

**CRISTIANO LINO MONTEIRO DE BARROS**

**INFLUÊNCIA DO CALOR SOBRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DO LACTATO,  
CONCENTRAÇÃO FIXA DE 4mM E LIMIAR ANAERÓBIO INDIVIDUAL**

**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da  
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG  
Belo Horizonte - 2007**

**CRISTIANO LINO MONTEIRO DE BARROS**

**INFLUÊNCIA DO CALOR SOBRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DO LACTATO,  
CONCENTRAÇÃO FIXA DE 4mM E LIMIAR ANAERÓBIO INDIVIDUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Área de concentração: Treinamento esportivo

Linha de pesquisa: Fisiologia do exercício

**Orientador:** Prof. Dr. Emerson Silami Garcia

**Co-orientador:** Prof. Dr. Vilmar Baldissera

**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da  
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG  
Belo Horizonte - 2007**

B277i Barros, Cristiano Lino Monteiro de  
2007

Influência do calor sobre a máxima fase estável do lactato, concentração fixa de 4mM e limiar anaeróbio individual. [manuscrito] / Cristiano Lino Monteiro de Barros – 2007.

108 f., enc.: il.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Silami Garcia

Co-orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 78-85

1. Lactato. 2. Limiar anaeróbio. 3. Calor. 4. Medidas. I. Garcia, Emerson Silami. II. Baldissera, Vilmar. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 796.42

**Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.**

**INFLUÊNCIA DO CALOR SOBRE A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DO LACTATO,  
CONCENTRAÇÃO FIXA DE 4mM E LIMIAR ANAERÓBIO INDIVIDUAL**

Dissertação submetida à defesa em 9 de março de 2007, com a banca examinadora constituída pelos professores:

---

Emerson Silami Garcia (orientador)

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais

---

Cláudio Alexandre Gobatto

Instituto de Biociências  
Universidade Estadual Paulista

---

Luciano Sales Prado

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais

**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da  
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG  
Belo Horizonte – 2007**

## **DEDICATÓRIA**

**Aos meus pais**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, principais responsáveis, mesmo que de forma indireta, pela realização deste estudo. Pais que nunca mediram esforços para possibilitar, a mim, a melhor educação possível. Ao meu pai, meu grande ídolo e exemplo de homem, pelos ensinamentos de vida e demonstração de honestidade, personalidade, caráter e, principalmente, humildade. À minha mãe, principal responsável pela minha educação básica, também pelos ensinamentos de vida e pela demonstração de amor incondicional, por ter abdicado de tudo para se dedicar exclusivamente aos filhos e por me mostrar que ninguém gosta mais de mim do que meus pais. Quando crescer, quero ser igual a vocês!

Ao meu orientador Prof. Dr. Emerson Silami Garcia, profissional que tenho como exemplo de sabedoria, ética e realização profissional, por ter me acolhido em seu laboratório quando cheguei a Belo Horizonte, por ter sempre confiado em meu trabalho, pelas oportunidades até agora oferecidas, por toda a experiência teórico-prática proporcionada e por todo o auxílio durante esta caminhada.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Vilmar Baldissera, por mim considerado o melhor professor de Fisiologia, por toda ajuda desde a elaboração do projeto deste trabalho, pelas oportunidades já oferecidas em seu laboratório, pela boa vontade apresentada sempre que requerido e pela demonstração de que antes do cientista existe o ser humano.

Aos meus grandes amigos, no mais profundo sentido da palavra, Lucas Mortimer e Thiago Teixeira, exemplos de responsabilidade, dedicação, competência e, principalmente, vontade de fazer o melhor. Ambos participaram desde a elaboração do projeto, além da coleta de dados, análise, discussão e apresentação. Foram vários meses de convivência, nos quais pude aprender muito com vocês. Sem vocês este trabalho não existiria!

Ao meu amigo Flávio, a quem considero pessoa mais competente da minha geração e que sempre terei como espelho, pela amizade e por toda a ajuda, principalmente na parte teórica e estatística.

Aos meus irmãos Rafael e Karla, pela amizade e apoio incondicional durante todos estes anos acadêmicos. À Karla pela demonstração de perseverança, compromisso, determinação e força de vontade e ao Rafa pelo simples fato de sua existência, algo me deixa sempre otimista por um mundo melhor.

Ao meu amigo, ex-professor e grande incentivador científico Prof. Ms. Guilherme Gularte De Agostini, por todos os ensinamentos, oportunidades acadêmicas oferecidas, contatos com outros laboratórios e professores e, principalmente, por me mostrar o caminho da Fisiologia do Exercício, disciplina esta que ninguém conhece mais do que ele.

Aos amigos da sala do Emerson pelo bom convívio e pelas ajudas quando necessário; Aline, Liliane, Andréa, Vinícius, Priscila, Camila, Daniel e, principalmente Mariella pela amizade e pela força que sempre me deu desde que cheguei a Belo Horizonte.

Àqueles que me ajudaram em algum momento dos experimentos e que nunca deixaram de serem compromissados com a ciência: Lucas Lima, Rafael Pacheco, Bárbara, Luiz, Samuel, Milene, Juliana, Gustavo, Renata.

Aos amigos do LAFISE, que sempre que solicitei ajuda fui contemplado, e pelos bons momentos vividos fora do ambiente de estudo: Roberta (Bebé), Juliana, Samuel, Letícia, Reinaldo, Luciana, Ivana, Liliane Peixoto.

À Universidade Federal de Uberlândia, primeiramente por ser a instituição na qual me graduei e também pelos empréstimos institucionais fornecidos sempre que solicitei.

À Universidade Católica de Brasília, aonde realizei todas as análises sangüíneas deste estudo, principalmente ao Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões e ao meu grande amigo Guilherme Puga. O primeiro por sempre ter confiado em mim e aberto as portas de seu laboratório antes mesmo de me conhecer, e pelos exemplos de competência, profissionalismo e compromisso. O segundo pela amizade de longo tempo, por fazer parte da minha caminhada inicial na ciência e pela ajuda irrestrita nas análises laboratoriais, até mesmo me acolhendo em sua casa durante várias vezes.

Ao meu amigo Luciano Antonacci, pessoa que aprendi a admirar nos últimos anos, pelo exemplo de competência e perfeição, e por sempre elevar minha auto-estima.

A todos aqueles que iniciaram comigo no mundo científico e que sempre serão lembrados: Rodrigão, Stênio, Michell, João Elias, Romeu, Vivian.

Não poderia de deixar de agradecer a todos os meus familiares que me receberam e acolheram tão bem quando cheguei a Belo Horizonte, principalmente ao meu avô Newton Monteiro de Barros, pelas sábias palavras, pelo exemplo de perseverança e luta e também por permitir que eu freqüentasse sua casa todos os dias na hora do

almoço, e à minha madrinha Marilene, com quem dividi apartamento durante meu primeiro ano. Gostaria de agradecer também ao meu tio-avô Clóvis Vilanova, pessoa mais inteligente que eu conheço, por servir, sempre, de fonte inspiradora para minha incansável busca pelo conhecimento.

Aos amigos Ézio e Maurício, por toda a ajuda sempre que solicitados.

À secretária da Pós-graduação, Claudinha, por toda a ajuda oferecida desde que cheguei na UFMG.

À minha amiga Priscila Elisa, por estar sempre disponível para me ajudar com as soluções químicas, mesmo quando não era tão criteriosa para medir os volumes.

Aos meus amigos de infância, Dondons, Blau Blau, Deivid e André Magrini, pelos inúmeros bons momentos vividos juntos nestes anos e pela imensurável amizade, a qual completa o sentido de minha vida.

A todos os voluntários que se dispuseram a participar da pesquisa e que se comprometeram durante todo o período experimental.

Ao Ministério dos Esportes, a CAPES e ao CNPq por toda a ajuda financeira destinada a mim e à Universidade Federal de Minas Gerais.

Por último, no entanto tão importante quanto qualquer outro acima mencionado, quero agradecer ao povo brasileiro que financiou meus estudos desde a graduação.



**“A essência do conhecimento é: uma vez que você o tenha, ensiná-lo”.**

*Confucius*

## RESUMO

A máxima fase estável do lactato (MFEL) é considerada por alguns autores como o padrão ouro da aptidão aeróbia. É bem estabelecido que a lactatemia é maior em exercícios realizados no calor, embora o mecanismo responsável por tal resposta ainda não esteja bem definido, sendo que alguns autores considerem a maior concentração de adrenalina no calor, como a principal causa. A MFEL já foi estudada em diversas situações experimentais, no entanto, ainda não se sabe se a temperatura ambiente influencia a MFEL. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência do calor sobre a MFEL e a intensidade da MFEL (MFELw). A amostra foi composta por nove homens jovens, estudantes de educação física ( $24,2 \pm 2,5$  anos;  $74,99 \pm 7,40$  kg;  $178,7 \pm 4,0$  cm;  $48,07 \pm 4,63$  mL $\cdot$ kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$ ). A MFEL foi determinada em cicloergômetro, dentro de uma câmara ambiental, em duas situações: quente (temperatura seca de 40°C; MFEL-40) e temperada (temperatura seca de 22°C; MFEL-22), ambas com umidade relativa do ar a 50%. Em cada situação experimental os voluntários realizaram um teste progressivo máximo ( $P_{22^{\circ}\text{C}}$  e  $P_{40^{\circ}\text{C}}$ ) seguido de três a cinco testes submáximos ( $T_{\text{sub}}$ ). Tanto o  $P_{22^{\circ}\text{C}}$  quanto o  $P_{40^{\circ}\text{C}}$  iniciaram com uma potência de 60W e tiveram acréscimos de 15W a cada três minutos. Os  $T_{\text{sub}}$  tiveram duração de 30 minutos, com a intensidade inicial correspondente a 3,5mM determinada nos testes máximos. As intensidades subsequentes foram ajustadas de acordo com o resultado do primeiro  $T_{\text{sub}}$ . A MFEL foi determinada pela maior intensidade na qual a concentração sanguínea de lactato ([Lac]) não variou mais do que 1mM entre o minuto 10 e 30 de exercício. A MFEL-22 foi maior do que a MFEL-40 ( $5,60 \pm 0,26$  e  $4,22 \pm 0,48$  mM, respectivamente;  $p < 0,05$ ) e, além disso, não houve correlação significativa entre a MFEL-22 e a MFEL-40 ( $r = 0,13$ ). A MFELw foi maior no ambiente temperado quando comparada ao ambiente quente ( $180 \pm 32$  e  $148 \pm 33$ W, respectivamente;  $p < 0,05$ ). A MFELw-22°C apresentou uma correlação significativa com a MFELw-40°C ( $r = 0,80$ ,  $p < 0,05$ ). Os resultados mostraram que o maior acúmulo de lactato no calor promove a redução da MFELw e que ajustes na carga de treinamento devem ser feitos quando a MFEL é utilizada como critério para determinação da intensidade do treinamento.

Palavras-chave: máxima fase estável do lactato, limiar anaeróbio individual, calor

## ABSTRACT

Maximal lactate steady state (MLSS) is considered by some authors as the gold standard of endurance capacity. It is well established that the blood lactate concentration (BLC) is higher in exercise performed in the heat and although the mechanism responsible for this response is not clear, some authors point out that higher blood adrenaline concentration may be the main cause. The MLSS has been widely studied in various experimental situations. However, the influence of ambient temperature on MLSS has not been established yet. Thus, the purpose of this study was to verify the influence of heat on MLSS and MLSS intensity (MLSSw). Nine young male physical education students ( $24.2 \pm 2.5$  years;  $74.99 \pm 7.40$  kg;  $178.7 \pm 4.0$  cm;  $48.07 \pm 4.63$  mL $\cdot$ kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$ ) volunteered for the study. MLSS was determined on a cycle ergometer, inside of an environmental chamber in two experimental situations: hot (dry bulb temperature 40°C; MFEL-40) and temperate (dry bulb temperature 22°C; MFEL-22), both with a relative humidity of 50%. In each experimental situation, the subjects performed a graded exercise test ( $P_{22^{\circ}\text{C}}$  e  $P_{40^{\circ}\text{C}}$ ) and three to five submaximal tests ( $T_{\text{sub}}$ ). Both the  $P_{22^{\circ}\text{C}}$  and the  $P_{40^{\circ}\text{C}}$  started with a power output of 60W and had increments of 15W every three minutes. The  $T_{\text{sub}}$  were 30min long, and the first load was the intensity corresponding to 3,5mM of lactate determined in the graded exercise tests. The following intensities were adjusted according to the result of the first  $T_{\text{sub}}$ . The MLSS was determined as the highest intensity maintained in which the BLC did not increase more than 1mM between minutes 10 and 30 of exercise. MLSS-22 was higher than MLSS-40 ( $5.60 \pm 0.26$  e  $4.22 \pm 0.48$  mM, respectively;  $p < 0.05$ ) and no significant correlation was found between MLSS-22 and MLSS-40 ( $r = 0.13$ ). The MLSSw was higher in the temperate when compared to the hot environment ( $180 \pm 32$  e  $148 \pm 33$ W, respectively;  $p < 0.05$ ). The MLSSw-22 presented a high correlation with MLSS-40 ( $r = 0.80$ ,  $p < 0.05$ ). The results show that a higher lactate accumulation in the heat reduces the MLSSw and that adjustments in the training load should be done when the MLSS is used as the criteria to determine the intensity of training sessions.

Key words: maximal lactate steady state, individual anaerobic threshold, heat stress

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características físicas dos voluntários .....	32
<b>Tabela 2.</b> Lactatemia (mM) na máxima fase estável do lactato em cada situação experimental.....	41
<b>Tabela 3.</b> Potência (W) na máxima fase estável do lactato (MFELw) em cada situação experimental.....	45
<b>Tabela 4.</b> Variáveis correspondentes à máxima estável do lactato (MFEL) nas temperaturas 22 °C e 40 °C .....	54
<b>Tabela 5.</b> Variáveis correspondentes à concentração fixa de 4 mM (OBLA) nas temperaturas 22 °C e 40 °C.....	55
<b>Tabela 6.</b> Variáveis correspondentes ao limiar anaeróbio individual (IAT) nas temperaturas 22 °C e 40 °C .....	58
<b>Tabela 7.</b> Variáveis correspondentes à concentração fixa de 4 mM (OBLA), limiar anaeróbio individual (IAT) e máxima fase estável do lactato (MFEL) na situação 22 °C.....	61
<b>Tabela 8.</b> Variáveis correspondentes à concentração fixa de 4 mM (OBLA), limiar anaeróbio individual (IAT) e máxima fase estável do lactato (MFEL) na situação 40 °C.....	61
<b>Tabela 9.</b> Resultados individuais da lactatemia (mM) em exercícios realizados com a mesma potência no ambiente quente e temperado .....	62
<b>Tabela 10.</b> Resultados individuais do percentual da potência em relação à MFELw .....	64

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Exemplo da determinação da concentração fixa de 4mM de lactato em um indivíduo.....	35
<b>Figura 2.</b> Exemplo de determinação do limiar anaeróbio individual de um indivíduo.....	36
<b>Figura 3.</b> Exemplo de determinação da máxima fase estável do lactato de um indivíduo.....	37
<b>Figura 4.</b> Lactatemia na MFEL-22 de cada voluntário.....	42
<b>Figura 5.</b> Lactatemia na MFEL-40 de cada voluntário.....	43
<b>Figura 6.</b> Lactatemia na MFEL-22 e na MFEL-40 ao longo dos 30 minutos de exercício.....	44
<b>Figura 7.</b> Correlação entre a MFELw-22 e MFELw-40.....	45
<b>Figura 8.</b> Correlação entre a MFELw-22 e Wpico-22.....	46
<b>Figura 9.</b> Correlação entre a MFELw-40 e Wpico-40.....	46
<b>Figura 10.</b> Correlação entre a MFELw-22 e Wpico-ACSM.....	48
<b>Figura 11.</b> Correlação entre a MFELw-40 e Wpico-ACSM.....	49
<b>Figura 12.</b> Freqüência cardíaca na MFEL-22 e MFEL-40 ao longo dos 30 minutos de exercício.....	50
<b>Figura 13.</b> Temperatura interna na MFEL-22 e MFEL-40 ao longo dos 30 minutos de exercício.....	51
<b>Figura 14.</b> Mediana da percepção subjetiva do esforço na MFEL-22 e MFEL-40 ao longo dos 30 minutos de exercício.....	52
<b>Figura 15.</b> Taxa de sudorese na MFEL-22 e MFEL-40.....	53
<b>Figura 16.</b> Temperatura de peito na MFEL-22 e MFEL-40.....	54
<b>Figura 17.</b> Correlação entre a potência correspondente ao OBLA-22 e OBLA-40.....	56
<b>Figura 18.</b> Correlação entre a potência correspondente ao OBLA-22 e MFELw-22.....	57
<b>Figura 19.</b> Correlação entre a potência correspondente ao OBLA-40 e MFELw-40.....	57
<b>Figura 20.</b> Correlação entre a potência correspondente ao IAT-22 e IAT-40.....	59
<b>Figura 21.</b> Correlação entre a potência correspondente ao IAT-22 e MFELw-22.....	60

<b>Figura 22.</b> Correlação entre a potência correspondente ao IAT-40 e MFELw-40 .....	60
<b>Figura 23.</b> Lactatemia durante os 30 minutos de exercício realizado com a mesma potência nas duas situações experimentais .....	63
<b>Figura 24.</b> Lactatemia durante os exercícios progressivos realizados em ambiente temperado (22 °C) e quente (40 °C).....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS

**[Lac]** = concentração de lactato sangüíneo

**ACSM** = Colégio Americano de Medicina Esportiva

**ADP** = adenosina difosfato

**ATP** = adenosina trifosfato

**CP** = creatina fosfato

**FC** = frequência cardíaca

**FC<sub>máx</sub>** = frequência cardíaca máxima

**H<sup>+</sup>** = íon hidrogênio

**IAT** = limiar anaeróbio individual

**IAT-22** = potência correspondente ao limiar anaeróbio individual na temperatura de 22 °C

**IAT-40** = potência correspondente ao limiar anaeróbio individual na temperatura de 40 °C

**“LA”** = limiar anaeróbio

**“LL”** = limiar de lactato

**MFEL** = máxima fase estável do lactato

**MFEL-22** = máxima fase estável do lactato na temperatura de 22 °C

**MFEL-40** = máxima fase estável do lactato na temperatura de 40 °C

**MFEL<sub>c</sub>** = lactatemia na máxima fase estável do lactato

**MFEL<sub>c</sub>-22** = lactatemia na máxima fase estável do lactato na temperatura de 22 °C

**MFEL<sub>c</sub>-40** = lactatemia na máxima fase estável do lactato na temperatura de 40 °C

**MFEL<sub>w</sub>** = potência na máxima fase estável do lactato

**MFEL<sub>w</sub>-22** = potência na máxima fase estável do lactato na temperatura de 22 °C

**MFEL<sub>w</sub>-40** = potência na máxima fase estável do lactato na temperatura de 40 °C

**NAD** = nicotinamida adenina dinucleotídeo

**NADH** = nicotinamida adenina dinucleotídeo na forma reduzida

**OBLA** = concentração fixa de 4mM de lactato sangüíneo

**OBLA-22** = potência correspondente à concentração fixa de 4mM de lactato sangüíneo na temperatura de 22 °C

**OBLA-40** = potência correspondente à concentração fixa de 4mM de lactato sangüíneo na temperatura de 40 °C

**P<sub>22°C</sub>** = exercício progressivo na temperatura de 22 °C

**P<sub>40°C</sub>** = exercício progressivo na temperatura de 40 °C

**P<sub>ACSM</sub>** = teste progressivo proposto pelo ACSM

**Pi** = fosfato inorgânico

**RER** = razão de troca respiratória

**Ti** = temperatura interna

**Tp** = temperatura do peito

**Tr** = temperatura retal

**VCO<sub>2</sub>** = produção de gás carbônico

**VE** = ventilação

**VE·VCO<sub>2</sub><sup>-1</sup>** = equivalente respiratório de gás carbônico

**VO<sub>2</sub>** = consumo de oxigênio

**VO<sub>2máx</sub>** = consumo máximo de oxigênio

**Wpico-22** = potência pico atingida no exercício progressivo na temperatura de 22 °C

**Wpico-40** = potência pico atingida no exercício progressivo na temperatura de 40 °C

**Wpico-ACSM** = potência pico atingida no teste proposto pelo ACSM



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1. Máxima Fase Estável do Lactato.....	18
1.1.1. Conceitos.....	18
1.1.2. Determinação da intensidade correspondente à máxima fase estável do lactato .....	20
1.1.3. Concentração de lactato na máxima fase estável do lactato .....	21
1.1.4. Máxima fase estável do lactato e desempenho.....	22
1.1.5. Importância de medir a máxima fase estável do lactato.....	23
1.2. Produção e/ou acúmulo de lactato .....	24
1.2.1. Teoria Hipóxica.....	25
1.2.2. Teorias Não Hipóxicas.....	26
1.2.2.1. Atividade simpato-adrenal.....	26
1.2.2.2. Recrutamento de unidades motoras.....	27
1.3. Lactatemia e estresse térmico .....	27
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>30</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
3.1. Cuidados éticos .....	31
3.2. Amostra .....	31
3.3. Coleta de Dados.....	32
3.3.1. Delineamento experimental.....	32
3.3.2. Procedimentos.....	33
3.3.2.1. Protocolo de exercício progressivo para determinação do $VO_{2máx}$ .....	33
3.3.2.2. Protocolos para determinação dos “limiares anaeróbios” .....	33
3.3.2.3. Métodos de identificação dos “limiares anaeróbios” .....	34
3.3.2.3.1. Concentração fixa de 4mM de lactato .....	34
3.3.2.3.2. Limiar anaeróbio individual .....	35
3.3.2.4. Protocolos para determinação da máxima fase estável do lactato .....	36
3.3.2.5. Critérios para interrupção dos testes .....	37

3.3.3. Variáveis medidas.....	38
3.3.3.1. Variáveis Ergoespirométricas .....	38
3.3.3.2. Lactatemia .....	38
3.3.3.3. Temperatura retal e de peito.....	39
3.3.3.4. Taxa de Sudorese.....	39
3.3.3.5. Freqüência Cardíaca .....	39
3.3.3.6. Estado de hidratação e dieta .....	39
3.3.3.7. Percepção subjetiva do esforço .....	40
3.4. Análise estatística.....	40
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
4.1. Testes constantes.....	41
4.1.1. Lactatemia na máxima fase estável do lactato .....	41
4.1.2. Potência da máxima fase estável do lactato .....	44
4.1.3. Freqüência cardíaca na máxima fase estável do lactato .....	49
4.1.4. Consumo de oxigênio na máxima fase estável do lactato.....	50
4.1.5. Temperatura interna na máxima fase estável do lactato .....	50
4.1.6. Percepção subjetiva de esforço na máxima fase estável do lactato .....	51
4.1.7. Taxa de sudorese e desidratação na máxima fase estável do lactato .....	52
4.1.8. Temperatura de peito na máxima fase estável do lactato .....	53
4.2. Testes progressivos.....	55
4.2.1. Concentração fixa de 4mM de lactato .....	55
4.2.2. Limiar anaeróbio individual .....	58
4.3. Lactatemia em potências iguais nos testes progressivos e constantes.....	62
4.4. Lactatemia nos testes constantes realizados com a mesma potência nos dois ambientes.....	62
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>66</b>
5.1. Influência do calor na máxima fase estável do lactato.....	66
5.2. Lactatemia na máxima fase estável do lactato e calor.....	69
5.3. Potência na máxima fase estável do lactato e nos “limiares anaeróbios” .....	70

5.3.1. Potência na máxima fase estável do lactato e na concentração fixa de 4mM de lactato .....	71
5.3.2. Potência na máxima fase estável do lactato e no limiar anaeróbio individual .....	74
5.4. Frequência cardíaca na máxima fase estável do lactato .....	75
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>77</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>85</b>
Anexo 1. Termo de consentimento livre e esclarecido .....	86
Anexo 2. Características físicas dos voluntários da pesquisa .....	89
Anexo 3. Lactatemia nos exercícios progressivos.....	90
Anexo 4. Glicemia nos exercícios progressivos .....	92
Anexo 5. Percepção subjetiva de esforço nos exercícios progressivos .....	94
Anexo 6. Frequência cardíaca nos exercícios progressivos.....	95
Anexo 7. Consumo de oxigênio nos exercício progressivos .....	96
Anexo 8. Potência correspondente ao IAT e OBLA nas duas situações experimentais.....	97
Anexo 9. Frequência cardíaca correspondente ao IAT e OBLA nas duas situações experimentais .....	98
Anexo 10. Consumo de oxigênio correspondente ao IAT e OBLA nas duas situações experimentais .....	99
Anexo 11. Percepção subjetiva de esforço correspondente ao IAT e OBLA nas duas situações experimentais.....	100
Anexo 12. Frequência cardíaca na máxima fase estável do lactato.....	101
Anexo 13. Consumo de oxigênio na máxima fase estável do lactato.....	103
Anexo 14. Percepção subjetiva de esforço na máxima fase estável do lactato .....	105
Anexo 15. Lactatemia na máxima fase estável do lactato .....	106
Anexo 16. Glicemia na máxima fase estável do lactato .....	107

## 1. INTRODUÇÃO

Poucos conceitos no campo da ciência do exercício têm gerado tanto debate como a resposta do lactato sangüíneo ao exercício. Os desentendimentos entre os pesquisadores originam-se não somente da ausência de padronização metodológica, mas também da falta de consenso nos termos utilizados como base teórica.

### 1.1. Máxima Fase Estável do Lactato

#### 1.1.1. Conceitos

O “limiar anaeróbio” (“LA”) ou uma intensidade de exercício acima da qual existe acúmulo de lactato tem uma longa história de investigação científica. Segundo Svedahl e MacIntosh (2003), Owles em 1930 foi o primeiro pesquisador a verificar que, em exercícios de baixa intensidade, o lactato não se alterava em relação aos valores basais e, com o aumento da intensidade, o lactato aumentava em relação aos valores de repouso. Owles interpretou o fato como uma insuficiente entrega de oxigênio aos músculos ativos, ocorrendo assim, a formação de ácido láctico. Já na década de 50 e 60, Hollmann e colaboradores, segundo Svedahl e Macintosh (2003), mensuraram o lactato sangüíneo em testes de exercício submáximo a fim de detectar uma intensidade crítica de intolerância ao exercício em pacientes cardiopatas e pneumopatas. Eles assumiram que se a lactatemia pudesse ser mantida em um nível constante próximo aos valores de repouso, o exercício era considerado “puramente aeróbio”. Iniciava-se assim o conceito da máxima fase estável do lactato (MFEL) (SVEDAHL; MacINTOSH, 2003). O conceito da MFEL foi previamente proposto por Margaria *et al.* (1963) que usaram cinco a oito exercícios de intensidade constante para a determinação da MFEL. Embora a origem do termo MFEL não seja clara, Londeree e Ames (1975) utilizaram o termo “*maximal steady state*” em seu estudo. Nenhuma menção foi feita de uma “*máxima fase estável do lactato*”, contudo, os autores identificaram uma intensidade de exercício na qual a lactatemia aumentava do 10º para o 15º minuto de exercício. Esta intensidade foi considerada aquela na qual a glicólise, através da formação de ácido láctico, começava a ter uma contribuição metabólica.

A falta de consenso se torna clara no próprio conceito da MFEL. Alguns autores a definem como sendo a mais alta concentração sanguínea de lactato [Lac] que pode ser mantida em estado estável durante a realização de exercícios contínuos e prolongados com intensidade constante (DENADAI *et al.*, 2004). Outros autores a definem como a mais alta intensidade ou carga de trabalho que pode ser suportada ao longo do tempo sem um contínuo acúmulo de lactato (STEGMANN *et al.*, 1981; HECK *et al.*, 1985; BENEKE, 1995; BENEKE, VON DUVILLARD; 1996; BENEKE *et al.* 2000). Para Gasser e Poole, (1996) a MFEL parece ser o limite superior no qual ainda observa-se estabilidade no equilíbrio ácido-básico e nas trocas ventilatórias. Billat *et al.* (2003) propõem um conceito unificador de forma que a MFEL é definida como a mais alta [Lac] (MFEL<sub>c</sub>) e intensidade (MFEL<sub>w</sub>) que podem ser mantidas ao longo do tempo sem um contínuo acúmulo de lactato.

Por sua vez, o termo “LA” foi proposto por Wasserman e McIlroy (1964) com o objetivo de identificar uma intensidade de exercício que proporcionasse um estresse físico suficiente, porém seguro, para pacientes portadores de doenças cardiovasculares. Eles argumentaram que, se um teste submáximo pudesse detectar com fidedignidade um nível de estresse objetivamente determinado, não seria necessário expor os pacientes ao esforço máximo. A intensidade de exercício que, pela avaliação dos autores, parecia provocar uma limitação do sistema cardiovascular em ofertar oxigênio aos músculos ativos, foi identificada. Os autores acreditavam que estas limitações eram acompanhadas de um significativo aumento na [Lac] e propuseram identificar esta intensidade de exercício de várias formas. O “LA” estava associado à diminuição do bicarbonato plasmático e do pH, bem como ao aumento da razão de troca respiratória (RER) e do equivalente respiratório de gás carbônico ( $VE \cdot VCO_2^{-1}$ ). Wasserman (1999) ainda mantém sua hipótese de que o acúmulo do lactato no sangue é devido ao inadequado aporte de oxigênio. Após o trabalho de Wasserman e McIlroy (1964), vários autores estudaram a resposta do lactato sanguíneo ao exercício (KINDERMANN *et al.*, 1979; FARREL, 1979; SJODIN; JACOBS, 1981; STEGMANN *et al.*, 1981; HECK *et al.*, 1985; TEGTBUR *et al.*, 1993). Entretanto, os resultados ainda são controversos e há necessidade de mais pesquisas serem realizadas.

Um dos maiores problemas relacionados à determinação e à aplicabilidade da resposta do lactato ao exercício ocorre em função do número de conceitos empregados pelos pesquisadores para identificar fenômenos iguais ou semelhantes.

Apesar disso, pode-se dividir os mesmos em duas categorias: limiares que identificam o início do acúmulo do lactato no sangue e limiares que identificam a MFEL (DENADAI, 2000).

### **1.1.2. Determinação da intensidade correspondente à máxima fase estável do lactato (MFELw)**

A determinação da MFELw consiste no aumento da intensidade de exercício até que a [Lac] aumente continuamente durante a realização de exercício de intensidade constante. A mensuração da MFELw demanda vários testes subseqüentes de intensidade constante que têm sido realizados em dias diferentes e com intensidades também diferentes. O critério mais comumente utilizado para se considerar, que determinada intensidade corresponde à MFEL é a variação na lactatemia de, no máximo, 1mM entre os minutos 10 e 30 de exercício (HECK *et al.*, 1985; BENEKE, 2003). A determinação da MFEL é um método preciso, porém pouco prático, visto que os sujeitos têm que comparecer ao laboratório ou sessões de testes várias vezes, o que pode não ser compatível com o planejamento do treinamento, além do alto custo financeiro.

De acordo com Beneke (2003) os testes devem ter duração mínima de 20 minutos, mas estudos recentes têm usado duração de 30 minutos (BENEKE, 2003; DENADAI *et al.*, 2004; DENADAI *et al.*, 2005).

Na tentativa de reduzir o tempo gasto para a medida da MFEL, Billat *et al.* (1994) e depois Bacon e Kern (1999) validaram um protocolo que permite a estimativa imediata da MFEL utilizando apenas dois testes de intensidades submáximas com duração de 20 minutos em corredores fundistas. Estes dois testes foram realizados entre 60 e 90% da potência correspondente ao  $VO_{2máx}$  e foram separados por 40 minutos de repouso passivo. A potência dos dois estágios foi escolhida de forma que fosse um estágio abaixo e um estágio acima da concentração fixa de 4mM (OBLA) determinado em um teste progressivo que também mediu o  $VO_{2máx}$ . Esta nova abordagem foi validada quando indivíduos realizaram exercício de uma hora de duração na MFELw (BILLAT *et al.*, 1994). Apesar da praticidade, este protocolo não tem sido muito utilizado em estudos científicos.

Sabe-se que o valor médio da MFEL<sub>c</sub> é 4mM e que este valor está relacionado ao desenvolvimento de potência por unidade de massa muscular envolvida no exercício (BILLAT, 2003). Por esta razão a MFEL<sub>w</sub> tem sido estimada através do OBLA, o qual corresponde à [Lac] de 4mM determinada em um teste progressivo (HECK *et al.*, 1985). No entanto, Heck *et al.* (1985) encontraram variação de 3,0 a 5,5mM na MFEL<sub>c</sub>. Além disso, outros estudos têm verificado grande variação individual (2-12mM) na MFEL<sub>c</sub> e esta não tem sido correlacionada com o desempenho (BENEKE, 2000). Esta grande variação encontrada na MFEL<sub>c</sub> indica que a utilização de uma certa concentração fixa de lactato pode não necessariamente identificar a MFEL.

Stegmann *et al.* (1981) verificaram que, embora a média da [Lac] na intensidade da MFEL fosse de aproximadamente 4mM, houve grande variação individual (1,5 a 7,0 mM). Diante disso, os autores introduziram o termo Limiar Anaeróbio Individual (*Individual Anaerobic Threshold - IAT*) e propuseram um novo método que estimasse a MFEL de forma individualizada. Convém ressaltar que Stegmann *et al.* (1981) não testaram o método por eles proposto para confirmar que a intensidade correspondente ao IAT realmente estimava a MFEL. Urhausen *et al.* (1993) determinaram o IAT em 16 ciclistas treinados e observaram que nove indivíduos (56%) apresentaram lactatemia estável quando se exercitaram a uma intensidade de 105% do IAT. Os autores obtiveram um resultado semelhante em esteira, na qual 42% dos voluntários também apresentaram lactatemia estável quando se exercitaram a uma intensidade de 105% do IAT. Desta forma, os autores concluíram que o IAT não necessariamente representa a MFEL em todos os indivíduos.

### **1.1.3. Lactatemia na máxima fase estável do lactato (MFEL<sub>c</sub>)**

A determinação da MFEL<sub>w</sub> está associada com a [Lac] a qual apresenta grande variação individual. O estudo clássico de Heck *et al.* (1985) mostrou que a média da MFEL<sub>c</sub> é 4mM com variação de 3,0 a 5,5 mM.

Vários autores encontraram valores médios de MFEL<sub>c</sub> superiores a 4mM e com grande variação individual (2-12mM) (BARON *et al.*, 2003; VAN SCHUYLENBERGH *et al.*, 2004a, 2004b; DENADAI *et al.* 2004; BENEKE; VON

DUVILLARD, 1996; SWENSEN *et al.*, 1999; HARNISH *et al.*, 2001; HOOGEVEEN *et al.*, 1997).

Embora a MFELc não seja relacionada ao desempenho, ela parece ser dependente da massa muscular envolvida. Beneke (1995) verificou que a MFELc foi menor em remadores (3,1mM) quando comparada a ciclistas (5,4mM) e patinadores de velocidade (6,6mM) (diferença não significativa entre ciclistas e patinadores). Em um outro estudo, Beneke *et al.* (2001) determinaram a MFELc de remadores em cicloergômetro e em remoergômetro. Em todos os indivíduos a MFELc foi maior no cicloergômetro (4,5mM) do que no remoergômetro (2,7mM). Os autores estimaram que a potência relativa ( $W \cdot kg^{-1}$ ) na MFELw foi ~25-30% maior no cicloergômetro comparado ao remoergômetro, o que poderia explicar a mais alta MFELc no primeiro.

A razão para a grande variação individual na MFELc ainda permanece desconhecida. Gobatto *et al.* (2001) também verificaram grande variação individual na MFELc em ratos submetidos a testes em natação. A média da MFELc encontrada por estes autores foi 5,5mM. Este valor não foi alterado após um período de treinamento, diferente da MFELw que passou de 5% para 8% da massa corporal.

#### **1.1.4. Máxima fase estável do lactato e desempenho**

Embora as competições não sejam realizadas em velocidades constantes, a velocidade associada ao estado estável do lactato juntamente com aquela correspondente ao consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), são determinantes na prescrição do treinamento para atletas de resistência (BILLAT, 2003). A MFELw permite a predição da velocidade de corrida de 30-60 minutos, assim como a intensidade de exercício para todos esportes de resistência os quais são baseados na locomoção humana, tais como triathlon, remo, ciclismo, natação (BENEKE, 1995; BENEKE *et al.*, 2000; BILLAT, 1996).

Se a MFEL permite a predição do desempenho em exercícios com duração de 30 a 60 minutos, alguns autores têm proposto estimar a MFELw em ciclistas treinados através de contra-relógios de 5 e 40 km. Harnish *et al.* (2001) relatou que a MFELw correspondeu a 92% da velocidade média do contra-relógio de 5 km e não foi significativamente diferente da velocidade média do contra-relógio de 40 km.



No entanto, quando a MFELw é expressa em percentual do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , nem sempre apresenta alta correlação com o desempenho. Billat *et al.* (2001) encontraram que a diferença entre os corredores de maratona de nível top (tempo abaixo de 2h e 11 min) e de alto nível (tempo entre 2h, 11 min e 1 seg a 2h e 16 min) estava somente no valor do  $VO_{2m\acute{a}x}$ . No entanto, neste estudo, foi feita a simulação de uma maratona, com apenas 10km, o que pode interferir no resultado.

Diferentemente da MFELw que apresenta relação direta com o desempenho, a MFELc não demonstra o mesmo comportamento. Beneke *et al.* (2000) relataram que a MFELc (4,9mM) foi independente da MFELw e da potência pico. Myburgh *et al.* (2001) demonstraram que não existe relação entre a [Lac] em exercício com duração de uma hora em intensidade auto selecionada e o desempenho em ciclistas e triatletas treinados.

#### **1.1.5. Importância de medir a máxima fase estável do lactato**

Inicialmente o “LA” foi proposto com o intuito de identificar criteriosamente uma intensidade de exercício, que não necessitasse levar indivíduos cardiopatas ao máximo (WASSERMAN; MACILROY, 1964). No entanto, nos últimos anos tem aumentado o interesse em medir o “LA” e/ou a MFEL em populações atléticas (BENEKE, 1995; BILLAT, 1996; VAN SCHUYLENBERGH *et al.*, 2004a, 2004b; DENADAI *et al.* 2004; DENADAI *et al.* 2005). O aumento deste interesse é proveniente de estudos que têm encontrado baixas correlações entre o  $VO_{2m\acute{a}x}$  e o desempenho, quando atletas com mesmo  $VO_{2m\acute{a}x}$  são comparados (COSTILL *et al.*, 1973; HAGBERG; COYLE, 1983). Além disso, o desempenho aeróbio de atletas treinados pode continuar a melhorar mesmo após o  $VO_{2m\acute{a}x}$  parar de aumentar com o treinamento (MURASE *et al.*, 1981).

Para atletas que realizam exercícios de média e longa duração o  $VO_{2m\acute{a}x}$  pode não ser o melhor indicador do desempenho (SVEDALH; MACINTOSH, 2003). Tem sido preconizado que indivíduos que consigam utilizar um alto percentual da velocidade ou potência correspondente ao  $VO_{2m\acute{a}x}$  possam ter mais sucesso do que aqueles que mesmo com maior  $VO_{2m\acute{a}x}$ , mas que não consigam utilizar um alto percentual desta intensidade. Vários métodos de identificação da MFEL podem fornecer uma boa estimativa da fração do  $VO_{2m\acute{a}x}$  que pode ser utilizada em

exercícios de longa duração (KINDERMANN et al., 1979; COYLE *et al.*, 1988; BASSETT; HOWLEY, 2000).

Além disso, a MFEL é também comumente referida à intensidade de treinamentos. Exercícios realizados em intensidades próximas à MFEL podem ser considerados moderados, já quando realizados em intensidades abaixo da MFEL são considerados de intensidade leve. Quando a intensidade excede a MFEL, próxima à intensidade do  $VO_{2máx}$ , o exercício pode ser considerado intenso (SVEDALH; MACINTOSH, 2003).

Gaesser e Poole (1996) propuseram um modelo de intensidade de exercício baseado na cinética do  $VO_2$ . Neste modelo, os autores propõem três domínios em relação à intensidade de esforço: moderado, pesado e severo. O domínio moderado compreende intensidades de esforço que podem ser realizadas sem alteração na [Lac] em relação aos valores de repouso, ou seja, abaixo do limiar de lactato (“LL”). O domínio pesado inicia à partir da menor intensidade de esforço na qual o lactato começa a aumentar e termina na intensidade correspondente à MFEL. Já no domínio severo, acima da MFEL, não há fase estável de lactato e o tempo até a exaustão é curto.

## 1.2. Produção e/ou acúmulo de lactato

O ácido láctico possui uma constante de dissociação (pK) próxima a 3,7. Portanto, no pH muscular e sangüíneo, que são respectivamente próximos a 6,4 e 7,4, mais de 99% do ácido láctico presente nos fluidos corporais encontram-se dissociados nos íons lactato e hidrogênio ( $H^+$ ). Brooks (1986) desenvolveu a teoria da “lançadeira de lactato”, sugerindo que o lactato não é um produto final do metabolismo e sim um metabólito intermediário. O lactato é considerado como doador imediato de energia quando reconvertido a piruvato (McARDLE *et al.*, 2003). Por outro lado, há evidências de que o lactato é um indicador de fadiga, fator primário da dor muscular, a causa principal do débito de oxigênio, entre outros (ROWELL; SHEPHERD, 1996).

É fato que a [Lac] aumenta com o aumento da intensidade do exercício. Apesar de existirem controvérsias sobre as reais causas do acúmulo de lactato durante o exercício, resultados de diversas pesquisas forneceram base para a

construção de teorias que podem ser classificadas como hipóxicas e não hipóxicas (WELTMAN, 1995).

### 1.2.1. Teoria Hipóxica

Segundo a hipótese do “LA” de Wasserman (1986), quando a intensidade de exercício aumenta e mais unidades motoras são recrutadas, o requerimento de oxigênio pelo músculo em contração aumenta. Em uma intensidade submáxima elevada de exercício, a qual varia de indivíduo para indivíduo, o requerimento de oxigênio excede o suprimento do mesmo para a célula. Como resultado, se instala a hipóxia muscular. O insuficiente aporte de oxigênio promove a inibição da cadeia de transporte de elétrons, que por sua vez diminui a formação aeróbia de adenosina trifosfato (ATP), acarretando em um acúmulo da NADH mitocondrial. Este acúmulo promove a inibição da lançadeira citoplasmática de NADH, aumentando a concentração deste no citoplasma e diminuindo a concentração de NAD. O aumento da relação  $[NADH]/[NAD]$  mitocondrial diminui a atividade do ciclo de Krebs, resultando em uma menor utilização de piruvato e, desta forma, provocando acúmulo do mesmo na mitocôndria e posteriormente no citoplasma. No citoplasma, o piruvato torna-se aceitador de  $H^+$  da coenzima NADH, aumentando assim a formação de lactato. Como a produção aeróbia de ATP está reduzida, ocorre grande acúmulo de ADP e  $P_i$ , vindos da degradação do próprio ATP e da CP. Tanto o ADP como o  $P_i$  são potentes estimuladores da via glicolítica, que por sua vez terá sua atividade aumentada acarretando maior produção do lactato. Esta maior produção levará ao acúmulo de lactato tanto na célula quanto no sangue.

A diminuição do fornecimento de oxigênio à mitocôndria acarreta em um acúmulo de  $NADH + H^+$  citoplasmático (forma reduzida do NAD) (WASSERMAN, 1986). Este acúmulo provocará a modificação do ponto de equilíbrio da enzima lactato desidrogenase (LDH), levando à formação de ácido láctico via reação do  $NADH + H^+$  com o pivuvato (KATZ; SAHLIN, 1988).

Pirnay *et al.* (1971) diminuíram em 15 a 20% os locais de ligação da hemoglobina com monóxido de carbono, resultando assim, em um maior acúmulo plasmático de lactato. Em um estudo realizado por Woodson (1978) foi verificada uma maior lactatemia em indivíduos com anemia isovolumétrica em comparação a indivíduos saudáveis para uma mesma carga de esforço. Segundo Yazbek Jr. e

Battistella (1994), quanto maior a pressão arterial de oxigênio mitocondrial, menor a lactatemia, sendo a relação entre estas variáveis inversamente proporcional.

No entanto, as teorias que se baseiam no estado de hipóxia muscular enfatizam a taxa aumentada de produção de lactato em detrimento da taxa de remoção (ROWELL; SHEPHERD, 1996).

### **1.2.2. Teorias Não Hipóxicas**

Considerando-se as evidências existentes que não se relacionam ao estado de hipóxia, as teorias não hipóxicas abrangem o estudo da produção e/ou remoção do lactato pela atividade simpato-adrenal e recrutamento de unidades motoras, dentre outros mecanismos.

#### **1.2.2.1. Atividade simpato-adrenal**

Segundo Stainsby e Brooks (1990), quando a concentração de adrenalina aumenta em combinação com a elevação da intensidade do exercício, a glicólise é estimulada, causando aumento na produção de lactato e diminuição na remoção deste em outros tecidos, resultando em um aumento líquido de lactato sangüíneo. A estimulação da glicólise pela adrenalina ocorre via ativação da enzima glicogênio fosforilase (HARGREAVES, 2006) bem como da fosfofrutocinase (DEVLIN, 1997).

Segundo Weltman (1995), infusões de adrenalina aumentam a lactatemia em repouso e durante o exercício, enquanto que o bloqueio do receptor  $\beta$ -adrenérgico resulta em diminuição da [Lac]. Esses resultados indicam que o sistema  $\beta$ -adrenérgico é um forte estimulador da via glicolítica muscular (WELTMAN, 1995; HARGREAVES, 2006).

Alguns pesquisadores correlacionaram o limiar de catecolaminas com o "LL" (MAZZEO; MARSHALL, 1989; PODOLIN *et al.*, 1991), demonstrando a influência da atividade simpato-adrenal na lactatemia. Além disso, o sistema nervoso simpático tem um papel importante na redistribuição do fluxo sangüíneo de tecidos inativos para o músculo em atividade. Sendo assim, o fluxo sangüíneo para áreas de remoção de lactato como o fígado e os rins pode ser diminuído, reduzindo a remoção do lactato em intensidades maiores de exercício. Como resultado, a gliconeogênese e a oxidação do lactato podem estar diminuídas, contribuindo assim, para a menor

remoção do lactato, e como conseqüência um maior acúmulo (HARGREAVES, 2006).

### **1.2.2.2. Recrutamento de unidades motoras**

As unidades motoras do tipo S (*Slow*) são recrutadas em exercícios de baixa intensidade. Com o aumento progressivo da intensidade, ocorre o recrutamento das unidades motoras do tipo FR (*Fatigue Resistance*) e mais adiante as do tipo FF (*Fast Fatigue*) (WELTMAN, 1995; FLECK; KRAEMER, 1997). Segundo Rowell e Shepherd (1996), a tendência para produção de lactato pelas fibras musculares aumenta na mesma ordem do padrão de recrutamento. Independente do tipo de contração, as fibras musculares do tipo IIA e IIB são recrutadas em exercícios de alta intensidade, sendo essas mesmas fibras as mais prováveis para produzir lactato. Segundo Moritani *et al.* (1993), existe um limiar de fadiga eletromiográfica, que se correlaciona com o padrão de recrutamento de unidades motoras no “LL”. Moritani *et al.* (1993) consideram improvável a ocorrência de hipóxia mitocondrial em intensidades submáximas de exercício, uma vez que o “LA” corresponde a intensidades de exercício entre 65 e 85% do  $VO_{2máx}$ , de forma que ainda há possibilidade de aumentar o consumo de oxigênio.

### **1.3. Lactatemia e estresse térmico**

A maioria das pesquisas tem verificado as respostas metabólicas ao exercício em condições ambientais confortáveis. A grande maioria dos estudos sobre MFEL nem mesmo menciona a temperatura na qual foram realizados. Aqueles que mencionam o fizeram em temperaturas que variam de 18 a 23°C. É claro, contudo, que a temperatura ambiente, particularmente o calor extremo, é um dos fatores que influencia o metabolismo energético muscular (FEBBRAIO, 2001). Quando o exercício é realizado em temperaturas ambiente muito altas, o gradiente para dissipação do calor é significativamente reduzido, o que resulta em alterações nos mecanismos termorregulatórios designados a promover a perda de calor corporal (FEBBRAIO, 2001). Isto pode causar modificações nas respostas hormonais e metabólicas ao exercício, alterando assim a utilização de substratos. Em geral, os estudos têm demonstrado um aumento na oxidação de carboidratos e uma

diminuição na utilização de gorduras em resposta a exercícios realizados em ambiente quente. Embora várias hipóteses têm sido propostas como mecanismo para explicar tais fenômenos, recentes estudos sugerem que um aumento na resposta simpato-adrenal pode ser o responsável (FEBBRAIO, 2001).

É bem relatado na literatura que o exercício realizado no calor promove um acúmulo acelerado de lactato muscular e sangüíneo (FINK *et al.*, 1975; YOUNG *et al.*, 1985, FEBBRAIO *et al.*, 1994a; FEBBRAIO *et al.*, 1994b, HARGREAVES *et al.*, 1996).

Fink *et al.* (1975) foram os primeiros pesquisadores a demonstrar que a temperatura ambiente afeta a utilização de substratos intramusculares durante exercícios submáximos. Os autores observaram que 60 minutos de exercício intermitente realizado em um ambiente quente (41 °C) apresentou maior utilização de glicogênio intramuscular, com concomitante diminuição na oxidação de gorduras, quando comparado com o mesmo exercício realizado em condições frias (9°C). Corroborando os resultados de Fink *et al.* (1975), outros estudos (FEBBRAIO *et al.*, 1994a,b; HARGREAVES *et al.*, 1996) têm demonstrado aumento na utilização de carboidratos intramuscular durante a realização de 40 minutos de exercício a 70% do  $VO_{2máx}$  em ambiente quente comparado com ambiente frio. No estudo de Young *et al.* (1985) a concentração de lactato pós-exercício foi maior no ambiente quente sugerindo maior atividade da via glicolítica nesta condição.

No entanto, alguns estudos (YOUNG *et al.*, 1995; MAXWELL *et al.*, 1999) não observaram diferenças na utilização de glicogênio intramuscular durante a realização de exercícios, quando se comparou ambientes quentes com frios.

Os possíveis mecanismos envolvidos no metabolismo de carboidratos durante a realização de exercícios submáximos em ambientes quentes são: insuficiente aporte de oxigênio e diminuição da entrega e utilização de substratos aos músculos ativos devido ao reduzido fluxo sangüíneo muscular (ROWELL, 1974); alteração no padrão de recrutamento neuromuscular favorecendo as fibras de contração rápida (YOUNG, 1985); efeito direto da temperatura muscular sobre o metabolismo (KOZLOWSKI *et al.*, 1985) e nível elevado de catecolaminas circulantes (KING *et al.*, 1985). Dentre estas hipóteses, a última vem sendo mais estudada.

É bem conhecido que a secreção de adrenalina aumenta durante o exercício (McARDLE, 2003), e que este aumento é intensificado com o estresse térmico (FEBBRAIO *et al.*, 1994; HARGREAVES *et al.*, 1996; PARKIN *et al.*, 1999). A partir

do momento que a atividade da enzima glicogênio fosforilase é aumentada pela estimulação do receptor  $\beta$ -adrenérgico, qualquer aumento na concentração de adrenalina circulante pode resultar em um concomitante aumento na utilização de glicogênio intramuscular (RITCHER *et al.*, 1982).

Tendo em vista que a MFEL é considerada por alguns autores como o padrão ouro da avaliação da capacidade aeróbia, e que as atividades esportivas são freqüentemente realizadas em ambientes quentes, o estudo da influencia do calor sobre a MFEL nos parece justificável.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo principal do presente estudo foi comparar a lactatemia na máxima fase estável do lactato e sua intensidade correspondente determinada em ambiente quente (40°C) e temperado (22°C). Além disso, verificar a influência do calor na intensidade correspondente à concentração fixa de 4mM de lactato e ao limiar anaeróbio individual, assim como, comparar estas intensidades com a máxima fase estável do lactato.



### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Cuidados éticos**

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP 355/05) e respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (Res. 196/96) acerca de pesquisas envolvendo seres humanos. Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Fisiologia do Exercício, localizado no Centro de Excelência Esportiva da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

Inicialmente, foi realizada uma reunião com todos os indivíduos que se dispuseram voluntariamente a fazer parte deste estudo, quando foram fornecidas informações sobre os objetivos e todos os procedimentos que seriam adotados durante a realização da pesquisa, assim como o esclarecimento de dúvidas. Os possíveis riscos e benefícios relacionados à participação nos experimentos também foram explicitados.

Todos os voluntários estavam cientes que poderiam abdicar da participação do estudo a qualquer momento sem necessidade de justificar-se ao pesquisador responsável e sem prejuízo pessoal. Somente após tais procedimentos serem tomados e os voluntários terem lido e assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1), com a presença do pesquisador principal e uma testemunha (que também assinaram o documento), os voluntários foram considerados aptos para a participação na pesquisa.

#### **3.2. Amostra**

A amostra foi composta por nove homens saudáveis, fisicamente ativos, cujas características estão descritas na Tabela 1. O número de voluntários foi escolhido baseado na amostra de estudos prévios que analisaram a MFEL. Foi adotado como critério de inclusão que os indivíduos apresentassem  $VO_{2\text{máx}}$  entre  $40$  e  $60\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Inicialmente foi realizada uma avaliação física para a caracterização da amostra. Nesta avaliação foram realizadas as medidas da massa corporal, estatura e dobras cutâneas. A massa corporal (kg) foi medida com os voluntários descalços e

nus utilizando-se uma balança digital (Filizola<sup>®</sup>) com precisão de 0,02 kg, calibrada previamente. A estatura (cm) foi medida utilizando-se um estadiômetro com precisão de 0,5 cm acoplado a uma balança (Filizola<sup>®</sup>). As dobras cutâneas subescapular, tríceps, peitoral, subaxilar, suprailíaca, abdominal e coxa foram medidas utilizando-se um plicômetro (Lange<sup>®</sup>), graduado em milímetros, o que permitiu o cálculo do percentual de gordura, de acordo com a equação proposta por Jackson e Pollock (1978).

**Tabela 1.** Características físicas dos voluntários.

n	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (cm)	%Gordura	VO <sub>2máx</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
9	24,2 ± 2,5	74,99 ± 7,40	178,7 ± 4,0	13,6 ± 5,8	48,07 ± 4,63

Valores apresentados como média ± desvio padrão.

### 3.3. Coleta de Dados

#### 3.3.1. Delineamento experimental

Todos os voluntários realizaram, inicialmente, três exercícios progressivos máximos. Um para determinação do VO<sub>2máx</sub> e outros dois para determinação do “LA” em ambiente quente e temperado. Oito voluntários realizaram, além destes, dois a cinco exercícios constantes para determinação da MFEL em cada ambiente analisado.

Todos os testes foram realizados com no mínimo cinco dias de intervalo para minimizar qualquer tipo de adaptação (treinamento) ao longo do experimento, e sempre no mesmo horário do dia para se evitar influências decorrentes do ritmo circadiano. A vestimenta foi padronizada para todas as situações experimentais. Os voluntários foram instruídos a não ingerir bebida alcoólica ou bebida contendo cafeína e nem realizar atividade física vigorosa 24 horas antes do experimento. Também foi requisitado que os voluntários ingerissem 500 mL de água duas horas antes do experimento para garantir que iniciariam os testes hidratados (ACSM, 1996).

### 3.3.2. Procedimentos

#### 3.3.2.1. Protocolo de exercício progressivo para determinação do $VO_{2máx}$

No primeiro dia os voluntários realizaram um teste progressivo máximo ( $P_{ACSM}$ ) em cicloergômetro (Monark<sup>®</sup>) em um ambiente temperado com temperatura seca de  $22 \pm 1^{\circ}C$  e umidade relativa do ar (URA) de  $61 \pm 8\%$  para a determinação do  $VO_{2máx}$  (ACSM, 1996).

O teste teve início a uma potência correspondente a 50W, com acréscimos de 25W a cada dois minutos até a fadiga voluntária, mantendo-se uma cadência de 50rpm. Foi dado incentivo verbal quando os voluntários se aproximavam do máximo.

As variáveis ergo-espirométricas foram medidas continuamente durante o teste. A frequência cardíaca (FC) foi anotada a cada minuto e ao final de cada estágio do teste e ao final do mesmo, o voluntário classificava seu esforço a partir de uma escala de percepção subjetiva de esforço de 15 pontos, na qual 6 é o mais fácil e 20 o mais difícil (BORG, 1982). O  $VO_2$  do último minuto de exercício foi considerado como o  $VO_{2máx}$  quando a frequência cardíaca máxima ( $FC_{máx}$ ) atingida fosse maior ou igual a 90% da  $FC_{máx}$  prevista pela idade, a percepção subjetiva de esforço maior ou igual a 18, e a RER fosse igual ou maior a 1,1.

A potência pico ( $W_{pico-ACSM}$ ) foi calculada de acordo com a equação proposta por Kuipers *et al.* (1985):

$$W_{pico-ACSM} = W_1 + (W_2 \cdot t / 120)$$

sendo que  $W_1$  é a potência correspondente ao último estágio completo,  $W_2$  é a potência correspondente ao incremento de carga de cada estágio e  $t$  é o tempo em segundos de duração do estágio incompleto.

#### 3.3.2.2. Protocolos para determinação dos “limiares anaeróbios”

Posteriormente, foram realizados, de forma aleatória, dois exercícios progressivos máximos dentro de uma câmara ambiental (Russels<sup>®</sup>) em duas situações experimentais: quente (temperatura seca de  $40^{\circ}C$ ) ( $P_{40^{\circ}C}$ ) e temperada (temperatura seca de  $22^{\circ}C$ ) ( $P_{22^{\circ}C}$ ), ambas com URA de 50%.

Os testes iniciavam-se com uma potência correspondente a 60W e a cada três minutos eram acrescidos 15W até a fadiga voluntária. A cadência foi mantida

em 60rpm. A potência pico ( $W_{pico-22}$  e  $W_{pico-40}$ ) foi calculada de acordo com a equação proposta por Kuipers *et al.* (1985):

$$W_{pico} = W_1 + (W_2 \cdot t / 180)$$

sendo que  $W_1$  é a potência correspondente ao último estágio completo,  $W_2$  é a potência correspondente ao incremento de carga de cada estágio e  $t$  é o tempo em segundos de duração do estágio incompleto.

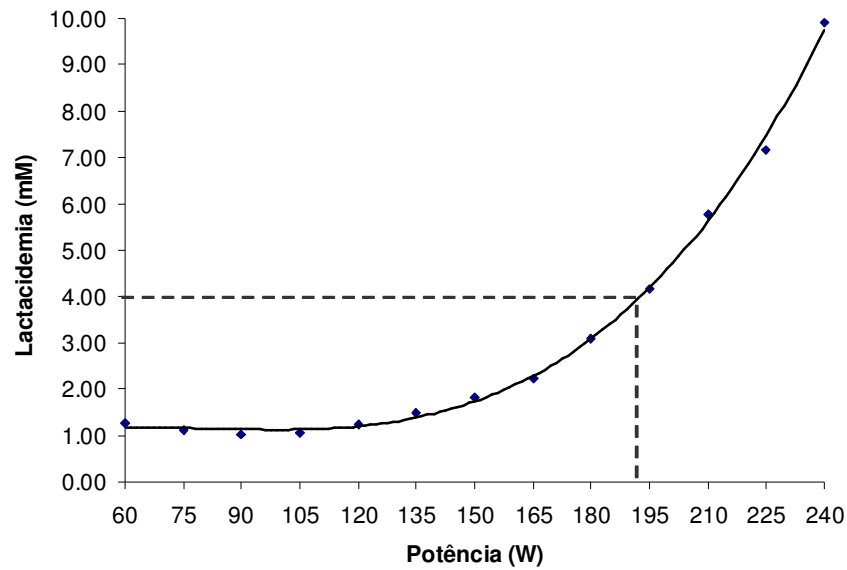
As variáveis ergo-espirométricas foram medidas continuamente durante o teste. A FC foi anotada a cada minuto e ao final de cada estágio do teste e ao final do mesmo, o voluntário classificava seu esforço a partir de uma escala de percepção subjetiva de esforço de 15 pontos, na qual 6 é o mais fácil e 20 o mais difícil (BORG, 1982).

Amostras de 25 $\mu$ L sangue foram coletadas do lobo da orelha antes do início do exercício, nos 15s finais de cada estágio e nos minutos 1, 3, 5 e 10 pós exercício para posterior análise da lactatemia.

### **3.3.2.3. Métodos de identificação dos “limiares anaeróbios”**

#### **3.3.2.3.1. Concentração fixa de 4mM de lactato (OBLA) (HECK *et al.*, 1985)**

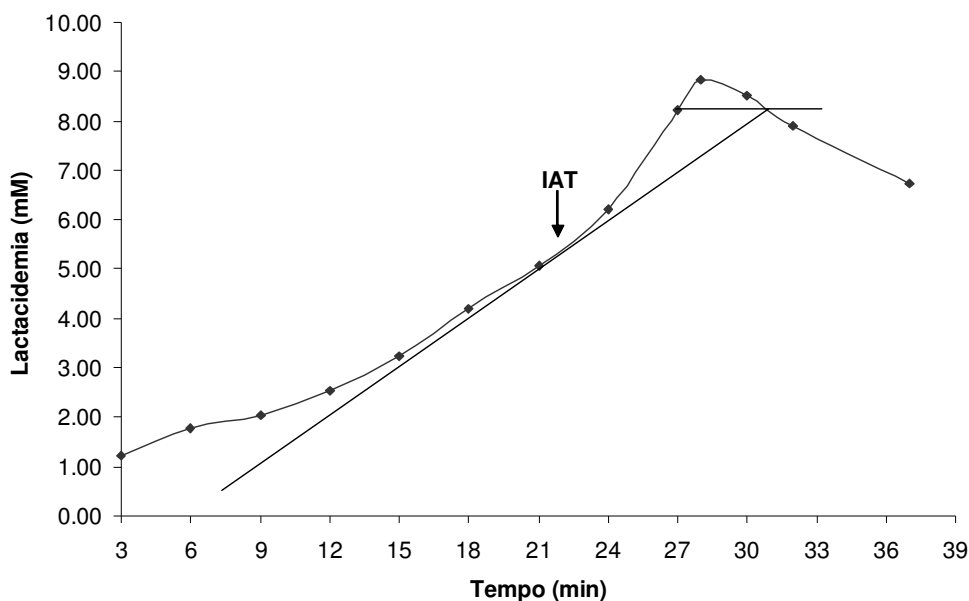
A determinação do OBLA consistiu na realização de interpolação linear, identificando as variáveis potência, FC e  $VO_2$  correspondentes à [Lac] de 4mM obtida no teste progressivo. A Figura 1 ilustra este procedimento.



**Figura 1.** Exemplo da determinação da concentração fixa de 4mM de lactato (OBLA) em um indivíduo.

### 3.3.3.2.2. Limiar anaeróbio individual (IAT) (STEGMANN *et al.*, 1981)

Este método consiste em traçar uma curva com a lactatemia correspondente a cada estágio, além dos minutos um, três, cinco e dez de recuperação, em função do tempo de exercício. Deve-se traçar uma reta paralela ao eixo das abscissas a partir da [Lac] do último estágio em direção à curva de recuperação. A partir do ponto de intersecção entre esta reta e a curva de recuperação da lactatemia, traçar uma nova reta, tangente à curva da lactatemia do exercício. O IAT é considerado como o ponto de intersecção entre esta última reta e a curva da lactatemia.



**Figura 2.** Exemplo de determinação do limiar anaeróbio individual (IAT) de um indivíduo.

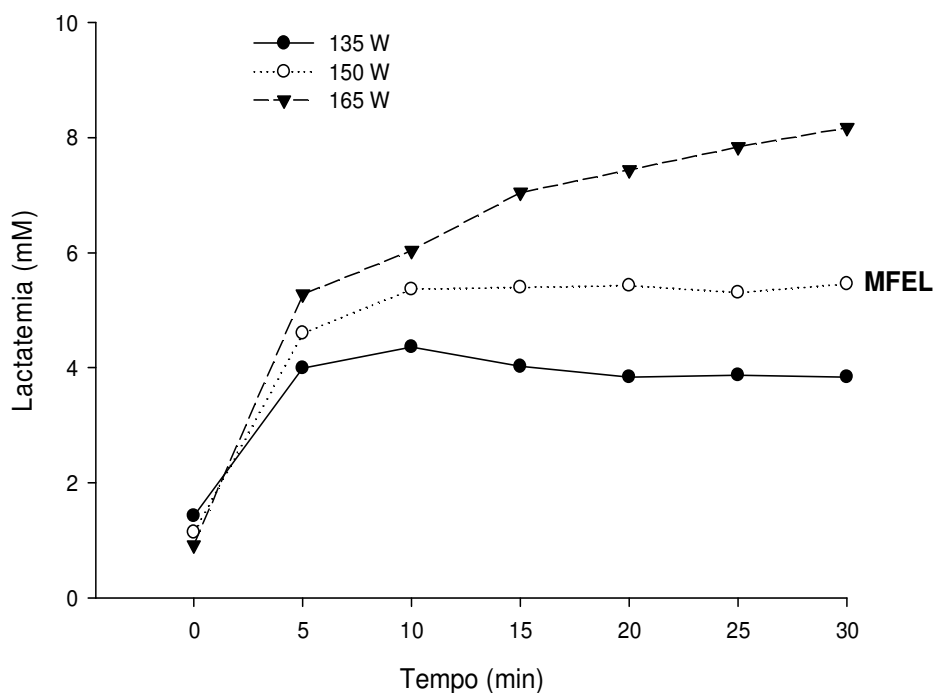
#### 3.3.2.4. Protocolos para determinação da MFEL

A MFEL foi identificada através da realização de exercícios submáximos de intensidade constante com duração de 30 minutos a uma cadência de 60rpm. A MFEL foi considerada como a mais alta concentração sanguínea de lactato (MFEL<sub>c</sub>) e potência (MFEL<sub>w</sub>) na qual a lactatemia não apresentou aumento superior a 1mM durante os vinte minutos finais de um exercício submáximo constante (HECK *et al.*, 1985; BENEKE, 2003; BILLAT *et al.*, 2003; DENADAI *et al.*, 2004).

A primeira intensidade escolhida foi aquela correspondente à [Lac] de 3,5 mM, identificada durante a realização do teste progressivo e determinada através de interpolação linear. Se durante o primeiro teste um estado estável ou uma diminuição da lactatemia fosse observada, a intensidade dos testes subseqüentes era aumentada até que o estado estável do lactato não pudesse mais ser observado. Caso a lactatemia durante a realização do primeiro teste não apresentasse um estado estável e/ou ocorresse a exaustão do voluntário antes do término do teste, as intensidades subseqüentes eram diminuídas. A intensidade dos testes constantes era ajustada em 15 ou 30W (FIGURA 3).

A MFEL<sub>c</sub> assim como a FC na MFEL foram consideradas a média do décimo ao trigésimo minuto de exercício.

Amostras de 25 $\mu$ L sangue foram coletadas do lobo da orelha antes do início do exercício, e a cada cinco minutos até o final do teste para posterior análise da lactatemia.



**Figura 3.** Exemplo de determinação da máxima fase estável do lactato de um indivíduo.

### 3.3.2.5. Critérios para interrupção dos testes

- o voluntário solicitar que o exercício fosse interrompido;
- a não manutenção da cadência pré-determinada;
- a temperatura retal durante o exercício atingisse valor igual ou superior a 39,5°C;
- o voluntário desse nota igual a 20 na tabela de Percepção Subjetiva do Esforço;
- fosse observada a presença de tontura, confusão mental, palidez, cianose, náuseas e/ou sinais de insuficiência circulatória periférica;
- fosse detectado qualquer problema em alguns dos equipamentos.

### **3.3.3. Variáveis medidas**

#### **3.3.3.1. Variáveis Ergoespirométricas**

Antes do início dos testes, os indivíduos permaneciam sentados em uma cadeira por 10 minutos para que fossem ajustados os tubos coletores de gases para a medida do  $VO_2$  e as medidas das variáveis analisadas no repouso fossem registradas.

Foi utilizado um espirômetro (BIOPAC<sup>®</sup> Systems, Inc.) durante todos os testes. Os voluntários utilizaram um capacete ajustável no qual era afixada uma válvula-T com um bocal, juntamente com duas mangueiras, uma do ar inspirado e outra do ar expirado. A mangueira do ar inspirado era conectada a um pneumotacógrafo (SS52L; BIOPAC<sup>®</sup> Systems, Inc.) para a análise do fluxo de ar inspirado e a mangueira do ar expirado era conectada do lado de fora da câmara ambiental a um analisador de gases (Gas-Sys 2; BIOPAC<sup>®</sup> Systems, Inc.). O pneumotacógrafo e o analisador de gases eram conectados a uma interface (MP-35; BIOPAC<sup>®</sup> Systems, Inc.) para a aquisição dos dados, a qual era ligada a um computador no qual os dados eram analisados através do software BIOPAC Studet Lab Pro 3.7 (BIOPAC<sup>®</sup> Systems, Inc.).

Este aparelho possibilitou a mensuração das variáveis ergoespirométricas respiração-a-respiração (breath-by-breath). Foram registrados o  $VO_2$ , produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) e ventilação (VE).

#### **3.3.3.2. Lactatemia**

Foram coletadas amostras de sangue (25  $\mu$ L) do lobo da orelha com a utilização de capilares heparinizados nos seguintes momentos: antes do início dos exercícios, nos 15 segundos finais de cada estágio e nos minutos um, três, cinco e dez pós exercícios progressivos, e a cada cinco minutos nos exercícios constantes.

As amostras de sangue eram imediatamente armazenadas em tubos Ependorff contendo 50  $\mu$ L de NaF (1%) e mantidas a uma temperatura de  $\sim 10^\circ\text{C}$  até o final do exercício. Logo após, as mesmas foram congeladas a uma temperatura de  $\sim -20^\circ\text{C}$ .



As [Lac] e glicose foram determinadas pelo método eletroenzimático (YSL 2300 STAT, Yellow Springs, OH, USA).

### **3.3.3.3. Temperatura retal e de peito**

Durante a realização dos exercícios, com exceção do  $P_{ACSM}$ , a temperatura retal ( $T_r$ ) foi monitorada continuamente e registrada a cada minuto, sendo considerada um indicador da temperatura interna ( $T_i$ ). A mesma foi medida por meio de uma sonda retal descartável (Yellow Springs<sup>®</sup>, OH; 4491-E) inserida cerca de 11 centímetros além do esfíncter anal.

A temperatura do peito ( $T_p$ ) também foi monitorada continuamente e registrada a cada minuto. A mesma foi medida através de um termosensor de pele (Yellow Springs<sup>®</sup>, OH). Tanto a sonda retal quanto o termosensor eram ligados a um teletermômetro digital, graduado em °C (Yellow Springs<sup>®</sup>, OH).

### **3.3.3.4. Taxa de Sudorese**

Os voluntários eram pesados nus antes e após a realização do exercício e a taxa de sudorese total foi calculada pela diferença na massa corporal, relativizada pela área de superfície corporal e dividida pelo tempo de exercício.

### **3.3.3.5. Frequência Cardíaca**

A FC foi medida continuamente, em intervalos R-R (batimento-a-batimento) e registrada a cada minuto durante as situações experimentais, utilizando-se um cardiofrequencímetro Polar S810i<sup>®</sup> (Polar Electro, Kempele, Finland).

### **3.3.3.6. Estado de hidratação e dieta**

Em todos os dias experimentais, foi pedido aos voluntários que ingerissem pelo menos 500 mL de água duas horas antes dos experimentos (ACSM, 1996) para garantir o estado de eu-hidratação de acordo com Armstrong (2000): gravidade específica da urina menor ou igual a 1.030. A densidade urinária foi medida antes do

início dos exercícios para garantir que os voluntários estavam devidamente eu-hidratados e após os mesmos, através de um refratômetro (JSCP – Uridens<sup>®</sup>, São Paulo, SP, Brasil), previamente calibrado com água destilada.

Foi pedido aos voluntários para manter sua dieta habitual e anotar as refeições realizadas na noite anterior e no jejum no dia do experimento.

### **3.3.3.7. Percepção subjetiva do esforço**

A percepção subjetiva do esforço foi avaliada ao final de cada estágio dos exercícios progressivos e a cada 3 minutos dos exercícios constantes, utilizando-se a escala de Borg (BORG, 1982).

## **3.4. Análise estatística**

Os dados descritivos da amostra estão apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Os resultados comparativos estão apresentados como média  $\pm$  erro padrão da média (EPM). Para todas as comparações entre duas variáveis foi utilizado o Teste t de Student pareado, com exceção da percepção subjetiva de esforço, quando foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon. Para as comparações entre duas variáveis ao longo do tempo foi utilizada uma análise de variância com dois fatores (tempo e temperatura). Quando encontrada alguma diferença significativa na análise de variância, o teste de Tukey era utilizado como *post-hoc*. Para análise do coeficiente de correlação foi realizada a correlação de Pearson. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SigmaStat versão 3.5.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Testes constantes

#### 4.1.1. Lactatemia na máxima fase estável do lactato (MFELc)

A MFELc-22 foi maior do que a MFELc-40 ( $5,60 \pm 0,26$  e  $4,22 \pm 0,48$  mM, respectivamente;  $p < 0,05$ ). A Tabela 2 apresenta os resultados individuais da MFELc nas duas situações experimentais.

**Tabela 2.** Lactatemia (mM) na máxima fase estável do lactato em cada situação experimental.

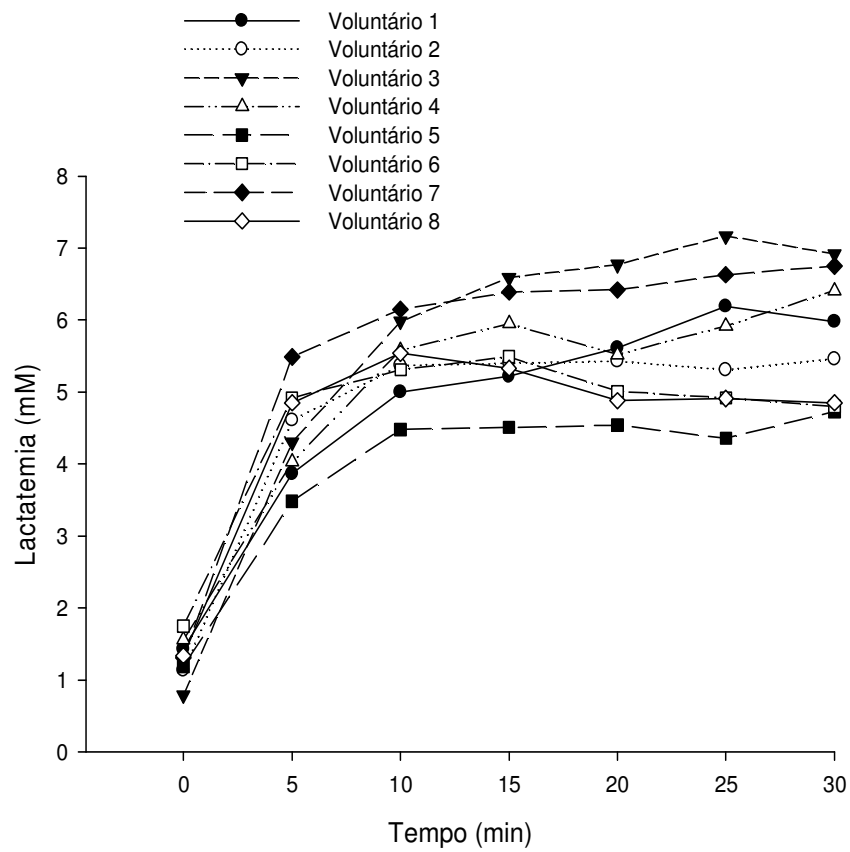
Sujeito	22 °C	40 °C
1	5,60	4,55
2	5,39	4,91
3	6,69	5,74
4	5,87	4,18
5	4,53	2,47
6	5,11	5,73
7	6,47	2,12
8	5,10	4,04
<b>Média</b>	<b>5,60*</b>	<b>4,22</b>
<b>EPM</b>	<b>0,26</b>	<b>0,48</b>

\* significativamente diferente em relação à 40 °C;  $p < 0,05$ .

No entanto, não houve diferença entre os ambientes quente e temperado quando a MFELc foi dividida pela MFELw. Os resultados foram  $0,032 \pm 0,009$  e  $0,030 \pm 0,011 \text{mM} \cdot \text{W}^{-1}$  para 22 °C e 40 °C, respectivamente.

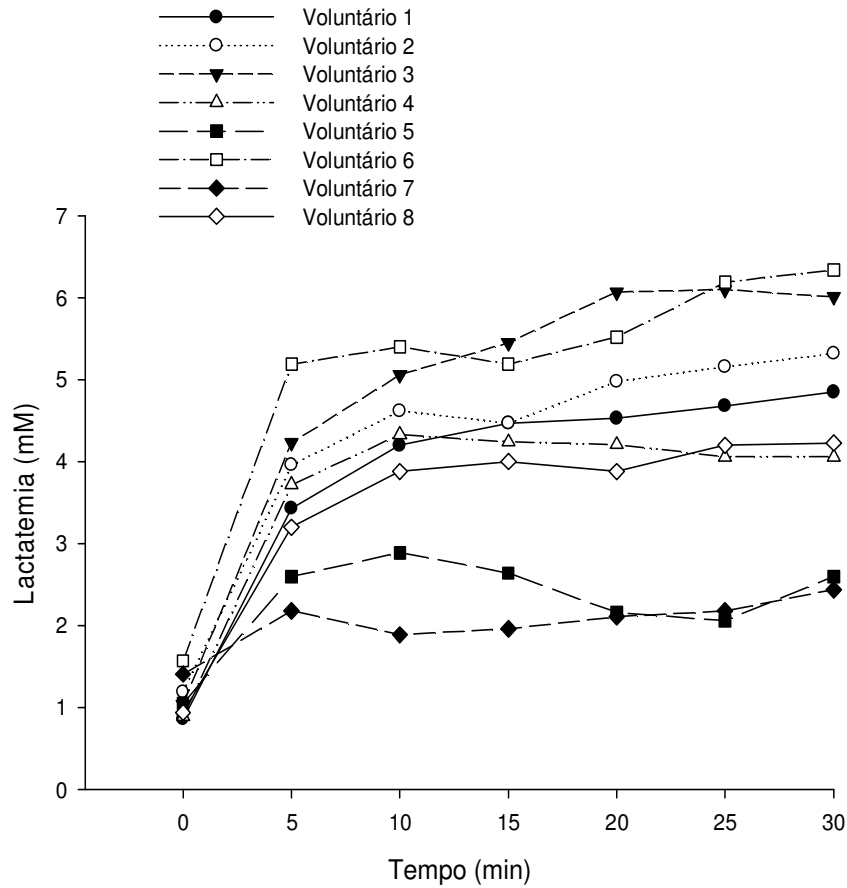
Não houve correlação significativa entre a MFELc-22 e a MFELc-40 ( $r = 0,13$ ).

A Figura 4 ilustra a lactatemia na MFEL-22 de todos os voluntários.



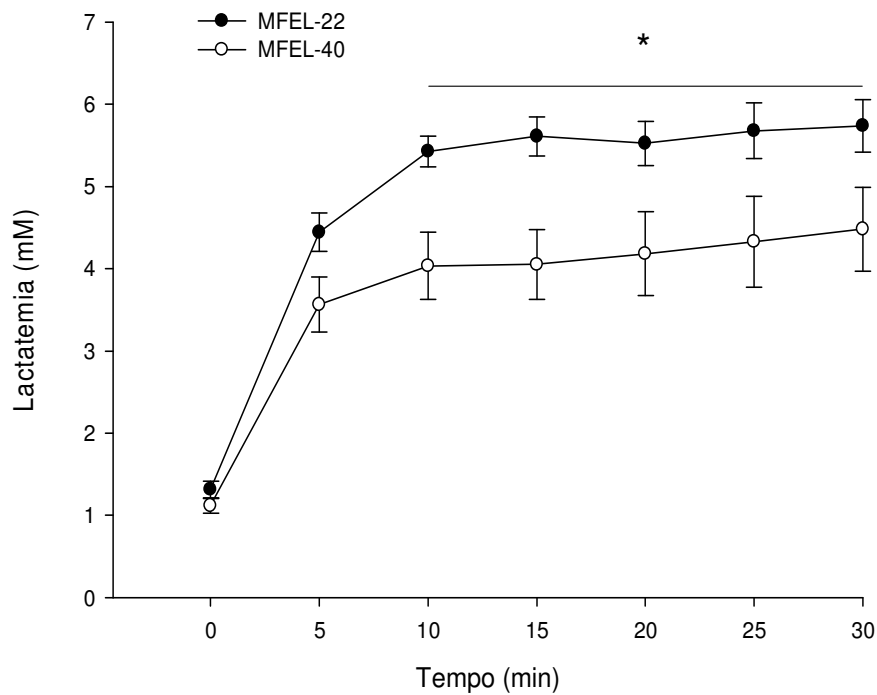
**Figura 4.** Lactatemia na MFEL-22 de cada voluntário.

A Figura 5 ilustra a lactatemia na MFEL-40 de todos os voluntários.



**Figura 5.** Lactatemia na MFEL-40 de cada voluntário.

Houve diferença na lactatemia entre as situações experimentais a partir do minuto 10 até o final do exercício. Em cada situação, a [Lac] não foi diferente entre os minutos 10 e 30 de exercício (FIGURA 6).



**Figura 6.** Lactatemia na MFEL-22 e na MFEL-40 ao longo dos 30 minutos de exercício. Valores expressos em média  $\pm$  EPM; \*  $p < 0,05$  entre as situações;  $n=8$ .

#### 4.1.2. Potência da máxima fase estável do lactato (MFELw)

Assim como a MFELc, a MFELw foi maior no ambiente temperado quando comparada ao ambiente quente ( $180 \pm 32$  e  $148 \pm 33$ W, respectivamente;  $p < 0,05$ ). A Tabela 3 apresenta os resultados individuais da MFELw nas duas situações experimentais.

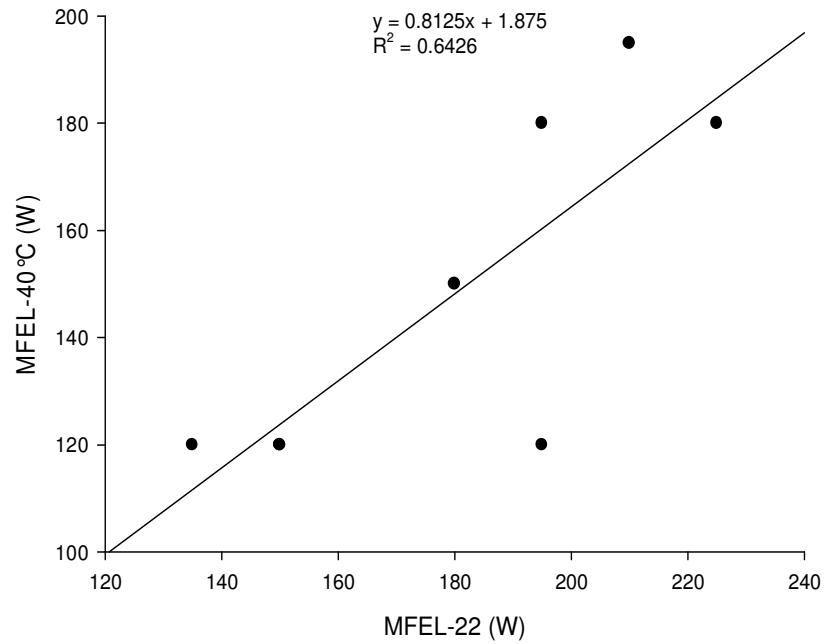
**Tabela 3.** Potência (W) na máxima fase estável do lactato em cada situação experimental.

<b>Sujeito</b>	<b>MFELw-22</b>	<b>MFELw-40</b>
1	195	180
2	150	120
3	135	120
4	180	150
5	225	180
6	210	195
7	195	120
8	150	120
<b>Média</b>	<b>180**</b>	<b>148</b>
<b>EPM</b>	<b>11</b>	<b>11</b>

\* significativamente diferente em relação à 40°C; p<0,01.

No entanto, quando a MFELw foi relativizada em função da potência pico, não houve diferença entre as situações temperada,  $79 \pm 2\%$  Wpico-22, e quente,  $75 \pm 3\%$  Wpico-40. Convém ressaltar que a Wpico-22 foi maior do que a Wpico-40 ( $225 \pm 9$  e  $195 \pm 8$ W para 22°C e 40°C, respectivamente; p<0,01).

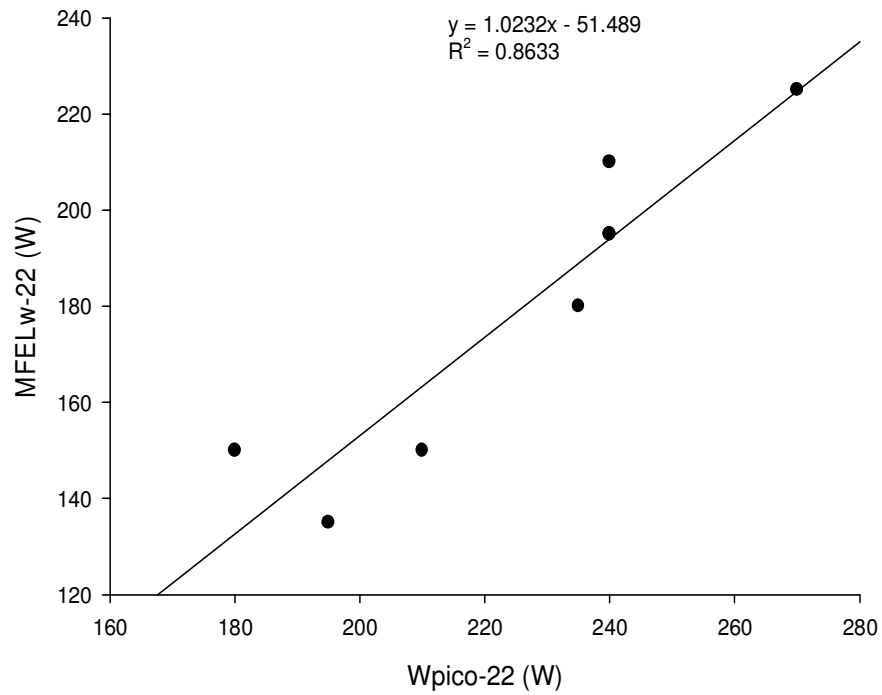
Não houve correlação significativa entre a MFELc e a MFELw nas duas situações experimentais (22°C, r= 0,48; 40°C, r=0,09). Entretanto, diferentemente da MFELc a MFELw-22 apresentou correlação significativa com a MFELw-40 (r=0,80, p<0,05) (FIGURA 7).



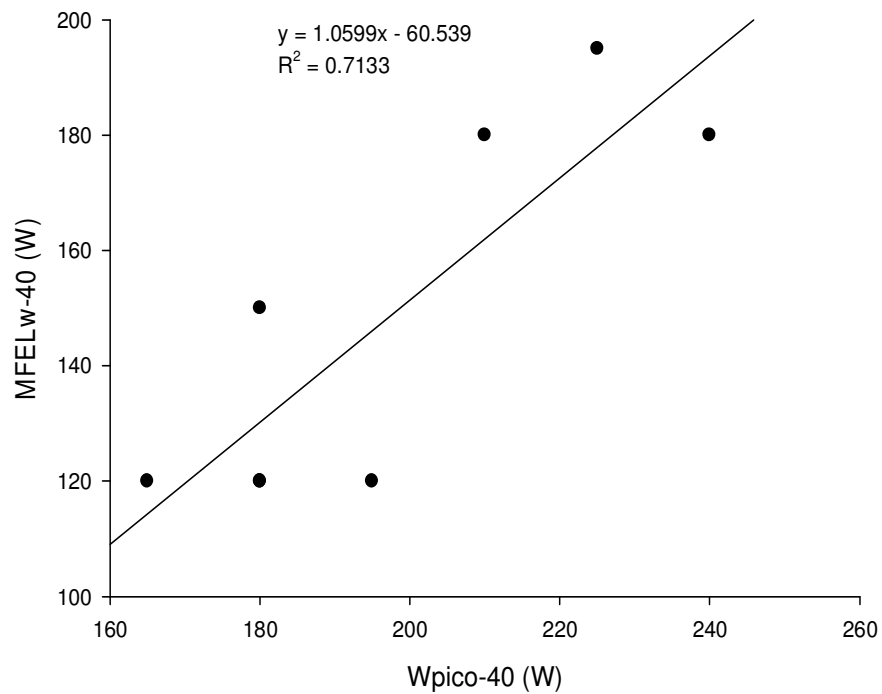
**Figura 7.** Correlação entre a MFELw-22 e MFELw-40;  $p < 0,05$ ;  $n = 8$ .

A MFELw-22 apresentou alta correlação com a Wpico-22 ( $r = 0,93$ ;  $p < 0,05$ ) (FIGURA 8). Da mesma forma, a MFELw-40 também apresentou alta correlação com a Wpico-40 ( $r = 0,84$ ;  $p < 0,05$ ) (FIGURA 9).



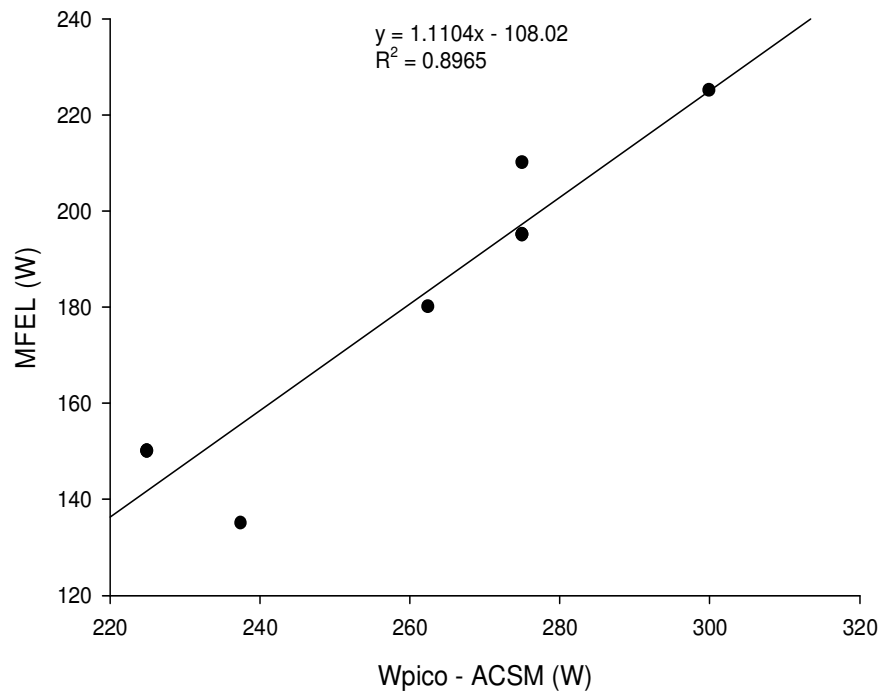


**Figura 8.** Correlação entre a MFELw-22 e Wpico-22;  $p < 0,05$ ;  $n=8$ .

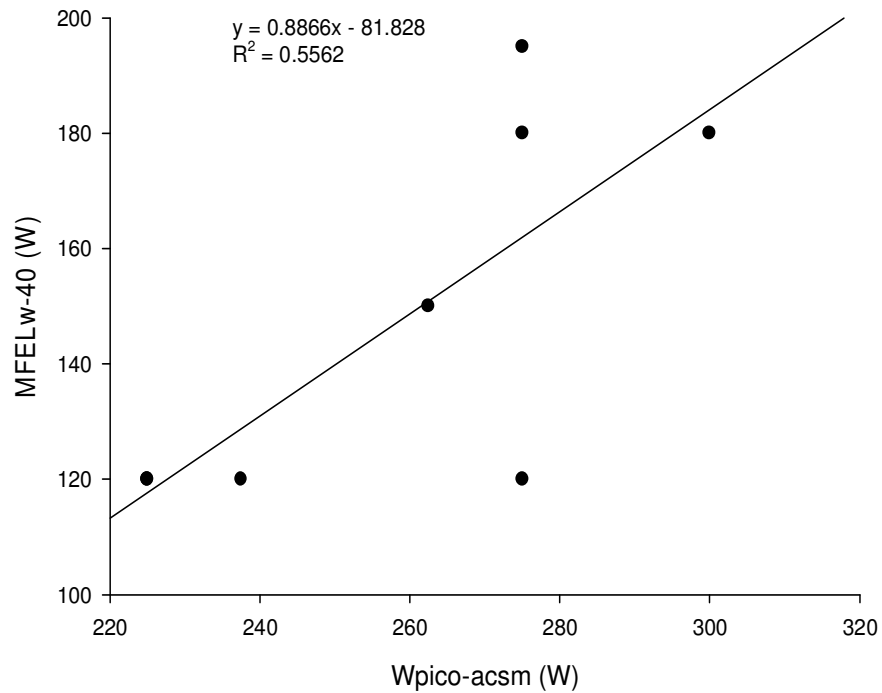


**Figura 9.** Correlação entre a MFELw-40 e Wpico-40;  $p < 0,05$ ;  $n=8$ .

A MFELw-22, assim como a MFELw-40 apresentaram correlação significativa com a  $W_{pico-ACSM}$  (22°C,  $r=0,95$ ; 40°C,  $r=0,75$ ;  $p<0,05$ ) (FIGURA 10 e 11, respectivamente). No entanto, não houve correlação significativa entre a MFELw e o  $VO_{2máx}$  nas duas situações experimentais (22°C,  $r=0,67$ ;  $p=0,07$  e 40°C,  $r=0,41$ ).



**Figura 10.** Correlação entre a MFELw-22 e  $W_{pico-ACSM}$ ;  $p<0,05$ ;  $n=8$ .

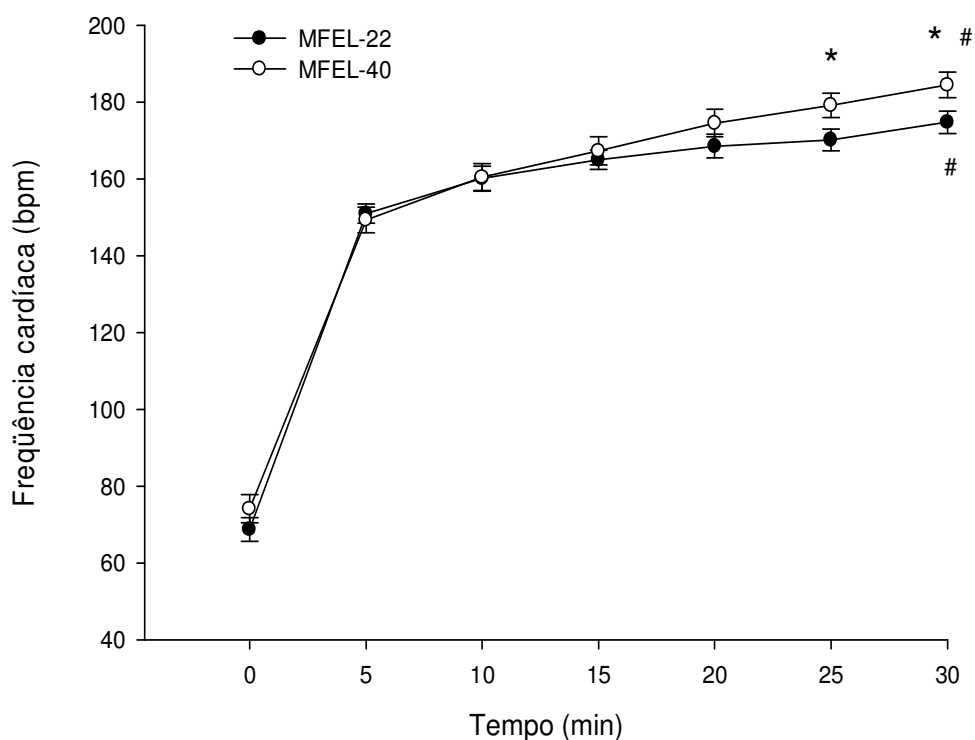


**Figura 11.** Correlação entre a MFELw-40 e Wpico-ACSM;  $p < 0,05$ ;  $n = 8$ .

#### **4.1.3. Frequência cardíaca na máxima fase estável do lactato**

A FC na MFEL-22 ( $168 \pm 3$  bpm) não foi diferente daquela observada na MFEL-40 ( $173 \pm 3$  bpm). Mesmo quando expressa como percentual da  $FC_{m\acute{a}x}$ , não houve diferenças significativas entre as duas situações ( $85 \pm 1$  e  $88 \pm 2\%$   $FC_{m\acute{a}x}$ , para MFEL-22 e MFEL-40, respectivamente).

Quando a FC foi analisada ao longo dos 30 minutos de exercício, houve diferença entre as situações apenas nos minutos 25 e 30. Em ambas as situações houve diferença entre o minuto 10 e 30 de exercício (FIGURA 12).



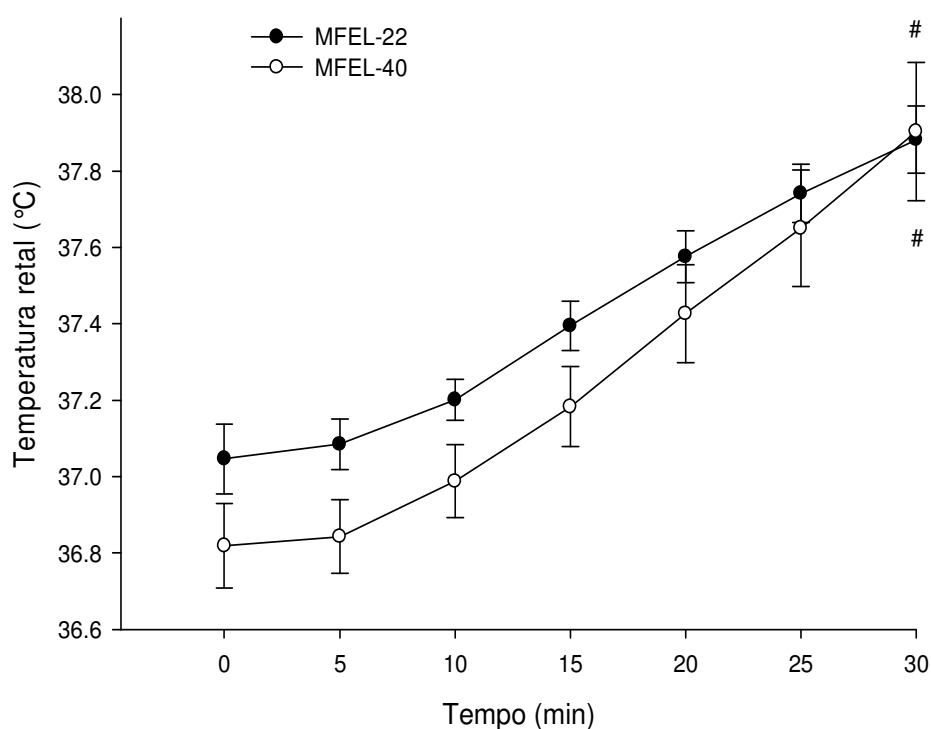
**Figura 12.** Frequência cardíaca na MFEL-22 e MFEL-40 ao longo dos 30 minutos de exercício. Valores expressos em média  $\pm$  EPM; \*  $p < 0,05$  entre as situações; #  $p < 0,05$  entre o minuto 10 e 30 de exercício;  $n=8$ .

#### 4.1.4. Consumo de oxigênio na máxima fase estável do lactato

O  $VO_2$  na MFEL-22 foi maior do que aquele encontrado na MFEL-40 tanto na forma relativa ( $34,81 \pm 1,83$  e  $26,10 \pm 1,03$   $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  para MFEL-22 e MFEL-40, respectivamente;  $p < 0,01$ ) quanta absoluta ( $2,62 \pm 0,13$  e  $1,98 \pm 0,09$   $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$  para MFEL-22 e MFEL-40, respectivamente;  $p < 0,01$ ).

#### 4.1.5. Temperatura interna na máxima fase estável do lactato

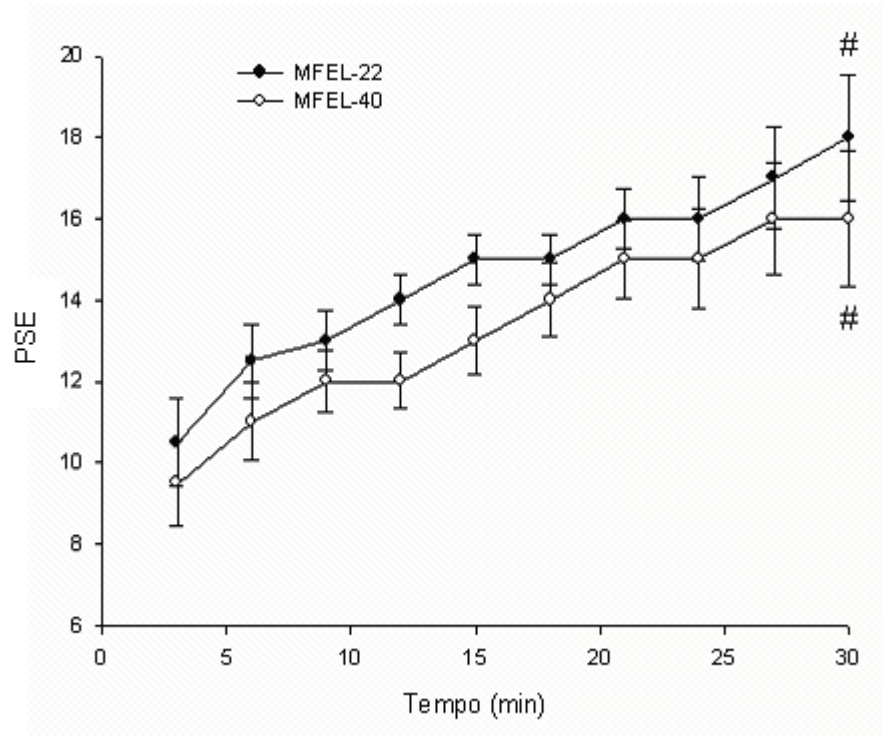
Não houve diferenças na temperatura interna entre as situações experimentais ao longo dos 30 minutos de exercício (FIGURA 13). Em ambas as situações a temperatura interna foi maior no minuto 30 quando comparada ao minuto 10 de exercício ( $37,20 \pm 0,05$  para o décimo e  $37,88 \pm 0,09$   $^{\circ}\text{C}$  para o trigésimo minuto da MFEL-22 e  $36,99 \pm 0,10$  para o décimo e  $37,90 \pm 0,18$   $^{\circ}\text{C}$  para o trigésimo minuto da MFEL-40;  $p < 0,01$ ).



**Figura 13.** Temperatura interna na MFEL-22 e MFEL-40. Valores expressos em média  $\pm$  EPM; #  $p < 0,01$  entre o minuto 10 e 30 de exercício;  $n=8$ .

#### **4.1.6. Percepção subjetiva de esforço na máxima fase estável do lactato**

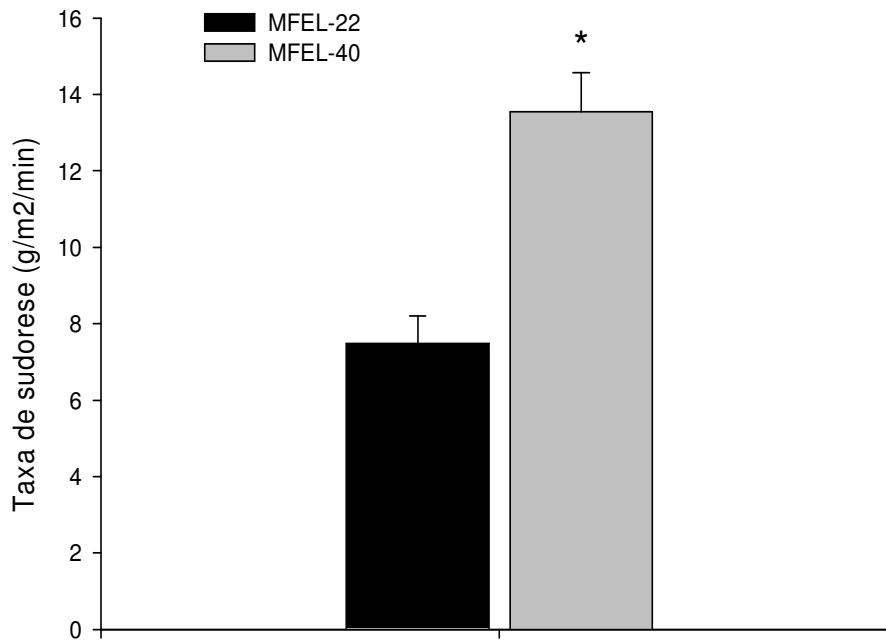
A PSE na MFEL-22 não apresentou diferença significativa com a PSE na MFEL-40 em nenhum momento. No entanto, em ambas as situações a PSE no minuto 30 ( $18 \pm 2$  para MFEL-22 e  $16 \pm 2$  para MFEL-40;  $p < 0,05$ ) foi significativamente maior do que a PSE no minuto nove ( $13 \pm 1$  para MFEL-22 e  $12 \pm 1$  para MFEL-40;  $p < 0,05$ ).



**Figura 14.** Mediana  $\pm$  EPM da percepção subjetiva do esforço na MFEL-22 e MFEL-40; #  $p < 0,05$  entre o minuto 9 e 30 de exercício;  $n=8$ .

#### ***4.1.7. Taxa de sudorese e desidratação na máxima fase estável do lactato***

A Figura 15 mostra que a taxa de sudorese foi maior na MFEL-40 em relação à MFEL-22 ( $13,56 \pm 1,01$  e  $7,48 \pm 0,73 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectivamente;  $p < 0,05$ ).

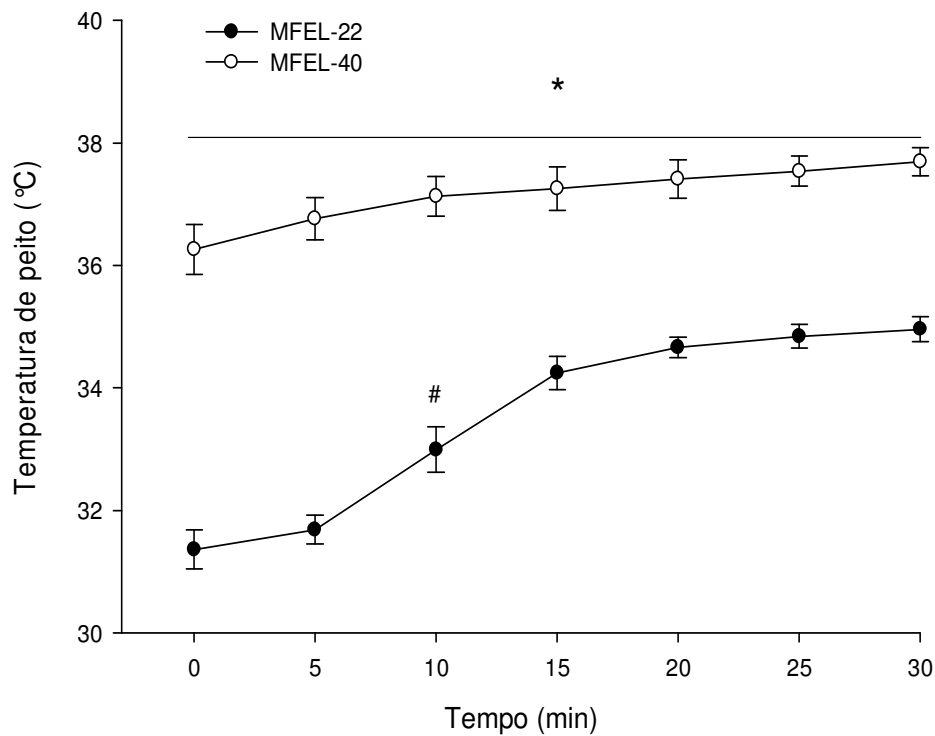


**Figura 15.** Taxa de sudorese na MFEL-22 e MFEL-40. Valores expressos em média  $\pm$  EPM; \*  $p < 0,01$ ;  $n = 8$ .

Assim como a taxa de sudorese, o percentual de desidratação atingido durante os 30 minutos de exercício foi maior na situação quente quando comparado à situação temperada ( $1,08 \pm 0,09$  e  $0,57 \pm 0,05\%$  da massa corporal, respectivamente;  $p < 0,01$ ).

#### **4.1.8. Temperatura de peito na máxima fase estável do lactato**

A  $T_p$  foi maior na MFEL-40 durante todos os 30 minutos de exercício (FIGURA 16). Apenas na MFEL-22 a temperatura de peito foi maior no 30° minuto quando comparado ao 10° minuto de exercício ( $34,96 \pm 0,21$  e  $32,99 \pm 0,37^\circ\text{C}$ , respectivamente;  $p < 0,05$ ). O sensor de pele apresentou falhas técnicas em dois voluntários de forma que a  $T_p$  não pode ser registrada nestes.



**Figura 16.** Temperatura de peito na MFEL-22 e MFEL-40. Valores expressos em média  $\pm$  EPM; \*  $p < 0,05$  entre as situações; #  $p < 0,05$  entre o minuto 10 e 30 de exercício;  $n=6$ .

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na MFEL nas duas situações experimentais.

**Tabela 4.** Variáveis correspondentes à máxima estável do lactato (MFEL) nas temperaturas 22°C e 40°C.

	MFEL-22	MFEL-40
<b>MFELc (mM)</b>	5,60 $\pm$ 0,26 *	4,22 $\pm$ 0,48
<b>MFELw (W)</b>	180 $\pm$ 11 **	148 $\pm$ 11
<b>Wpico (W)</b>	225 $\pm$ 9 **	195 $\pm$ 8
<b>%Wpico</b>	79 $\pm$ 2	75 $\pm$ 3
<b>FC (bpm)</b>	168 $\pm$ 3	173 $\pm$ 3
<b>%FCmáx</b>	85 $\pm$ 1	88 $\pm$ 2
<b>PSE</b>	16 $\pm$ 0	15 $\pm$ 1

Resultados expressos em média  $\pm$  EPM. A PSE está expressa em mediana  $\pm$  EPM. MFELc: lactatemia na máxima fase estável do lactato; MFELw: potência na máxima fase estável do lactato; Wpico: potência pico; FC: frequência cardíaca; PSE: percepção subjetiva de esforço. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$  em relação à MFEL-40;  $n=8$ .



## 4.2. Testes progressivos

### 4.2.1. Concentração fixa de 4mM de lactato (OBLA)

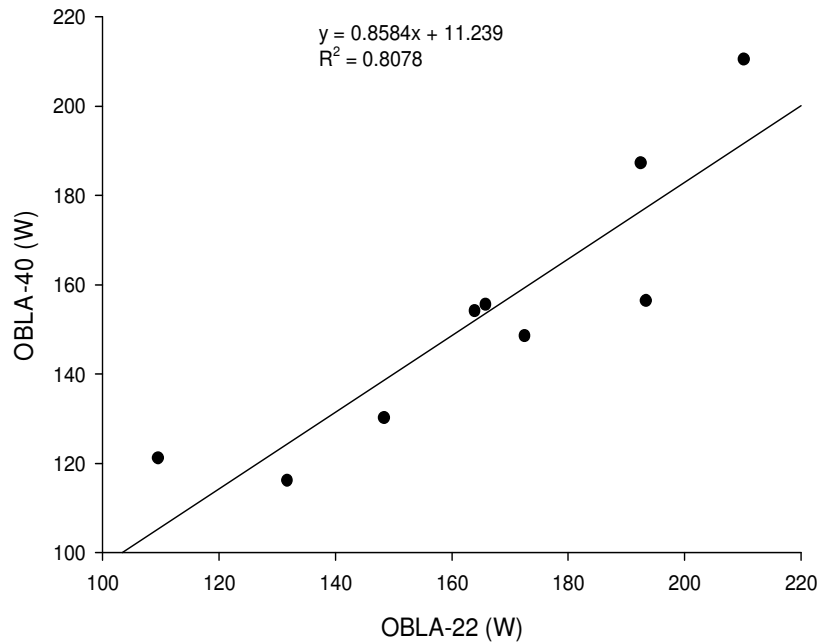
Os resultados das variáveis correspondentes ao OBLA estão expressos na Tabela 5.

**Tabela 5.** Variáveis correspondentes à concentração fixa de 4 mM (OBLA) nas temperaturas 22°C e 40°C.

	<b>OBLA-22</b>	<b>OBLA-40</b>
<b>Potência (W)</b>	165 ± 11 *	153 ± 10
<b>Wpico (W)</b>	225 ± 9 **	195 ± 8
<b>%Wpico</b>	73 ± 2	78 ± 3
<b>FC (bpm)</b>	153 ± 3 **	171 ± 3
<b>%FCmáx</b>	79 ± 2 **	88 ± 1
<b>Lactatemia (mM)</b>	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00
<b>PSE</b>	16 ± 1	17 ± 1

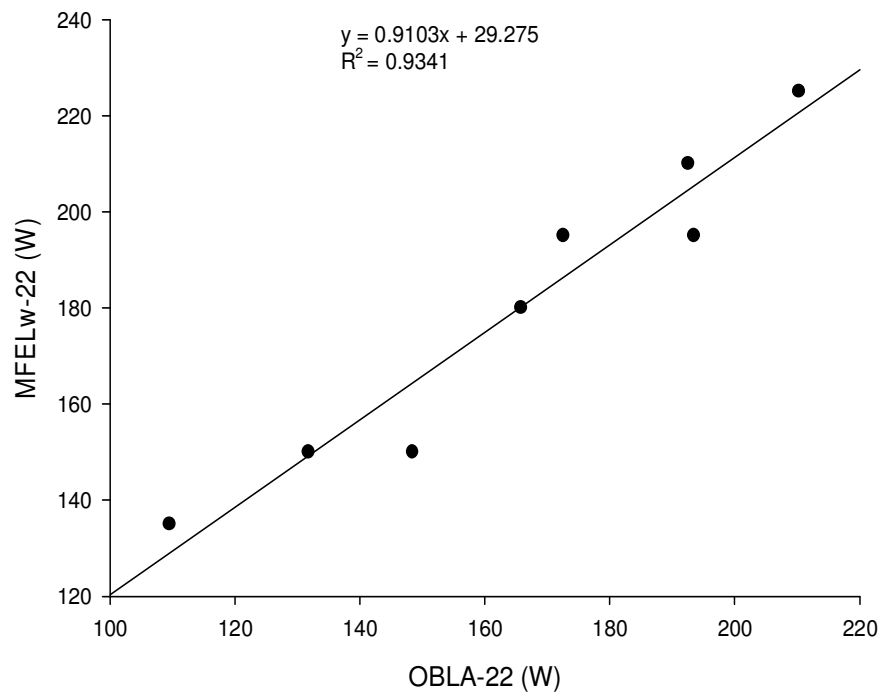
Resultados expressos em média ± EPM. A PSE está expressa em mediana ± EPM. Wpico: potência pico; FC: frequência cardíaca; PSE: percepção subjetiva de esforço. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$  em relação ao OBLA-40; n=9.

A potência correspondente ao OBLA apresentou correlação significativa entre as duas situações experimentais ( $r=0,90$ ;  $p < 0,05$ ) (FIGURA 17).

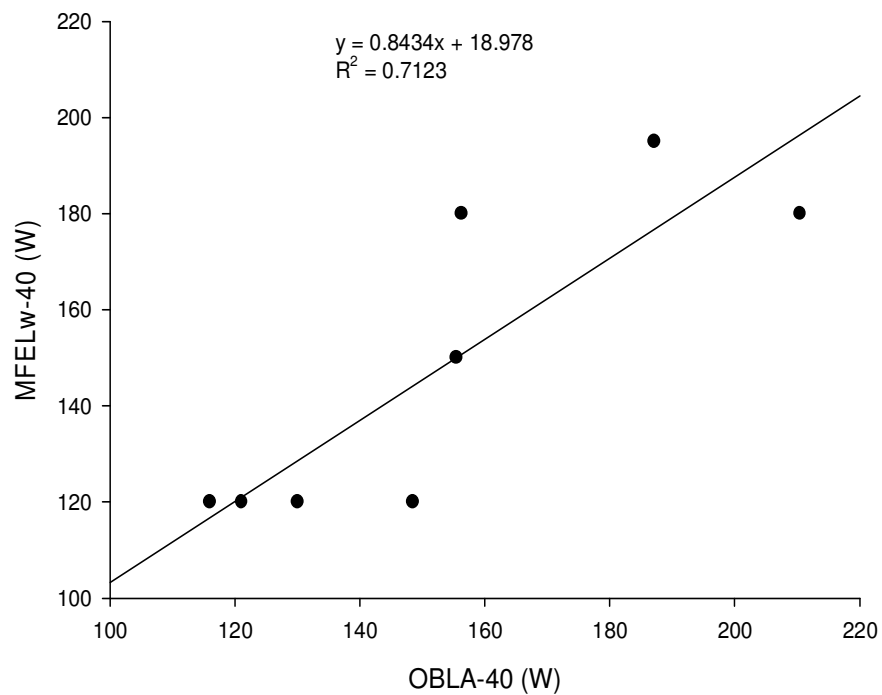


**Figura 17.** Correlação entre a potência correspondente ao OBLA-22 e OBLA-40;  $p < 0,05$ ;  $n = 9$ .

A potência correspondente ao OBLA apresentou correlação significativa com a MFELw em ambos os ambientes (22°C,  $r = 0,97$  e 40°C,  $r = 0,84$ ;  $p < 0,05$ ) (FIGURA 18 e 19, respectivamente).



**Figura 18.** Correlação entre a potência correspondente ao OBLA-22 e MFELw-22;  $p < 0,05$ ;  $n=8$ .



**Figura 19.** Correlação entre a potência correspondente ao OBLA-40 e MFELw-40;  $p < 0,05$ ;  $n=8$ .

#### 4.2.2. Limiar anaeróbio individual (IAT)

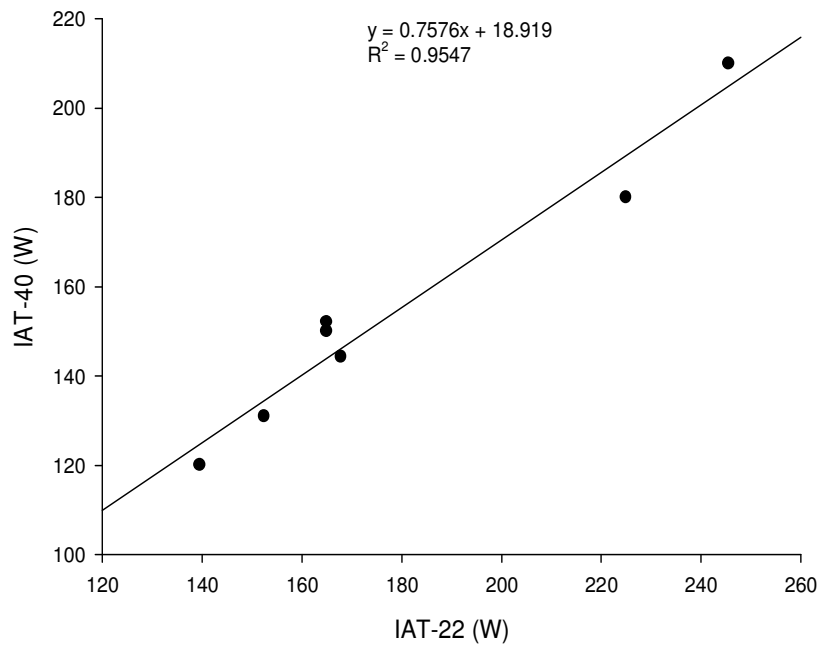
Os resultados das variáveis correspondentes ao IAT estão expressos na Tabela 6. Convém ressaltar que o IAT não pode ser identificado devido à cinética da lactatemia de recuperação em um indivíduo no ambiente temperado e em um indivíduo no ambiente quente.

**Tabela 6.** Variáveis correspondentes ao limiar anaeróbio individual (IAT) nas temperaturas 22°C e 40°C.

	IAT-22	IAT-40
<b>Potência (W)</b>	182 ± 13 **	152 ± 11
<b>Wpico (W)</b>	225 ± 9 **	195 ± 8
<b>%Wpico</b>	80 ± 3	78 ± 2
<b>FC (bpm)</b>	162 ± 4 *	172 ± 4
<b>%FCmáx</b>	82 ± 2 *	88 ± 1
<b>Lactatemia (mM)</b>	4,42 ± 0,42	3,86 ± 0,30
<b>PSE</b>	17 ± 1	16 ± 1

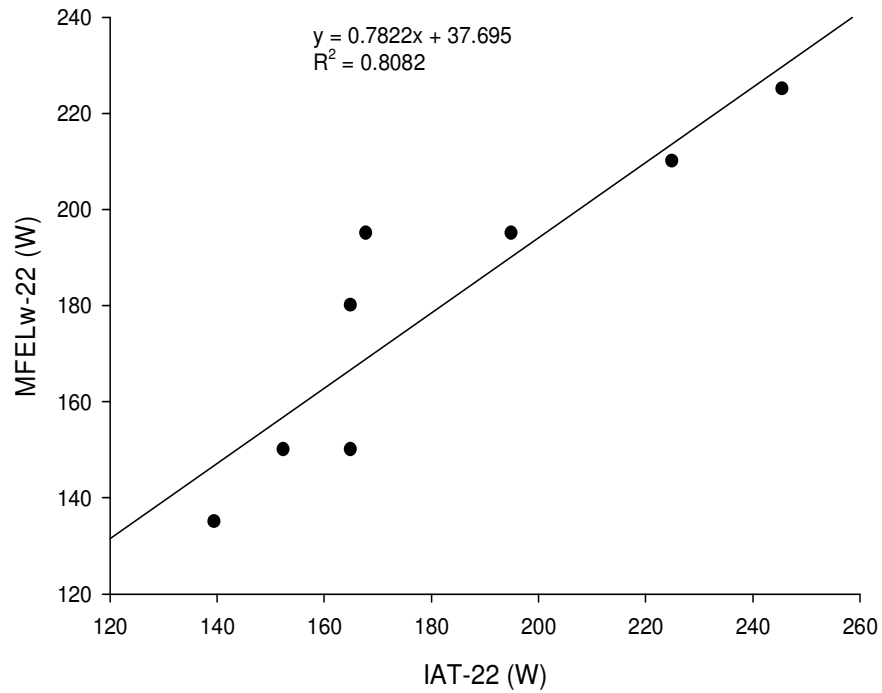
Resultados expressos em média ± EPM. A PSE está expressa em mediana ± EPM. Wpico: potência pico; FC: frequência cardíaca; PSE: percepção subjetiva de esforço. \* p<0,05; \*\* p<0,01 em relação ao IAT-40; n=8.

A potência correspondente ao IAT apresentou correlação significativa entre as duas situações experimentais ( $r=0,98$ ;  $p<0,05$ ) (FIGURA 20).

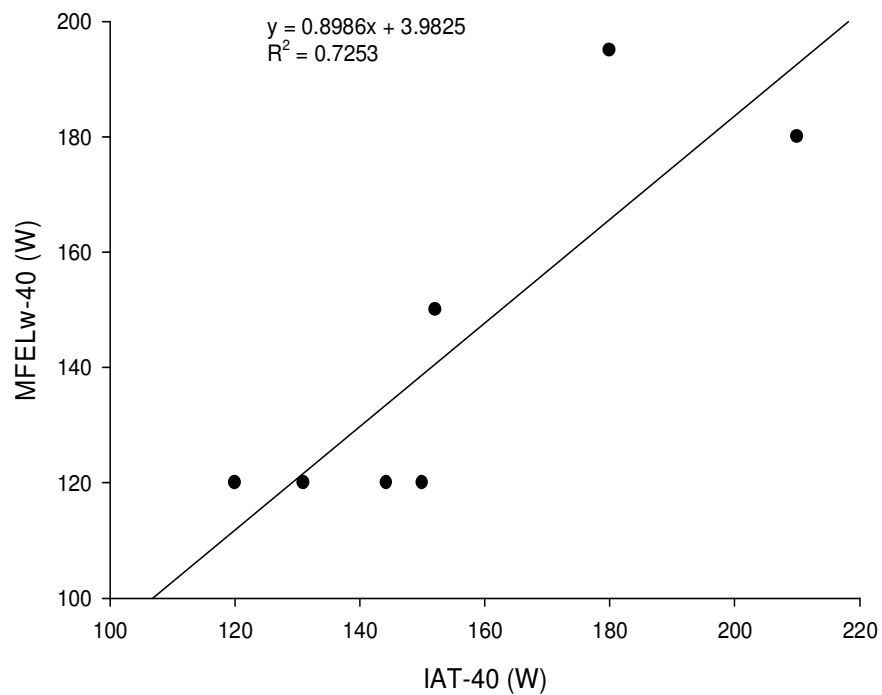


**Figura 20.** Correlação entre a potência correspondente ao IAT-22 e IAT-40;  $p < 0,05$ ;  $n = 7$ .

A potência correspondente ao IAT apresentou correlação significativa com a MFELw em ambos os ambientes (22°C,  $r = 0,90$  e 40°C,  $r = 0,85$ ;  $p < 0,05$ ) (FIGURA 21 e 22, respectivamente).



**Figura 21.** Correlação entre a potência correspondente ao IAT-22 e MFELw-22;  $p < 0,05$ ;  $n = 8$ .



**Figura 22.** Correlação entre a potência correspondente ao IAT-40 e MFELw-40;  $p < 0,05$ ;  $n = 7$ .

A Tabela 7 apresenta os resultados de todos os métodos de identificação do “LA” na situação 22°C, além da MFEL-22.

**Tabela 7.** Variáveis correspondentes à concentração fixa de 4 mM (OBLA), limiar anaeróbio individual (IAT) e máxima fase estável do lactato (MFEL) na situação 22°C.

	<b>OBLA</b>	<b>IAT</b>	<b>MFEL</b>
<b>Potência (W)</b>	165 ± 11**	182 ± 13	180 ± 11
<b>%Wpico</b>	73 ± 2**	80 ± 3	79 ± 2
<b>FC (bpm)</b>	153 ± 3**	162 ± 4	168 ± 3
<b>%FCmáx</b>	79 ± 2**	82 ± 2	85 ± 1
<b>Lactatemia (mM)</b>	4,00 ± 0,00**	4,42 ± 0,42*	5,60 ± 0,26
<b>PSE</b>	16 ± 1	17 ± 1	16 ± 0

Resultados expressos em média ± EPM. A PSE está expressa em mediana ± EPM. Wpico: potência pico; FC: frequência cardíaca; PSE: percepção subjetiva de esforço. \* p<0,05; \*\* p<0,01 em relação à MFEL; n=8.

A Tabela 8 apresenta os resultados de todos os métodos de identificação do “LA” na situação 40°C, além da MFEL-40.

**Tabela 8.** Variáveis correspondentes à concentração fixa de 4 mM (OBLA), limiar anaeróbio individual (IAT) e máxima fase estável do lactato (MFEL) na situação 40°C.

	<b>OBLA</b>	<b>IAT</b>	<b>MFEL</b>
<b>Potência (W)</b>	153 ± 10	152 ± 11	148 ± 11
<b>%Wpico</b>	78 ± 3	78 ± 3	75 ± 3
<b>FC (bpm)</b>	171 ± 3	172 ± 4	173 ± 3
<b>%FCmáx</b>	88 ± 1	88 ± 1	88 ± 2
<b>Lactatemia (mM)</b>	4,00 ± 0,00	3,86 ± 0,30	4,22 ± 0,48
<b>PSE</b>	17 ± 1	16 ± 1	15 ± 1

Resultados expressos em média ± EPM. A PSE está expressa em mediana ± EPM. Wpico: potência pico; FC: frequência cardíaca; PSE: percepção subjetiva de esforço. \* p<0,05 em relação à MFEL; n=8.

### 4.3. Lactatemia em potências iguais nos testes progressivos e constantes

No ambiente temperado, a MFELc foi maior do que a [Lac] encontrada na mesma potência no teste progressivo ( $5,60 \pm 0,26$  e  $4,89 \pm 0,22$  mM, respectivamente;  $p < 0,05$ ). Já no ambiente quente, os resultados de  $4,22 \pm 0,48$  mM para MFELc e  $3,78 \pm 0,30$  mM para a mesma potência no teste progressivo, não foram diferentes.

### 4.4. Lactatemia nos testes constantes realizados com a mesma potência nos dois ambientes

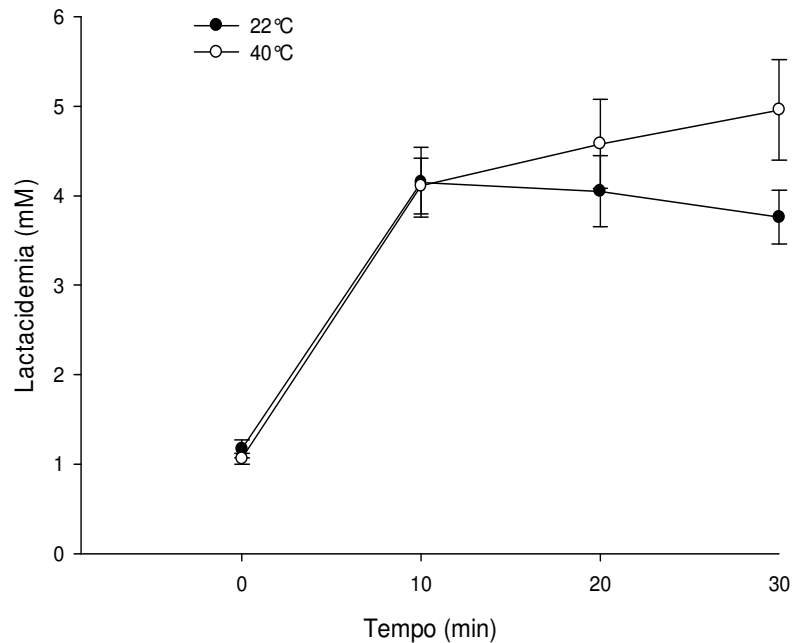
A Tabela 9 apresenta os resultados individuais da lactatemia nos testes constantes quando estes foram realizados na mesma potência nos dois ambientes. Todos os voluntários realizaram exercícios com a mesma potência nos dois ambientes, exceto o voluntário cinco.

**Tabela 9.** Resultados individuais da lactatemia (mM) em exercícios realizados com a mesma potência no ambiente quente e temperado.

Sujeito	Potência (W)	22°C	40°C	22°C	40°C	22°C	40°C	22°C	40°C
		0min		10min		20min		30min	
1	150	0,88	0,95	3,20	3,75	2,89	3,97	2,83	4,48
2	135	1,43	0,98	4,36	4,67	3,84	5,52	3,84	6,34
3	120	0,99	1,04	5,09	5,06	4,88	6,07	4,79	6,01
4	150	1,57	0,89	4,73	4,33	4,48	4,21	4,06	4,06
6	180	1,35	1,24	5,27	2,40	5,27	2,24	4,29	2,54
7	150	1,12	1,38	2,14	4,70	2,19	6,19	2,35	7,08
8	120	0,88	0,94	4,23	3,88	4,82	3,88	4,17	4,23
<b>Média</b>	144	1,17	1,06	4,15	4,11	4,05	4,58	3,76	4,96
<b>EPM</b>	7	0,10	0,06	0,39	0,31	0,40	0,50	0,30	0,56



Não houve diferença na lactatemia entre as temperaturas 22 e 40°C quando comparadas em um mesmo período de tempo (FIGURA 23). Contudo, houve uma tendência a maior lactatemia no minuto 30 ( $p = 0,09$ ).



**Figura 23.** Lactatemia durante os 30 minutos de exercício realizado com a mesma potência nas duas situações experimentais. Resultados expressos em média  $\pm$  EPM;  $n=7$ .

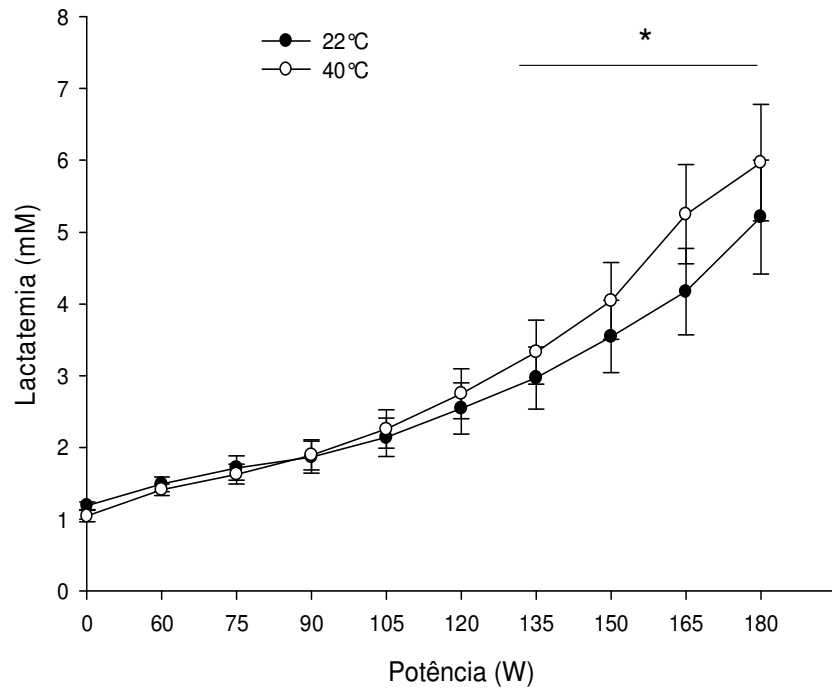
A Tabela 10 apresenta o percentual que cada potência apresentada na Tabela 9 representa em relação à MFELw-22 e MFELw-40.

**Tabela 10.** Resultados individuais do percentual da potência em relação à MFEL<sub>w</sub>

<b>Sujeito</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>%MFEL<sub>w</sub>-22 °C</b>	<b>%MFEL<sub>w</sub>-40 °C</b>
<b>1</b>	150	77	83
<b>2</b>	135	90	113
<b>3</b>	120	89	100
<b>4</b>	150	83	100
<b>6</b>	180	86	92
<b>7</b>	150	77	125
<b>8</b>	120	80	100
<b>Média</b>	144	83	102*
<b>EPM</b>	7	2	5

MFEL<sub>w</sub>-22°C, intensidade da MFEL na temperatura 22°C; MFEL<sub>w</sub>-40°C intensidade da MFEL na temperatura 40°C; \* p < 0,01.

A Figura 24 ilustra os resultados da lactatemia obtidos nos exercícios progressivos nas duas situações experimentais. A [Lac] no exercício realizado no calor apresentou diferença significativa em relação à [Lac] no ambiente temperado a partir da potência correspondente a 135W até 180W, intensidade esta equivalente à menor W<sub>pico</sub> encontrada.



**Figura 24.** Lactatemia durante os exercícios progressivos realizados em ambiente temperado (22°C) e quente (40°C). Valores expressos em média  $\pm$  EPM; \*  $p < 0,05$ ;  $n=9$ .

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Influência do calor na máxima fase estável do lactato

O principal resultado do presente estudo foi a menor MFELc e MFELw no ambiente quente quando comparadas ao ambiente temperado. Este foi o primeiro estudo que investigou a influência da temperatura sobre a MFEL.

Existem algumas hipóteses para tentar explicar a menor MFELc-40. Como pode ser visto na Figura 24, a lactatemia para uma mesma potência em exercício progressivo foi significativamente maior no ambiente quente a partir de 135W. Já em exercício constante com mesma potência (FIGURA 23), apesar de não apresentar diferença significativa entre os dois ambientes, houve uma tendência a maior [Lac] no ambiente quente no minuto 30 de exercício ( $p < 0,09$ ). Desta forma, o critério estabelecido de variação máxima de 1mM durante os vinte minutos finais de exercício é atingido em intensidades mais baixas de exercício no calor, visto que o aumento da lactatemia é mais rápido neste ambiente. Quando a MFELc foi relativizada pela MFELw ( $\text{mM} \cdot \text{W}^{-1}$ ) não foi encontrada diferença significativa entre as situações experimentais, o que demonstra que a lactatemia é dependente também da potência.

É bem relatado na literatura que o exercício realizado no calor promove um acúmulo acelerado de lactato muscular e sangüíneo (FINK *et al.*, 1975; YOUNG *et al.*, 1985, FEBBRAIO *et al.*, 1994a; FEBBRAIO *et al.*, 1994b, HARGREAVES *et al.*, 1996). Fink *et al.* (1975) encontraram que a taxa de utilização de glicogênio foi maior durante o exercício realizado no calor (41 °C) do que no frio (15 °C). Os autores atribuíram este resultado a uma possível hipóxia muscular causada pela redução no fluxo sangüíneo muscular. Young *et al.* (1985) encontraram maior [Lac] e muscular após exercício realizado no calor (49 °C), antes e após um período de aclimação, quando comparado a um ambiente temperado (21 °C). A RER também foi maior no ambiente quente, evidenciando uma maior utilização do metabolismo glicolítico em exercício realizado nesta condição. Além disso, Febbraio *et al.* (1994a) encontraram maior lactatemia, menor concentração de creatina fosfato e maior utilização de glicogênio muscular após exercício realizado no calor.

A [Lac] reflete o balanço entre a produção muscular, o efluxo para o sangue e a remoção da corrente sangüínea. Rowell *et al.* (1968) mostraram que a remoção de

lactato sanguíneo é reduzida no calor como resultado da diminuição do fluxo sanguíneo esplânico (vasoconstrição compensatória).

A redistribuição do débito cardíaco durante exercício realizado no calor pode promover o aumento no acúmulo de lactato muscular e sanguíneo através de vários mecanismos. Se o aporte de oxigênio para o músculo é comprometido por uma redução no fluxo sanguíneo muscular, resultando em hipóxia tecidual, o requerimento para síntese de ATP por fontes anaeróbias aumenta, desencadeando assim um aumento na formação de lactato (YOUNG *et al.*, 1985). No entanto, Nielsen *et al.* (1990) e Savard *et al.* (1988) verificaram que o fluxo sanguíneo para os músculos ativos não diminui em exercício submáximo realizado no calor, sendo compensado por aumento do débito cardíaco. González-Alonso *et al.* (1998) encontraram redução no fluxo sanguíneo para o músculo ativo quando o exercício realizado no calor era acompanhado de aproximadamente 4% de desidratação. No entanto, no presente estudo, o nível de desidratação na MFEL-40 foi de apenas 1% da massa corporal. Além disso, a extração de oxigênio pelo músculo não é completa em exercícios submáximos, de forma que a diminuição na oferta de oxigênio pode ser compensada por um aumento na extração, ou seja na diferença artério-venosa de oxigênio (HOLLOSZY, 1973). Estes fatos tornam improvável a hipótese da redução do fluxo sanguíneo para o músculo ativo como principal causa para o aumento no acúmulo de lactato no calor.

Por outro lado, a redução do fluxo sanguíneo muscular poderia reduzir a lactatemia através da diminuição do efluxo de lactato do músculo para o sangue. No entanto, é improvável que a magnitude de alguma redução no fluxo sanguíneo para os músculos ativos deva ser suficiente para prejudicar significativamente o efluxo de lactato do músculo (YOUNG *et al.*, 1985). Petrofsky *et al.* (1981) indicaram que o efluxo de lactato do músculo ativo não é prejudicado até que o fluxo sanguíneo muscular seja reduzido a valores próximo dos níveis de repouso.

Como a redução do fluxo sanguíneo para o músculo ativo não deva ser a causa do aumento no acúmulo de lactato sanguíneo em exercício realizado no calor, outros mecanismos que podem explicar este resultado também devem ser considerados. Young *et al.* (1985) verificaram que a utilização de glicogênio muscular foi maior nas fibras de contração rápida em exercício realizado no calor. Os autores propõem que o exercício no calor possa ser acompanhado por uma alteração no padrão de recrutamento neuromuscular, favorecendo uma maior

utilização de fibras de contração rápida do que de fibras contração lenta. Entretanto, Febbraio *et al.* (1994b) não encontraram correlação significativa ( $r=0,06$ ) entre o percentual de fibras de contração rápida e a concentração de lactato muscular pós-exercício realizado no calor. Os autores, apesar de acharem que a análise histoquímica das fibras musculares não seja o melhor método de medida do padrão recrutamento motor, encontraram maior glicogenólise nas fibras de contração lenta, contradizendo os resultados de Young *et al.* (1985).

Outro possível mecanismo pelo qual o acúmulo de lactato durante o exercício possa estar aumentando no calor é que a elevação na temperatura muscular promove o efeito Q10 na glicólise. Os altos níveis de NADH podem favorecer o aumento na conversão de piruvato a lactato via lactato desidrogenase (YOUNG *et al.*, 1985).

Febbraio *et al.* (1994b) e Dolny *et al.* (1988) encontraram maiores concentrações sanguíneas de adrenalina em exercício realizado em ambiente quente. Durante o exercício, a concentração elevada de adrenalina pode aumentar a taxa glicogenolítica estimulando a conversão da fosforilase, enzima chave da regulação da glicogenólise, da forma menos ativa para mais ativa (RIETCHER, 1984; SPRIET *et al.*, 1988). A interação adrenalina-receptor  $\beta$ -adrenérgico aumenta a atividade da adenilato ciclase, provocando um aumento na concentração de AMP cíclico e ativação de proteína cinase, que por sua vez media a transformação da fosforilase cinase *b* para *a* e por último a conversão da fosforilase *b* para *a* (SPRIET *et al.*, 1988). Stainsby *et al.* (1984), Jansson *et al.* (1986) e Spriet *et al.* (1988) verificaram um aumento na glicogenólise após infusão de adrenalina. Mazzeo e Marshall (1989) verificaram um comportamento semelhante entre a resposta da adrenalina plasmática e da lactatemia em exercício progressivo realizado em esteira e cicloergômetro. Estes autores sugerem a existência de uma relação causal entre o aumento da adrenalina e da lactatemia e propõem a identificação do "LA" através da concentração plasmática de adrenalina. Febbraio *et al.* (1994b) atribuem à maior concentração de adrenalina como a principal causa do aumento no acúmulo de lactato em exercício realizado em ambiente quente.

Moquin e Mazzeo (2000) encontraram aumento na concentração plasmática de adrenalina e lactato em intensidades submáximas de exercício progressivo em indivíduos com 2,6% de desidratação. Os autores encontraram alta correlação entre a lactatemia e a concentração plasmática de adrenalina ( $r=0,95$ , hidratado;  $r=0,97$ ,

desidratado) e cominaram a redução no “LL” dos indivíduos desidratados ao aumento na concentração plasmática de adrenalina. O nível de desidratação no calor (1%) encontrado no presente estudo, somado ao estresse térmico do ambiente, faz deduzir que a concentração de adrenalina deva estar elevada, fortalecendo assim, a hipótese adrenérgica como causa do aumento no acúmulo da lactatemia no calor.

No entanto, outros autores não têm encontrado diferenças significativas na lactatemia após exercício realizado no calor (SAVARD *et al.*, 1988; MARINO *et al.*, 2001; NIELSEN *et al.*, 1990; YASPELKIS *et al.*, 1993). Convém ressaltar que as diferenças nos métodos utilizados por estes autores podem explicar a contradição nos resultados. Savard *et al.* (1988) e Nielsen *et al.* (1990) estudaram indivíduos que realizaram exercício no calor imediatamente após se exercitarem em ambiente frio, o que pode ter resultado na alteração na lactatemia inicial, assim como na concentração de glicogênio muscular. Já no estudo de Yaspelkis *et al.* (1993) a temperatura ambiente foi 33°C, enquanto que os estudos que encontraram diferenças na concentração de lactato muscular e sangüíneo a temperatura ambiente foi ~40°C.

## 5.2. Lactatemia na máxima fase estável do lactato

O valor da MFELc-22 (5,60mM), superior a 4mM proposto por Heck *et al.* (1985), está de acordo com vários estudos. Baron *et al.* (2003) identificaram valores idênticos ao do presente estudo (5,60mM) em indivíduos treinados. Van Schuylenbergh *et al.* (2004a, 2004b) encontraram a MFELc em 5,4mM e 5,7 em ciclistas treinados e triatletas, respectivamente. Já Denadai *et al.* (2004) encontraram valores de 5,0 e 4,9mM em ciclistas treinados e indivíduos não treinados, respectivamente. Beneke e Von Duvillard (1996) estudaram ciclistas e triatletas e encontraram uma MFELc de 5,4mM. Swensen *et al.* (1999) identificaram a MFELc a 5,4mM em ciclistas treinados e encontraram uma variação de 4,0 a 8,5mM. Harnish *et al.* (2001) também verificaram grande variação individual (3,2 – 10,5mM) em ciclistas treinados, e a MFELc média foi 6,7mM. Maiores ainda foram os valores encontrados por Hoogeveen *et al.* (1997) quando realizaram testes contra-relógio de 40km em ciclistas de elite e encontram uma média de 7,4mM, com uma variação de 3,2 a 12,2mM. Apesar de não terem realizado o teste padrão de 30

minutos para determinação da MFEL, o contra-relógio de 40km foi posteriormente proposto por Harnish *et al.* (2001) para estimar a MFEL de forma indireta.

Convém ressaltar que todos os resultados acima mencionados foram obtidos em exercício realizado em cicloergômetro. Heck *et al.* (1985) propuseram a concentração de 4mM de lactato obtida em exercício progressivo como estimativa da MFEL, no entanto, o ergômetro utilizado por estes autores foi uma esteira. Beneke e Von Duvillard (1996) compararam a MFELc de ciclistas, remadores e patinadores treinados (5,4; 3,1 e 6,6mM, respectivamente) e concluíram que a MFELc parece ser inversamente proporcional à quantidade de massa muscular predominante envolvida no exercício e dependente do padrão motor do exercício. Em um outro estudo, Beneke *et al.* (2001) submeteram remadores a testes de MFEL em cicloergômetro e remoergômetro. Em todos os indivíduos a MFELc foi maior no ciclismo (4,5mM) do que no remo (2,7mM). Os autores estimaram que a potência relativa ( $W \cdot kg^{-1}$ ) na MFEL foi ~25-30% maior no cicloergômetro comparado ao remoergômetro, o que poderia explicar a mais alta MFELc no primeiro. Sendo assim, a utilização da concentração de 4mM como estimativa da MFEL em outros ergômetros e/ou esportes que não sejam esteira ou corrida, deve ser feita com cautela.

### **5.3. Potência na máxima fase estável do lactato e nos “limiares anaeróbios”**

Não foi encontrado nenhum estudo que tenha investigado a influência do calor na MFELw. O único estudo encontrado que comparou a resposta da lactatemia em exercício progressivo realizado em ambiente temperado e quente foi o de Smolander *et al.* (1986). Os autores determinaram o “LA” em indivíduos fisicamente ativos nas temperaturas 25 e 40 °C. Os critérios para identificação do “LA” foram a concentração fixa de 2,5mM (“LL”) e o aumento sistemático no equivalente ventilatório de oxigênio sem concomitante aumento no equivalente ventilatório de gás carbônico (limiar ventilatório). No ambiente quente, quatro dos oito voluntários apresentaram redução no “LL”, mas na média não houve diferença entre as situações experimentais, assim como no “limiar ventilatório”. Diferentemente destes resultados, no presente estudo, a intensidade de todos os métodos utilizados para determinação do “LA” foi menor no ambiente quente.



Kenefick *et al.* (2002) determinaram o “LL” de indivíduos fisicamente ativos em estado eu-hidratado e hipo-hidratado (~4%) e encontraram redução de ~16% no tempo para alcançar o “LL”. Além disso, o “LL” ocorreu em menores valores de VO<sub>2</sub> absoluto, ventilação, RER, PSE e lactatemia. Moquin e Mazzeo (2000) verificaram diminuição semelhante na potência no “LL” (13%) quando os indivíduos apresentavam grau de desidratação de 2,6% e atribuíram essa queda ao aumento na concentração plasmática de adrenalina, a qual promove aumento na lactatemia, deslocando a curva para a esquerda. Em contrapartida, no presente estudo, o nível de desidratação no ambiente quente foi apenas de 1%, ou seja, aproximadamente três vezes menor do que o dos estudos acima mencionados. Mesmo assim foi encontrada redução semelhante na potência do IAT (17%) e OBLA (8%). Desta forma, a desidratação não pode explicar sozinha a redução na intensidade no LA encontrada no calor.

A MFELw expressa em percentual da potência pico (MFEL-40, 79% e MFEL-22, 75%) está de acordo com vários estudos. Em um estudo de Beneke *et al.* (1996) a MFELw correspondeu a 72% da Wpico no ciclismo, 76% no remo e 78% na patinação de velocidade. Em outro estudo de Beneke (1995) a MFELw foi ~70% da Wpico em remadores. Já Denadai *et al.* (2004) identificaram que a MFELw correspondeu a 79 e 68% da Wpico em indivíduos treinados e não treinados, respectivamente. Beneke *et al.* (2001) encontraram em remadores treinados a intensidade de 69% da Wpico. No entanto, a MFEL foi medida em cicloergômetro.

### **5.3.1. Potência na máxima fase estável do lactato e na concentração fixa de 4mM de lactato**

A potência correspondente ao OBLA subestimou a MFELw-22 em ~8%. No entanto, as duas medidas apresentaram uma alta correlação ( $r=0,97$ ;  $p<0,05$ ).

O motivo pelo qual o OBLA não foi capaz de estimar a MFELw pode ter sido o fato de que a MFEL-22 foi 5,6mM, maior do que a concentração fixa de 4mM. Além disso, os valores da MFEL foram maiores do que a lactatemia correspondente à mesma potência da MFELw-22 no teste progressivo (5,60 e 4,89mM, respectivamente). Este resultado mostra que três minutos de duração do estágio no teste progressivo não foi tempo suficiente para a completa difusão do lactato do músculo para a corrente sanguínea. Van Schuylenbergh *et al.* (2004) também

verificaram que estágios com duração de seis minutos não permitiam máxima difusão do lactato do músculo para o sangue. Foxdal *et al.* (1996) determinaram o OBLA em exercícios progressivos com duração dos estágios de quatro, seis e oito minutos. A lactatemia obtida em exercício constante apresentou maior semelhança com a [Lac] na intensidade correspondente ao OBLA com estágio de oito minutos de duração. Os autores concluíram que estágios com duração inferior a oito minutos não permitem uma estabilização da lactatemia em exercícios progressivos.

Contudo, Van Schuylenbergh *et al.* (2004), apesar de verificarem que estágios com durações de seis minutos não foram suficientes para estabilizarem a lactatemia, não encontraram diferenças entre a intensidade do OBLA e da MFEL. Assim como no presente estudo, estes autores encontraram alta correlação entre a potência correspondente ao OBLA e a MFELw ( $r=0,71$ ). Denadai *et al.* (2004) utilizaram a concentração fixa de 3,5mM para identificação da intensidade do “LA” e não encontraram diferença quando comparado à intensidade da MFEL. Em um outro estudo Denadai *et al.* (2005) também não encontraram diferença entre a intensidade correspondente à concentração fixa de 3,5mM (AT3,5) e a MFELw em jogadores de futebol.

Parece no mínimo estranho que a utilização da concentração fixa de 3,5 ou 4mM possa estimar a MFEL quando esta se apresenta em valores bem superiores. Schuylenbergh *et al.* (2004) verificaram que a intensidade no OBLA não foi diferente da MFELw, no entanto, a MFEL foi 5,4 mM. A mesma relação é encontrada no estudo de Denadai *et al.* (2004) que não encontraram diferença entre o AT3,5 e a MFELw, sendo que a MFELc foi 5,0 mM. Nestes estudos mencionados, o tempo de duração dos estágios no exercício progressivo foi seis e três minutos, respectivamente, o que faz concluir que não houve tempo suficiente para a completa difusão do lactato para a corrente sangüínea. Sendo assim, espera-se que a lactatemia deva aumentar quando um exercício constante é realizado com a mesma potência identificada no teste progressivo. Desta forma, parece existir uma coincidência entre uma determinada lactatemia (3,5 ou 4 mM) obtida em teste progressivo e valores superiores encontrados na MFEL.

Diferente dos resultados do presente estudo, Foxdal *et al.* (1996) verificaram que o OBLA superestimou a MFEL em maratonistas, quando a duração dos estágios foi de quatro e seis minutos. Estes autores sugeriram que o OBLA não é adequado para estimar a MFEL em corredores de resistência altamente treinados. Mognoni *et*

*al.* (1990) encontraram que 58% dos indivíduos não conseguiram completar uma hora de exercício na intensidade do OBLA. O tempo médio de exercício desses indivíduos foi 38 minutos. Oyono-Enguelle *et al.* (1990) estudaram cinco indivíduos e verificaram que nenhum deles foi capaz de se exercitar por mais de trinta minutos na intensidade do OBLA, a qual correspondia a ~80% do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , superior aos 66% obtidos no presente estudo. Beneke (1995) verificou em remadores treinados que a intensidade do OBLA superestimou a MFELw em aproximadamente 13%. Todavia, a correlação encontrada entre as duas medidas neste estudo foi alta ( $r=0,82$ ;  $p<0,05$ ) assim como no presente estudo. O autor concluiu que apesar da praticidade do OBLA, para aquela população, o método não era adequado para estimativa da MFEL. Urhausen *et al.* (1993) verificaram que apenas 56% dos voluntários apresentavam MFEL quando se exercitavam na intensidade do OBLA. No estudo de Stegmann e Kindermann (1982) apenas quatro dos 19 voluntários conseguiram completar cinqüenta minutos de exercício na intensidade do OBLA e o tempo médio até a fadiga dos outros 15 voluntários foi 14 minutos.

A intensidade no OBLA-40 foi menor do que a no OBLA-22. Este resultado contradiz Smolander *et al.* (1986) que não encontraram diferenças entre o “LL” avaliado através da concentração fixa de 2,5mM (AT2,5) em ambientes temperado (25°C) e quente (40°C). No entanto, a potência correspondente ao AT2,5 no estudo de Smolander *et al.* (1986) foi 128 e 140W, para 40 e 25°C, respectivamente, enquanto no presente estudo foi 153 e 165W para as condições quente e temperada, respectivamente. A influência da temperatura na redução do “LL” foi semelhante entre os estudos (~8%). Como pode ser visto na Figura 24, a lactatemia no exercício progressivo apresentou diferença significativa apenas a partir de 135W. Desta forma, a intensidade do “LL” no estudo de Smolander *et al.* (1986) pode não ter apresentado diferença significativa, pois o método por eles utilizado resultou na identificação de intensidades baixas, nas quais o estresse térmico ainda não era suficiente para provocar alterações significativas no metabolismo glicolítico.

A alta correlação ( $r=0,90$ ;  $p<0,05$ ) encontrada entre a intensidade do OBLA-22 e do OBLA-40 sugere a estimativa, através da equação de regressão, de uma determinada intensidade quando a temperatura ambiente for diferente daquela na qual foi feita a avaliação.

### 5.3.2. Potência na máxima fase estável do lactato e no “limiar anaeróbio” individual

Dentre os métodos utilizados para estimar a MFEL, o IAT se mostrou eficaz tanto no ambiente quente quanto no temperado. Não houve diferença significativa entre a potência e FC correspondente ao IAT e a MFELw em ambas as situações experimentais. No entanto, não foi possível a identificação do IAT em um indivíduo no ambiente quente e um no ambiente temperado.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com Stegmann e Kindermann (1982) que, apesar de não estabelecerem um critério para a determinação da MFEL, verificaram que os indivíduos foram capazes de permanecer 50 minutos pedalando na intensidade do IAT sem acúmulo contínuo de lactato.

Diferentemente do presente estudo, Beneke (1995) verificou que o IAT superestimou a MFEL em remadores. Urhausen *et al.* (1993) determinaram o IAT em 16 ciclistas treinados e observaram que um indivíduo não apresentou MFEL quando realizou exercício constante em uma intensidade correspondente a 100% do IAT e nove indivíduos (56%) apresentaram lactatemia estável quando se exercitaram a uma intensidade de 105% do IAT. Os autores obtiveram um resultado semelhante em esteira, na qual 42% dos voluntários também apresentaram lactatemia estável quando se exercitaram a uma intensidade de 105% do IAT. Desta forma, os autores concluíram que o IAT não necessariamente representa a MFEL em todos os indivíduos.

Friedmann *et al.* (2004) verificaram redução de 14% na intensidade do IAT quando este foi determinado em condições hipóxicas (15% de oxigênio). Foi encontrado resultado semelhante no presente estudo, no qual a potência no IAT diminuiu (16%) quando o exercício progressivo foi realizado no calor. Todavia, nenhum estudo ainda tinha analisado o efeito da temperatura ambiente sobre o IAT.

É interessante ressaltar que Stegmann *et al.* (1981) propuseram o IAT e observaram grande variação na lactatemia individual (1,5 a 7 mM), mas não confirmaram através de exercícios constantes, se o IAT realmente estimava a MFEL.

#### 5.4. Frequência cardíaca na máxima fase estável do lactato

A FC na MFEL-22 (168 bpm) não foi diferente da FC na MFEL-40 (173 bpm). Este resultado indica que a FC pode ser um bom parâmetro para controle da intensidade do exercício quando o treinamento na MFEL for realizado em ambiente diferente daquele no qual foi feita a avaliação. Em contrapartida, a MFELw-22 foi maior do que a MFELw-40, o que indica que talvez a potência não seja a variável ideal para o controle da intensidade em diferentes ambientes. Ou seja, a MFEL determinada no ambiente temperado superestimaria a MFEL no ambiente quente, o que poderia resultar em uma sobrecarga excessiva de treinamento.

Quando a FC foi analisada ao longo dos 30 minutos de exercício na MFEL ela não apresentou fase estável em nenhum dos ambientes, aumentando durante todo o exercício. O aumento na FC do minuto 10 até o minuto 30 foi de 15bpm no ambiente temperado e de 24bpm no ambiente quente. Outros estudos também relatam aumento na FC em função do tempo, mas em menores valores. Lajoie *et al.* (2000) verificaram um aumento de 13bpm na FC entre o minuto 10 e 60 de exercício em cicloergômetro realizado na MFEL. Dois outros estudos também relataram aumento na FC durante 30 minutos de exercício em cicloergômetro realizado na MFEL (URHAUSEN *et al.*, 1993; SNYDER *et al.*, 1994). No primeiro estudo os autores verificaram um aumento de 9bpm entre o décimo e o trigésimo minuto de exercício (URHAUSEN *et al.*, 1993), e no segundo, 5bpm entre o minuto 15 e 30 de exercício. No presente estudo a diferença entre o décimo quinto e o trigésimo minuto de exercício foi de 9 e 18bpm nos ambientes temperado e quente, respectivamente. Foi encontrado apenas um estudo que verificou FC estável durante 40 minutos de exercício na MFEL (SWENSEN *et al.*, 1999).

## 6. CONCLUSÕES

Os presentes resultados mostraram que o maior acúmulo de lactato no calor promoveu a redução tanto da MFELc quanto da MFELw e que ajustes na carga de treinamento devem ser feitos quando a MFEL é utilizada como critério para determinação da intensidade do treinamento. A influência do calor na redução da MFELw é suportada pela diminuição na potência correspondente ao IAT e ao OBLA nesta situação.

A utilização de uma certa concentração fixa de lactato como estimativa da MFEL deve ser feita com cautela em ambientes temperados, visto a grande variação individual da MFELc e as diferenças encontradas entre a MFELw e potência correspondente ao OBLA. Em contrapartida o IAT se mostrou como um bom indicativo da MFELw neste ambiente. Já no calor, ambos os métodos, IAT e OBLA, se mostraram bons preditores da MFELw.

Além disso, os resultados comprovam a importância do controle da temperatura ambiente quando se tem como objetivo uma avaliação física criteriosa, assim como quando o ambiente onde é realizado o treinamento é diferente daquele no qual ocorreu a avaliação física.

## REFERÊNCIAS

1. ACSM – AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – POSITION STAND – Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 28, n. 1, p. i-vii, 1996.
2. ARMSTRONG, L. E. *Performing in Extreme Environments*. USA: Human Kinetics Publishers, 2000. 333p.
3. BACON, L.; KERN, M. Evaluating a test protocol for predicting maximum lactate steady-state. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness Research*, v.39, p. 300-8, 1999.
4. BARON, B.; DEKERLE, J.; ROBIN, S.; NEVIERE, R.; DUPONT, L.; MATRAN, R.; VANVELCENAHHER, J.; ROBIN, H.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. *International Journal of Sports Medicine*, v.24, n.8, p.582-7. 2003.
5. BASSETT, D. R. Jr.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.32, n.1, p.70-84, 2000.
6. BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.27, n.6, p.863-7. 1995.
7. BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, v.89, n.1, p.95-99, 2003.
8. BENEKE, R.; HÜTLER, M.; LEITHÄUSER, R. M. Maximal lactate-steady-state independent of performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v.32, n.6, p.1135-1139, 2000.
9. BENEKE, R.; LEITHAUSER, R. M.; HUTLER, M. Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British Journal of Sports Medicine*, v.35, n.3, p.192-6. 2001.
10. BENEKE, R.; LEITHÄUSER, R. M.; HÜTLER, M. Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. *British Journal of Sports Medicine*, v.35, p.192-196, 2001.
11. BENEKE, R. VON DUVILLARD, S. P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.28, n.2, p.241-6. 1996.
12. BILLAT, V. L. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Medicine*, v.22, n.3, p.157-75, 1996.

13. BILLAT, V. L.; DALMAY, F.; ANTONINI, M. T.; CHASSAIN, A. P. A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v.69, n.3, p.196-202, 1994.
14. BILLAT, V. L.; DEMARLE, A.; SLAWINSKI, J.; PAIVA, M.; KORALSZTEIN, J. P. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.33, n.12, p.2089-97, 2001.
15. BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*, v.33, n.6, p.407-26, 2003.
16. BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.14, n. 5, p. 377-381, 1982.
17. BROOKS, G. A. The lactate shuttle during exercise and recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.18, p.360-368, 1986.
18. COSTILL, D. L.; THOMASON, H.; ROBERTS, E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science in Sports*, v.5, n.4, p.248-52, 1973.
19. COYLE, E. F.; COGGAN, A. R.; HOPPER, M. K.; WALTERS, T. J. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*. v.64, n.6, p.2622-30, 1988.
20. DENADAI, B. S. *Avaliação Aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo*. Rio Claro: Motrix, 2000. 153p.
21. DENADAI, B. S.; FIGUERA, T. R.; FAVARO, O. R.; GONCALVES, M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Brazilian Journal of Medical Biological Research*, v.37, n.10, p.1551-6. 2004.
22. DENADAI, B. S.; GOMIDE, E. B.; GRECO, C. C. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.19, n.2, p.364-8. 2005.
23. DEVLIN, T.M. *Textbook of Biochemistry*, Wiley-Liss ed. 4a ed, 1997.
24. DOLNY, D. G.; LEMON, P. W. Effect of ambient temperature on protein breakdown during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.64, n.2, p.550-5. 1988.
25. FARREL, P.A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTIL, D. L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.11, p.338-344, 1979.



26. FEBBRAIO, M. A. Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports Medicine*, v.31, n.1, p.47-59, 2001.
27. FEBBRAIO, M. A.; SNOW, R. J.; HARGREAVES, M.; STATHIS, C. G.; MARTIN, I. K.; CAREY, M. F. Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation. *Journal of Applied Physiology*, v.76, n.2, p.589-97. 1994.
28. FEBBRAIO, M. A.; SNOW, R. J.; STATHIS, C. G.; HARGREAVES, M.; CAREY, M. F. Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.77, n.6, p.2827-31. 1994.
29. FINK, W. J.; COSTILL, D. L.; VAN HANDEL, P. J. Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v.34, n.3, p.183-90. 1975.
30. FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. *Designing resistance training programs*. Human kinetics, 2.<sup>a</sup> ed. 1997.
31. FOXDAL, P.; SJODIN, A.; SJODIN, B. Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine*, v.17, n.5, p.360-5. 1996.
32. FRIEDMANN, B.; BAUER, T.; MENOLD, E.; BÄRTSCH, P. Exercise with the intensity of the individual anaerobic threshold in acute hypoxia. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.36, n.10, p.1737-1742, 2004.
33. GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise in Sports and Science Reviews*, v.24, p.35-71, 1996.
34. GONZALEZ-ALONSO, J.; CALBET, J. A.; NIELSEN, B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *Journal of Physiology*, v.513 ( Pt 3), p.895-905. 1998.
35. HAGBERG, J. M.; COYLE, E. F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v.15, n.4, p.287-9, 1983.
36. HARGREAVES, M. *Exercise Metabolism*. ed. Human Kinetics Publishers,inc., 2006.
37. HARGREAVES, M.; ANGUS, D.; HOWLETT, K.; CONUS, N. M.; FEBBRAIO, M. Effect of heat stress on glucose kinetics during exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.81, p.1594-1597, 1996.
38. HARNISH, C. R.; SWENSEN, T. C.; PATE, R. R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.33, n.6, p.1052-5. 2001.

39. HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/L lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, v.61, p.219-24, 1985.
40. HOLLOSZY, J. O. Biochemical adaptations to exercise: aerobic metabolism. *Exercise in Sports Science Reviews*, v.1, p.45-71. 1973.
41. HOOGEVEEN, A. R.; HOOGSTEEN, J.; SCHEP, G. The maximal lactate steady state in elite endurance athletes. *Japanese Journal of Physiology*, v.47, n.5, p.481-5. 1997.
42. JACKSON, A.S; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. *The British Journal of Nutrition*, v.40, p.497-504, 1978.
43. JANSSON, E.; HJEMDAHL, P.; KAIJSER, L. Epinephrine-induced changes in muscle carbohydrate metabolism during exercise in male subjects. *Journal of Applied Physiology*, v.60, n.5, p.1466-70. 1986.
44. KATZ, A.; SAHLIN, K. Regulation of lactic acid production during exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.65, n.2, p.509-518, 1988.
45. KENEFICK, R. W.; MAHOOD, N. V.; MATTERN, C. O.; KERTZER, R.; QUINN, T. J. Hypohydration adversely affects lactate threshold in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.16, n.1, p.38-43. 2002.
46. KINDERMANN, W.; SIMON, W.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v.42, p.25-34, 1979.
47. KING, D. S.; COSTILL, D. L.; FINK, W. J.; HARGREAVES, M.; FIELDING, R. A. Muscle metabolism during exercise in the heat in unacclimatized and acclimatized humans. *Journal of Applied Physiology*, v.59, n.5, p.1350-1354, 1985.
48. KOZLOWSKI, S.; BRZEZINSKA, Z.; KRUK, B.; KACIUBA-USCILKO, H.; GREENLEAF, J. E.; NAZAR, K. Exercise hyperthermia as a factor limiting physical performance: temperature effect on muscle metabolism. *Journal of Applied Physiology*, v.59, p.766-773, 1985.
49. KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T. J.; KEIZER, H.; GEURTEN, P.; KRANENBURG, G. Variability of performance aerobic in the laboratory and its physiological correlates. *International Journal of Sports Medicine*, v.6, p.197-201, 1985.
50. LAJOIE, C.; LAURENCELLE, L.; TRUDEAU, F. Physiological responses to cycling for 60 minutes at maximal lactate steady state. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v.25, n.4, p.250-261, 2000.
51. LONDEREE, B. R.; AMES, A. S. Maximal steady state versus state of conditioning. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v.34, n.4, p.269-78, 1975.

52. MARGARIA, R.; CERRETELLI, P.; MANGILI, F. Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, v.19, p. 623-8, 1963.
53. MARINO, F. E.; MBAMBO, Z.; KORTEKAAS, E.; WILSON, G.; LAMBERT, M. I.; NOAKES, T. D.; DENNIS, S. C. Influence of ambient temperature on plasma ammonia and lactate accumulation during prolonged submaximal and self-paced running. *European Journal of Applied Physiology*, v.86, n.1, p.71-8. 2001.
54. MAXWELL, N. S.; GARDNER, F.; NIMMO, M. A. Intermittent running: muscle metabolism in the heat and effect of hypohydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.31, p.675-683, 1999.
55. MAZZEO, R. S.; MARSHALL, P. Influence of plasma catecholamine on the lactate threshold during graded exercise. *Journal of Applied Physiology*, v.67, p.1319-1322, 1989.
56. McARDLE, W. P.; KATCH, F. I.; KATCH, V.L. *Fisiologia do Exercício, Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. Williams & Wilkins, 4.<sup>a</sup> ed, 2003.
57. MOGNONI, P.; SIRTORI, M. D.; LORENZELLI, F.; CERRETELLI, P. Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, v.60, n.4, p.239-43. 1990.
58. MOQUIN, A. MAZZEO, R. S. Effect of mild dehydration on the lactate threshold in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.32, n.2, p.396-402. 2000.
59. MORITANI, T.; TAKAISHI, T.; MATSUMOTO, T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. *Journal of Applied Physiology*, v.74, p.1729-1734, 1993.
60. MURASE, Y.; KOBAYASHI, K.; KAMEI, S.; MATSUI, H. Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.13, n.3, p.180-4, 1981.
61. NIELSEN, B.; SAVARD, G.; RICHTER, E. A.; HARGREAVES, M.; SALTIN, B. Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress. *Journal of Applied Physiology*, v.69, n.3, p.1040-6. 1990.
62. OYONO-ENGUELLE, S.; HEITZ, A.; MARBACH, J.; OTT, C.; GARTNER, M.; PAPE, A.; VOLLMER, J. C.; FREUND, H. Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, v.60, n.5, p.321-30. 1990.
63. 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.

64. PETROFSKY, J. S.; PHILLIPS, C. A.; SAWKA, M. N.; HANPETER, D.; STAFFORD, D. Blood flow and metabolism during isometric contractions in cat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, v.50, n.3, p.493-502. 1981.
65. PIRNAY, F.; DUJARDIN, J.; DEROANNE, R.; PETIT, J. M. Muscular exercise during intoxication by carbon monoxide. *Journal of Applied Physiology*, v.31, p.573-575, 1971.
66. PODOLIN, D. A.; MUNGER, P. A.; MAZZEO, R. S. Plasma catecholamines and lactate response during graded exercise with varied glycogen conditions. *Journal of Applied Physiology*, v.71, p.1427-1433, 1991.
67. RICHTER, E. A.; RUDERMAN, N. B.; GAVRAS, H.; BELUR, E. R.; GALBO, H. Muscle glycogenolysis during exercise: dual control by epinephrine and contractions. *American Journal of Physiology*, v.242, n.1, p. 25-32, 1982.
68. ROWELL, L. B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiological Reviews*, v.54, p.75-159, 1974.
69. ROWELL, L. B.; BRENGELMANN, G. L.; BLACKMON, J. R.; TWISS, R. D.; KUSUMI, F. Splanchnic blood flow and metabolism in heat-stressed man. *Journal of Applied Physiology*, v.24, n.4, p.475-84. 1968.
70. ROWELL, L. B.; SHEPHERD, J. T. *Handbook of Physiology, Section 12: Exercise: Regulation and integration of multiply systems*. Oxford University Press. p.616-648, 1996.
71. SAVARD, G. K.; NIELSEN, B.; LASZCZYNSKA, J.; LARSEN, B. E.; SALTIN, B. Muscle blood flow is not reduced in humans during moderate exercise and heat stress. *Journal of Applied Physiology*, v.64, n.2, p.649-57. 1988.
72. SJODIN, B.; JACOBIS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, v.2, n.1, p.23-26, 1981.
73. SMOLANDER, J.; KOLARI, P.; KORHONEN, O.; ILMARINEN, R. Aerobic and anaerobic responses to incremental exercise in a thermoneutral and a hot dry environment. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.128, n.1, p.15-21. 1986.
74. SNYDER, A. C.; WOULFE, T.; WELSH, R.; FOSTER, C. A simplified approach to estimating maximal lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*, v.15, p.27-31, 1994.
75. SPRIET, L. L.; REN, J. M.; HULTMAN, E. Epinephrine infusion enhances muscle glycogenolysis during prolonged electrical stimulation. *Journal of Applied Physiology*, v.64, n.4, p.1439-44. 1988.
76. STAINSBY, W. N.; BROOKS, G. A. Control of lactate metabolism in contracting muscles and during exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v.18, p.29-63, 1990.

77. STAINSBY, W. N.; SUMNERS, C.; ANDREW, G. M. Plasma catecholamines and their effect on blood lactate and muscle lactate output. *Journal of Applied Physiology*, v.57, n.2, p.321-5. 1984.
78. STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, v.2, n.3, p.160-5. 1981.
79. STEGMANN, H.; KINDERMANN, W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l(-1) lactate. *International Journal of Sports Medicine*, v.3, n.2, p.105-10. 1982.
80. SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v.28, n.2, p.299-323. 2003.
81. SWENSEN, T. C.; HARNISH, C. R.; BEITMAN, L.; KELLER, B. A. Noninvasive estimation of the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.31, n.5, p.742-6. 1999.
82. TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v.25, p.620-627, 1993.
83. URHAUSEN, A.; COEN, B.; WEILER, B.; KINDERMANN, W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*, v.14, n.3, p.134-9. 1993.
84. VAN SCHUYLENBERGH, R.; EYNDE, B. V.; HESPEL, P. Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. *European Journal of Applied Physiology*, v.91, n.1, p.94-9. 2004.
85. VAN SCHUYLENBERGH, R.; VANDEN EYNDE, B.; HESPEL, P. Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, v.25, n.6, p.403-8. 2004.
86. VAN SCHUYLENBERGH, R.; VANDEN EYNDE, B.; HESPEL, P. Effect of exercise-induced dehydration on lactate parameters during incremental exercise. *International Journal of Sports Medicine*, v.26, n.10, p.854-8. 2005.
87. WASSERMAN, K.; HANSEN, J. E.; SUE, D.Y.; WHIPP, B. J. *Principles of exercise testing and interpretation*. Lea & Febiger, Philadelphia, 1986.
88. WASSERMAN, K.; HANSEN, J. E.; SUE, S. Y.; WHIPP, B. J. *Principles of Exercises Testing & Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications*. 3<sup>a</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.

89. WASSERMAN, K.; McILORY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *American Journal of Cardiology*, v.14, p.844-852, 1964.
90. WELTMAN, A. The blood lactate response to exercise. *Human Kinetics, Monograph nº 4*, 1995.
91. WOODSON, R. D.; WILLS, R. E.; LENFANT, C. Effect of acute and established anemia on O<sub>2</sub> transport at rest, submaximal and maximal work. *Journal of Applied Physiology*, v.44, p.36-43, 1978.
92. YASPELKIS, B. B., 3RD; SCROOP, G. C.; WILMORE, K. M.; IVY, J. L. Carbohydrate metabolism during exercise in hot and thermoneutral environments. *International Journal of Sports Medicine*, v.14, n.1, p.13-9. 1993.
93. YAZEBEK Jr., P.; BATTISTELLA, L. R. *Condicionamento Físico, Do Atleta ao Transplantado*. Sarvier-APM, 1. Ed. São Paulo, 1994.
94. YOUNG, A. J.; SAWKA, M. N.; LEVINE, L.; BURGOON, P. W.; LATZKA, W. A.; GONZALEZ, R. R.; PANDOLF, K. B. Metabolic and thermal adaptations from endurance training in hot and cold water. *Journal of Applied Physiology*, v.78, p.793-801, 1995.
95. YOUNG, A. J.; SAWKA, M. N.; LEVINE, L.; CADARETTE, B. S.; PANDOLF, K. B. Skeletal muscle metabolism during exercise is influenced by heat acclimation. *Journal of Applied Physiology*, v.59, p.1929-1935, 1985.

**ANEXOS**

## **Anexo 1. 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**

Influência do calor na máxima fase estável do lactato

#### **OBJETIVO**

O objetivo do presente estudo será comparar a máxima fase estável do lactato sanguíneo e sua intensidade correspondente durante a realização de exercício em cicloergômetro, em ambientes quente e temperado, em indivíduos fisicamente ativos.

#### **PROCEDIMENTOS**

Primeiramente você realizará uma avaliação física que tem o propósito de determinar suas características físicas. Os resultados de ambas avaliações serão entregues no final da pesquisa.

Após a avaliação física você será submetido a duas situações experimentais dentro de uma câmara ambiental; uma em ambiente temperado (temperatura seca de 22°C) e outra em ambiente quente (temperatura seca de 40°C). Em ambas situações a umidade relativa do ar será de 50%. A ordem das situações será randomizada.

Você irá realizar um exercício progressivo máximo e três a cinco exercícios submáximos com trinta minutos de duração, em cada situação. Os testes terão intervalo mínimo de 7 dias.

Os seguintes critérios serão considerados para a interrupção do exercício:

- Você solicitar o término do exercício;
- Você der nota igual a 20 na escala de Percepção Subjetiva do Esforço;
- A frequência cardíaca não se elevar mesmo aumentando a potência (Teste Progressivo);
- Os pesquisadores notarem a presença de sintomas como tontura, confusão, falta de coordenação dos movimentos, palidez, cianose, náusea, pele fria e úmida.

Amostras de sangue de 25µL serão coletadas do lobo da orelha durante os 15 segundos finais de cada estágio dos testes progressivos e a cada 5 minutos nos testes submáximos, além do repouso em ambos testes. Este procedimento utiliza-se de lancetas descartáveis e pode trazer algum desconforto, mas é bem tolerado por todos.

A temperatura retal será medida por meio de uma sonda retal descartável inserida cerca de 11 cm além do esfíncter anal. As sondas são hastes extremamente flexíveis fabricadas exclusivamente para a medição da temperatura interna em



humanos. A sonda é fornecida ao voluntário em embalagem estéril e lacrada. O próprio voluntário se encarrega de posicioná-la, não havendo interferência direta dos pesquisadores.

Você será instruído a urinar antes e após o exercício em um béquer esterilizado.

As coletas se iniciarão às 8:00 horas da manhã. Durante as duas situações experimentais serão avaliados: concentração sanguínea de lactato e glicose, temperatura interna, percepção subjetiva do esforço, frequência cardíaca e o volume e a densidade da urina e consumo de oxigênio.

## **CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS**

Todos os seus dados são confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a estas informações que serão utilizadas para fins de pesquisa.

## **BENEFÍCIOS**

Obter informações sobre a influência do ambiente na intensidade da máxima fase estável do lactato sanguíneo.

## **RISCOS**

Os riscos deste estudo são relativamente pequenos e estão associados com a prática de exercícios físicos em um cicloergômetro estacionário, como por exemplo, o surgimento de lesões músculo-esqueléticas e com distúrbios ou incômodos causados pelo calor durante a prática do exercício no ambiente quente. Entretanto, durante todas as situações experimentais, caso seja necessário, você poderá contar com o serviço de pronto atendimento.

## **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, tel. 3499-2350 e Cristiano Lino Monteiro de Barros, tels. 3498-8740 / 9239-2234.

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 do estudo “*Influência do calor na máxima fase estável do lactato sangüíneo*”, que será realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Os resultados desta pesquisa serão utilizados na elaboração de uma dissertação de mestrado e de dois trabalhos de iniciação científica.

Belo Horizonte \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2005

Assinatura do voluntário: \_\_\_\_\_

Assinatura da testemunha: \_\_\_\_\_

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

---

Cristiano Lino Monteiro de Barros  
Mestrando / Pesquisador

**Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG.**

***Endereço do COEP***

Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 – Prédio da Reitoria - 7º andar – sala 7018  
– Pampulha – 31270-901 - Belo Horizonte (MG)  
Tel: (31) 3499-4592, Fax: (31) 3499-4027  
coep@prpq.ufmg.br

## Anexo 2. Características físicas dos voluntários da pesquisa

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
<b>Idade (anos)</b>	23	21	25	24	23	29	22	24	27
<b>Estatura (cm)</b>	180,0	186,0	175,5	179,5	177,0	177,0	172,0	181,0	180,5
<b>Massa corporal (kg)</b>	84,06	65,70	68,20	83,62	73,76	72,08	75,84	84,10	67,54
<b>Área de superfície (m<sup>2</sup>)</b>	2,04	1,88	1,83	2,03	1,90	1,89	1,89	2,05	1,86
<b>Gordura (%)</b>	11,5	5,47	10,3	15,3	11	20,5	19,8	20,9	7,63
<b>Σ dobras cutâneas (mm)</b>	85	46	71	108	83	157	143	169	60

Valores individuais de idade, estatura, massa corporal, área de superfície corporal, percentual de gordura e somatório de dobras cutâneas.

### Anexo 3. Lactatemia nos exercícios progressivos

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
0	1,09	1,02	1,20	1,17	1,10	1,41	1,31	0,99	1,44
60	1,39	1,43	1,94	1,87	1,03	1,26	1,65	1,22	1,60
75	1,81	1,62	2,68	2,17	0,98	1,12	1,68	1,77	1,62
90	1,86	1,97	3,20	2,29	0,94	1,02	1,73	2,05	1,75
105	2,08	2,25	3,68	2,58	1,07	1,06	2,07	2,53	1,94
120	2,46	2,66	4,71	2,99	1,16	1,25	2,25	3,23	2,17
135	2,60	3,32	5,47	3,08	1,28	1,48	2,57	4,21	2,71
150	2,89	4,08	6,40	3,65	1,60	1,81	2,96	5,06	3,46
165	3,29	4,62	7,58	3,96	1,99	2,23	3,60	6,22	4,06
180	3,59	6,19	9,51	4,71	2,33	3,08	4,39	<b>8,24</b>	4,85
195	4,05	7,58	<b>11,20</b>	5,47	3,02	4,18	5,22		6,16
210	5,01	<b>9,06</b>		6,25	3,99	5,76	6,34		8,02
225	6,34			<b>7,13</b>	4,80	7,17	7,96		<b>8,94</b>
240	<b>8,24</b>				5,35	<b>9,91</b>	<b>10,07</b>		
255					6,43				
270					<b>8,03</b>				
Rec. 1'	7,82	9,72	11,66	8,43	8,06	9,85	11,68	8,85	9,06
Rec. 3'	8,43	9,48	12,14	9,30	7,70	9,76	12,38	8,51	10,30
Rec. 5'	8,64	9,66	11,75	6,58	7,43	9,88	11,80	7,90	9,53
Rec. 10'	7,07	7,67	10,24	7,16	6,22	8,72	10,34	6,74	

Valores individuais da lactatemia (mM) durante o exercício progressivo realizado em ambiente temperado. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
0	0,85	0,87	0,93	1,32	1,37	1,18	1,27	0,92	0,68
60	1,39	1,82	1,37	1,44	1,38	1,08	1,54	1,60	1,08
75	1,75	2,18	2,00	1,71	1,18	0,99	1,52	2,06	1,27
90	2,04	2,40	2,61	1,98	1,24	0,92	1,75	2,70	1,41
105	2,36	2,75	3,23	2,46	1,24	1,02	2,11	3,32	1,81
120	2,94	3,41	3,93	2,94	1,34	1,23	2,60	4,24	2,12
135	3,05	4,29	4,92	3,38	1,60	1,38	3,20	5,28	2,85
150	3,68	4,89	6,16	3,59	2,02	1,79	4,09	6,47	3,70
165	4,44	6,61	<b>7,58</b>	4,71	2,31	2,54	5,67	8,39	4,97
180	4,80	<b>7,55</b>		<b>6,13</b>	2,80	3,23	6,92	<b>9,67</b>	<b>6,63</b>
195	5,95				3,41	4,85	<b>7,93</b>		
210	<b>7,10</b>				3,96	6,47			
225					5,44	<b>8,11</b>			
240					<b>6,92</b>				
Rec. 1'	6,95		7,52	6,28	7,16	8,45	8,05	9,88	7,10
Rec. 3'	6,07	7,46	7,43	5,47	7,16	7,63	7,93	10,16	6,96
Rec. 5'	5,35	5,95	7,58	5,07	5,71	7,05	7,20	9,03	6,72
Rec. 10'	4,26	6,76	5,44	4,05	4,59	5,28	5,55	7,84	5,27

Valores individuais da lactatemia (mM) durante o exercício progressivo realizado em ambiente quente. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

#### Anexo 4. Glicemia nos exercícios progressivos

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
0	70,07	79,25	75,89	59,98	88,13	97,89	66,88	75,39	93,59
60W	63,95	82,93	78,34	64,26	77,72	93,33	69,62	82,08	80,73
75W	66,71	79,25	77,11	66,71	72,52	86,03	69,31	81,78	74,15
90W	58,75	78,03	70,69	65,79	66,40	74,48	67,49	71,44	63,09
105W	54,47	74,66	66,10	66,40	63,65	72,35	69,01	66,27	61,59
120W	56,30	75,28	65,18	71,30	60,59	73,87	71,44	63,23	54,72
135W	54,77	74,36	63,04	66,71	57,83	70,22	70,83	62,32	55,61
150W	56,61	76,50	60,59	67,63	63,34	69,62	66,27	62,62	57,11
165W	53,86	72,22	60,28	66,71	64,87	69,92	67,49	59,89	52,03
180W	55,08	79,56	60,59	66,71	59,67	65,97	68,70	<b>60,19</b>	56,21
195W	48,96	79,87	<b>63,65</b>	67,63	59,98	71,74	71,14		57,11
210W	52,02	<b>82,93</b>		67,63	59,67	75,09	69,31		61,59
225W	57,83			<b>63,04</b>	61,51	78,13	72,66		<b>62,79</b>
240W	<b>60,89</b>				58,14	<b>83,60</b>	<b>75,39</b>		
255W					59,06				
270W					<b>61,20</b>				
Rec. 1'	55,69	97,31	72,52	69,16	85,68	87,86	88,46	65,36	66,38
Rec. 3'	64,87	98,84	78,34	76,5	82,31	92,11	101,2	72,05	69,97
Rec. 5'	68,24	101,6	77,42	57,83	80,17	95,46	101,8	75,39	67,57
Rec. 10'	59,67	87,52	70,69	67,93	70,69	90,9	95,15	73,57	

Valores individuais da glicemia ( $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ) durante o exercício progressivo realizado em ambiente temperado. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
0	66,10	72,52	70,38	76,81	66,10	80,26	71,44	79,95	75,95
60	73,13	81,09	70,38	66,10	66,71	74,18	69,31	85,73	74,15
75	70,38	74,36	70,99	67,93	60,59	73,57	62,93	75,70	72,96
90	67,32	72,52	69,46	64,87	59,67	74,18	66,27	75,70	69,67
105	63,34	70,99	69,77	64,57	59,06	76,00	67,18	68,10	67,28
120	67,93	73,13	67,32	64,57	57,53	79,34	67,79	65,97	72,06
135	63,65	76,81	64,26	65,48	59,98	77,52	66,88	67,18	74,75
150	66,40	72,52	67,63	59,67	65,48	80,56	69,01	66,58	72,06
165	65,48	75,28	<b>66,71</b>	63,04	64,87	82,69	74,18	68,70	73,55
180	59,98	<b>71,91</b>		<b>66,40</b>	67,93	78,13	80,56	<b>65,97</b>	<b>78,04</b>
195	64,26				67,93	84,51	<b>83,60</b>		
210	<b>70,07</b>				65,48	85,73			
225					64,87	<b>81,47</b>			
240					<b>66,40</b>				
Rec. 1'	68,85		70,99	67,32	92,11	96,67	95,76	74,18	76,25
Rec. 3'	77,72	95,47	69,46	71,91	103,73	104,88	111,57	87,25	78,34
Rec. 5'	75,28	78,95	73,75	74,66	85,68	107,62	109,74	86,94	78,34
Rec. 10'	74,97	105,26	66,10	73,13	85,37	101,84	104,58	83,60	69,97

Valores individuais da glicemia ( $\text{mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ) durante o exercício progressivo realizado em ambiente quente. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

### Anexo 5. Percepção subjetiva do esforço nos exercícios progressivos

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
60	8	7		7	7	7	8	7	9
75	10	8	8	7	8	8	9	10	9
90	12	10	9	9	9	9	10	11	9
105	12	12	12	9	11	10	11	13	12
120	13	13	14	12	12	11	11	15	13
135	14	15	15	12	15	12	13	16	15
150	15	17	17	13	15	13	14	18	16
165	16	18	18	13	17	14	15	19	16
180	17	19	19	15	17	15	16	<b>20</b>	17
195	19	19	<b>20</b>	16	17	17	17		18
210	19	<b>20</b>		17	17	18	18		19
225	19			18	17	19	19		<b>20</b>
240	<b>20</b>			<b>20</b>	18	19	19		
255					18	<b>20</b>	<b>20</b>		
270					<b>20</b>				

Valores individuais da percepção subjetiva de esforço durante o exercício progressivo realizado em ambiente temperado. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
60	9	8	7	7	9	6	9	8	8
75	10	11	9	9	9	8	11	9	9
90	11	13	11	9	11	10	12	12	9
105	13	15	13	11	11	12	14	14	11
120	14	17	15	12	13	13	16	16	11
135	15	18	17	13	15	14	17	17	12
150	16	19	19	15	15	15	18	18	14
165	16	19	<b>20</b>	18	17	16	19	18	16
180	18	<b>20</b>		19	17	17	19	<b>20</b>	19
195	19			<b>20</b>	18	18	<b>20</b>		<b>20</b>
210	<b>20</b>				19	19			
225					19	<b>20</b>			
240					<b>20</b>				

Valores individuais da percepção subjetiva de esforço durante o exercício progressivo realizado em ambiente quente. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.



### Anexo 6. Freqüência cardíaca nos exercícios progressivos

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
0	71	85	73	73	53	78	61	77	57
60	96	100	97	97	98	96	106	106	85
75	104	113	109	100	99	102	111	113	102
90	109	116	114	111	98	110	117	119	106
105	115	128	129	113	110	122	126	131	112
120	124	137	142	120	121	123	126	142	132
135	135	148	152	130	129	131	137	155	141
150	139	161	159	132	133	139	143	166	154
165	144	173	167	140	141	147	151	180	158
180	150	182	177	143	147	154	161	<b>189</b>	167
195	159	191	<b>183</b>	152	151	163	172		169
210	169	<b>198</b>		165	159	170	178		169
225	177			<b>174</b>	165	177	183		<b>172</b>
240	<b>184</b>				170	187	189		
255					174	<b>190</b>	<b>192</b>		
270					<b>181</b>				

Valores individuais da freqüência cardíaca (bpm) durante o exercício progressivo realizado em ambiente temperado. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
0	82	98	60	87	63	85	89	79	80
60	95	117	114	108	96	104	116	117	109
75	100	130	132	114	105	112	121	128	119
90	110	149	141	139	107	121	136	140	137
105	121	164	155	150	124	130	151	152	146
120	132	167	164	160	133	135	165	167	151
135	145	182	173	167	137	143	174	176	156
150	155	189	182	175	148	152	183	185	165
165	166	198	<b>190</b>	186	157	159	190	191	166
180	175	<b>204</b>		<b>184</b>	168	167	194	<b>199</b>	173
195	180				175	181	<b>199</b>		<b>179</b>
210	<b>187</b>				182	188			
225					188	<b>196</b>			
240					<b>194</b>				

Valores individuais da freqüência cardíaca (bpm) durante o exercício progressivo realizado em ambiente quente. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

### Anexo 7. Consumo de oxigênio nos exercício progressivos

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
0	3,55	3,88	5,12	4,28	4,46	3,57	3,89	5,71	7,59
60	13,99	15,16	18,24	14,53	17,19	14,59	15,74	16,18	16,99
75	15,40	18,62	19,06	16,39	17,95	16,98	17,41	16,82	20,12
90	17,18	19,88	21,97	18,46	20,49	18,13	19,00	17,42	20,97
105	19,20	22,94	24,29	19,89	23,98	20,04	21,67	20,73	23,61
120	20,88	25,51	26,57	21,79	23,04	22,88	23,65	23,21	26,57
135	22,95	28,93	30,33	23,70	25,18	26,34	25,25	26,05	26,63
150	25,83	31,73	34,92	27,10	28,84	27,03	27,99	29,48	33,08
165	28,16	35,96	37,24	27,39	30,56	31,10	30,29	33,85	34,19
180	30,06	38,42	42,78	31,85	32,75	33,41	33,31	<b>38,44</b>	41,61
195	31,40	42,62	<b>48,08</b>	33,22	36,40	39,09	37,06		42,89
210	34,60	<b>45,47</b>		36,73	39,86	41,96	39,47		46,28
225	37,57			40,16	43,79	45,69	43,88		<b>48,21</b>
240	<b>40,88</b>			<b>44,14</b>	44,71	49,34	47,22		
255					49,18	<b>48,23</b>	<b>49,12</b>		
270					<b>52,43</b>				

Valores individuais do consumo de oxigênio ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) durante o exercício progressivo realizado em ambiente temperado. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

Potência (W)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
0	2,93	4,22	4,08	3,74	4,06	4,67	3,74		7,55
60	14,51	17,29	17,82	15,62	16,50	15,54	16,97		17,81
75	18,08	20,10	22,49	16,59	20,44	17,77	19,00		23,14
90	19,42	22,29	23,48	19,75	20,52	19,23	20,92		22,14
105	20,15	24,38	25,96	19,68	22,46	20,94	22,07		23,46
120	23,58	26,54	29,51	22,66	25,15	23,79	24,06		24,02
135	25,03	30,17	32,12	24,73	28,83	25,79	27,08		29,57
150	27,90	32,43	35,23	27,79	29,70	30,95	30,51		33,31
165	30,86	38,18	<b>38,76</b>	29,06	34,16	33,38	31,50		35,48
180	33,99	<b>39,48</b>		31,92	37,86	36,42	33,43		38,45
195	34,76			<b>34,83</b>	39,19	39,52	<b>35,79</b>		<b>40,03</b>
210	<b>39,50</b>				43,21	41,49			
225					45,77	<b>41,58</b>			
240					<b>48,70</b>				

Valores individuais do consumo de oxigênio ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) durante o exercício progressivo realizado em ambiente quente. Os valores em negrito representam o momento da fadiga.

**Anexo 8. Potência correspondente ao limiar anaeróbio individual (IAT) e à concentração fixa de 4mM (OBLA) nas duas situações experimentais**

	OBLA		IAT	
	22 °C	40 °C	22 °C	40 °C
V1	193	156	195	
V2	148	130	165	150
V3	110	121	140	120
V4	166	155	165	152
V5	210	210	246	210
V6	193	187	225	180
V7	173	148	168	144
V8	132	116	152	131
V9	164	154		125

Valores individuais da potência (W) correspondente ao limiar anaeróbio individual (IAT) e à concentração fixa de 4mM (OBLA) nos ambientes temperado (22°C) e quente (40°C).

**Anexo 9. Freqüência cardíaca correspondente limiar anaeróbio individual (IAT) e à concentração fixa de 4mM (OBLA) nas duas situações experimentais**

	OBLA		IAT	
	22 °C	40 °C	22 °C	40 °C
V1	158	160	159	
V2	160	177	173	189
V3	133	165	154	164
V4	140	170	140	168
V5	159	182	171	182
V6	162	174	177	167
V7	156	182	153	180
V8	152	163	168	174
V9	158	165		153

Valores individuais da freqüência cardíaca (bpm) correspondente ao limiar anaeróbio individual (IAT) e à concentração fixa de 4mM (OBLA) nos ambientes temperado (22°C) e quente (40°C).

**Anexo 10. Consumo de oxigênio correspondente limiar anaeróbio individual (IAT) e à concentração fixa de 4mM (OBLA) nas duas situações experimentais**

	OBLA		IAT	
	22 °C	40 °C	22 °C	40 °C
V1	31,31	29,21	31,42	
V2	31,42	28,92	35,95	32,49
V3	24,98	29,64	31,81	29,51
V4	27,59	28,23	27,39	28,01
V5	39,99	43,32	46,35	43,19
V6	38,17	37,96	45,67	36,46
V7	31,83	30,13	30,88	29,17
V8	25,45		30,24	
V9	34,07	33,81		25,89

Valores individuais do consumo de oxigênio ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) correspondente ao limiar anaeróbio individual (IAT) e à concentração fixa de 4mM (OBLA) nos ambientes temperado (22°C) e quente (40°C).

**Anexo 11. Percepção subjetiva de esforço correspondente limiar anaeróbio individual (IAT) e à concentração fixa de 4mM (OBLA) nas duas situações experimentais**

	OBLA		IAT	
	22 °C	40 °C	22 °C	40 °C
<b>V1</b>	19	16	19	
<b>V2</b>	17	18	18	15
<b>V3</b>	13	15	16	15
<b>V4</b>	13	16	13	15
<b>V5</b>	17	19	18	19
<b>V6</b>	17	17	19	17
<b>V7</b>	16	18	15	18
<b>V8</b>	16	15	18	17
<b>V9</b>	16	15		11

Valores individuais da percepção subjetiva de esforço correspondente ao limiar anaeróbio individual (IAT) e à concentração fixa de 4mM (OBLA) nos ambientes temperado (22 °C) e quente (40 °C).

### Anexo 12. Freqüência cardíaca na máxima fase estável do lactato

Tempo (min.)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0	74	72	65	71	49	71	72	76
1	133	125	109	118	122	136	135	129
2	150	146	126	128	133	150	151	145
3	149	148	130	137	130	149	157	144
4	154	154	135	136	145	150	158	147
5	156	154	139	148	148	150	163	149
6	158	159	143	152	146	155	162	152
7	160	164	145	154	151	149	166	150
8	163	168	151	158	154	155	168	155
9	164	170	151	161	156	162	169	150
10	165	173	149	161	155	156	171	151
11	164	174	154	164	157	162	171	153
12	166	172	156	167	157	162	169	157
13	167	171	154	167	156	162	173	155
14	167	174	158	166	157	162	175	156
15	168	172	160	168	157	165	175	155
16	170	175	159	167	156	161	175	155
17	170	176	162	162	158	168	175	156
18	169	175	164	168	158	169	176	151
19	172	176	162	164	158	168	178	151
20	171	180	162	169	159	170	180	157
21	172	175	163	169	164	172	178	158
22	173	178	164	170	163	168	179	159
23	172	180	167	169	164	169	179	159
24	174	178	164	173	164	171	181	157
25	175	176	166	168	164	173	182	157
26	177	180	167	173	163	172	183	161
27	177	177	169	175	165	173	183	162
28	177	180	168	175	166	174	184	161
29	177	181	166	174	168	174	185	165
30	178	183	165	175	169	177	187	164

Valores individuais da freqüência cardíaca (bpm) durante a máxima fase estável do lactato em ambiente temperado.

<b>Tempo (min.)</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
0	72	93	75	75	57	69	82	70
1	138	159	120	123	120	135	132	127
2	147	155	134	127	129	145	139	139
3	154	160	138	128	137	151	139	144
4	156	163	139	134	143	153	142	149
5	158	165	137	145	141	155	144	149
6	163	170	147	140	149	159	145	153
7	168	174	147	147	150	158	150	156
8	169	171	150	144	148	162	156	157
9	170	176	154	150	154	164	158	155
10	170	179	156	151	148	163	157	159
11	173	178	158	152	157	168	159	163
12	174	178	161	157	157	168	162	161
13	176	181	162	156	158	171	162	163
14	177	181	162	156	157	171	161	161
15	178	185	163	154	162	173	163	160
16	182	186	164	163	155	174	166	163
17	180	185	166	156	158	176	169	163
18	182	189	165	167	159	179	168	167
19	179	187	168	165	156	182	172	166
20	185	191	167	166	165	182	171	169
21	187	192	167	167	160	183	174	171
22	188	192	170	167	155	183	176	173
23	189	192	171	169	162	184	175	170
24	191	194	171	167	162	186	176	176
25	189	191	171	174	167	187	180	174
26	192	195	170	175	166	186	179	174
27	192	195	172	174	166	189	181	174
28	195	194	174	177	167	189	181	178
29	193	194	171	175	174	192	182	180
30	195	196	171	176	181	193	185	178

Valores individuais da frequência cardíaca (bpm) durante a máxima fase estável do lactato em ambiente quente.



### Anexo 13. Consumo de oxigênio na máxima fase estável do lactato

Tempo (min.)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0	4,61	5,87	6,09	4,65	4,63	3,94	5,42	4,45
1	14,59	16,07	11,90	16,95	17,10	16,66	17,70	12,51
2	29,95	30,18	25,35	27,26	36,27	37,47	33,11	23,67
3	28,61	29,15	27,56	29,15	38,33	37,21	34,41	26,27
4	30,70	31,24	27,93	29,38	37,22	39,47	34,03	26,84
5	30,90	30,13	28,05	31,00	39,67	38,01	37,43	26,77
6	32,17	32,05	28,73	30,24	38,74	39,54	36,12	27,35
7	31,93	31,61	29,53	31,80	40,90	40,35	37,82	27,79
8	32,89	33,25	28,96	31,20	39,21	41,38	37,51	26,41
9	32,49	33,38	30,47	31,32	39,46	39,20	37,26	25,41
10	32,49	33,63	29,07	33,05	39,82	39,41	38,58	25,46
11	32,54	32,27	31,51	32,31	40,41	41,49	37,99	26,46
12	32,53	34,55	30,13	32,40	41,11	39,52	37,28	25,52
13	31,50	33,71	29,90	32,92	39,96	41,33	38,26	25,85
14	32,35	33,69	31,29	31,78	39,92	40,76	38,06	27,32
15	33,20	32,85	31,05	30,37	40,51	40,68	38,32	26,02
16	31,99	33,40	28,49	31,56	40,90	40,24	38,29	26,84
17	32,70	34,27	31,26	32,12	40,86	41,91	38,02	26,84
18	32,23	33,61	30,07	32,37	40,53	40,56	38,65	26,01
19	33,00	33,27	31,05	31,66	40,67	41,78	38,89	26,38
20	31,91	33,20	31,54	30,99	42,25	40,61	38,71	26,35
21	33,33	34,55	31,22	30,82	41,26	42,06	37,69	27,64
22	32,36	33,20	31,16	31,28	42,43	40,73	39,60	27,40
23	32,86	34,42	31,97	31,62	41,19	41,14	38,61	27,12
24	32,74	33,94	31,38	33,77	41,99	43,12	39,31	27,55
25	32,79	34,10	31,42	33,50	42,07	41,44	39,33	26,40
26	33,83	33,92	31,53	32,92	41,85	41,69	39,12	28,98
27	33,98	34,36	32,36	34,19	42,55	41,60	39,86	28,26
28	32,57	34,18	31,74	33,01	42,59	43,06	39,62	27,63
29	34,87	34,51	32,50	34,02	41,72	41,22	40,33	28,49
30	32,63	34,49	31,18	33,39	42,31	43,75	40,44	28,71

Valores individuais do consumo de oxigênio ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) durante a máxima fase estável do lactato em ambiente temperado.

Tempo (min.)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0	4,67	5,18	6,29	3,65	3,34	4,28	4,92	4,49
1	16,09	15,11	11,21	13,83	16,22	14,77	14,83	14,14
2	25,73	27,45	24,72	24,18	32,42	32,92	25,82	22,19
3	26,31	27,83	23,01	24,69	33,50	32,44	25,60	23,48
4	24,26	27,93	20,99	26,31	27,66	30,31	24,84	25,34
5	23,77	26,10	19,58	25,08	28,21	31,37	24,70	24,87
6	24,89	28,21	19,34	23,47	28,52	30,61	24,27	23,41
7	25,35	27,27	20,39	23,42	27,50	31,19	23,50	23,47
8	24,56		20,19	24,48	29,20	32,37	23,52	22,66
9	25,05		21,12	25,79	27,37	31,57	24,75	23,70
10	25,84	27,16	20,02	25,49	27,46	31,41	24,05	23,95
11	24,86	27,09	22,28	26,00	27,91	30,64	24,78	23,88
12	25,43	27,03	21,18	25,01	27,67	31,16	24,53	23,63
13	25,40	27,22	21,85	26,04	28,07	31,03	24,27	24,64
14	26,28	26,87	21,14	25,69	28,31	32,29	24,68	23,61
15	25,55	26,46	21,54	26,75	28,86	31,35	24,59	23,70
16	24,29	28,21	22,22	25,89	27,42	30,71	24,40	23,68
17	26,14	27,39	21,77	25,58	28,71	30,50	25,50	23,05
18	25,12	29,54	22,64	26,60	28,04	30,96	24,90	24,66
19	24,80	26,36	22,02	26,17	28,47	30,68	24,75	22,24
20	25,62	27,74	21,65	25,62	28,69	30,87	25,50	25,00
21	25,05	27,11	21,97	25,44	29,08	30,35	26,03	23,78
22	25,20	27,35	20,96	25,31	28,97	31,34	24,34	24,40
23	25,27	26,52	21,98	27,14	28,60	32,08	26,35	23,78
24	24,66	26,28	21,55	27,19	28,18	33,33	25,04	24,00
25	25,67	26,94	21,90	25,80	27,13	32,73	25,50	24,32
26	25,16	27,50	23,20	27,37	28,19	32,28	24,90	23,74
27	25,66	26,92	21,13	25,79	27,11	32,25	26,01	24,30
28	24,67	27,01	22,94	26,08	27,53	33,10	25,22	24,51
29	24,04	27,49	20,60	28,09	26,58	31,57	25,99	24,02
30	25,29	26,41	22,16	24,52	28,95	30,80	25,34	23,15

Valores individuais do consumo de oxigênio ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) durante a máxima fase estável do lactato em ambiente quente.

#### Anexo 14. Percepção subjetiva de esforço na máxima fase estável do lactato

Tempo (min.)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
3	14	9	9	12	11	11	10	9
6	15	10	12	13	13	13	11	12
9	16	10	14	14	13	13	12	13
12	17	11	15	15	13	14	14	14
15	18	12	15	16	13	14	15	16
18	18	13	17	16	14	15	15	16
21	18	15	17	16	14	15	16	16
24	19	15	18	17	14	16	16	16
27	19	16	19	18	15	17	17	16
30	20	16	19	19	15	18	18	17

Valores individuais da percepção subjetiva de esforço durante a máxima fase estável do lactato em ambiente temperado.

Tempo (min.)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
3	14	11	10	10	9	9	9	7
6	15	13	12	11	11	9	10	8
9	15	13	12	12	12	10	11	8
12	16	14	13	12	12	11	12	9
15	17	15	14	13	12	11	13	9
18	18	16	15	14	12	12	15	11
21	18	17	16	15	13	13	15	13
24	19	18	16	14	13	14	16	14
27	19	19	17	16	14	15	16	15
30	20	20	18	16	15	16	16	15

Valores individuais da percepção subjetiva de esforço durante a máxima fase estável do lactato em ambiente quente.

**Anexo 15. Lactatemia na máxima fase estável do lactato**

<b>Tempo (min.)</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
0	1,43	1,14	0,79	1,56	1,19	1,75	1,31	1,34
5	3,87	4,61	4,30	4,03	3,48	4,92	5,49	4,85
10	5,00	5,37	5,98	5,58	4,48	5,31	6,15	5,54
15	5,22	5,40	6,59	5,95	4,51	5,49	6,39	5,33
20	5,61	5,43	6,77	5,52	4,54	5,01	6,42	4,88
25	6,19	5,31	7,17	5,92	4,36	4,92	6,63	4,91
30	5,98	5,46	6,92	6,41	4,73	4,80	6,75	4,85

Valores individuais da lactatemia durante a máxima fase estável do lactato em ambiente temperado.

<b>Tempo (min.)</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
0	0,86	1,19	1,04	0,89	1,05	1,57	1,41	0,94
5	3,43	3,96	4,23	3,72	2,60	5,19	2,18	3,20
10	4,20	4,62	5,06	4,33	2,89	5,40	1,89	3,88
15	4,47	4,47	5,45	4,24	2,64	5,19	1,96	4,00
20	4,53	4,98	6,07	4,21	2,16	5,52	2,11	3,88
25	4,68	5,16	6,10	4,06	2,06	6,19	2,18	4,20
30	4,85	5,32	6,01	4,06	2,60	6,34	2,44	4,23

Valores individuais da lactatemia durante a máxima fase estável do lactato em ambiente quente.

### Anexo 16. Glicemia na máxima fase estável do lactato

<b>Tempo (min.)</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
0	77,22	66,88	69,01	106,10	75,09	81,33	59,20	74,75
5	68,40	84,51	70,22	81,17	74,48	78,34	53,22	68,17
10	58,98	76,30	64,45	60,80	65,06	72,96	51,13	58,01
15	56,54	78,13	62,02	51,68	57,46	88,50	50,23	54,42
20	59,28	82,08	59,58	44,99	57,46	82,82	50,23	56,21
25	61,10	79,65	63,54	48,94	53,20	84,32	60,10	56,21
30	62,32	85,73	60,80	55,33	55,63	85,22	67,57	54,72

Valores individuais da glicemia durante a máxima fase estável do lactato em ambiente temperado.

<b>Tempo (min.)</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
0	81,93	75,89	66,08	63,23	83,72	77,06	86,71	70,56
5	70,27	77,72	56,21	68,40	66,98	80,74	72,36	68,77
10	47,24	78,64	57,71	66,27	58,31	77,98	53,52	57,71
15	45,45	73,75	58,31	68,40	54,12	81,66	55,32	58,01
20	47,24	79,56	64,88	63,54	52,62	83,20	50,83	54,42
25	47,24	78,95	65,18	64,75	52,03	90,87	55,61	57,11
30	52,03	80,48	64,88	63,23	54,42	98,85	59,50	57,11

Valores individuais da glicemia durante a máxima fase estável do lactato em ambiente quente.