um aumento da osmolalidade de ~ 10 mOsmol/kg o que explica em partes os valores obtidos no presente estudo.

Apesar das limitações da técnica, a GEU avaliada antes e depois do protocolo de exercício permaneceu na faixa que caracteriza o estado “euidratado”, compreendida entre 1,010 e 1,030 $g.mL^{-1}$ (ARMSTRONG, 1994). Esses achados demonstram a efetividade da hidratação baseada na sede como sendo segura e suficiente para manutenção da osmolalidade em níveis normais (MACHADO-MOREIRA et al., 2006; NOAKES, 2007a; NOAKES et al., 2007b) mesmo com valores de desidratação próximos aos ditos como impróprios para a manutenção do desempenho (NATA, 2000; SHIRREFS, 2000; COYLE, 2004; ACSM, 2007; MAUGHAN e SHIRREFS, 2008).

Não existem evidências no nosso estudo de que a temperatura e/ou o volume de água consumido tenham interferido no metabolismo de alguma maneira. De uma forma geral, a intensidade e duração do exercício no calor não foram diferentes entre as situações, de acordo com o % $FC_{máx}$ e o TT_{40km} (FIG.8). Os indivíduos se exercitaram a 83,6%; 82,7%; 83,9%; 81,3 % $FC_{máx}$ nas situações AL10, AL37, PRO10 e PRO37, respectivamente.

O controle alimentar prévio, através da reprodução da dieta no dia anterior as coletas e da ingestão de um café da manhã padronizado, garantiu que a [Glic] fosse semelhante entre as situações no momento pré-exercício (FIG.13). Secundariamente, essa estratégia também foi

adotada com o intuito de garantir que os voluntários iniciassem o exercício com o mesmo conteúdo de glicogênio muscular, mas tal afirmação não pode ser confirmada, pois nesse estudo não foi feito exame de biópsia muscular nos voluntários.

Durante o exercício, as [Glic] e [Lac] foram similares entre os grupos indicando que a depleção de substrato e/ou acúmulo de derivados metabólicos não foram responsáveis diretos pela fadiga, descartando-se o modelo hipotético de fadiga periférica (FITTS, 1994). Estudos prévios que investigaram os efeitos da temperatura dos líquidos durante e após sessões de exercício também falharam em apontar tal resposta (SANDICK et al., 1984; SZLYK et al., 1989; WIMER et al., 1997; LEE e SHIRREFS, 2007). Ao longo da distância percorrida, especula-se que o declínio na [Glic] observada no 8º km tenha sido provocado por uma maior atividade glicolítica uma vez que a [Lac] aumentou nesse momento quando comparado aos valores pré-exercício. No entanto, deve-se destacar a não alteração da glicemia sanguínea mesmo após 40 km de exercício de alta intensidade (~80% FC_{máx}) e longa duração (~90 min) no calor. Esses resultados sugerem que mesmo em situações extremamente adversas, o corpo humano é capaz de promover ajustes para manutenção da glicemia sanguínea sem a necessidade de aporte exógeno desse substrato.

A análise da frequência cardíaca (FC) representa um importante indicador de intensidade do esforço. De modo geral, várias razões podem explicar a atenuação do aumento da FC com a ingestão de líquidos frios. (1) água fria poderia causar uma resposta vagal e assim produzir um efeito bradicárdico; (2) a atenuação do aumento da temperatura interna poderia diminuir o estresse cardíaco no calor; (3) maior volume de líquido consumido preveniria a desidratação acentuada e dessa forma, também reduziria o estresse ao sistema cardiovascular (MÜNDEL et al., 2006); (4) o consumo de água fria poderia acelerar o esvaziamento gástrico e absorção de fluidos no intestino no qual implicaria em uma melhor manutenção do volume plasmático e sistólico durante o exercício. Entretanto, no presente estudo, os resultados dessa variável não foram modificados pelo tratamento, assim como na maior parte dos experimentos sobre o assunto (WIMER et al., 1997; McCONNELL et al., 1999; PINTO et al., 2001; BACKX et al., 2003; KAY e MARINO, 2003; MARINO et al., 2004; MÜNDEL et al., 2006). Além disso, a magnitude da $\Delta\%VP$ foi similar entre os grupos, mesmo quando o volume de água consumido foi diferente (AL10 e AL37) sugerindo que a desidratação não foi um fator limitador nesse estudo.

Ao longo da distância percorrida a FC manteve-se constante a partir do 8º km, porém, foi observado um pico da FC no final do exercício (km 40) indicando que a intensidade do exercício possa ter sido alterada por algum outro estímulo, como a realização de *sprints* (FIG.14). Contudo, ao contrário de Kay e Marino (2003), os *sprints* não foram controlados ou programados no presente estudo.

Outra consequência relacionada à prática de exercícios em ambientes quentes seria a mais alta percepção subjetiva de esforço (PSE) quando comparado a exercícios similares realizados em condições ambientais temperadas (PITSILADIS e MAUGHAN, 1999; BRIDGE et al., 2003). No presente estudo, a PSE aumentou continuamente ao longo da distância percorrida (FIG.16). De acordo com o modelo do governador central, a PSE aumentada denota a sensação de fadiga crescente, que envolve a integração de múltiplos sinais aferentes, gerados a partir de informação sensorial de diversas partes do corpo (NOAKES et al., 2004). Contudo, a PSE não sofreu efeito da temperatura e/ou do volume de água ingerido. Esses resultados estão em concordância com a maioria dos estudos sobre o tema (MÜNDEL et al., 2006; LEE e SHIRREFS, 2007; LEE et al., 2008a) e parecem relevantes uma vez que outros parâmetros fisiológicos relacionados a fadiga, como por exemplo a FC e a temperatura retal, também não sofreram influência do tratamento aplicado. Outros trabalhos que investigaram a temperatura dos líquidos durante exercício não avaliaram a PSE (SZLYK et al., 1989; WIMER et al., 1997; PINTO et al., 2001).

A estratégia de ritmo durante os 40 km contra-relógio foi estudada a partir de informações advindas da potência, cadência, velocidade e tempos parciais a cada 8 km de exercício (TP). Desse modo, o ritmo pode ser considerado uma estratégia utilizada por atletas durante competições para auto-regular a intensidade do esforço com o intuito de maximizar o rendimento (NIKOLOPOULOS et al., 2001; CHEUNG, 2007).

A potência média produzida entre as situações experimentais não foi diferente em função da temperatura da água. No entanto, verificou-se que o volume de água ingerido interferiu de modo significativo no comportamento dessa variável (FIG.9). Esse resultado contraria Backx et al. (2003), que não observaram efeito do volume de líquido consumido em um contra-relógio de 60 minutos realizado em condições termoneutras. Por outro lado, Dugas

et al.(2008) verificaram que o grupo que consumiu mais líquido produziu uma maior potência, tanto em termos absolutos quanto em percentual da potência máxima, para completar 80 km contra-relógio comparado ao grupo que ingeriu pouca água. Segundo os autores acima, em situações práticas de campo, o ato de ingerir faz com que os atletas assumam uma posição menos aerodinâmica na qual seria requerido um aumento da potência para manter a velocidade constante. Uma segunda explicação estaria baseada no peso adicional induzido pelo maior volume de líquido ingerido, aumentando a resistência no sistema de frenagem eletromagnética, o que por sua vez elevaria a potência requerida para manter uma dada velocidade. Entretanto, parece pouco provável que isso ocorra em condições laboratoriais já que o sistema de frenagem eletromagnético é mantido igualmente fixo no eixo traseiro da roda anulando qualquer efeito da massa corporal do voluntário sobre o equipamento. Diante desses fatos, pressupõe-se que no presente estudo os atletas reduziram a potência no exato momento da ingestão. Assim, como houve maior consumo de água fria (dados mostrados anteriormente), essa redução teria se repetido mais ou menos vezes dependendo da alíquota, causando efeito deletério acumulativo sobre a potência correspondente ao volume de água *ad libitum* a 10°C (POT10).

Esses achados refletem a importância dos hábitos de hidratação de muitos atletas durante exercícios prolongados. Backx et al.(2001) mostraram que 96% dos ciclistas que participaram de um contra-relógio de 40 km em condições ambientais temperadas escolheram não beber durante a competição, enquanto que 57% dos participantes optaram por consumir certo volume antes do evento. Contraditoriamente, atletas de resistência de diferentes modalidades esportivas revelaram que o mais importante seria não ingerir líquidos em temperaturas demasiadamente baixas, uma vez que, segundo os mesmos, isso causaria desconforto ou mal-estar (MARINS et al., 2004).

Ao longo da distância percorrida, o maior valor de potência observado na extremidade inicial da curva (8ºkm) comparado aos km 24 e 32 fez com que a curva de potência apresentasse um aspecto visual em forma de “U” (FIG.10). Nikolopoulos et al.(2001) também observaram esse aspecto em exercícios de intensidade auto-regulada com distâncias parecidas (34 – 46 km), independente se informações são fornecidas ou não durante o trajeto. Além disso, o comportamento dessa variável parece coerente com o menor TP_{0-8 km} comparado a um dos trechos intermediários do percurso (TP_{24-32 km}). Por sua

vez, a diminuição da potência nos km 24 e 32 coincide com a redução da TAC a partir do 24ºkm de ciclismo. Esse conjunto de resultados reforça a hipótese de que a decisão para diminuir a potência foi feita de maneira antecipatória para que a homeostase do exercício fosse mantida (RODRIGUES e SILAMI-GARCIA, 1998; MARINO, 2004; NOAKES et al., 2004).

As variáveis cadência e velocidade não foram diferentes entre as situações, mas serviram como parâmetros complementares para análise da estratégia de ritmo traçada pelos atletas durante um contra-relógio de longa duração no calor. Mündel et al.(2006) foram os únicos a avaliarem os efeitos da temperatura da água sobre a cadência e observaram que a mesma não foi alterada pela temperatura da bebida, mas sim ao longo do exercício de carga fixa ($\sim 65\% \text{VO}_{2\text{máx}}$). Dugas et al.(2008) não identificaram alterações na velocidade média com a ingestão de diferentes volumes de água ao longo de 80 km contra-relógio. De toda forma, no presente estudo, os resultados dessa variável são coerentes com a ausência de diferença da potência média e do $\text{TT}_{40\text{km}}$ nas quatro situações experimentais. Em conjunto, esses dados podem ser úteis para esportistas, treinadores e cientistas do esporte para o planejamento de treinos e montagem de estratégias em competições. Cabe ressaltar que os demais trabalhos sobre a temperatura (SZLYK et al., 1989; WIMER et al., 1997; PINTO et al., 2001; LEE e SHIRREFS, 2007; LEE et al., 2008a; LEE et al., 2008b) e volume do líquido ingerido (ROBINSON et al., 1995; McCONNELL et al., 1997; McCONNELL et al., 1999; KAY e MARINO, 2003; BACKX et al., 2003; MARINO et al., 2004) não avaliaram esse parâmetro de desempenho.

De modo geral, a relação entre desempenho e fadiga no presente estudo não pode ser atribuída exclusivamente à resposta isolada de nenhuma variável termorregulatória, cardiovascular e metabólica. Nossos resultados são compatíveis com a natureza complexa e multifatorial da fadiga conforme proposto por Rodrigues e Silami-Garcia (1998).

7) CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo, a técnica de resfriamento corporal em função da ingestão de água fria a diferentes volumes não se mostrou efetiva para alterar o nível de estresse termorregulatório, cardiovascular e metabólico durante o exercício. Desse modo, essa estratégia não influenciou o desempenho físico de atletas submetidos a 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor (35°C e 60% URA).

8) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTUS, Y.; TUCKER, R.; GIBSON, S.C.A.; LAMBERT, E.V.; HAMPSON, D.B.; NOAKES, T.D. Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.37, n.3, p.461-468, 2005.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. *Guidelines for exercise testing and prescription*, 6.ed, p.368, 2000.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Position Stand: Exercise and Fluid Replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.28, p.i-vii, 1996.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Position Stand: Exercise and Fluid Replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.39, p.377- 390, 2007.

ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M.; CASTELLANI, J.W.; BERGERON, M.F.; KENEFICK, R.W.; LAGASSE, K.E.; RIEBE, D. Urinary indices of hydration status. *International Journal of Sports Nutrition*; 4: 265-279, 1994.

BACKX, K.; HOWATSON, G.; PALMER, G.S. Fluid replacement and sweat loss of competitive cyclists during road time trials. *Medicine and Science and Sports and Exercise*. 33 (Suppl.): 257, 2001.

BACKX, K.; VAN SOMEREN, K.A.; PALMER, G.S. One hour cycling performance is not affected by ingested fluid volume. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, p.333-342, 2003.

BARRETT, L.K.; SINGER, M.; CLAPP, L.H. Vasopressin: mechanisms of action on the vasculature in health and in septic shock. *Critical Care Medicine*, v.35, n.1, p. 3-40, 2007.

BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.14, p.377-381, 1982.

BRIDGE, M. W.; WELLER, A. S.; RAYSON, M.; JONES, D. A. Ambient temperature and the pituitary hormone responses to exercise in humans. *Experimental Physiology*, v. 88, n. 5, p.627-635, 2003.

BROUNS, F. Gastric emptying as a regulatory factor in fluid uptake. *International Journal of Sports Medicine*, v.19, p.S125-S128, 1998.

BROZEK, J.; GRANDE, F.; ANDERSON, J.T.; KEYS, A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.110, p.113-140, 1963.

BRUNSTROM, J.M.; TRIBBECK, P.M.; MACRAE, A.W. The role of mouth state in the termination of drinking behavior in humans. *Physiology and Behavior*, v. 68, p.579-583, 2000.

CABANAC, M. Physiological role of pleasure. *Science*, 173: p.1103-1107, 1971.

CASA, D.J.; ARMSTRONG, L.E.; HILLMAN, S.K. National Athletic Trainers Association Position Statement: Fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training*, v. 35, p.212-224, 2000.

CHEUNG, S.S. Hyperthermia and voluntary exhaustion: integrating models and future challenges. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*, 32: p.808-17, 2007.

CHEUNG, S.S.; SLEIVERT, G.G. Multiple triggers for hyperthermic fatigue and exhaustion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v.32, n.3, p.100-106, 2004.

CHEUVRONT, S.N.; CARTER, R.; SAWKA, M.N. Fluid balance and endurance exercise performance. *Current Sports Medicine Reports*, 2 : p.202-208, 2003.

CONSOLAZIO, C.F.; JOHNSON, R.E.; PECORA, L.J. *Physiological measurements of metabolic functions in man*. New York: McGraw-Hill, p.414-436, 1963.

COSTILL, D.L.; SALTIN, B. Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 37, n. 5, p. 679-683, 1974.

COYLE, E.F. Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Sciences*, v.22, p.39-55, 2004.

DAVIS, G.R.; SANTA ANA, C.A.; MORAWSKI, S.G.; FORDTRAN, J.S. Development of a lavage solution associated with minimal water and electrolyte absorption or secretion. *Gastroenterology*, 78: p.991-995, 1980.

DAVIS, J.M.; BAILEY, S.P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.29, n.1, p.45-57, 1997.

DILL, D.B.; COSTILL, D.L. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology*, v.37, p.247-248, 1974.

DUBOIS, D.; DUBOIS, E.F. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of International Medicine*, v.17, p.837-836, 1916.

DUGAS, J.P.; OOSTHUIZEN, U.; TUCKER, R.; NOAKES, T.D. Rates of fluid ingestion alter pacing but not thermoregulatory responses during prolonged exercise in hot and humid conditions with appropriate convective cooling. *European Journal of Applied Physiology*, 105: p.69-80, 2008.

FIGARO, M.K.; MACK, G.W. Regulation of fluid intake in dehydrated humans: role of oropharyngeal stimulation. *American Journal of Physiology*, v.272, p.R1740-1746, 1997.

FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, v.74, n.1, p.49-94, 1994.

GARDNER, J.W. Death by water intoxication. *Military Medicine*, v.167, n.5, p.432-434, 2002.

GIBSON, ST.C.; NOAKES, T.D. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, v.38, p.797-806, 2004.

GISOLFI, C.V.; DUCHMAN, S.M. Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.24, n.6, p.679-687, 1992.

GONZALEZ-ALONSO, J.; CALBET, J.A.L.; NIELSEN, B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *The Journal of Physiology*, v.513, p.895-905, 1998.

GONZALEZ-ALONSO, J.; TELLER, C.; ANDERSEN, S. L.; JENSEN, F. B.; HYLDIG, T.; NIELSEN, B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology* , v.86, p.1032-1039, 1999.

GREENLEAF, J.E.; BROCK, P.J.; KEIL, L.C.; MORSE, J. T., Drinking and water balance during exercise and heat acclimation. *Journal of Applied Physiology*, v.54, n.2, p. 414-419, 1983.

GUIMARÃES, M.T.; SILAMI-GARCIA, E. Water replacement and thermoregulatory responses during prolonged exercise. *Brazilian Journal Medical Biology and Research*, v.26, p.1237-1240, 1993.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. *Avaliação da composição corporal aplicada*. 1.ed. São Paulo: Editora Manole, p.243, 2000.

HUBBARD, R.W.; SANDICK, B.L.; MATTHEW, W.T.; FRANCESCONI, R.P.; SAMPSON, J.B.; DURKOT, M.J.; MALLER, O.; ENGELL, D.B. Voluntary dehydration and alliesthesia for water. *Journal of Applied Physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, v.57, n.3, p.868-875, 1984.

IMMS, F.J.; LIGHTEN, A.D. *The cooling effects of a cold drink*. In: J.B. Mercer (ed.), *Thermal Physiology*: New York: Elsevier Science, p.135-139, 1989.

KATCH, F.I.; McARDLE, W.D. Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college age men and women. *Human Biology*, v.45, n.3, p.445-454, 1973.

KAY, D.; MARINO, F. Failure of fluid ingestion to improve self-paced exercise performance in moderate-to-warm humid environments. *Journal of Thermal Biology*, 28: p.29-34, 2003.

KENEFICK, R.W.; MARESH, C.M.; ARMSTRONG, L.E.; CASTELLANI, J.W.; RIEBE, D.; ECHEGARAY, M.E.; KAVOROUS, S.A. Plasma vasopressin and aldosterone responses to oral and intravenous saline rehydration. *Journal of Applied Physiology*, v.89, p.2117-2122, 2000.

KENEFICK, R.W.; MARESH, C.M.; ARMSTRONG, L.E.; RIEBE, D.; ECHEGARAY, M.E.; CASTELLANI, J.W. Rehydration with fluid of varying tonicities: effect on fluid regulatory hormones and exercise performance in the heat. *Journal of Applied Physiology*, v.102, p.1899-1905, 2007.

KREBS, P.S.; POWERS, S.K. Reliability of laboratory endurance tests. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.21: S10, 1989.

LEE, J.K.W.; SHIRREFFS, S.M. The influence of drink temperature on thermoregulatory responses during prolonged exercise in a moderate environment. *Journal of Sports Sciences*, v.25, n.9, p.975-985, 2007.

LEE, J.K.W.; SHIRREFFS, S.M.; MAUGHAN, R.J. Cold drink ingestion improves exercise endurance capacity in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.40, n.9, p.1637-1644, 2008 (b).

LEE, J.K.W; MAUGHAN, R.J.; SHIRREFS, S.M. The influence of serial feeding of drinks at different temperatures on thermoregulatory responses during cycling. *Journal of Sports Sciences*, v.26, n.6, p.583-590, 2008 (a).

LEIPER, J.B. Gastric emptying and intestinal absorption of fluids, carbohydrates, and electrolytes. In. R.J. MAUGHAN e R. MURRAY (Eds.), *Sports drinks – basic science and practical aspects*. Washington, DC: CRC Press, p.89-128, 2001.

LEIPER, J.B.; NICHOLAS, C.W.; ALI, A.; WILLIAMS, C.; MAUGHAN, R.J. The effect of intermittent high-intensity running on gastric emptying of fluids in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.37, n.2: p.240-247, 2005.

MACHADO-MOREIRA, C.A.; VIMIEIRO-GOMES, A.C.; SILAMI-GARCIA, E.; RODRIGUES, L.O.C. Hidratação durante o exercício: a sede é suficiente? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v.12, n.6, p.405-409, 2006.

MARINO, F. Anticipatory regulation and avoidance of catastrophe during exercise-induced hyperthermia. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v.139, p.561-569, 2004.

MARINO, F. E.; KAY, D.; SERWACH, N. Exercise time to fatigue and the critical limiting temperature: effect of hydration. *Journal of Thermal Biology*, v.29, n.1, p.21-29, 2004.

MARINO, F. Special communications. Letter to editor. Author reply. *Experimental Physiology*, v.92, n.2, p.467-468, 2007.

MARINO, F.E. Methods, advantages, and limitations of body cooling for exercise performance. *British Journal of Sports Medicine*, v.36: p.89-94, 2002.

MARINO, F.E.; NOAKES, T.D. Cold fluids improve exercise performance in the heat by slowing the rate of heat gain. Special communications. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.41, n.8: p.1682-1683, 2009.

MARINS, J.C.B.; ARGUDO, C.; IGLESIAS, M.L.; MARINS, N.; ZAMORA, S. Hábitos de hidratação em um colectivo de pruebas de resistência. *Selección*, v.13, n.1: p.18-28, 2004.

MAUGHAN, R.J.; GLEESON, M.; GREENHAFF, P.L. *Bioquímica do exercício e do treinamento*. São Paulo, Manole, p.240, 2000.

MAUGHAN, R.J.; SHIRREFFS, M.; LEE, J.K.W. Special communications. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.41, n.8: p.1684-1685, 2009.

MAUGHAN, R.J.; SHIRREFFS, S.M. Development of individual hydration strategies for athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18, p.457-472, 2008.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Fisiologia Do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., p.1113, 2003.

MCARTHUR, K.E.; FELDMAN, M. Gastric acid secretion, gastrin release, and gastric emptying in humans as affected by liquid meal temperature. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.49: p.51-54, 1989.

McCONNELL, G.K.; BURGE, C.M.; SKINNER, S.L.; HARGREAVES, M. Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 160: p.149-156, 1997.

McCONNELL, G.K.; STEPHENS, T.J.; CANNY, B.J. Fluid ingestion does not influence intense 1-h exercise performance in a mild environment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31: p.386-392, 1999.

McLELLAN, T.M.; CHEUNG, S.S.; JACOBS, I. Variability of time to exhaustion during submaximal exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v.20: 39-51, 1995.

MÜNDEL, T.; KING, J.; COLLACOTT, E.; JONES, D.A. Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment. *Experimental Physiology*, v.91, n.5, p.925-933, 2006.

MURRAY, R. Fluid needs in hot and cold environments. *International Journal of Sports Nutrition*, v.5, p.S62-S73, 1995.

NADEL, E.R.; MACK, G.W.; TAKAMATA, A. *Thermoregulation, exercise and thirst: interrelations in humans*. In: GISOLF, C.A.; LAMB, D.R.; NADEL, E.R. (Ed.) *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*. v.6, Exercise, Heat and Thermoregulation, Cooper Publishing Group, Carmel, IN, USA, p.225-256, 1993.

NIELSEN, B.; HALES, J.R.; STRANGE, S.; CHRISTENSEN, N.J.; WARBERG, J.; SALTIN, B. Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *The Journal of Physiology*, 460, p.467-485, 1993.

NIKOLOPOULOS, V.; ARKINSTALL, M.J.; HAWLEY, J.A. Pacing strategy in simulated cycle time-trials is based on perceived rather than actual distance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v.4, n.2: p.212-219, 2001.

NOAKES, T. Fluid replacement during marathon running. *Clinical Journal of Sport Medicine*, v.13, n.5, p.309-318, 2003.

NOAKES, T.D. Drinking guidelines for exercise: What evidence is there that athletes should drink “as much as tolerable”, “to replace the weight lost during exercise” or “ad libitum”? *Journal of Sports Sciences*, v.25, n.7, p.781-796, 2007 (a).

NOAKES, T.D. Fluid replacement during exercise. *Exercise Sports Science Review*, v.21, p.297-330, 1993.

NOAKES, T.D. Hydration in the marathon: Using thirst to gauge safe fluid replacement. *Sports Medicine*, v.37, n.4-5, p.463-466, 2007 (b).

NOAKES, T.D.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E.V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, v.38, n.4, p.511-514, 2004.

NYBO, L. Hyperthermia and fatigue. *Journal of Applied Physiology*. Article in Press, 2007.

NYBO, L.; NIELSEN, B. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, v.91, p1055-1060, 2001.

O'BRIEN, K.K.; MONTAIN, S.J.; CORR, W.P.; SAWKA, M.N.; KNAPIK, J.J.; CRAIG, S.C. Hyponatremia associated with overhydration in U.S.Army trainees. *Military Medicine*, v.166, n.5, p.405-410, 2001.

ORMEROD, J.K.; ELLIOTT, T.A.; SCHEETT, T.P.; VANHEEST, J.L.; ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M. Drinking behavior and perception of thirst in untrained woman during 6 weeks of heat acclimation and outdoor training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v.13, n.1, p.15-28, 2003.

PARKIN, J.M.; CAREY, M.F.; ZHAO, S.; FEBBRAIO, M.A. Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 86, p.902-908, 1999.

PINSON, E.A.; ADOLPH, E.F. Heat exchanges during recovery from a deficit of body heat. *American Journal of Physiology*, 136: p.105-114, 1942.

PINTO, K.M.C.; RODRIGUES, L.O.C.; VIVEIROS, J.P.; SILAMI-GARCIA, E. Efeitos da temperatura da água ingerida sobre a fadiga durante o exercício em ambiente termoneutro. *Revista Paulista de Educação Física*, v.15, n.1, p.45-54, 2001.

PITSILADIS, Y.P.; MAUGHAN, R.J. The effects of exercise and diet manipulation on the capacity to perform prolonged exercise in the heat and in the cold in trained humans. *The Journal of Physiology*, 517, p.919-930, 1999.

ROBERTS, M. F.; WENGER, C. B.; STOLWIJK, J. A. J.; NADEL, E.R. Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimatization. *Journal of Applied Physiology*, v.43, p.133-137, 1977.

ROBINSON, T.A.; HAWLEY, J.A.; PALMER, G.S.; WILSON, G.R.; GRAY, D.A.; NOAKES, T.D.; DENNIS, S.C. Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *European Journal of Applied Physiology*, 71: p.153-160, 1995.

RODRIGUES, L. O. C.; SILAMI-GARCIA, E. *Fadiga: falha ou mecanismo de proteção?* In: SILAMI-GARCIA, E; LEMOS, K. M; GRECO, P. J. (Org). *Temas Atuais em Educação Física e Esportes III*, p.28-48, 1998.

RODRIGUES, L.O.C.; OLIVEIRA, A.; LIMA, N.R.V.; MACHADO-MOREIRA, C.A. Heat storage rate and acute fatigue in rats. *Brazilian Journal of Medical Biology and Research*, v.36, n.1, p.131-135, 2003.

SALTMARSH, M. Thirst: why do people drink? *Nutrition Bulletin*, 26, p.53-58, 2001.

SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 3.ed., p.264, 2007.

SANDICK, B.L.; ENGELL, D.B.; MALLER, O. Perception of drinking water temperature and effects for humans after exercise. *Physiology and Behaviour*, v.32, n.5: p.851-855, 1984.

SAS Institute Inc. SAS/STAT User's guide. Version 8, Cary, NC: 1999.

SAWKA, M.N. Physiological consequences of hypohydration: Exercise performance and thermoregulation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 24, p. 657-670, 1992.

SBPC/ML – SOCIEDADE BRASILEIRA DE PATOLOGIA CLÍNICA/MEDICINA LABORATORIAL. Recomendações para coleta de sangue venoso. 1. ed. São Paulo: p.76, 2005.

SEIFARTH, C.C.; MIERTSCHISCHK, J.; ECKHARDT, G.H.; HENSEN, J. Measurement of serum and plasma osmolality in healthy young humans – influence of time and storage conditions. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 42 (8): 927–932, 2004.

SHIBASAKI, M.; WILSON, T.E.; CRANDALL, C.G. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.100, p.1692-1701, 2006.

SHIRREFS, S.M. Markers of hydration status. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*; 40: p.80-84, 2000.

SILVA, R.P.; ALTOÉ, J.L.; MARINS, J.C.B. Relevância da temperatura e do esvaziamento gástrico de líquidos consumidos por praticantes de atividade física. *Revista de Nutrição*, v.22, n.5, p.755-765, 2009.

STEPHENSON, L. A.; WENGER, C. W. B.; O'DONOVAN, B. H.; NADEL, E. R. Circadian rhythm in sweating and cutaneous blood flow. *American Journal of Physiology*. (Regulatory Integrative Comp.Physiol., n.15), v.246, p.R321-R324, 1984.

SUN, W.M.; HOUGHTON, L.A.; READ, N.W.; GRUNDY, D.G.; JOHNSON, A.G. Effect of meal temperature on gastric emptying of liquids in man. *Gut*, v.29, n.3: p.302-305, 1988.

SUN, W.M.; PENAGINI, R.; HEBBARD, G.; MALBERT, C.; JONES, K.L.; EMERY, S. Effect of drink temperature on antropyloroduodenal motility and gastric electrical activity in humans. *Gut*, v.37, n.3: p.329-334, 1995.

SZLYK, P.; SILS, I.V.; FRANCESCONI, R.P.; HUBBARD, R.W. Patterns of human drinking: effects of exercise, water temperature, and food consumption. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, v.61, p.43-48, 1990.

SZLYK, P.; SILS, I.V.; FRANCESCONI, R.P.; HUBBARD, R.W.; ARMSTRONG, L.E. Effects of water temperature and flavoring on voluntary dehydration in men. *Physiology and Behaviour*, v.45, n.3, p.639-647, 1989.

TUCKER, R.; MARLE, T.; LAMBERT, E.V.; NOAKES, T.D. The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed rating of perceived exertion. *The Journal of Physiology*, v.573, p.905-915, 2006.

VALADARES, C.P.; SILVA, R.A.P.; TAVARES-JUNIOR, W.C.; DUARTE, M.A. Apresentação da técnica de estudo do tempo de esvaziamento gástrico por meio da ultrasonografia. *Radiologia Brasileira*, v.39, n.1: p.15-18, 2006.

VAN CAUTER, E.; BLACKMAN, D.; ROLAND, D.; SPIRE, J.P.; REFETOFF, S.; POLONSKY, K.S Modulation of glucose regulation and insulin secretion by circadian rhythmicity and sleep. *The Journal of Clinical Investigation*, v.88, n.3 , p.934-942, 1991.

WENDT, D.; VAN LOON, L.J.C.; LICHTENBEL, T.W.D.V.M. Thermoregulation during exercise in the heat: Strategies for maintaining health and performance. *Sports Medicine*, v.37, n.8, p.669-682, 2007.

WILLIAMS, M.H. *Nutrition for health, fitness, and sport*. 5 ed. Boston: WCB / Mcgraw-Hill. p.500, 1999.

WIMER, G.S.; LAMB, D.R.; SHERMAN, W.M.; SWANSON, S.C. Temperature of ingested water and thermoregulation during moderate-intensity exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v.22, n.5: 479-493, 1997.

ANEXOS

ANEXO I – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Parecer nº. ETIC 194/08

Interessado(a): **Prof. Emerson Silame Garcia**
Departamento de Esportes
EEFFTO - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 21 de maio de 2008, o projeto de pesquisa intitulado "**Ínfluência da temperatura da água ingerida no tempo total de exercício de ciclismo de 40 km realizado em ambiente quente e úmido**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

Prof. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO II – Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (DE ACORDO COM O ITEM IV DA RESOLUÇÃO 196/96 DO CNS)

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA

Efeitos da temperatura e do volume de água ingerido no desempenho durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor.

OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo principal verificar os efeitos da temperatura e do volume de água ingerido no desempenho durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada em ambiente quente e úmido. O objetivo secundário será observar os efeitos da temperatura e do volume de água consumido sob algumas respostas metabólicas, cardiovasculares e termorregulatórias.

PROCEDIMENTOS

Primeiramente, você responderá um questionário médico para saber se você está apto a participar do estudo. Em seguida você se submeterá a uma avaliação física que tem o propósito de determinar suas características físicas.

Você irá realizar um exercício progressivo para determinação do consumo máximo de oxigênio seguido de uma familiarização e outras quatro situações experimentais. No exercício progressivo, familiarização e nas situações experimentais, você deverá pedalar na sua própria bicicleta que será montada sobre um sistema de frenagem eletromagnética. O exercício progressivo iniciará com uma carga de 100W por 1 minuto e será aumentada 10W a cada 30 segundos até que um ou mais critérios de fadiga sejam atingidos. Os seguintes critérios serão considerados para a interrupção do exercício:

- Você solicitar o término do exercício;
- Nota igual a 20 na escala de Percepção Subjetiva do Esforço;
- Platô do consumo de oxigênio mesmo com o aumento de carga;
- Frequência cardíaca atingida equivalente a 90% da máxima prevista
- Os pesquisadores notarem a presença de sintomas como tontura, confusão, falta de coordenação dos movimentos, palidez, cianose, náusea, pele fria e úmida.

Em cada situação experimental e na familiarização você deverá pedalar 40 km ingerindo água *ad libitum* ou de forma programada nas temperaturas de 10°C e 37°C. Em todas estas situações, um ou mais pesquisadores estarão presentes monitorando todas as atividades realizadas.

Amostras de sangue de 30µL serão coletadas por punção da polpa digital a cada 8 km e nos períodos pré e pós-exercício. Neste procedimento, serão utilizadas lancetas descartáveis que podem trazer algum desconforto, mas que em geral é bem tolerado por todos.

Além disso, durante o período pré e pós-exercício, um pesquisador, previamente treinado em técnicas de punctura de veias periféricas, escolherá a veia mais proeminente da região anterior do antebraço, onde será retirada uma amostra de sangue de 12 mL. Os aspectos relacionados à biossegurança serão observados antes, durante e após as situações experimentais. Técnicas de higienização, esterilização e assepsia serão respeitadas e previamente treinadas. Todos os materiais relacionados às colheitas de sangue serão descartáveis, sendo o lixo hospitalar apropriadamente armazenado e, se necessário, tratado para descarte no meio ambiente.

As variáveis que serão mensuradas e/ou calculadas durante o experimento serão: tempo total de exercício, concentração de glicose sanguínea, osmolalidade plasmática, temperatura retal, frequência cardíaca, concentração de lactato sanguíneo, percepção subjetiva de esforço, temperatura média da pele, temperatura média do corpo, estado de hidratação, sudorese total, taxa de sudorese, variação percentual do volume plasmático, potência, cadência, velocidade e taxa de acúmulo de calor.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS

Todos os seus dados são confidenciais e somente os pesquisadores envolvidos no estudo terão acesso às informações. Os dados coletados serão utilizados somente para fins de pesquisa e sua identidade será mantida em sigilo.

BENEFÍCIOS

Como benefício, os voluntários dessa pesquisa terão acesso às informações coletadas no transcorrer do projeto que por sua vez podem ser úteis no planejamento dos treinos. São elas: anamnese completa com análise médica; teste de consumo máximo de oxigênio (espirometria); composição corporal; análise de parâmetros de fadiga durante o exercício; análise das respostas do organismo ao consumo de água em diferentes temperaturas.

RISCOS

Você poderá apresentar dores musculares, tardias ou não, e sensação de cansaço, que devem desaparecer entre 2 e 5 dias. Hematomas também podem aparecer no local da colheita de sangue, regredindo no máximo após uma semana. Riscos gerais que envolvem a prática de atividades físicas devem ser considerados, como lesões músculo-esqueléticas, traumatismo em geral e ataques cardíacos. Entretanto, você realizará uma atividade física em condições laboratoriais, com procedimentos cautelosos e tecnicamente bem executados.

EVENTUAIS DESPESAS MÉDICAS

Não está prevista qualquer forma de remuneração ou pagamento de eventuais despesas médicas para os voluntários. Todas as despesas especificamente relacionadas com o estudo são de responsabilidade do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Você dispõe de total liberdade para esclarecer questões que possam surgir durante o andamento da pesquisa. Qualquer dúvida, por favor, entre em contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo: Emerson Silami Garcia (orientador), tel. 3409-2350 e Moisés Vieira de Carvalho, tels. 3409-2350 / 8804-0300 / 2526-7872.

Você poderá recusar-se a participar deste estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar. Você também deve compreender que os pesquisadores podem decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais você será devidamente informado.

CONSENTIMENTO

Concordo com tudo o que foi exposto acima e, voluntariamente, aceito participar deste estudo do Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Tenho consciência que a qualquer momento posso deixar de participar deste estudo sem dar nenhuma justificativa aos pesquisadores ou qualquer pessoa envolvida. Os resultados desta pesquisa serão utilizados apenas para fins de pesquisa.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2008.

Assinatura do voluntário: _____

Assinatura da testemunha: _____

Declaro que expliquei os objetivos deste estudo para o voluntário, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Moisés Vieira de Carvalho
Mestrando / Pesquisador

Dr. Emerson Silami Garcia
Prof. Titular da EEEFTO – UFMG

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais e pelo Colegiado de Pós-Graduação em Ciências do Esporte M/D da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Qualquer consideração ou reclamação, entre em contato com o COEP/ UFMG: Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte – MG CEP 31270-901. Tel: 34094592. E-mail: coep@prpq.ufmg.br.

ANEXO III – Questionário clínico padrão (1 e 2)

“Efeitos da temperatura e do volume de água ingerido no desempenho durante 40 km de ciclismo com intensidade auto-regulada no calor”

Data: _____ Data de nascimento: ____/____/____

Nome: _____

QUESTIONÁRIO N° 01

Instruções:

- As respostas a estes questionários são confidenciais.
- Somente o médico responsável pela sua avaliação e os pesquisadores deste estudo terão acesso às suas respostas.

Você tem alguma queixa sobre seu estado de saúde atualmente?

(Caso positivo, descreva o que sente, há quanto tempo começou e o que tem feito para melhorar o problema.)

- 1) Quando foi seu último exame médico completo? Qual foi o motivo?
- 2) Você teve ou tem alguma doença ou ferimento desde seu último exame médico?
- 3) Já esteve internado em hospital? Qual foi o motivo?
- 4) Já fez alguma cirurgia? Qual e quando?
- 5) Está tomando regularmente algum medicamento ou pílula? Qual?
- 6) Alguma vez tomou algum tipo de suplemento alimentar ou vitaminas para ajudá-lo a ganhar ou perder peso?
- 7) Você tem períodos de alergia que necessitam de tratamento médico? (pólen, medicamentos, comida, insetos)
- 8) Já passou mal durante ou após exercitar-se?
- 9) Já desmaiou durante ou depois do exercício?
- 10) Já sentiu tontura durante ou após o exercício?
- 11) Alguma vez já teve dores no peito durante ou após o exercício?
- 12) Você se cansa mais rápido do que seus amigos durante o exercício?
- 13) Já teve palpitações, disparos do coração ou batimentos descontínuos?

- 14) Já mediu sua pressão arterial? Qual foi o resultado?
- 15) Já mediu o seu colesterol sanguíneo? Qual foi o resultado?
- 16) Você já mediu a sua glicose sanguínea? Qual foi o resultado?
- 17) Algum médico já disse que você tem um sopro no coração?
- 18) Algum membro de sua família ou parente morreu de problemas no coração ou teve morte súbita antes dos 50 anos? Quem?
- 19) Algum médico alguma vez proibiu ou limitou sua participação em esportes?
- 20) Você teve alguma infecção no último mês?
- 21) Já teve convulsão?
- 22) Você tem dores de cabeça freqüentes ou muito fortes?
- 23) Já teve dormência ou formigamento nos braços, mãos, pernas ou pés?
- 24) Você já usou ou usa bebida alcoólica? Qual freqüência?
- 25) Você fuma ou já fumou? Quantos cigarros por dia?
- 26) Você tosse, chia ou tem dificuldade para respirar durante ou após o exercício?
- 27) Você tem asma?
- 28) Já usou inalador (bombinha)?
- 29) Usa ou já usou equipamentos corretivos (joelheiras, colete de pescoço, calçados ortopédicos, protetores nos dentes, aparelho de surdez)?
- 30) Apresenta algum problema nos olhos ou na visão?
- 31) Seu peso está estável?
- 32) Você faz alguma dieta para controlar seu peso?
- 33) Alguma vez teve torção, distensão ou inchaço depois de um acidente esportivo?
- 34) Já fraturou algum osso ou luxou alguma articulação?
- 35) Já teve algum problema de dor ou inchaço nos músculos, tendões, ossos ou articulações? Se sim, descreva a região onde ocorreu.

Declaro que as respostas acima estão respondidas da forma mais completa e corretas.

Assinatura do voluntário

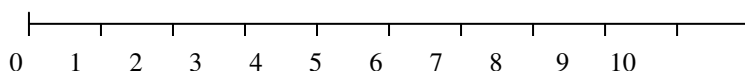
Data: ____/____/____


Adaptado do consenso das Sociedades Norte-americanas de Pediatria, Medicina de Família, Medicina Desportiva, Ortopedia e Osteopatia Desportiva, 1997. In: The Physician and Sportsmedicine, McGraw-Hill Healthcare, 2nd edition, Minneapolis, New York, USA.

QUESTIONÁRIO N° 02

Procedimento de coleta de sangue a vácuo

- a) Você já foi a um laboratório para fazer exame de sangue? Há quanto tempo?
- b) Houve alguma complicação ao retirar o sangue? Em caso afirmativo, você teve algum dos seguintes sintomas?
- () tontura () suor frio () palidez da face
- () fraqueza () desmaio
- c) Após a retirada do sangue, ocorreram hematomas ou perda de sensibilidade da pele no local da punção venosa?
- d) Em uma escala de 01 a 10, classifique o seu incômodo em relação à coleta de sangue em geral, considerando a sensação de dor produzida pela agulha e o momento de visualização do sangue. Dentro da escala, os menores valores significam pouco incômodo e os maiores valores significam muito incômodo.



Pouco incômodo  Muito incômodo

Assinatura do voluntário

Data: ____/____/____