

Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia



**RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS
AERÓBIOS E ANAERÓBIOS COM O DESEMPENHO DE
CICLISTAS**

Autor: Prof. Eduardo Bernardo Sangali

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Papoti

Presidente Prudente

2013

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Seção de Pós-Graduação

Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente SP

Tel 18 3229-5352 fax 18 3223-4519 posgrad@prudente.unesp.br

Eduardo Bernardo Sangali

**RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS
AERÓBIOS E ANAERÓBIOS COM O DESEMPENHO DE
CICLISTAS**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciência e Tecnologia – FCT/UNESP, campus de
Presidente Prudente, para obtenção do título de
Mestre no Programa de Pós-Graduação em
Fisioterapia.

Orientado: Eduardo Bernardo Sangali

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Papoti

Presidente Prudente

2013

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Seção de Pós-Graduação

Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente SP

Tel 18 3229-5352 fax 18 3223-4519 posgrad@prudente.unesp.br

S214r Sangali, Eduardo Bernardo.
Relação entre parâmetros fisiológicos aeróbios e anaeróbios com o desempenho de ciclistas / Eduardo Bernardo Sangali. - Presidente Prudente: [s.n], 2013
108 f.

Orientador: Marcelo Papoti
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Índices Fisiológicos. 2. Ciclistas. 3. Predição de Desempenho. I. Papoti, Marcelo. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

***“Cada sonho que você deixa para trás, é um pedaço do
seu futuro que deixa de existir”.***

Steve Jobs

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, Henrique, Clara, Leonardo e Letícia, pelo amor, carinho e incentivo durante todos esses anos que passei longe. A essas pessoas que amo e devo a minha vida e meu caráter.

Agradeço primeiramente à minha família pelo esforço, carinho, amor, e incentivo que me deram durante todo este processo que passei tão distante deles, onde em nenhum momento deixaram de acreditar na minha capacidade.

Agradeço aos meus orientadores Prof. Dr. Marcelo Papoti e Prof. Dr. Pedro Balikian Junior pela paciência e credibilidade depositada em mim ao longo destes anos de convivência. Também deixar meus agradecimentos aos coordenadores e responsáveis pelo programa de pós-graduação. Muito obrigado.

Agradecer aos professores e amigos de pós-graduação Rômulo Araújo Fernandes, Ismael Forte Freitas Júnior, Fabrício Eduardo Rossi, Robson Chacon Castoldi e Rafael Junges Moreira pelas orientações, conselhos, ajuda em diversos momentos de dificuldade e problemas relacionados à Universidade e principalmente pela amizade.

Agradecer aos amigos e companheiros de trabalho no LAFE. Rafael Gavassa de Araújo (Fi do Joaquim), José Gerosa Neto (Netão), Carlos Augusto Kalva Filho (Beisso), Camila Dantas Brum (mamãezinha), Ronaldo Bucken Gobbi, João Paulo Loures (Paulinho), Monique Castanho (Moniquita), Pablo Barreto (Pablão), Vitor Luiz de Andrade (“Ah mano”), Guilherme Navarro Schneider (“jogadô”) por tudo que fizeram por mim e pelo grupo para que nos tornássemos pessoas importantes e com grande futuro pela frente. Agradecer em especial ao Eduardo Zapatterra Campos, pois é impressionante como UMA SÓ pessoa consegue ser amigo, irmão, orientador, conselheiro e em algumas vezes até um pai, muito obrigado Du.

Agradecer ao outros amigos que conviveram comigo durante esses anos, em especial ao João Luis Araújo Antunes, Loreana Sanches Silveira, Driele Pereira da Silva, Danilo Antônio Correa Pinto Junior, Maurício Michelin Dias Camargo, Lucas Figueiredo Marqueti e Ana Clara Lemos Pontes.

RESUMO

Objetivo: O objetivo do estudo foi determinar de relacionar diferentes índices fisiológicos de avaliação aeróbia e anaeróbia com o desempenho em provas de campo e laboratório em ciclistas. **Métodos:** Foram avaliados dois grupos de atletas, sendo 14 ciclistas da elite nacional (estudo 1 e 2) e oito ciclistas amadores (estudo 3 e 4), do sexo masculino. Todos os indivíduos realizaram avaliações antropométricas e realizaram um teste incremental para a determinação dos índices fisiológicos máximos e submáximos como o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), intensidade de exercício correspondente ao consumo máximo de oxigênio (iVO_{2max}), economia de movimento (EM), limiares ventilatórios 1 e 2 (LV_1 e LV_2) e máximo déficit acumulado de oxigênio ($MAOD_{red}$), sendo apresentados em valores absolutos e normalizados por variáveis antropométricas como peso total, massa magra total e massa magra ativa. Os atletas de elite realizaram avaliações de desempenho em campo contra relógio (CR) de 4km e 20km e os atletas amadores realizaram o teste de esforço máximo de 30 segundos (Wingate) e 3 minutos (all out 3 min), sendo todas em laboratório. Para verificar a correlação entre as variáveis, foi realizado o teste de correlação de *Pearson*, com nível de significância inferior a 5% e para verificar a comparação entre as variáveis do all out 3 min e do teste incremental foram determinadas utilizando Anova One-Way. **Resultados:** No estudo 1 e 2 foram observados correlação significativas somente entre o LV_1 normalizado pelas variáveis antropométricas com as duas provas CR e LV_2 normalizado pelo peso corporal com o desempenho de 4km CR. No estudo 3 e 4 o $MAOD_{red}$ apresentou correlação significativa somente entre o índice de fadiga dos parâmetros do Wingate e all out 3 min. Observamos também que o VO_{2pico} do all out 3 min não

apresentou diferença significativa em relação ao $VO_2\text{max}$ do teste incremental e apresentou correlações significantes, e potência crítica do all out 3 min não apresentou diferença significativa em relação ao LV_2 , $LAn\ 3,5$ e $iVO_2\text{max}$.

Conclusão: A partir dos resultados dos quatro estudos nós podemos concluir que os índices fisiológicos absolutos não se correlacionam com o desempenho em provas CR de 4km e 20km e, somente o LV_1 normalizado foi o melhor preditor de desempenho em campo de ciclistas de elite e os parâmetros absolutos e relativos do $MAOD_{red}$ não apresentam correlações significantes com o Wingate e all ou 3 min, entretanto, somente o IF pode nos dar um indicativo de maior CA_n . Porém, o all out 3 min mostrou-se ser um bom preditor do $VO_2\text{pico}$ e $PCrit$.

Palavras-Chave: Índices Fisiológicos; Ciclistas; Predição de Desempenho.

ABSTRACT

Objective: The study objective was to determine to relate different physiological indices of aerobic and anaerobic assessment with performance in field tests and laboratory cyclists. **Methods:** Two groups of athletes, 14 male elite cyclists national (study 1 and 2) and eight amateur cyclists (Study 3 and 4). All subjects underwent anthropometric assessments and performed an incremental test to determine the maximal and submaximal physiological indices such as maximum oxygen consumption (VO_{2max}), exercise intensity corresponding to maximal oxygen uptake (iVO_{2max}), movement economy (EM), ventilatory thresholds 1 and 2 (LV_1 and LV_2) and maximum accumulated oxygen deficit ($MAOD_{red}$), being presented in absolute and normalized values for anthropometric variables such as total weight, total lean mass and lean mass active. Elite athletes were performed out field performance time trial (CR) of 4km and 20km and amateur athletes tested for maximal 30 seconds (Wingate) and 3 minutes (all out 3 min), all laboratory. To verify the correlation between variables was performed Pearson correlation test, with a significance level of 5% and to examine the comparison between variables of all out 3 min and the incremental test were determined using One-Way ANOVA. **Results:** In study 1 and 2 were observed only significant correlation between LV_1 normalized by anthropometric variables with both CR and LV_2 evidence normalized by body weight with the performance of 4km CR. In study 3 and 4 $MAOD_{red}$ only significant correlation between the fatigue index of Wingate parameters and all out 3 min. We also observed that the VO_{2peak} all out 3 min was not significantly different compared to incremental test VO_{2max} and showed significant correlations, and critical power all out of 3 min was not significantly different compared to LV_2 , LAn 3.5 and iVO_{2max} . **Conclusion:** From the results of

four studies we can conclude that the absolute physiological indexes did not correlate with performance on tests of 4km and 20km CR and LV₁ only standard was the best predictor of performance in elite cyclists and the parameters of the absolute and relative MAOD_{red} not show significant correlations with Wingate and all out 3 min, therefore, only the IF can give us an indication of greater CAn. However, all out 3 min proved to be a good predictor of VO₂peak and PCrit.

Key words: Physiological Index; Cyclists; Performance Prediction

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

All out 3 min = teste de esforço máximo de 3 minutos

ATP = adenosina trifosfato

BSA = área de superfície corporal

CAn = capacidade anaeróbia

CO₂ = dióxido de carbono

CP = creatina fosfato

CR = provas de contra relógio

CTA = capacidade de trabalho anaeróbio

DEXA = absorptometria radiológica de dupla energia

EM = economia de movimento

EPOC = consumo excessivo de oxigênio pós-exercício

FA = área frontal

FCmax = frequência cardíaca máxima

GC = gordura corporal

H₂CO₃ = ácido carbônico

H₂O = água

IF = índice de fadiga

iVO₂max = intensidade de exercício correspondente ao consumo máximo de oxigênio

LAN = limiar anaeróbio

Δ[Lac] = componente láctico do MAOD_{red}

[Lac]_{sang} = concentração de lactato sanguíneo

[Lac]_{pico} = concentração pico de lactato

[Lac]_{rep} = concentração de lactato de repouso

LL = limiar de lactato

LV = limiar ventilatório

LV₁ = limiar ventilatório 1

LV₂ = limiar ventilatório 2

MA = massa magra ativa

MAOD = máximo déficit acumulado de oxigênio

MAOD_{red} = máximo déficit acumulado de oxigênio reduzido

MCTs = transportadores monocarboxilatos

MFEL = máxima fase estável de lactato

MM = massa magra total

NaHCO₃ = bicarbonato de sódio

O₂ = oxigênio

PCO₂ = pressão de dióxido de carbono

PCR = ponto de compensação respiratória

Pcrit = potência crítica

PM = potência média

PP = potência pico

Rast = running based anaerobic sprint test

RQ = quociente respiratório

VE = ventilação pulmonar

VE/VCO₂ = equivalente ventilatório de CO₂

VE/VO₂ = equivalente ventilatório de O₂

VO_{2max} = consumo máximo de oxigênio

%VO_{2max} = percentual do consumo máximo de oxigênio

VO_{2pico} = pico de consumo de oxigênio

	16
1 - APRESENTAÇÃO	18
2 - INTRODUÇÃO	19
3 - REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 - Métodos de Avaliação da Capacidade e Potência Aeróbia	21
3.1.1 - Consumo máximo de oxigênio (VO_2max).....	21
3.1.2 - Economia de movimento (EM) e Intensidade de exercício correspondente ao consumo máximo de oxigênio (iVO_2max).....	22
3.1.3 - Limiares metabólicos.....	25
3.1.4 - Limiares ventilatórios.....	28
3.2 - Variáveis Antropométricas	32
3.3 - Métodos de Avaliação da Potência e Capacidade Anaeróbia	33
3.3.1 - Potência anaeróbia.....	33
3.3.2 - Capacidade anaeróbia.....	35
4 - OBJETIVOS	38
4.1 - Objetivo Geral.....	38
4.2 - Objetivos Específicos.....	38
5 - MATERIAS E MÉTODOS	39
5.1 - Estudo 1	39
5.2 - Estudo 2	44
5.3 - Estudo 3	45
5.4 - Estudo 4	50
6 - RESULTADOS	52
6.1 - Estudo 1	52
6.2 - Estudo 2	53
6.3 - Estudo 3	56
6.4 - Estudo 4	61

7 - DISCUSSÃO	63
7.1- Estudo 1 e 2	63
7.1.1 - Conclusões Parciais.....	66
7.2 - Estudo 3 e 4	67
7.2.1 - Conclusões Parciais.....	69
8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
10 - ANEXOS	82

1. APRESENTAÇÃO

Este modelo alternativo de dissertação contempla o material originado a partir da pesquisa intitulada “**Relação entre parâmetros fisiológicos aeróbios e anaeróbios com o desempenho de ciclistas**”, realizada no Laboratório de Fisiologia do Exercício – LAFE, da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente.

Em consonância com as regras do programa de pós-graduação em Fisioterapia desta unidade, o presente material está dividido nas seguintes sessões:

- *Introdução*, para contextualização do tema pesquisado.
- *Estudo I*: Sangali EB, Campos EZ, Gobbo LA, Andrade VL, Papoti P, Freitas Junior IF, Figueira TR, Balikian Junior P. Relação entre índices fisiológicos aeróbios e desempenho em provas de curta e média duração em ciclistas de elite; artigo aceito pelo periódico: Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.
- *Estudo II*: Sangali EB, Campos EZ, Fernandes RA, Freitas Jr IF, Zagatto AM, Balikian Jr P, Papoti M. Relação entre variáveis fisiológicas aeróbias relativas com o desempenho contra relógio em ciclistas de elite; em processo final de submissão ao periódico: Science Sports.
- *Estudo III e IV*: Trabalhos não submetidos.
- *Conclusões*, obtidas a partir da pesquisa realizada.
- *Referências*, cujo formato é recomendado pelo comitê internacional de editores de jornais médicos (ICMJE – *International committee of medical journals editours*), para apresentação das fontes utilizadas na redação da introdução.
- Ressalta-se ainda que cada artigo está apresentado de acordo com as normas dos respectivos periódicos, em anexo ao final.

2. INTRODUÇÃO

Diversos estudos buscam investigar e desenvolver métodos precisos que possibilitem quantificar a capacidade dos indivíduos de realizar trabalho físico e que possam ser utilizados dentro da área do treinamento desportivo. Nesse sentido, a determinação de índices fisiológicos que possam ser utilizados como referência para a prescrição segura dos estímulos utilizados, bem como o monitoramento e predição de desempenho é de grande utilidade^{1,2}.

Dessa forma, alguns autores procuram avaliar índices fisiológicos com diferentes objetivos, entre eles: 1) Comparação entre critérios e metodologias para determinação das variáveis fisiológicas^{3,4}; 2) Comparação entre tipos de exercício e/ou grupos de indivíduos (modalidade esportiva)⁵; 3) Avaliar os efeitos do treinamento de maneira transversal⁶ e/ou longitudinal⁷; 4) Identificar se estes índices fisiológicos apresentam relação com alguns mecanismos relacionados à fadiga^{8,6}.

A identificação destas variáveis utilizadas para a predição do desempenho tem importantes aplicações dentro da área de avaliação e treinamento desportivo: a primeira delas é identificar indivíduos com determinadas características, que potencialmente poderão apresentar maior rendimento em determinados esportes e a aplicação da sobrecarga (intensidade x volume) poderá ser planejado e executado de acordo com as demandas do esporte, particularmente em relação aos seus aspectos metabólicos (potência e capacidade anaeróbia e aeróbia)^{6,9,10}.

Em síntese, os principais índices fisiológicos de avaliação aeróbia e anaeróbia utilizados como sendo determinantes do desempenho aeróbio são: o consumo máximo de oxigênio (VO_2max), intensidade de esforço correspondente ao consumo máximo de oxigênio (iVO_2max), a eficiência mecânica ou economia

de movimento (EM), limiar anaeróbio (LAN) e máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD)^{11,12}. Assim, a determinação destas variáveis fisiológicas é fundamental para se demonstrar sua relação com o desempenho¹³.

No entanto, o principal aspecto que determina o nível de correlação de determinados índices fisiológicos com o desempenho é a duração da prova¹⁴. Nesse sentido, o tempo de prova determina os níveis de correlação que determinados índices fisiológicos podem apresentar em relação à predição de desempenho^{6,14,15}. Além disso, segundo Mujika e Padilla¹⁶ e Amann et al.¹⁷, variáveis antropométricas também podem ser determinantes no desempenho quando associadas aos índices fisiológicos.

Deste modo, esses achados em conjunto evidenciam que, apesar desses métodos de avaliação aeróbia possibilitar um maior controle das variáveis investigadas, a capacidade dos resultados obtidos por esses métodos em prever o desempenho parece ser dependente da duração, e especialmente do nível dos participantes.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Dentre os métodos frequentemente utilizados para avaliação, prescrição e monitoramento do treinamento aeróbio, podem-se destacar os que determinam a potência aeróbia consumo máximo de oxigênio, (VO_2max) e a intensidade de exercício correspondente ao VO_2max (iVO_2max) e os que determinam a capacidade aeróbia. Apesar das diversas contradições metodológicas, os protocolos utilizados para determinação da capacidade aeróbia são geralmente denominados de limiar anaeróbio (LAN). Nessa mesma visão, os índices utilizados como parâmetros de avaliação anaeróbia também são comumente

utilizados como ferramentas preditoras de desempenho em atletas. Dentre estas ferramentas podemos citar o teste de esforço máximo de 30 segundos (Wingate) e 3 minutos (all out 3 min), a corrida atada, teste anaeróbico de sprint de corrida (running based anaerobic sprint test - Rast) e máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD).

3.1. Métodos de Avaliação da Capacidade e Potência Aeróbia

3.1.1. Consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$)

O consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$) é definido como a máxima capacidade do organismo em captar, transportar e utilizar o oxigênio para os processos aeróbios de produção de energia via fosforilação oxidativa em uma determinada unidade de tempo^{18,19}, durante a contração muscular, e é utilizado como parâmetro de potência aeróbia máxima²⁰.

Nesse sentido, Jones e Carter²¹ relatam que atletas de *endurance* realizam exercícios de moderada e/ou alta intensidade visando melhoras no $VO_2\text{max}$. Assim, a melhora deste índice é acompanhada por adaptações biológicas no organismo implicando em melhora no consumo de oxigênio, aumento no volume sanguíneo, aumento no volume e densidade mitocondrial, aumento na densidade capilar e concentração de enzimas oxidativas²². Nesta mesma visão, Billat et al.²³ e Carter et al.²⁴ demonstram que programas de treinamento de 4 a 6 semanas com 3 a 5 sessões semanais geram melhoras significativas no $VO_2\text{max}$, portanto, este índice fisiológico pode ser melhorado com períodos curtos de treinamento.

Em função disso, o $VO_2\text{max}$ foi por muito tempo a variável mais tradicional utilizada para prever o desempenho em provas de *endurance*²⁵. Entretanto, mais recentemente, muitos estudos verificaram que em indivíduos moderadamente ou altamente treinados, o $VO_2\text{max}$ pode modificar-se pouco ou

mesmo não se alterar com o treinamento, embora ainda possam existir adaptações e melhora do rendimento aeróbio^{14,26}.

Alguns estudos têm encontrado que o desempenho aeróbio não depende isoladamente do $VO_2\max$ ^{6,17,26}. Isto pode ocorrer porque em indivíduos treinados o $VO_2\max$ é limitado pela oferta central de oxigênio (debito cardíaco máximo) que a partir de um determinado nível de condicionamento passa a não se modificar em resposta ao treinamento^{11,14}.

Entretanto, apesar do $VO_2\max$ ser sensível aos efeitos do treinamento e apresentar boas correlações com o desempenho, uma vez atingido esse critério, outros fatores passam a ser importantes no rendimento dos atletas. Desta forma, as variações de desempenho de atletas de elite, seu sucesso em provas de *endurance* também fica dependente de outras adaptações como metabólicas (resposta do lactato ao exercício) e neuromusculares (economia de movimento), portanto, outros índices podem continuar sofrendo adaptações biológicas e apresentar melhores correlações com o desempenho¹⁵. Com base nessas variações, a eficiência mecânica ou economia de movimento (EM) e os limiares metabólicos, explicariam estas variações³.

3.1.2. Economia de Movimento (EM) e Intensidade de Exercício Correspondente ao Consumo Máximo de Oxigênio ($iVO_2\max$)

Anteriormente, foi demonstrado que o $VO_2\max$ é uma ótima ferramenta preditora de desempenho em diversas modalidades de esporte, entretanto, apresenta algumas limitações²⁷. Assim, a EM apresenta grande importância na intensidade de exercício que pode ser mantida em provas de *endurance*¹⁴. Esta variável é definida como o custo de oxigênio em uma determinada intensidade submáxima de exercício²⁷, e este índice é utilizado para expressar o requerimento

de energia por unidade de massa corporal explicando porque atletas com similares valores de $VO_2\text{max}$ apresentam diferentes valores de desempenho²⁸.

Nesse âmbito, a intensidade de exercício na qual o $VO_2\text{max}$ é atingido ($iVO_2\text{max}$) parece ser o índice que melhor descreve a relação entre a potência aeróbia máxima e EM¹⁵, e vêm sendo muito utilizada para a prescrição e monitoramento do treinamento e predição de desempenho. Guglielmo et al.²⁹ verificaram significativas correlações entre $VO_2\text{max}$ e EM em corredores de meio-fundo e fundo. Di Prampero et al.³⁰ demonstraram que o aumento de 5% da EM gerou uma melhora de 3,8% no desempenho de corredores.

Segundo alguns autores a EM pode variar até 15% entre os indivíduos, mesmo em grupos de atletas de elite^{14,31}. Entretanto, Saunders et al.³² citam que o conhecimento sobre a EM ainda é pequena em relação as outras variáveis na predição de desempenho. Todavia, Daniels e Daniels³³ propuseram que a determinação da $iVO_2\text{max}$ apresentaria melhores correlações com a *performance* do que o $VO_2\text{max}$ ou a EM isoladamente (figura 1).

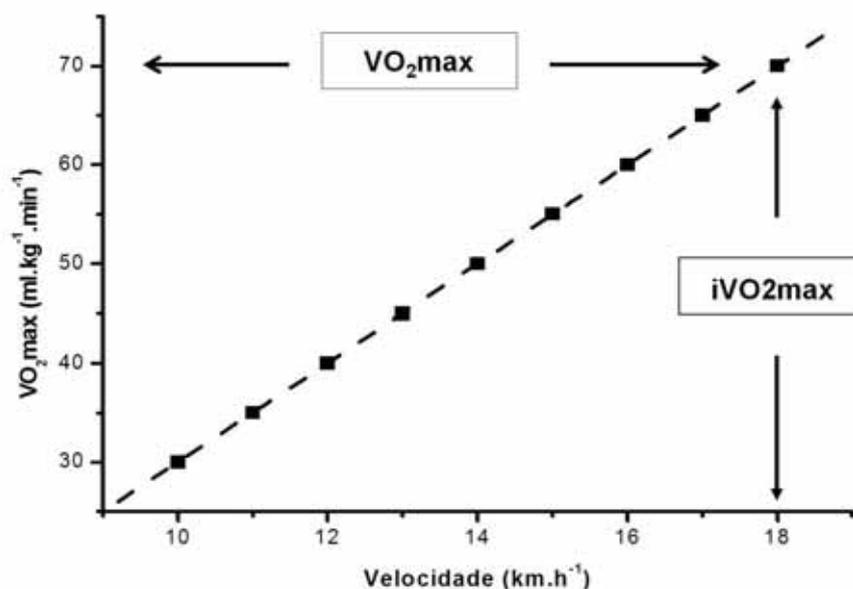


Figura 1. Determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_2max) e da intensidade de exercício correspondente ao consumo máximo de oxigênio (iVO_2max) em um teste incremental em esteira rolante

Nesse sentido, alguns estudos têm mostrado que a iVO_2max é uma ótima preditora de *performance* aeróbia em provas de curta duração e sensível aos efeitos do treinamento em atletas, onde há grande variação dos valores de *performance*³⁴. Lindsay et al.³⁵ verificaram correlações significantes entre a iVO_2max e a *performance* de 40km ($r= 0.84$) no ciclismo em provas simuladas em laboratório. Caputo et al.⁶ também verificaram que a iVO_2max é um bom índice preditor de desempenho em provas de curta duração (2, 4 e 6km) no ciclismo. Além disso, Denadai et al.¹⁴ encontraram correlações significantes ($r= 0.64$) entre a iVO_2max e desempenho em provas de meio-fundo em corredores.

Denadai et al.¹⁴ relatam que para exercícios máximos com duração entre 1 – 2 minutos, a correlação do VO_2max com o desempenho é moderada ($r = 0.40$ a $r = 0.60$), sendo maior para a iVO_2max ($r = 0.80$). Nos exercícios máximos

realizados entre 2 - 12 minutos, o exercício é executado entre 95% e 110% do $VO_2\max^{15,36}$, e, nestas condições, tanto o $VO_2\max$ e, principalmente, a $iVO_2\max$ apresentam altas correlações com o desempenho ($r = 0.80$ e $r = 0.90$)⁶.

Entretanto, observando estas variáveis ($VO_2\max$, $iVO_2\max$ e EM), há uma dificuldade em explicar por que elas apresentam baixa e/ou não apresentam correlação com o desempenho em provas de média e longa duração^{9,26}. Nesse sentido, índices associados às respostas ventilatórias (limiares ventilatórios) e/ou lactacidêmicas (limiares metabólicos) vêm sendo explorados pela comunidade científica para poder estabelecer quais deles melhor se correlacionam com determinados tipos e durações de provas de *endurance*¹⁴. Nesse tipo de prova, o limiar de lactato (LL) e limiar anaeróbio (LAN) apresentam maiores correlações com o desempenho, pois refletem a capacidade em manter altos valores percentuais do $VO_2\max$ ($\%VO_2\max$) durante o exercício prolongado³⁷. Conseqüentemente, as mudanças no desempenho em provas de média e longa duração são causadas principalmente pela melhora do VO_2 nos limiares metabólicos ($\%VO_2$ de LL e $\%VO_2$ de LAN) do que pelas mudanças no $VO_2\max$ ³⁷.

3.1.3. Limiares Metabólicos

Nas últimas décadas a identificação fisiológica das zonas metabólicas que integram os conceitos que avaliam as mensurações da capacidade aeróbia dos indivíduos são comumente utilizadas³⁶. Geralmente, as respostas lactacidêmicas são usadas na identificação destas zonas metabólicas durante testes progressivos, e diversos protocolos são utilizados para a identificação destes limiares³⁶. Desta forma, as metodologias capazes de identificar tipicamente os limiares metabólicos na relação entre intensidade de exercício e concentração de lactato sanguíneo ($[Lac]_{sang}$) apontam a existência de dois limiares, sendo que, o

limiar aeróbio ou limiar de lactato (LL) representa a intensidade de exercício onde se inicia o aumento das $[Lac]_{\text{sang}}$ acima dos níveis basais e o limiar anaeróbio (LAN) representa a mais alta intensidade de exercício onde ocorre um equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato sanguíneo^{38,39}, também denominado de máxima fase estável de lactato (MFEL)^{40,41}.

O LL e LAN têm sido amplamente utilizados como parâmetro de desempenho em esportes de resistência aeróbia¹ e também muito utilizado na comunidade científica e treinadores como índice de referência para prescrição de treinamento para melhora da capacidade aeróbia⁵. Dessa forma, Denadai¹¹ destaca que exercícios máximos com duração acima de 15 minutos são executados frequentemente abaixo de 90% do $VO_2\text{max}$, e para esse tempo de prova a capacidade aeróbia tem papel decisivo e apresenta elevadas correlações com o desempenho. Deste modo, Denadai et al.¹⁴ quando analisaram corredores de meio fundo em provas de 1500m e 5000m, observaram que o LAN só apresentou correlação significativa com 5000m. Entretanto, embora existam muitas controvérsias em relação à fundamentação teórica, terminologia e protocolo de determinação, a resposta do lactato sanguíneo durante o exercício, apresenta-se atualmente como o melhor índice sensível para predição de desempenho em provas de média e longa duração^{15,36,37}.

A MFEL é considerada parâmetro de avaliação “padrão-ouro” da capacidade aeróbia^{4,41}. Entretanto, a determinação da MFEL requer que o atleta realize de 3 a 5 testes de carga constante com aproximadamente 30 minutos de duração em diferentes dias (figura 2). Em função disso, este procedimento é limitado por interferir na rotina de treinamento dos atletas, aumentar os custos operacionais de laboratório e apresentar maior risco de contaminação dos atletas^{4,42}.

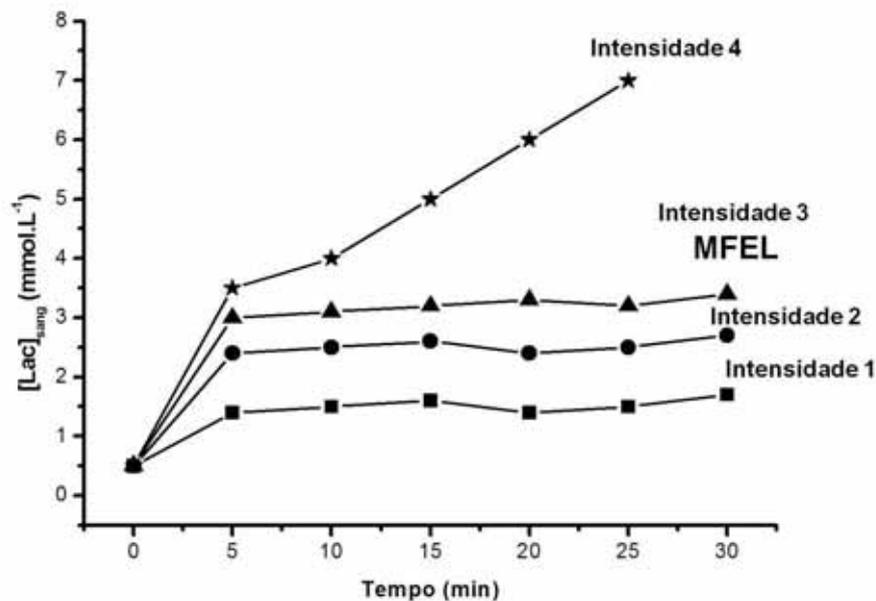


Figura 2. Representa o protocolo de máxima fase estável de lactato (MFEL) durante um teste de corrida.

No entanto, na tentativa de eliminar estes inconvenientes, alguns estudos utilizam protocolos que identificam diretamente e/ou indiretamente a MFEL com técnicas de menor custo financeiro e tempo⁴². Apesar de também apresentarem limitações como fatores nutricionais, capilarização, densidade mitocondrial e ativação de enzimas glicolíticas e lipolíticas, estes modelos de avaliação são frequentemente utilizados³⁶. Estas avaliações têm como base um único teste, onde, de acordo com a relação entre $[Lac]_{sang}$ e a intensidade de exercício, o LAN é determinado¹⁵. Dentre as metodologias de identificação dos limiares metabólicos, podemos destacar o limiar anaeróbio individual⁴³, o limiar anaeróbio utilizando concentrações fixas³⁹, lactato mínimo⁴⁴ e os limiares ventilatórios⁴⁵. Em geral, independente do procedimento utilizado, estas avaliações permitem que se realize a identificação dos limiares metabólicos e a predição do desempenho em provas de média e longa duração⁴⁶.

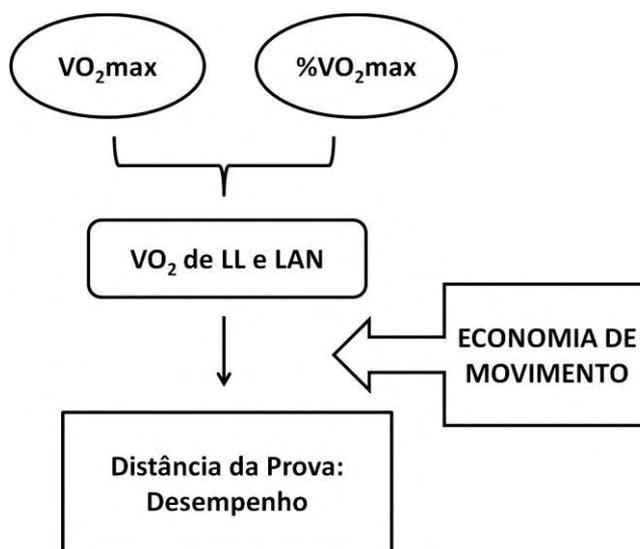


Figura 3. Diagrama simplificado da relação entre o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$), seus percentuais relativos aos limiares metabólico ($\%VO_2\text{max}$), economia de movimento (EM) e desempenho de atletas.

No estudo de Caputo et al.⁶, os autores verificaram que os limiares metabólicos foram altamente correlacionados com o desempenho em provas de curta duração em ciclistas (2km, 4km e 6km), corroborando aos achados de Impellizzeri et al.²⁶ que demonstraram que o LL e LAN apresentaram boas correlações com desempenho. Dessa forma, em competições de média e longa duração, fica evidente que o treinamento deve visar à melhora da capacidade aeróbia, e assim, contribuir significativamente para um bom rendimento dos atletas¹⁵.

3.1.4. Limiares Ventilatórios

Dentro da fisiologia do exercício, as associações estabelecidas entre as $[\text{Lac}]_{\text{sang}}$ e a capacidade de realizar exercício é o modelo mais sensível na

avaliação do desempenho, prescrição e controle dos efeitos do treinamento aeróbio¹², entretanto, sua aplicabilidade ainda é limitada por ser uma técnica invasiva. Nesse sentido, outras ferramentas não invasivas são utilizadas na avaliação aeróbia como a utilização das variáveis ventilatórias^{3,45}. Dessa forma, os limiares ventilatórios (LV) assumem a relação entre as $[Lac]_{sang}$ e incremento da ventilação em exercício^{12,47}.

Quando o ácido láctico é formado na musculatura esquelética com a degradação parcial da glicose, esta molécula é transportada para o sangue através de transportadores monocarboxilatos (MCTs), sempre em co-transporte com íons de H^+ . O bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) dissocia a molécula de ácido láctico em ácido carbônico (H_2CO_3) + lactato, em detrimento do aumento do dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O)⁴⁷.

Com o aumento da intensidade de exercício, a participação da via anaeróbia láctica passa a ser cada vez mais acentuada na formação de ATP, ocorrendo uma diminuição do pH sanguíneo em função da acidose metabólica e aumento da PCO_2 venosa^{12,45}. Este mecanismo aciona alguns quimiorreceptores centrais e periféricos, resultando em um aumento no consumo de oxigênio (VO_2), ventilação pulmonar (VE), quociente respiratório (QR) e volume expirado de CO_2 , condição de fundamental importância para a diminuição da PCO_2 venosa e o restabelecimento das concentrações de HCO_3 ^{12,47}.

Entretanto, alguns pesquisadores citam que esta relação ainda é casual entre estes fenômenos, sugerindo que as mudanças nas variáveis ventilatórias não são dependentes do aumento das $[Lac]_{sang}$ ^{48,49,50}. Hagberg et al.⁴⁸, quando investigaram indivíduos com Síndrome de McArdle, patologia que apresenta ausência da enzima glicogênio fosforilase, observaram que mesmo indivíduos com esta patologia, apresentam um aumento abrupto da VE com exercícios

progressivos. Todavia, apesar de ser questionável, os LV são muito utilizados nas avaliações clínicas e no rendimento esportivo em termos de praticidade e/ou quando os métodos invasivos não são viáveis^{5,47}.

As metodologias utilizadas para determinação dos limiares por métodos ventilatórios é possível a partir do que se convencionou chamar de limiar ventilatório 1 (LV₁) e limiar ventilatório 2 (LV₂) ou ponto de compensação respiratória (PCR). Segundo Meyer et al.⁵¹, o LV₁ é atingido em torno de <70% a 75% do VO₂max e o PCR entre 75% a 85%. Assim, no princípio, apenas se utilizava como protocolo de identificação dos LV, o aumento não linear da ventilação pulmonar (VE), junto com o aumento abrupto do quociente respiratório (QR) como os melhores indicadores dos LV¹². Além disso, Wasserman et al.⁴⁵ e Caiozzo et al.⁵² sugeriram que além dos critérios citados anteriormente, o uso dos equivalentes ventilatórios de O₂ (VE/VO₂) e de CO₂ (VE/CO₂), permitem uma detecção mais objetiva dos LV.

Basicamente, o que se procura identificar durante o exercício com incremento de cargas é o momento no qual existe um aumento do VE/VO₂ sem uma mudança do VE/CO₂, e esta intensidade de exercício corresponde ao LV₁^{45,52}. À medida que a intensidade do exercício aumenta acima da LV₁, ocorre um aumento da acidose metabólica e concomitante aumento também do VE/CO₂, neste momento atingi-se o LV₂^{11,52}. Entretanto, outras variáveis como a fração expirada de O₂ e CO₂ também são utilizadas para a determinação do LV₁ e LV₂ (figura 4).

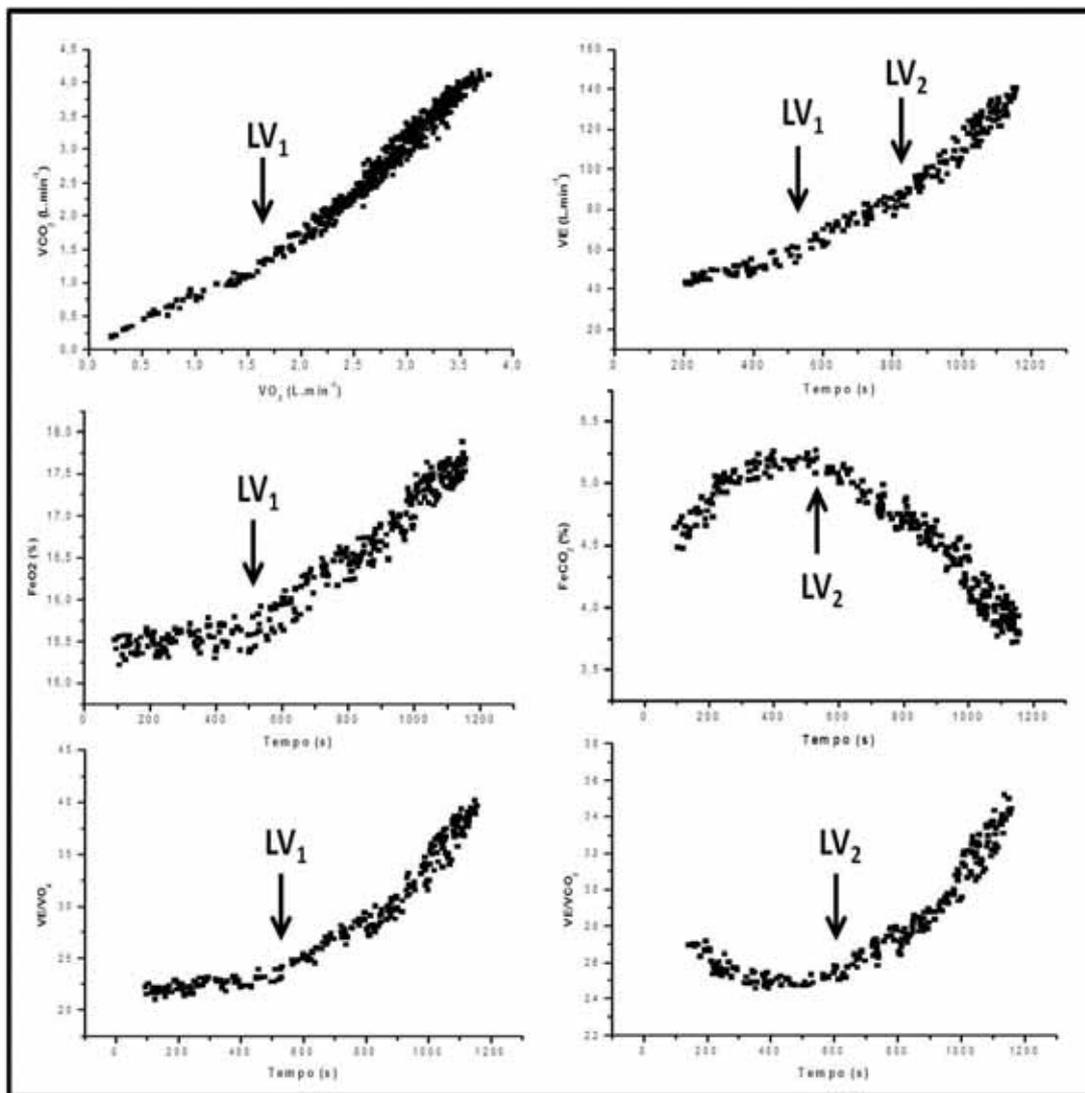


Figura 4. Exemplo de identificação dos limiares ventilatórios (LV₁ e LV₂) pelo método visual de um indivíduo⁴⁷.

Em alguns estudos as avaliações dos LV vêm mostrando significativas diferenças entre indivíduos treinados e não treinados, portanto, o treinamento interfere significativamente nesta variável e apresenta boas relações com o desempenho^{5,12}. Loprinzi e Brodowicz⁵³ observaram que o treinamento abaixo e acima dos LV aumentaram os valores de VO₂max e o desempenho em corridas de 2000 e 5000m. Da mesma forma, Amann et al.¹⁷ demonstraram que a determinação dos LV predizem desempenho em provas de contra relógio de

40km no ciclismo. Portanto, fica evidente que este índice fisiológico é um bom parâmetro de avaliação aeróbia e preditor de desempenho em provas de média e longa duração.

3.2. Variáveis Antropométricas

Algumas investigações na literatura científica demonstram que atletas amadores apresentam elevada variabilidade inter-individual nos valores de desempenho, observado na maioria dos grupos estudados. Por outro lado, estudos que envolvem atletas de elite, este coeficiente de variação em geral é muito baixo^{9,26}. Desta forma, parte desta variação pode estar associada a fatores antropométricos como estatura, massa corporal total, massa de gordura corporal e massa magra^{32,54}.

Em algumas situações competitivas, o desempenho dos atletas pode ser determinado por alguma destas características como distribuições de massa muscular dos segmentos corporais e propriedades mecânicas nos grupos musculares envolvidos^{16,54,55}. Segundo Mujika e Padilla¹⁶ o desempenho destes atletas é dependente destes fatores pelo fato de ser influenciados pela ação gravitacional e ações climáticas (como a velocidade do vento) em determinados esportes. No ciclismo, as diferentes características antropométricas têm contribuído para o aparecimento de morfotipos-dependentes de especialistas em atletas de elite.

Além disso, os índices fisiológicos apresentam uma íntima relação com algumas destas variáveis antropométricas^{16,17,32,37}. Nesse sentido, pesquisadores vêm utilizando não só os valores absolutos dos índices fisiológicos, mas também estes valores são normalizados pelas variáveis antropométricas^{9,17,26}. Além disso, segundo Minahan et al.⁵⁵, essa normalização leva em consideração que alguns

atletas observados nos estudos, podem se encontrar em diferentes momentos da periodização do treinamento. No estudo de Impellizzeri et al.²⁶, os índices fisiológicos apresentados em valores absolutos foram significativamente correlacionados com o desempenho de ciclistas, porém, quando estes índices foram normalizados pelo peso corporal, houve um aumento nos valores de correlação.

Corredores de fundo de elite em geral são notavelmente pessoas pequenas e leves. Assim, com base na biomecânica, é apontado que corredores de fundo são econômicos por causa do seu tamanho corporal. No estudo de Royer e Martin⁵⁶, foi observado que indivíduos com menor circunferência de pernas apresentam melhor EM. Da mesma forma, os achados de Lucia et al.⁵⁷ demonstram uma correlação inversa entre a circunferência da panturrilha e o VO_2 máx. No entanto, outros fatores externos também apresentam influência no gasto energético de locomoção, como a adição de peso, principalmente no final de uma alavanca longa (como por exemplo, o tênis)⁵⁸.

Contudo, é evidente a importância da utilização de variáveis antropométricas na normalização dos índices fisiológicos aeróbios e na predição do desempenho, principalmente quando a amostra trabalhada for atletas de elite, entretanto, a homogeneidade nos valores de desempenho pode ser fator limitante nas correlações apresentadas.

3.3 - Métodos de Avaliação da Potência a Capacidade Anaeróbia

3.3.1. Potência anaeróbia

No âmbito do treinamento desportivo, diversas medidas de avaliação de parâmetros anaeróbios são comumente utilizadas para a estimativa de importantes índices como potência e capacidade anaeróbia⁵⁹. Dessa forma, os

testes mais adotados para a medida e avaliação desses parâmetros baseiam-se na quantificação do desempenho mecânico em exercício supramáximo (acima do $VO_2\text{max}$) exaustivo como o Wingate, a corrida atada, o teste anaeróbico de sprint de corrida (running based anaerobic sprint test - Rast), capacidade de trabalho anaeróbico (CTA) com os modelos lineares de potência crítica, teste de esforço máximo de 3 minutos (all out 3 min) e máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD)⁵⁹.

Nesta visão, o teste de Wingate tem sido o mais utilizado em diversos trabalhos para a validação de outros testes de natureza anaeróbia em diferentes modalidades esportivas, como os outros testes citados anteriormente, sendo adaptado em outros gestos motores para maior especificidade de movimento⁶⁰. Dessa forma, o teste anaeróbico de Wingate consiste em 30 segundos de esforço realizado em cicloergômetro, na qual o indivíduo tenta pedalar o maior número de vezes contra uma resistência fixa, possibilitando a mensuração de parâmetros como potência pico (PP), potência média (PM) e índice de fadiga (IF), sendo considerado um teste de fácil aplicação e apresentando boas associações com desempenho em eventos de curta duração⁶⁰.

Todavia, apesar do Wingate ser considerado um teste de potência anaeróbia, ele também têm sido utilizado como preditor da capacidade anaeróbia (CAn), mesmo sendo um teste de curta duração⁵⁵. Apesar de alguns autores terem observado significativas correlações entre o Wingate com o MAOD^{61,62}, reconhece-se que, esta técnica apresenta limitações, uma vez que, mesmo que testes com períodos curtos de tempo, há uma substancial contribuição do metabolismo aeróbio e também dependência da habilidade motora específica de cada tarefa empregada⁶⁰.

Segundo Minahan et al.⁵⁵, o teste de Wingate não é válido em prever capacidade anaeróbia, mas é possível que este teste apresente associações significativas com o MAOD. Dessa forma, Medbo e Burgers⁶³ relatam que a potência e capacidade anaeróbia estão altamente relacionadas. Todavia, esses pesquisadores sugerem que estes testes se assemelham na predição do desempenho anaeróbio, e o MAOD é o método mais propício para se avaliar a capacidade anaeróbia.

Scout et al.⁶⁴ observaram que o MAOD apresentava correlações positivas com a potência pico (PP) e média (PM) no teste de Wingate (PP vs MAOD: $r = 0,69$; PM vs MAOD: $r = 0,64$). Da mesma forma, Calbet et al.⁶¹, também observaram correlações positivas entre o MAOD e o teste de Wingate com duração de 30 e 45 segundos (MAOD vs Wingate 30s: $r = 0,64$; MAOD vs Wingate 45s: $r = 0,62$)

Medbo et al.⁶⁵ demonstraram que a duração do exercício supramáximo para se atingir o máximo déficit acumulado de oxigênio deve ser de pelo menos 2 minutos. Entretanto, há evidências que sugerem que o teste de Wingate apresenta forte relação com a CAn. Dessa forma, podemos afirmar que o Wingate é uma excelente ferramenta de mensuração da potência anaeróbia, porém, o MAOD ainda é considerado o principal método preditor da CAn⁵⁵.

3.3.2. Capacidade anaeróbia

O estabelecimento do perfil bioenergético em algumas modalidades esportivas está entre as principais formas de caracterização da solicitação metabólica imposta por estas tarefas. Dessa forma, como já visto anteriormente, a taxa máxima de energia transferida pelo metabolismo oxidativo é mensurada pelo VO_{2max} ⁶⁶. Todavia, em relação a esforços de curta duração e alta intensidade, a

ATP é ressintetizada pelas vias anaeróbias de produção de energia como a via da fosfocreatina e pela glicólise anaeróbia. A partir dessa visão, a biópsia muscular é a ferramenta mais precisa para quantificar a máxima ATP ressintetizada por essas vias anaeróbias⁶⁷. Entretanto, pelo fato de ser uma ferramenta extremamente invasiva e de difícil acesso, alguns estudos têm empregado a determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) como ferramenta de determinação da capacidade anaeróbia (CAn)⁶⁶.

A CAn é definida como a quantidade máxima de energia utilizada durante o exercício a partir da depleção dos estoques de energia oriundas dos metabolismos anaeróbios alático (CP) e láctico (glicólise anaeróbia)⁶⁸. Esses metabolismos são capazes de ressintetizar grandes quantidades de ATP por unidade de tempo em relação à via oxidativa. Em outra mão, por muito tempo a potência média do teste de Wingate era utilizada como parâmetro para a predição da CAn, no entanto, esta técnica apresenta grande limitação, principalmente pelo fato de ser um teste extremamente curto^{66,68}.

Nesse sentido, a principal metodologia proposta para a determinação do MAOD consiste no estabelecimento de uma relação linear entre a demanda de oxigênio e a intensidade do exercício⁶⁶. Essa ferramenta requer que os atletas realizem varias sessões de exercícios submáximos, e de acordo com esta relação, é estimada a demanda energética para intensidades superiores, correspondentes a cargas supramáximas de exercício (110 a 125% do $VO_2\text{max}$)⁶⁰ (figura 5). Dessa forma, a diferença entre a demanda acumulada de oxigênio extrapolada e o valor de consumo de oxigênio pelo tempo de exercício até a exaustão no teste supramáximo, resulta no MAOD^{65,67}.

As principais evidências em torno da validade da determinação do MAOD como parâmetro de CAn são baseados na sua sensibilidade ao treinamento

predominantemente anaeróbio, nas associações significantes que esta ferramenta apresenta com outros testes exclusivamente anaeróbios⁶² e também sua sensibilidade na utilização de substâncias que estimulam a glicólise anaeróbia⁶⁹.

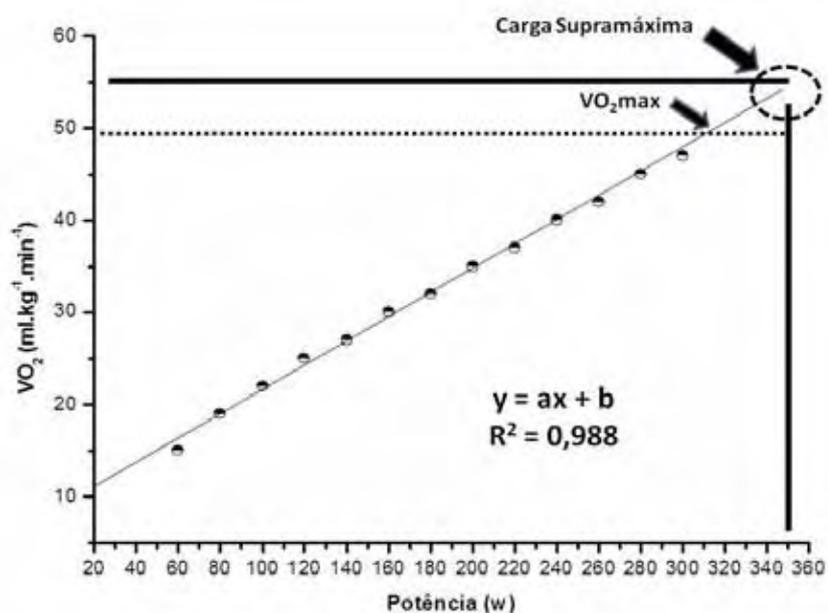


Figura 5. Relação linear entre as cargas submáxima e a extrapolação desta relação para cargas supramáximas.

Segundo Medbo e Tabata⁷⁰ a contribuição da via da fosfocreatina e glicólise anaeróbia é em torno de 25% e 75%, respectivamente. Di Prampero e Ferreti⁷¹ apresentaram um método capaz de estimar a energia desprovida do acúmulo de lactato no sangue, chamado de componente láctico, sendo este, expresso em equivalente de O₂ ($\Delta[Lac]$). Dessa mesma forma, o componente alático que representa a ressíntese dos estoques de fosfocreatina são mensurados durante a fase inicial do período de recuperação pós-esforço, sendo estes processos dependentes de O₂ (Consumo excessivo de oxigênio pós-

exercício [EPOC]). Portanto, observa-se que alguns estudos empregam a determinação do $\Delta[\text{Lac}]$ e EPOC para a mensuração da CAn (MAOD_{red})⁶⁷.

O MAOD_{red} parece ser uma ótima ferramenta capaz de prever CAn utilizando apenas um teste supramáximo, dessa forma, diminui o número de visitas dos atletas ao laboratório e reduz os custos operacionais. Entretanto, alguns autores vêm observando algumas limitações na utilização do MAOD_{red} na predição da CAn⁶⁷. As principais observadas por estes autores são: a) a demanda metabólica da atividade muscular não deve ser estimada pelas análises das respostas fisiológicas; b) a utilização do equivalente de O_2 para as $[\text{Lac}]_{\text{sang}}$ pode subestimar o MAOD_{red} , e é considerado um método empírico de estimativa de energia liberada^{60,66}. Entretanto, Bertuzzi et al.⁶⁷ citam que o MAOD_{red} pode nos fornecer uma estimativa satisfatória do MAOD tradicional e nos dar indicações sobre a contribuição dos metabolismos alático e láctico.

4. OBJETIVOS

4.1 - Objetivo Geral

O objetivo geral do estudo foi determinar e relacionar diferentes índices fisiológicos de avaliação aeróbia e anaeróbia com o desempenho em provas de campo e laboratório em ciclistas.

4.2 - Objetivos Específicos

4.2.1 - Determinar e verificar se parâmetros de avaliação aeróbios determinados em laboratório são capazes de prever desempenho em campo de ciclistas de elite nacional.

4.2.2 - Verificar se estes índices fisiológicos quando normalizados por variáveis antropométricas, são capazes de prever desempenho em provas de campo.

Para responder as questões citadas anteriormente, o presente projeto realizou dois estudos (Estudo 1 e Estudo 2).

.4.2.3 - Determinar e relacionar parâmetros de avaliação anaeróbios com teste de esforço máximo de 30 segundos (Wingate) e 3 minutos (all out 3 min) em ciclistas amadores.

4.2.4 - Verificar se os parâmetros de avaliação obtidos no teste de esforço máximo de 3 minutos (all out 3 min) apresentam associações com parâmetros de potência e capacidade aeróbia.

Para responder as questões citadas anteriormente, o presente projeto realizou dois estudos (Estudo 3 e Estudo 4).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 - Estudo 1

Amostra

A amostra foi composta por 14 ciclistas profissionais de elite nacional do sexo masculino, pertencentes a uma equipe do estado de São Paulo – Brasil, com idade $28,5 \pm 4,7$ anos, todos com no mínimo 5 anos de treinamento, volume de treino $480,6 \pm 30,2$ km.semana⁻¹ e com resultados expressivos em competições nacionais e internacionais, sendo que entre os voluntários para o estudo havia o campeão Pan-americano de velocidade, o campeão brasileiro de Estrada, campeão da Prova 9 de Julho (mais tradicional competição de ciclismo nacional) e campeão brasileiro de contra relógio. Antes de realizar qualquer procedimento, os voluntários foram informados sobre a natureza dos procedimentos, assinaram

o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo o estudo previamente aprovado pelo comitê de ética local (48/2010) e realizaram uma familiarização com os equipamentos utilizados para a determinação dos índices fisiológicos em laboratório.

Desenho Experimental

As avaliações foram realizadas ao longo de três dias distintos com intervalo de 24h entre elas. Todos os voluntários foram instruídos a comparecer aos testes hidratados, a não ingerir bebida cafeínada e alcoólica 24h antes das avaliações. No primeiro dia, foram realizadas as avaliações de laboratório, composta de medidas antropométricas e realizado o teste incremental para obtenção dos índices fisiológicos aeróbios. No segundo e terceiro dia foram realizados as provas de campo contra relógio (CR) de 4km e 20km, sendo todas as avaliações em ordem randômica.

Testes Laboratoriais

Com a intenção de respeitar os princípios de especificidade e a íntima relação entre as dimensões corporais do ciclista com a bicicleta e seus componentes, os índices fisiológicos foram obtidos por meio de teste contínuo e progressivo realizado em laboratório com as próprias bicicletas de treinamento e competição acoplada a um simulador de ciclismo (Cateye CS-1000[®]). A potência aeróbia máxima (VO_2max) foi obtida através do método direto por Software Aerograph 4.3 (AeroSport Inc., Michigan – USA[®]), analisador de gases (modelo VO2000[®]). O protocolo consistia em um aquecimento de 5min a 125 watts de potência e ao final do aquecimento se iniciava o teste progressivo com 150 watts de potência e incremento de carga de 25 watts a cada minuto.

Determinação do VO₂max, iVO₂max e LV.

O teste progressivo foi realizado até a exaustão voluntária do avaliado e o VO₂max foi determinado através de dois ou mais critérios: quociente respiratório (RQ) $\geq 1,1$, frequência cardíaca próxima da máxima prevista para a idade (220-idade [± 10 bpm]) e/ou existência de platô ($\leq 2,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Na presença de platô a iVO₂max foi considerada a menor intensidade na qual o VO₂max foi atingido, entretanto, na ausência de platô, a iVO₂max foi determinada usando a equação de Kuipers et al.⁷² Equação 1:

Equação 1: $iVO_2max = (Watts \text{ do estágio completo}) + (tempo \text{ do estágio incompleto} / tempo \text{ total do estágio}) * (carga \text{ incremental de cada estágio})$.

Os limiares ventilatórios 1 e 2 (LV₁ e LV₂) foram determinados utilizando o método dos equivalentes ventilatórios de O₂ e CO₂. Assim, LV₁ foi determinado pelo aumento do VE/VO₂ sem aumento do VE/VCO₂, de acordo com Caiozzo et al.⁵². Enquanto o LV₂ ou ponto de compensação respiratória foi determinado pelo aumento da relação VE/VCO₂ (figura 6). A moda entre três avaliadores conhecedores dos fenômenos foi utilizada para melhor confiabilidade dos resultados.

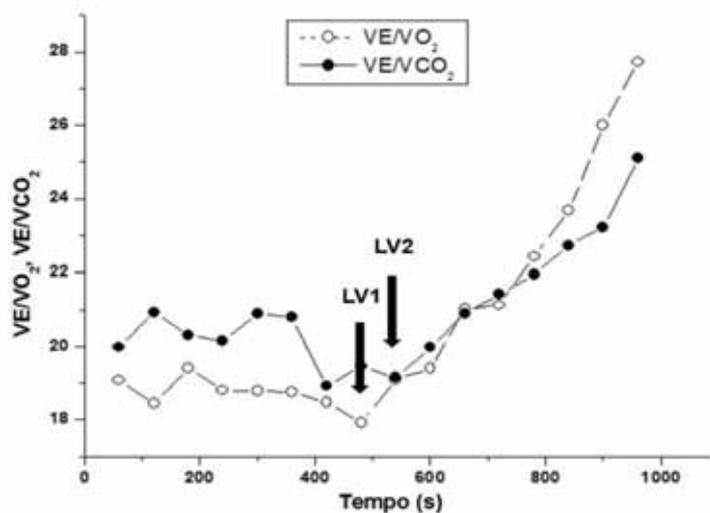


Figura 6. Identificação dos limiares ventilatórios (LV₁ e LV₂) de acordo com VE/VO₂ e VE/VCO₂.

Determinação da EM

A EM foi determinada a partir da relação VO₂ x tempo plotados graficamente abaixo do LV₂, onde a EM corresponde ao coeficiente angular da equação: $y = ax + b$; sendo quanto menor o VO₂, maior a EM (figura 7). A frequência cardíaca foi monitorada por meio de um frequencímetro Polar modelo S-810i[®], registrada para análise ao final de cada estágio.

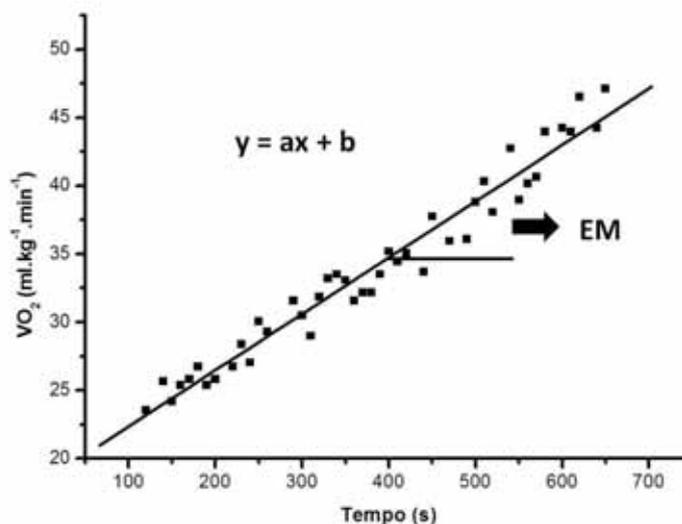


Figura 7. Determinação da economia de movimento

Determinação do desempenho nas distâncias de 4 e 20 km Contra Relógio

Os testes de campo foram realizados em uma pista de concreto, totalmente plana de 400 metros, sendo que a angulação das curvas permitia o desenvolvimento de velocidade acima de 47km.h^{-1} sem que o atleta precisasse parar de pedalar. As avaliações iniciaram no período da manhã, com uma temperatura ambiente variando entre 27 e 30°C , umidade relativa de ar de 55% e velocidade do vento variando entre 1,4 e $2,8\text{m/s}$. Após aquecimento de 10min em intensidade livre (foi indicado que se desenvolvesse o mesmo padrão adotado em aquecimento para competição) os sujeitos pedalavam mais uma volta para atingir a velocidade necessária (saída lançada) para realização dos testes máximos CR nas distâncias de 4 e 20km sem a utilização de vácuo. O tempo total de cada distância foi registrado por meio de um cronômetro manual. Todos os voluntários eram experientes com este modelo de prova, na qual a velocidade é a máxima possível para a distância. Cada atleta utilizou sua própria bicicleta de competição.

Análise estatística

Após a verificação da distribuição dos dados através do teste de Shapiro-Wilk, foram calculadas as médias, desvio padrão (\pm DP) e coeficiente de variação (CV) para todas as variáveis. As correlações entre os índices fisiológicos e o desempenho CR foram determinadas por meio do teste de correlação de *Pearson*, pelo software *STATISTIC 7.0*. Adotou-se um nível de significância inferior a 5%.

5.2. Estudo 2

No presente estudo foram determinados os índices fisiológicos de avaliação aeróbia em laboratório ($VO_2\max$, $iVO_2\max$, LV_1 e LV_2) conforme descrito no estudo 1. No entanto, os valores destes parâmetros foram normalizados por variáveis antropométricas, além de calcular fatores aerodinâmicos como área frontal (FA) e superfície corporal (BSA).

Absortometria radiológica de dupla energia (DEXA)

A composição corporal foi mensurada utilizando a Absortometria Radiológica de Dupla Energia (DEXA). Esta técnica é tida como padrão de referência em termos de mensuração da composição corporal, com a vantagem de permitir que a avaliação seja feita tanto de corpo inteiro, como por segmento corporal. Para tanto, foi utilizado um aparelho da marca Lunar[®] (modelo IDPX). As medidas foram feitas por um técnico experiente e com treinamento prévio nos procedimentos necessários, bem como, as mesmas foram conduzidas em uma sala de temperatura controlada na própria universidade. O aparelho em questão teve sua precisão aferida pela manhã (dia da avaliação) e os padrões apresentados pelo mesmo estavam de acordo com os referenciais fornecidos pelo

fabricante. Os resultados da medida do DEXA permitiram a estimativa com elevado grau de precisão da massa de gordura corporal (GC), massa magra corporal total (MM) e massa magra ativa durante o exercício (membros inferiores e glúteos) (MA) de acordo com Minahan et al.⁵⁵.

A área frontal (FA) e superfície corporal (BSA) foram calculadas a partir das equações propostas por Basset et al.³¹ (**equação 2**) e Du Bois e Du Bois⁷² (**equação 3**).

Equação 2: $FA (m^2) = 0,0293 * Estatura^{0,725}(m) * Massa\ Corporal^{0,425} (kg) + 0,0604$

Equação 3: $BSA (m^2) = 0,0072 * Massa\ Corporal^{0,425} (kg) * Estatura^{0,725} (cm)$

Análise estatística

Após a verificação da distribuição dos dados através do teste de Shapiro-Wilk, foram calculadas as médias, desvio padrão ($\pm DP$), coeficiente de variação (CV) e intervalo de confiança (95%) para todas as variáveis. As correlações entre os índices fisiológicos e o desempenho CR foram determinadas por meio do teste de correlação de *Pearson*, pelo software *STATISTIC 7.0*. Adotou-se um nível de significância inferior a 5%.

5.3 - Estudo 3

No presente estudo foram determinados os parâmetros de avaliação antropométricos (%GC, MM e MA) conforme descrito no estudo 2.

Amostra

A amostra foi composta por oito ciclistas amadores do sexo masculino, pertencentes a uma equipe do estado de São Paulo – Brasil, com idade $33,6 \pm 13,1$ anos, todos com no mínimo 5 anos de treinamento. Antes de realizar qualquer procedimento, os voluntários foram informados sobre a natureza dos procedimentos, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo o estudo previamente aprovado pelo comitê de ética local (48/2010) e realizaram uma familiarização com os equipamentos utilizados para a determinação dos índices fisiológicos em laboratório.

Desenho Experimental

As avaliações foram realizadas ao longo de três dias distintos com intervalo mínimo de 24h entre elas. Todos os voluntários foram instruídos a comparecer as avaliações bem hidratados e a não ingerir bebida cafeínada e alcoólica 24h antes das avaliações. No primeiro dia foram realizadas as avaliações de laboratório, composta de medidas antropométricas e realizado o teste incremental até a exaustão voluntária em um cicloergômetro para a mensuração do consumo máximo de oxigênio (VO_2max), intensidade de exercício correspondente ao consumo máximo de oxigênio (iVO_2max) e Limiares ventilatórios 1 e 2 (LV_1 e LV_2). No segundo dia os sujeitos realizaram o teste de esforço máximo de 30 segundos (Wingate). No terceiro dia foi realizado o teste de esforço máximo de 3 minutos (all out 3 min). Todas as avaliações foram realizadas em laboratório com temperatura controlada ($20 - 24^\circ C$), sendo todas em ordem randômica.

Determinação VO_2max , iVO_2max e Limiar Anaeróbio

O teste incremental até a exaustão voluntária do avaliado foi realizado em um cicloergômetro de frenagem mecânica (modelo Biotec 2100[®] da marca Cefise)

e utilizando um analisador de gases (Quark-PFT Cosmed, Italy) calibrado automaticamente utilizando concentrações de gases conhecidas, o ventilômetro foi calibrado conforme as especificações do fabricante utilizando uma seringa de 3L (Hans Rudolf 5530). O analisador permaneceu acoplado a um computador com software específico juntamente com a frequência cardíaca que foi monitorada através de um frequencímetro acoplado ao analisador de gases, todas as variáveis foram mensuradas constantemente a cada respiração. Antes de iniciar o teste os sujeitos permaneceram 2 minutos para o estabelecimento de linha de base dos valores de consumo de oxigênio (VO_2). O protocolo consistia em um aquecimento de 5 minutos com a carga inercial do aparelho e ao final do aquecimento se iniciava o teste progressivo com 80 watts de potência e incremento de carga de 40 watts a cada 2 minutos até a exaustão voluntária do avaliado. Os sujeitos foram instruídos a manter uma cadência de pedalada de 80 rpm e, ao final de cada estágio foram coletadas amostras de sangue de 25 μ l para a determinação do LAn 3,5. O teste foi encerrado quando o indivíduo era incapaz de manter a cadência de pedalada de no mínimo de 70 rpm por mais de 10 segundos, sendo que todos receberam incentivo verbal para continuar o máximo possível. O VO_{2max} foi determinado quando dois ou mais critérios foram verificados: quociente respiratório (RQ) $\geq 1,1$, frequência cardíaca próxima da máxima prevista para a idade ($220-idade$) e/ou existência de platô. A iVO_{2max} foi determinada de acordo com o modelo proposto por Kuipers et al.⁷². Os limiares ventilatórios foram verificados usando o modelo proposto por Caiozzo et al.⁵² utilizando os equivalentes ventilatórios de O_2 e CO_2 , sendo também determinado utilizando as $[Lac]_{sang}$ usando o modelo proposto por Heck et al.³⁹.

Teste de Wingate

Para a realização do teste de Wingate os atletas foram submetidos a um aquecimento de 5 (cinco) minutos, com a resistência inercial do equipamento e a inclusão de 2 sprints de 5 segundos realizados ao final do 2º e 4º minuto. Após 5 (cinco) minutos de recuperação passiva, os avaliados realizaram o esforço máximo de 30 segundos com carga relativa de 7,5% da massa corporal, sendo estimulados verbalmente durante todo o tempo. O teste possibilita a mensuração dos seguintes parâmetros: potência pico (PP), potência média (PM) e índice de fadiga (IF). Após o esforço foram realizadas coletas sanguíneas no 3º, 5º e 7º minuto de recuperação passiva dos sujeitos para a verificação das concentrações pico de lactato $[Lac]_{pico}$.

All Out 3 minutos

Os sujeitos realizaram um aquecimento de 5 minutos com a carga inercial do cicloergômetro, sendo seguido de 3 minutos de recuperação passiva. Cada teste foi iniciado com 2 minutos de mensuração de linhas de base de consumo de oxigênio. O cicloergômetro foi ajustado de acordo com a preferência dos sujeitos e a resistência do teste foi calculada de acordo como proposta por Vanhatalo et al.⁷³, onde os sujeitos pedalavam até a exaustão com um carga de 50% Δ entre o LV_1 e a iVO_{2max} . Os indivíduos foram instruídos a acelerar acima de 120 rpm nos segundos finais da linha de base e realizar a mais alta cadência possível durante todo o teste, recebendo incentivo verbal todo o tempo. Antes do início e no 3º, 5º e 7º minuto de recuperação passiva pós-teste, foram coletadas do lóbulo da orelha dos sujeitos amostras sanguíneas para a determinação da concentração de repouso ($[Lac]_{rep}$) e pico de lactato ($[Lac]_{pico}$), assim como os valores de consumo excessivo de oxigênio pós esforço (EPOC) (figura 8).

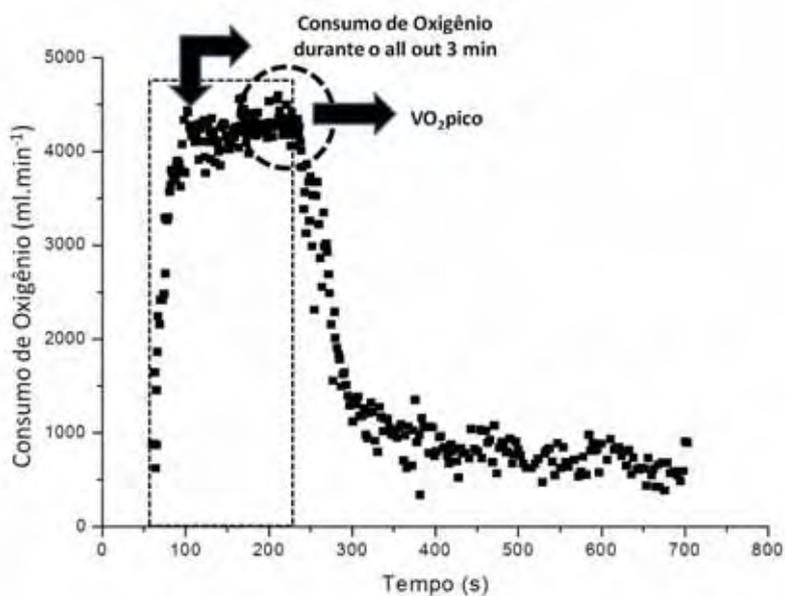


Figura 8. Representação gráfica das variáveis analisadas na resposta cinética do consumo de oxigênio durante o teste de esforço máximo de 3 minutos respectivamente.

Determinação do Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio Reduzido (MAOD_{red})

Para a mensuração do MAOD_{red}, o EPOC foi utilizado para a estimativa da contribuição do metabolismo anaeróbio alático. Para isso foi realizado um ajuste biexponencial de decaimento (Origin 6.0) de acordo como proposto do Bertuzzi et al.⁶⁷ (figura 9). Para o cálculo da contribuição do metabolismo anaeróbio láctico ($\Delta[\text{Lac}]$) foi utilizado a diferença entre a $[\text{Lac}]_{\text{pico}}$ e a $[\text{Lac}]_{\text{rep}}$, mensurado após o all out 3 min, onde foi considerado que a cada 1mmol.l^{-1} de lactato é equivalente a $3\text{mlO}_2.\text{kg}^{-1}$ de massa corporal. O MAOD_{rep} foi obtido pela somatória do EPOC e $\Delta[\text{Lac}]$, sendo este valores expressos em valores absolutos litros (l) e relativos a composição corporal (ml/kg; ml/MM e ml/MA).

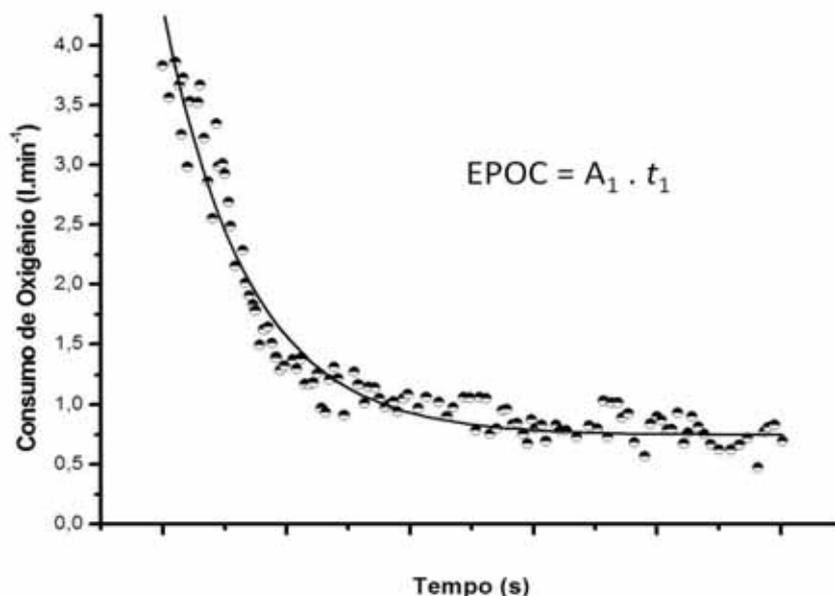


Figura 9. Representação gráfica da resposta cinética da fase rápida e lenta do consumo excessivo de oxigênio pós-exercício. Os valores de A_1 = amplitude e t_1 = constante de tempo nos mostram os termos da fase rápida do EPOC, respectivamente.

Análise Estatística

Após a verificação da distribuição dos dados através do teste de Shapiro-Wilk, foram calculadas as médias, desvio padrão ($\pm DP$) para todas as variáveis. As correlações entre as variáveis do MAOD_{red}, Wingate e parâmetros do all out 3 min foram determinadas por meio do teste de correlação de *Pearson*, pelo software *STATISTIC 7.0*. Adotou-se um nível de significância inferior a 5%.

5.4 - Estudo 4

No presente estudo foram determinados os índices fisiológicos de avaliação aeróbia em laboratório (VO_{2max} , iVO_{2max} , LV_1 e LV_2) conforme

descrito no estudo 3 e os parâmetros de avaliação antropométricos (%GC, MM e MA) conforme descrito no estudo 2. No entanto, foram calculados os valores de pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}) e potência crítica com a avaliação do teste de esforço máximo de 3 minutos.

VO_{2pico} e Potência Crítica no All Out 3 Min

Para a determinação do VO_{2pico} e P_{crit} os sujeitos realizaram o teste all out 3 min como descrito anteriormente no estudo 3, sendo coletadas variáveis respiratórias durante todo o teste. O VO_{2pico} foi determinado utilizando a média do consumo de oxigênio dos últimos 30 segundos de teste. A P_{crit} foi determinada pela média de potência mensurada dos últimos 30 segundos (150 - 180 segundos) de teste de acordo com o modelo proposto por Vanhatalo et al.⁷⁴ (figura 10).

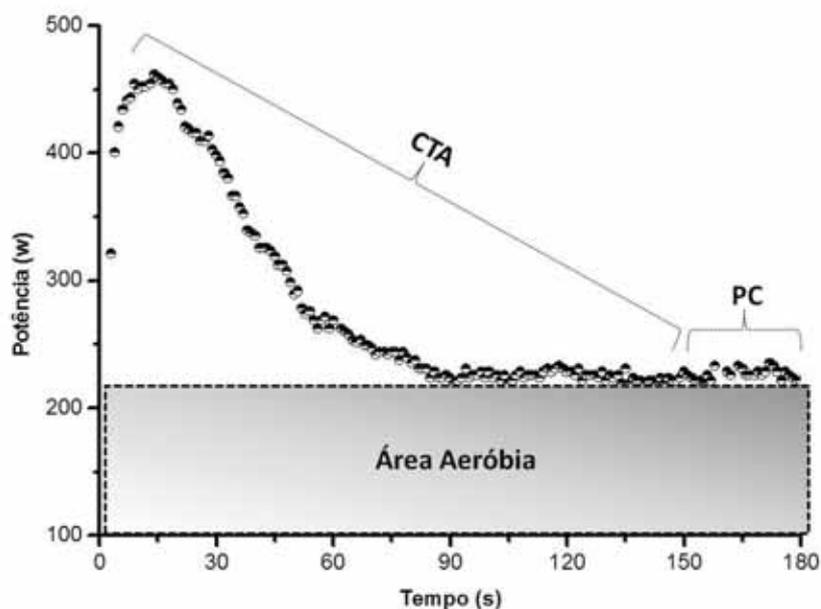


Figura 10. Diagrama esquemático da potência (watts) vs tempo (segundos) do teste all out 3 min. A P_{crit} é a média dos últimos 30 segundos de teste (150 – 180 segundos) e a CTA corresponde a integral da área da curva antes da PC.

Análise Estatística

Após a verificação da distribuição dos dados através do teste de Shapiro-Wilk, foram calculadas as médias, desvio padrão (\pm DP) para todas as variáveis. A comparação entre as variáveis do all out 3 min e do teste incremental foram determinadas utilizando Anova One-Way. As correlações entre $VO_{2\text{pico}}$ vs $VO_{2\text{max}}$ e parâmetros aeróbios do teste incremental vs P_{crit} do all out 3 min foram determinadas por meio do teste de correlação de *Pearson*, pelo software *STATISTIC 7.0*. Adotou-se um nível de significância inferior a 5%.

6. RESULTADOS

6.1 - Estudo 1

Os valores médios \pm desvio padrão (\pm DP), coeficiente de variação (CV), mínimo e máximo das variáveis fisiológicas avaliadas: $VO_{2\text{max}}$, frequência cardíaca máxima (FCmax), $iVO_{2\text{max}}$, EM, LV_1 e LV_2 , frequência cardíaca correspondente ao LV_1 , LV_2 e percentual relativo ao $VO_{2\text{max}}$ ($\%VO_{2\text{max}}$) de LV_1 e LV_2 dos ciclistas estão expressos na tabela 1. A tabela 2 mostra os valores médios \pm DP e CV do desempenho CR de 4 e 20km. Os valores de correlação entre os índices fisiológicos aeróbios e o tempo de prova CR de 4km e 20km, não foram significantes (tabela 3).

Tabela 1. Valores médios \pm DP, CV, mínimo e máximo das variáveis fisiológicas avaliadas (n= 14).

Variáveis	Médias \pm DP	CV (%)	Variação
			Mínimo - Máximo
VO _{2max} (l.min ⁻¹)	4,5 \pm 0,7	16,1	3,1 – 6,0
VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	62,2 \pm 8,2	13,3	45,6 – 75,8
FC _{max} (bpm ⁻¹)	184,7 \pm 5,7	3,1	173 – 191
EM (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹ .w ⁻¹)	0,1166 \pm 0,0362	31,0	0,0527 – 0,1957
iVO _{2max} (W)	500,8 \pm 58,6	11,7	401,6 – 593,7
LV ₁ (W)	348,2 \pm 43,26	12,4	275 – 425
LV ₁ (bpm ⁻¹)	159,7 \pm 9,19	5,8	144 – 171
LV ₁ (%VO _{2max})	69,6 \pm 5,2	7,5	61,2 – 77,2
LV ₂ (W)	417,8 \pm 60,79	14,5	325 – 550
LV ₂ (bpm ⁻¹)	172,7 \pm 8,95	5,2	160 – 188
LV ₂ (%VO _{2max})	83,4 \pm 6,7	8,1	74,8 – 95,1

Tabela 2. Valores médios \pm DP e CV do desempenho CR de 4km e 20km.

	Média \pm DP	CV (%)
4 km (s)	332,3 \pm 12,4	3,7
20 km (s)	1801,5 \pm 86,4	4,8

Tabela 3. Correlação entre índices fisiológicos aeróbios e o desempenho CR nas distâncias de 4km e 20km.

Variáveis	VO _{2max} (l.min ⁻¹)	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	iVO _{2max} (w)	EM (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹ .w ⁻¹)	LV ₁ (w)	LV ₂ (w)
CR 4km (s)	<i>r</i> = 0,38	<i>r</i> = 0,16	<i>r</i> = -0,33	<i>r</i> = 0,20	<i>r</i> = -0,50	<i>r</i> = -0,20
CR 20km (s)	<i>r</i> = 0,24	<i>r</i> = 0,01	<i>r</i> = -0,13	<i>r</i> = -0,12	<i>r</i> = -0,48	<i>r</i> = -0,19

6.2 - Estudo 2

Os valores médios \pm desvio padrão (\pm DP), coeficiente de variação (CV) e intervalo de confiança (95%) das características fisiológicas físicas, máximas e submáximas dos atletas estão dispostos na tabela 4. A tabela 5 mostra os valores de correlação de *Pearson* entre o tempo de prova e as variáveis fisiológicas expressas em valores absolutos e relativos à massa corporal, massa magra total do corpo e massa magra ativa.

Tabela 4. Características fisiológicas físicas, submáximas e máximas dos atletas.

Características	Médias ± DP	CV (%)	IC (95%) Superior – Inferior
Físicas			
Estatura (cm)	176 ± 6,7	3,8	(179,5 - 172,4)
Massa Corporal (kg)	73,4 ± 8,2	11,3	(77,6 - 69,1)
GC (%)	10,9 ± 2,9	3,0	(15,1 - 6,6)
MM (kg)	64,9 ± 6,1	9,5	(68,0 - 61,7)
MA (kg)	26,1 ± 3,0	11,4	(27,6 - 24,5)
BSA (m ²)	1,90 ± 0,13	7,0	(1,96 - 1,83)
FA (m ²)	0,33 ± 0,02	5,7	(0,34 - 0,31)
Máximas			
iVO ₂ max (W/kg)	6,88 ± 0,98	14,2	(7,39 - 6,36)
iVO ₂ max (W/MM)	7,75 ± 0,93	12,0	(8,23 - 7,26)
iVO ₂ max (W/MA)	19,36 ± 2,74	14,1	(20,79 - 17,92)
Submáximas			
LV ₁ (W/kg)	4,79 ± 0,75	15,6	(5,18 - 4,39)
LV ₁ (W/MM)	5,39 ± 0,70	12,9	(5,75 - 5,02)
LV ₁ (W/MA)	13,44 ± 1,86	13,8	(14,41 - 12,46)
LV ₂ (W/kg)	5,71 ± 0,75	13,0	(6,10 - 5,31)
LV ₂ (W/MM)	6,43 ± 0,69	10,7	(6,79 - 6,06)
LV ₂ (W/MA)	16,06 ± 1,91	11,8	(17,06 - 15,05)
Desempenho			
CR 4km (s)	332,3 ± 12,4	3,7	(338,7 - 325,8)
CR 20km (s)	1801,5 ± 86,4	4,8	(1846,7 - 1756,2)

Tabela 5. Correlação (*Pearson*) entre o tempo de prova e as variáveis fisiológicas (n=14).

Variáveis	CR 4km (s)	CR 20km (s)
VO ₂ max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	<i>r</i> = 0,16	<i>r</i> = 0,01
BSA (m ²)	<i>r</i> = 0,47	<i>r</i> = 0,35
FA (m ²)	<i>r</i> = 0,46	<i>r</i> = 0,35
iVO ₂ max (W/kg)	<i>r</i> = -0,53	<i>r</i> = -0,40
iVO ₂ max (W/MM)	<i>r</i> = -0,44	<i>r</i> = -0,37
iVO ₂ max (W/MA)	<i>r</i> = -0,33	<i>r</i> = -0,32
LV ₁ (W/kg)	<i>r</i> = -0,71**	<i>r</i> = -0,73*
LV ₁ (W/MM)	<i>r</i> = -0,68**	<i>r</i> = -0,67*
LV ₁ (W/MA)	<i>r</i> = -0,60*	<i>r</i> = -0,63*
LV ₂ (W/kg)	<i>r</i> = -0,59*	<i>r</i> = -0,52
LV ₂ (W/MM)	<i>r</i> = -0,52	<i>r</i> = -0,52
LV ₂ (W/MA)	<i>r</i> = -0,43	<i>r</i> = -0,47

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

6.3 - Estudo 3

Os valores de composição corporal dos atletas estão expressos na tabela 6. A tabela 7 apresenta os valores médios \pm DP absolutos (l.min⁻¹) e relativos (ml.kg⁻¹.min⁻¹, ml.MM⁻¹.min⁻¹ e ml.MA⁻¹.min⁻¹) das variáveis fisiológicas aeróbias obtidas através do teste incremental até exaustão.

Tabela 6. Média \pm DP das variáveis de composição corporal e consumo máximo de oxigênio dos atletas (n = 8).

Variáveis	Média \pm DP
Estatura (cm)	171,4 \pm 7,1
Peso Corporal (kg)	65,4 \pm 7,7
%GC (%)	13,1 \pm 4,9
MM (kg)	56,6 \pm 4,1
MA (kg)	32,1 \pm 2,6
VO ₂ max (l.min ⁻¹)	3,79 \pm 0,33
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	57,70 \pm 6,36

%G = Percentual de Gordura Corporal; MM = Massa Magra Total; MA = Massa Magra Ativa; VO₂max = Consumo Máximo de Oxigênio.

Tabela 7. Média \pm DP das variáveis fisiológicas obtidas no protocolo incremental máximo de laboratório.

Variáveis	Absoluta	Relativas		
	(w)	(w/kg)	(w/MM)	(w/MA)
iVO ₂ max	245 \pm 26	3,76 \pm 0,3	4,33 \pm 0,4	7,64 \pm 0,8
LV ₁	175 \pm 29,7	2,7 \pm 0,4	3,1 \pm 0,5	5,5 \pm 0,9
LV ₂	220 \pm 21,3	3,4 \pm 0,3	3,9 \pm 0,4	6,9 \pm 0,7
LAn 3,5	186,7 \pm 35	2,96 \pm 0,5	3,37 \pm 0,3	5,95 \pm 1,1

iVO₂max = Intensidade de Exercício Correspondente ao Consumo Máximo de Oxigênio; LV₁ = Limiar Ventilatório 1; LV₂ = Limiar Ventilatório 2; LAn 3,5 = Limiar Anaeróbio 3,5 mM.

Os resultados apontados na figura 11 nos mostram a média \pm DP a cada 30 segundos do EPOC dos atletas. A tabela 8 descreve a média \pm DP dos valores do componente alático, láctico e a somatória dos dois (MAOD_{red}), sendo os dados expressos em valores absolutos (l) e relativos à composição corporal (ml/kg,

ml/MM e ml/MA). A tabela 9 e 10 apontam os valores médios e \pm DP dos testes de Wingate e all out 3 min (potência pico, potência média e índice de fadiga) também expressos em valores absolutos e relativos à composição corporal (w/kg, w/MM e w/MA). A tabela 11 e 12 estão disposto os valores de correlação de Pearson ($p < 0,05$) entre o MAOD_{red} e parâmetros de Wingate e all out 3 min.

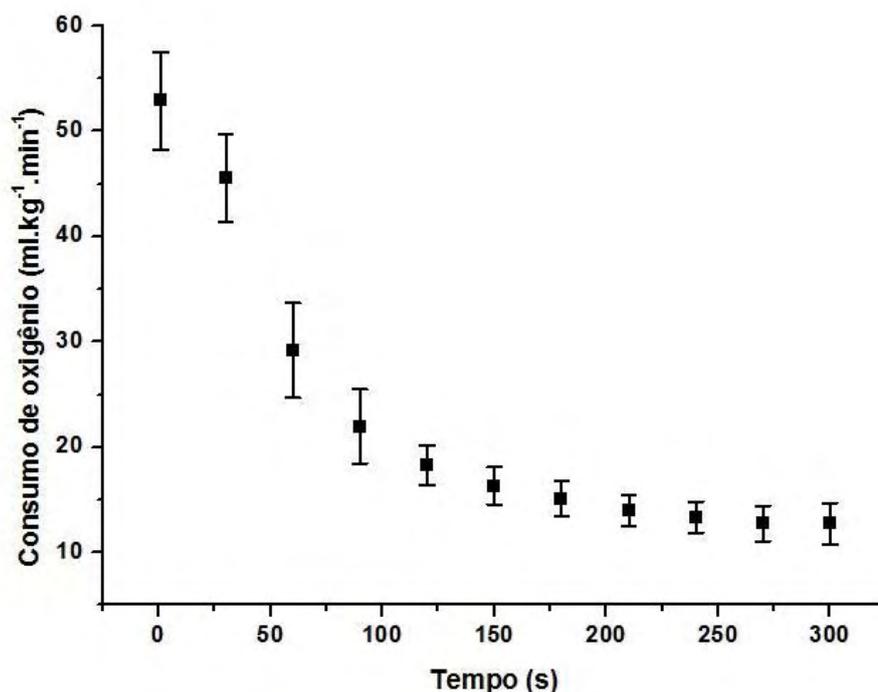


Figura 11. Média \pm DP dos valores de todos os EPOCs dos atletas avaliados.

Tabela 8. Média \pm DP dos valores do componente alático, láctico e MAOD_{red}, sendo expressos em valores absolutos (l) e relativos (ml/kg, ml/MM e ml/MA).

Variáveis	Absoluta		Relativas	
	(l)	(ml/kg)	(ml/MM)	(ml/MA)
EPOC	1,99 \pm 0,46	30,73 \pm 7,90	35,26 \pm 8,40	62,21 \pm 15,31
Δ [Lac]	2,30 \pm 0,68	30,03 \pm 9,14	40,46 \pm 11,06	71,01 \pm 18,37
MAOD _{red}	4,29 \pm 0,88	65,77 \pm 12,50	75,72 \pm 14,38	133,22 \pm 24,30

MAOD_{red} = Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio.

Tabela 9. Média \pm DP dos valores do teste de Wingate, sendo expressos em valores absolutos (w) e relativos (w/kg, w/MM e w/MA).

Variáveis	Média \pm DP
Wingate	
PP Wingate (w)	710,4 \pm 95,5
PP Wingate (w/kg)	9,56 \pm 3,14
PP Wingate (w/MM)	12,51 \pm 1,05
PP Wingate (w/MA)	24,04 \pm 1,04
PM Wingate (w)	537,9 \pm 62,3
PM Wingate (w/kg)	8,19 \pm 0,60
PM Wingate (w/MM)	9,49 \pm 0,69
PM Wingate (w/MA)	16,71 \pm 1,71
IF (%)	37,3 \pm 5,6

PP = Potência Pico; PM = Potência Média; IF = Índice de Fadiga.

Tabela 10. Média \pm DP dos valores do teste all out 3 min.

Variáveis	Média \pm DP
All out 3 min	
PP (w)	432,2 \pm 57,4
PM (w)	258,4 \pm 32,4
IF (%)	46,7 \pm 8,8
CTA ($W \cdot s^{-1}$)	6282,2 \pm 1879,9
CTA (KJ)	6,28 \pm 1,87

PP = Potência Pico; PM = Potência Média; IF = Índice de Fadiga; CTA = Capacidade de Trabalho Anaeróbio.

Tabela 11. Correlação de *Pearson* ($p < 0,05$) entre $MAOD_{red}$ e parâmetros de teste de Wingate.

Correlações	MAOD (l)	MAOD (ml/kg)	MAOD (ml/MM)	MAOD (ml/MA)
PP Wingate (w)	$r = 0,08$	$r = -0,41$	$r = -0,23$	$r = -0,28$
PP Wingate (w/kg)	$r = -0,24$	$r = -0,44$	$r = -0,34$	$r = -0,26$
PP Wingate (w/MM)	$r = -0,28$	$r = -0,58$	$r = -0,47$	$r = -0,53$
PP Wingate (w/MA)	$r = -0,42$	$r = -0,73^*$	$r = -0,61$	$r = -0,63$
PM Wingate (w)	$r = 0,17$	$r = -0,33$	$r = -0,11$	$r = -0,14$
PM Wingate (w/kg)	$r = -0,51$	$r = -0,32$	$r = -0,40$	$r = -0,44$
PM Wingate (w/MM)	$r = -0,17$	$r = -0,43$	$r = -0,29$	$r = -0,32$
PM Wingate (w/MA)	$r = -0,30$	$r = -0,56$	$r = -0,41$	$r = -0,39$
IF (%)	$r = -0,56$	$r = -0,52$	$r = -0,62$	$r = -0,70^*$

PP Wingate = Potência Pico do Wingate; PM do Wingate = Potência Média do Wingate; IF = Índice de Fadiga; $MAOD_{red}$ = Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio.

*Correlação Significante ($p < 0,05$).

Tabela 12. Correlação de *Pearson* ($p < 0,05$) entre $MAOD_{red}$ e parâmetros do all out 3 min.

Correlações	MAOD (l)	MAOD (ml/kg)	MAOD (ml/MM)	MAOD (ml/MA)
PP (w)	$r = -0,37$	$r = -0,62$	$r = -0,48$	$r = -0,42$
PM (w)	$r = 0,00$	$r = -0,36$	$r = -0,17$	$r = -0,14$
IF (%)	$r = -0,60$	$r = -0,75^*$	$r = -0,67$	$r = -0,62$
CTA ($w \cdot s^{-1}$)	$r = 0,18$	$r = -0,00$	$r = 0,11$	$r = 0,02$

PP = Potência Pico; PM = Potência Média; IF = Índice de Fadiga; $MAOD_{red}$ = Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio; CTA = Capacidade de Trabalho Anaeróbio.

*Correlação Significante ($p < 0,05$).

6.4 - Estudo 4

Na tabela 13 estão dispostos os valores médios \pm desvio padrão (\pm DP) do VO_{2pico} do all out 3 min e VO_{2max} do teste incremental. A tabela 14 mostra os valores médios \pm desvio padrão (\pm DP) das variáveis aeróbias do teste incremental e P_{crit} referente ao all out 3 min. Os valores de correlação de *Pearson* entre VO_{2pico} vs VO_{2max} e P_{crit} vs parâmetro aeróbios do teste incremental estão expressos na tabela 15 e 16.

Tabela 13. Média \pm DP dos valores de VO_{2pico} do teste all out 3 min e VO_{2max} do teste incremental, sendo expressos em valores absolutos (l/min^{-1}) e relativos ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$; $ml.MM^{-1}.min^{-1}$; $ml.MA^{-1}.min^{-1}$).

All out 3 min	Média \pm DP
VO_{2pico} (l/min^{-1})	3,74 \pm 0,31
VO_{2pico} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	57,67 \pm 6,84
VO_{2pico} ($ml.MM^{-1}.min^{-1}$)	66,27 \pm 6,92
VO_{2pico} ($ml.MA^{-1}.min^{-1}$)	116,86 \pm 13,63
Teste Incremental	
VO_{2max} (l/min^{-1})	3,79 \pm 0,33
VO_{2max} ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	57,70 \pm 6,36
VO_{2max} ($ml.MM^{-1}.min^{-1}$)	66,97 \pm 5,91
VO_{2max} ($ml.MA^{-1}.min^{-1}$)	118,16 \pm 12,90

VO_{2pico} = Pico de Consumo de Oxigênio durante o All Out 3 Min; VO_{2max} = Consumo Máximo de Oxigênio do Teste Incremental.

* Diferença significativa para o VO_{2max} do teste incremental ($p < 0,05$).

Tabela 14. Média \pm DP dos valores de Pcrit do teste all out 3 min e $iVO_2\text{max}$, LV_1 , LV_2 e LAn 3,5 do teste incremental, sendo expressos em valores absolutos (w) e relativos (w/kg; w/MM; w/MA).

Variáveis	Absoluta		Relativas	
	(w)	(w/kg)	(w/MM)	(w/MA)
$iVO_2\text{max}$	245 \pm 26,0	3,76 \pm 0,39	4,33 \pm 0,43	7,64 \pm 0,86
LV_1	175 \pm 29,7†	2,68 \pm 0,40†	3,09 \pm 0,49†	5,45 \pm 0,93†
LV_2	220 \pm 21,3	3,38 \pm 0,33	3,89 \pm 0,35	6,86 \pm 0,72
LAn 3,5	186,7 \pm 35,0	2,96 \pm 0,53	3,37 \pm 0,62	5,95 \pm 1,10
Pcrit	225,7 \pm 27,8	3,42 \pm 0,30	3,96 \pm 0,38	7,02 \pm 0,71

$iVO_2\text{max}$ = Intensidade de Exercício Correspondente ao Consumo Máximo de Oxigênio; LV_1 = Limiar Ventilatório 1; LV_2 = Limiar Ventilatório 2; LAn 3,5 = Limiar Anaeróbio 3,5 mM; Pcrit = Potência Crítica.

† Diferença significativa em relação a Pcrit do all out 3 min ($p < 0,05$).

Tabela 15. Correlação (Pearson) entre $VO_2\text{pico}$ do teste all out 3 min e $VO_2\text{max}$ do teste incremental, sendo expressos em valores absolutos (l/min^{-1}) e relativos ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $\text{ml.MM}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $\text{ml.MA}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Variáveis Fisiológicas	$VO_2\text{pico}$ ($l.\text{min}^{-1}$)	$VO_2\text{pico}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	$VO_2\text{pico}$ ($\text{ml.MM}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	$VO_2\text{pico}$ ($\text{ml.MA}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
$VO_2\text{max}$ ($l.\text{min}^{-1}$)	$r = 0,78^*$	-	-	-
$VO_2\text{max}$ ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	-	$r = 0,87^*$	-	-
$VO_2\text{max}$ ($\text{ml.MM}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	-	-	$r = 0,84^*$	-
$VO_2\text{max}$ ($\text{ml.MA}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	-	-	-	$r = 0,87^*$

$VO_2\text{pico}$ = Pico de Consumo de Oxigênio durante o All Out 3 Min; $VO_2\text{max}$ = Consumo Máximo de Oxigênio do Teste Incremental.

*Correlação Significante ($p < 0,05$).

Tabela 16. Correlação (*Pearson*) entre Pcrit vs $iVO_2\text{max}$, LV_1 , LV_2 , LAn 3,5.

Variáveis	Pcrit		Pcrit	
	(w)	(w/kg)	(w/MM)	(w/MA)
$iVO_2\text{max}$ (w)	$r = 0,48$	$r = 0,41$	$r = 0,53$	$r = 0,61$
$iVO_2\text{max}$ (w/kg)	$r = -0,18$	$r = -0,22$	$r = -0,12$	$r = -0,03$
$iVO_2\text{max}$ (w/MM)	$r = 0,14$	$r = 0,06$	$r = 0,23$	$r = 0,31$
$iVO_2\text{max}$ (w/MA)	$r = 0,12$	$r = 0,01$	$r = 0,18$	$r = 0,30$
LV_1 (w)	$r = 0,31$	$r = 0,16$	$r = 0,38$	$r = 0,48$
LV_1 (w/kg)	$r = -0,11$	$r = -0,26$	$r = -0,03$	$r = 0,06$
LV_1 (w/MM)	$r = 0,07$	$r = -0,08$	$r = 0,17$	$r = 0,25$
LV_1 (w/MA)	$r = 0,06$	$r = -0,10$	$r = 0,14$	$r = 0,25$
LV_1 (% $VO_2\text{max}$)	$r = -0,01$	$r = -0,16$	$r = 0,04$	$r = 0,10$
LV_2 (w)	$r = 0,33$	$r = 0,28$	$r = 0,41$	$r = 0,45$
LV_2 (w/kg)	$r = -0,47$	$r = -0,48$	$r = -0,39$	$r = -0,36$
LV_2 (w/MM)	$r = -0,11$	$r = -0,17$	$r = 0,00$	$r = 0,03$
LV_2 (w/MA)	$r = -0,11$	$r = -0,21$	$r = -0,03$	$r = 0,05$
LV_2 (% $VO_2\text{max}$)	$r = -0,43$	$r = -0,38$	$r = -0,40$	$r = -0,48$
LAn 3,5 (w)	$r = 0,13$	$r = 0,20$	$r = 0,20$	$r = 0,16$
LAn 3,5 (w/kg)	$r = -0,22$	$r = -0,11$	$r = -0,14$	$r = -0,20$
LAn 3,5 (w/MM)	$r = -0,05$	$r = 0,01$	$r = 0,03$	$r = -0,01$
LAn 3,5 (w/MA)	$r = -0,06$	$r = -0,00$	$r = 0,01$	$r = -0,00$
LAn 3,5 (% $VO_2\text{max}$)	$r = -0,22$	$r = -0,05$	$r = -0,16$	$r = -0,29$

$iVO_2\text{max}$ = Intensidade de Exercício Correspondente ao Consumo Máximo de Oxigênio; LV_1 = Limiar Ventilatório 1; LV_2 = Limiar Ventilatório 2; LAn 3,5 = Limiar Anaeróbio 3,5 mM; Pcrit = Potência Crítica.

*Correlação Significante ($p < 0,05$).

7. DISCUSSÃO

7.1 - Estudo 1 e 2

Os principais achados destes estudos foram a não correlação significativa entre os índices fisiológicos aeróbios absolutos e o desempenho dos atletas e a

correlação significativa entre alguns índices fisiológicos normalizados pelas variáveis antropométricas com o desempenho em pista.

Estes resultados são contraditórios a alguns estudos utilizando ciclistas profissionais que mostraram que em provas de curta⁶ e média¹⁷ duração a $iVO_2\max$ e o LV_2 apresentam altas correlações com o desempenho em atletas *off-road* e *on-road*. Em contrapartida, estes resultados corroboram com outros estudos que mostraram correlações entre o LV_1 com desempenho contra relógio reportado por Lucia et al.⁷⁴ (58km) e Impellizzeri et al.⁹ (33,6km).

Segundo alguns autores o $VO_2\max$ é uma boa variável fisiológica capaz de prever desempenho de ciclistas, principalmente quando utilizados os valores relativos a massa corporal^{9,75,76}, entretanto, estas correlações não foram verificadas nos estudos. Impellizzeri et al.⁹ reforçam estes achados evidenciando que indivíduos bem treinados ou atletas de elite apresentam elevados valores de $VO_2\max$, não apresentam correlação com o desempenho, explicando que este índice é muito dependente de fatores centrais (débito cardíaco) e parece sofrer adaptações moderadas ou ainda não se modificar em resposta ao treinamento. Nesse sentido, a EM e a $iVO_2\max$ poderiam explicar a não correlação deste índice com o desempenho, demonstrando que apesar do $VO_2\max$ não se modificar em resposta ao treinamento nesse grupo, estes atletas ainda continuam sofrendo adaptações importantes como neuromusculares (EM).

De acordo com Billat et al.³⁴, Caputo et al.⁶ e Amann et al.¹⁷ os valores absolutos da $iVO_2\max$, LV_1 e LV_2 podem ser bastante sensíveis em prever desempenho em provas de curta, média e longa duração, entretanto, os achados do presente estudo não corroboraram. Segundo Mujika e Padilla¹⁶ ciclistas com diferentes especialidades apresentam semelhantes características fisiológicas absolutas, porém, devido aos diferentes terrenos destas especialidades, as

características morfológicas são determinantes no desempenho destes atletas, principalmente quando elas são usadas para a normalização dos índices fisiológicos. Desta forma, cientistas do esporte e treinadores têm utilizado essa ferramenta com a finalidade de trabalhar com grupos de atletas em diferentes momentos da periodização do treinamento.

Segundo Minahan et al.⁵⁵ a determinação e utilização da normalização pela MM e MA em ciclistas, são boas ferramentas que têm sido reportadas, mostrando ser independentes de variáveis como massa de gordura e massa mineral óssea e, assim, apresentariam maiores correlações com o desempenho em atletas de elite. A partir destas variáveis antropométricas, alguns fatores aerodinâmicos como a FA e BSA, são responsáveis pela capacidade do ciclista em diminuir a resistência imposta pelo ar, portanto, estas variáveis são importantes, pois o dispêndio de energia no ciclismo é dependente destes fatores e estão diretamente relacionados com o desempenho dos atletas, todavia, estas variáveis não apresentaram associações com o desempenho dos atletas, no presente estudo.

As correlações significantes entre o LV_1 determinado em teste laboratorial e normalizado pelas variáveis antropométricas com o desempenho indicam que esta variável é um importante fator preditor de desempenho de atletas de elite, principalmente quando este parâmetro é normalizado. Esse resultados corroboram com os achados por Lucia et al.⁷⁴ e Amann et al.¹⁷, que mostraram que a variável melhor correlacionada com desempenho em atletas profissionais em provas contra relógio foi o LV_1 . Segundo Lee et al.⁷⁷ e Impellizzeri et al.⁹, quando avaliaram *mountain bikers* e ciclistas de estrada de elite e compararam variáveis fisiológicas (VO_{2max} , iVO_{2max} e LAn) e antropométricas, eles não encontraram diferenças significativas entre as variáveis fisiológicas absolutas, porém, quando estas foram normalizadas pela massa corporal, significantes

valores foram encontrados nos ciclistas *mountain bikers*. Todavia, estes autores afirmam que as características de massa corporal são mais importantes em eventos *off-road* do que *on-road*.

As potenciais limitações deste estudo são que as variáveis fisiológicas foram controladas em laboratório, portanto, fica evidente que os valores de desempenho destes atletas são dependentes de fatores externos como velocidade e direção do vento, temperatura ambiente, umidade relativa do ar e a posição dos ciclistas. Outro fator foi a não utilização de ferramentas de determinação da capacidade anaeróbia como o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) e poderiam apresentar melhores correlações com o desempenho. Entretanto, essas ferramentas requerem vários dias de avaliação e isso interfere na rotina de treinamento dos atletas, além de aumentar os custos de laboratório. Todavia, Amann et al.¹⁷, defendem o uso das respostas ventilatórias para a determinação dos limiares, porque sugerem que a mecânica da ventilação melhor representa o aumento dos íons H^+ . Finalmente, o coeficiente de variação destes atletas nos fornece a informação de que este grupo de atletas possui pequena variação no desempenho, sendo assim, diminuem possíveis variações que podem ter influência nas correlações observadas.

7.1.1 - Conclusões Parciais

A partir dos resultados provenientes do estudo 1 e 2, pode-se concluir que os índices fisiológicos aeróbios absolutos determinados em laboratório não se correlacionaram com o desempenho em provas de campo contra relógio de 4km e 20km em uma amostra de atletas de elite no ciclismo. Entretanto, o LV_1 normalizado pelas variáveis antropométricas foi o melhor preditor de desempenho em grupos homogêneos de ciclistas de elite.

7.2 - Estudo 3 e 4

De acordo com os principais achados destes estudos nós podemos observar que: a) o $MAOD_{red}$ apresentou correlação significativa somente com o IF dos parâmetros do all out 3 min e Wingate; b) observamos também que de acordo com os valores de VO_{2pico} no all out 3 min, estes valores não apresentaram diferença significativa em relação ao VO_{2max} do teste incremental, e apresentaram correlações significantes; c) não observamos diferença significativa entre a P_{crit} do all out 3 min em relação ao LV_2 , $LAn_{3,5}$ e iVO_{2max} , tanto nos valores absolutos quanto nos valores relativos, porém, não apresentaram correlações significantes.

Os valores absolutos do teste de Wingate (PP Wingate e PM Wingate) têm sido anteriormente usados como parâmetro de potência anaeróbia e indicativo de taxa pico de energia liberada pelas vias anaeróbias de produção de energia durante o ciclismo. Entretanto, recentemente alguns autores vêm utilizando seus valores como preditores da CAn . No estudo de Minahan et al.⁵⁵, o teste de Wingate apresentou correlações significativas com o $MAOD$ somente em seus valores absolutos, todavia quando estes valores foram relativizados, estes valores foram menores (w/kg), ou não apresentaram correlações significantes (w/MM e w/MA). Em contrapartida, Scott et al.⁶⁴ demonstraram significantes correlações entre o PP Wingate e $MAOD$ em corredores velocistas e de média e longa distância.

Apesar dos valores absolutos e relativos do teste de Wingate não apresentarem correlações significantes com o $MAOD_{red}$, podemos observar que o IF foi negativamente correlacionado com o $MAOD_{red}$ relativo ao peso corporal total dos atletas, indicando que indivíduos com menor IF apresentam maiores valores

de CAn. No entanto, Minahan et al.⁵⁵, citam que as correlações não significantes dos valores do teste de Wingate quando normalizados, sugerem que os mecanismos responsáveis pela alta potência anaeróbia são diferentes dos mecanismos responsáveis pelos altos valores de CAn. Nessa mesma visão, outros autores descrevem e criticam a utilização do Wingate como preditor da CAn^{55,68}. Dessa forma, apesar de alguns estudos observarem correlações significantes, o Wingate não é um bom preditor da CAn.

Tendo em vista as limitações que o Wingate apresenta, o teste all out 3 min poderia ser uma excelente ferramenta preditora da CAn e, conseqüentemente, utilizado no estabelecimento do VO_2 pico e Pcrit de ciclistas⁷³. Nós observamos que, o $MAOD_{red}$ não apresentou correlação significativa com a PP, PM e CTA do all out 3 min, corroborando com os resultados de Papoti et al.⁷⁸ que utilizaram os modelos lineares de determinação da CTA e não observaram correlações significantes com o desempenho em nadadores. Todavia, foi observado que o IF apresentou correlação significativa com o $MAOD_{red}$ relativo a massa magra ativa, sugerindo que o IF possa ser utilizado como indicativo de CAn.

Segundo Bergstrom et al.⁷⁹ a metodologia utilizada na quantificação da carga do all out 3 min pode subestimar a PP e a PM diminuindo a área sobre a curva, e conseqüentemente a CTA. Estes autores observaram que, quando o cicloergômetro Monark é utilizado na avaliação do all out 3 min, a resistência do ergômetro não deve ser inferior a 4,5% do peso corporal dos atletas, fato este verificado no estudo ($3,9 \pm 0,5\%$ do peso corporal, respectivamente).

Contudo, o VO_2 pico não apresentou diferença significativa e apresentou boas correlações com o VO_2 max do teste incremental e a Pcrit não apresentou diferença significativa em relação ao LV_2 , LAn 3,5 e iVO_2 max, todavia, não foram observados correlações significantes. Estes resultados são similares aos de

Burnley et al.⁸⁰ que demonstraram que o all out 3 min pode ser usado para o estabelecimento do VO_2 pico e estimativa da máxima fase estável de lactato. Da mesma forma, Vanhatalo et al.⁷³ observaram que a P_{crit} do all out 3 min não apresentou diferença significativa em relação a P_{crit} dos modelos linear de determinação.

Embora não termos observado correlações significativas entre os parâmetros do Wingate e all out 3 min, estes resultados nos mostram que, independente das vantagens, o MAOD_{red} também apresenta algumas limitações em se avaliar a CAN e que, embora não mensurado, o método tradicional ainda é o mais aceito para a avaliação indireta da CAN ⁷⁰. As principais limitações do MAOD_{red} são: a estimativa da contribuição do metabolismo anaeróbio láctico pode ser subestimadas pelo fato do lactato liberado no sangue possa ser oxidado por outros tecidos, além disso, a exigência dos músculos ativos não pode ser estimado por meio da análise das respostas fisiológicas do corpo inteiro. Entretanto, o MAOD_{red} pode ser uma forma mais rápida de avaliação da CAN , não sendo dependente de testes submáximos no qual podem ser influenciados pela eficiência dos atletas e da estimativa da demanda de O_2 no teste supramáximo⁶⁷.

Outras possíveis limitações observadas foram a pouca experiência dos sujeitos em se utilizar o cicloergômetro e se exercitar intensamente por muito tempo. Portanto, estes fatos podem influenciar nas possíveis associações do MAOD_{red} com os outros testes anaeróbios.

7.2.1 - Conclusões Parciais

Apesar de, o MAOD_{red} apresentar algumas limitação na determinação da CAN , podemos concluir que os parâmetro absolutos e relativos observados no teste de Wingate e all out 3 min não apresentam correlações com o MAOD_{red} e

que, apenas o IF pode nos dar uma indicativa de maior CAn dos atletas. Todavia, o all out 3 min se mostrou um bom preditor do VO_2 pico e Pcrit em relação ao VO_2 max e limiar anaeróbio do teste incremental.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora existam algumas controvérsias em torno dos índices fisiológicos aeróbios e anaeróbios que predizem desempenho de atletas e também em torno das metodologias empregadas para determinar estes índices, é de fundamental importância o emprego de avaliações que visam o controle e prescrição de exercícios com base nestes índices em atletas ou mesmo em indivíduos fisicamente ativos e, o uso destas metodologias como ferramenta clínica para a avaliação de indivíduos com diferentes patologias. Nesse sentido, é evidente a importância destas metodologias no fornecimento de parâmetros relacionados às intensidades otimizadas de treinamento para obtenção do rendimento máximo destes indivíduos. Portanto, a determinação destes índices fisiológicos e antropométricos podem apresentar correlações com desempenho em diferentes modalidades do esporte.

9. REFERÊNCIAS

1. Balikian PJ, Denadai BS. Aplicações do limiar anaeróbio obtido em teste de campo para o ciclismo: comparação com valores obtidos em laboratório. Revista Motriz 1996;1(1): 26-32.
2. Diefenthaler F, Vaz MA. Aspectos relacionados à fadiga durante o ciclismo: uma abordagem biomecânica. Rev Bras Med do Esporte 2008;14(5): 325-335.

3. Okano AH, Altimari LR, Simões HG, De Moraes AC, Nakamura FY, Cyrino ES, et al. Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. Rev Bras Med do Esporte 2006;12(1): 39-44.
4. Figueira TR, Denadai BS. Relações entre o limiar anaeróbio, limiar anaeróbio individual e máxima fase estável de lactato em ciclistas. Rev Bras Ciên Mov 2004;12(2): 91-95.
5. Diefenthaler F, Candoti CT, Ribeiro J, De Oliveira AR. Comparação de respostas fisiológicas absolutas e relativas entre ciclistas e triatletas. Rev Bras Med do Esporte 2007;13(3): 205-208.
6. Caputo F, De Lucas RD, Mancini E, Denadai BS. Comparação de diferentes índices obtidos em teste de campo para predição da *performance* aeróbia de curta duração no ciclismo. Rev Bras Ci Mov 2001;9(4): 13-17.
7. Kohrt WM, O'Connor JS, Skinner JS. Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. Med Sci Sports Exerc 1989;21(5): 569-575.
8. Denadai BS. Limiar anaeróbio: Considerações fisiológicas e metodológicas. Rev Bras Ativ Fís e Saúde 1995;1(2): 74-88.

9. Impellizzeri FM, Marcora SM, Rampinini E, Mognoni P, Sassi A. Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *Br J Sports Med* 2005;39(10): 747–751.
10. Oliveira MFM, Caputo F, Greco CC, Denadai BS. Aspectos relacionados com a otimização do treinamento aeróbio para o alto rendimento. *Rev Bras Med do Esporte* 2010;16(1): 61-66.
11. Denadai BS. Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: Conceitos e aplicações. Ribeirão Preto (SP): BSD; 1999.
12. Lourenço TF, Tessuti LS, Martins LEB, Brenzikofer R, Macedo DV. Interpretação metabólica dos parâmetros ventilatórios obtidos durante um teste de esforço máximo e sua aplicabilidade no esporte. *Rev Bras Cineantrop e Des Hum* 2007;9(3): 303-310.
13. Almarwaey OA, Jones AM, Tolfrey K. Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(3): 480-487.
14. Denadai BS, Ortiz MJ, De Mello MT. Índices fisiológicos associados com a “*performance*” aeróbia em corredores de “endurance” efeitos da duração da prova. *Rev Bras Med do Esporte* 2004;10(5): 401-404.

15. Caputo F, De Oliveira MFM, Greco CC, Denadai BS. Exercício aeróbio: aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Rev Bras Cineantrop Des Hum* 2009;11(1): 94-102.
16. Mujika I, Padilla S. Adaptations to training in endurance cyclists. Implications for the performance. *Sports Med* 2001;31(7): 511-520.
17. Amann M, Subudhi AW, Foster C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2006;16(1): 27-34.
18. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(1): 70-84.
19. Weiss EP, Spina RJ, Holloszy JO, Ehsani AA. Gender differences in the decline in aerobic capacity and its physiological determinants during the later decades of life. *J Appl Physiol* 2006;101(3): 938-944.
20. Bertuzzi RCM, Silva AEL, Abad CC, Pires FO. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2009;11(21): 226-234.
21. Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med* 2000;29(6): 373-386.

22. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics, 1999.
23. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztejn JP. Interval training at VO_2 [submáx]: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(1): 156-163.
24. Carter H, Jones AM, Doust JH. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *J Sports Sci* 1999;17(12): 957- 967.
25. Altimari JM, Altimari LR, Gulak A, Chacon-Mikahil MPT. Correlação entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes. *Rev Bras Med do Esporte* 2007;13(4): 245-250.
26. Impellizzeri FM, Rampinini E, Sassi A, Mognoni P, Marcora SM. Physiological correlates to off-road cycling performance. *J Sports Sci* 2005;23(1): 41-47.
27. Ortiz MJ, Denadai BS, Stella S, De Mello MT. Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em atletas de endurance. *R Bras Ci e Mov* 2003;11(3): 53-56.
28. Hopker J, Jobson S, Carter H, Passfield L. Cycling efficiency in trained male and female competitive cyclists. *J Sports Sci Med* 2010;9(2): 332-337.

29. Guglielmo LGA, Greco, CC, Denadai BS. Relação da potência aeróbia máxima e da força muscular com a economia de corrida em atletas de *endurance*. Rev Bras Med do Esporte 2005;11(1): 53-56.
30. Di Prampero PE, Capelli C, Pagliaro P, Antonutto G, Girardis M, Zamparo P et al. Energetics of best performances in middle-distance running. J Appl Physiol 1993;74(5): 2318- 2324.
31. Bassett DR, Kyle CR, Passfield L, et al. Comparing cycling world records, 1967-1996: modeling with empirical data. Med Sci Sports Exerc 1999;31(11): 1665-1676.
32. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. Sports Med 2004;34(7): 465-485.
33. Daniels JA, Daniels N. Running economy of elite male and elite female runners. Med Sci Sports Exerc 1992;24(4): 483-489.
34. Billat VL, et al. Gender effect on the relationship of time limit at 100% O₂max with other bioenergetic characteristics. Med Sci Sports Exerc 1996;28(8): 1049-1055.
35. Lindsay FH, Hawley JA, Myburgh KH, Schomer HH, Noakes TD, Dennis SC. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. Med Sci Sports Exerc 1996;28(11): 1427-1434.

36. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts. How valid are they?. *Sports Med* 2009;36(6): 469-490.
37. Faria EW, Parker DL, Faria IE. The Science of Cycling Physiology and Training – Part 1. *Sports Med* 2005;35(4): 285-312.
38. Kindermann W, Simon G, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European J Appl Physiol* 1979;42(1): 25-34.
39. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6(3): 117-30.
40. Beneke R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(6): 863-867.
41. Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol and Performance* 2011;6(1): 8-24.
42. Carita RAC, Greco CC, Denadai BS. Máxima fase estável de lactato sanguíneo e potência crítica em ciclistas bem treinados. *Rev Bras Med do Esporte* 2009;15(5): 370-373.
43. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2(3): 160-165.

44. Tegtbur UWE, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(5): 620-627.
45. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35(2): 236-245.
46. Da Silva ASR, Dos Santos FNC, Santhiago V, Gobatto CA. Comparação entre métodos invasivos e não invasivos de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. *Rev Bras Med do Esporte* 2005;11(4): 233-237.
47. Pires FO, Silva AEL, De Oliveira FR. Diferenças entre variáveis de identificação dos limiares ventilatórios. *Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum* 2005;7(2): 20-28.
48. Hagberg JM, Coyle EF, Carroll JE, Miller JM, Martin WH.; Brooke, M. h. Exercise hyperventilation in patients with McArdle's disease. *J Appl Physiol* 1982;52(4): 991-994.
49. Buomo MJ, Roby FB. Acid-base, metabolic and ventilatory responses to repeated bouts of exercise. *J Appl Physiol* 1982;53(2): 436-439.
50. Wyatt FB. Comparison of lactate and ventilatory threshold to maximal oxygen consumption: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 1999;13(1): 67-71.

51. Meyer T, Lucia A, Earnest CP, Kinderman W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from sub maximal parameters – theory and application. *Int J Sports Med* 2005;26(1): 1-11.
52. Caiozzo VJ, Davis JA, Ellis JF, Vandagriff AR, Prietto CA, McMaster WC. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol* 1982;53(5): 1184-1189.
53. Loprinzi PD, Brodowicz GR. Physiological adaptations and analysis of training content in high school cross-country runners. *Res Sports Med* 2008;16(3): 189-202.
54. Nummela A, Keranen T, Mikkelsen L. O. Factors related to top running speed and economy. *Int J Sports Med* 2007;28(8): 655-661.
55. Minahan C, Chia M, Ibar O. Does power indicate capacity? 30-s Wingate anaerobic test vs. maximal accumulated O₂ deficit. *Int J Sports Med* 2007;28(10): 836-843.
56. Royer TD, Martin PE. Manipulations of leg mass and moment of inertia: Effects on energy cost of walking. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(4): 649-656.
57. Lucia A, Esteve-Lanao J, Oliván J, Gómez-Gallego F, San Juan AF, Santiago C, Pérez M, Chamorro-Viña C, Foster C. Physiological characteristics of the best Eritrean runners-exceptional running economy. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006;31(5): 530-540.

58. Foster C, Lucia A. Running economy: The forgotten factor in elite performance. *Sports Med* 2007;37(4-5): 316-319.
59. Zagatto AM, Beck WR, Gobatto CA. Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performance. *J Strength Cond Res* 2009;23(6): 1820-1827.
60. Nakamura FY, Franchini E. Máximo déficit acumulado de oxigênio como preditor de capacidade anaeróbia. *Rev Bras de Cineantropom e Desempenho Hum* 2006;8(1): 88-95.
61. Calbet JA, Chavaren J, Dourado C. Fractional use of anaerobic capacity during a 30- and 45-s Wingate test. *Eur J Appl Physiol* 1997;76(4): 308-313.
62. Chatagnon M, Pouilly JP, Thomas V, Busso T. Comparison between maximal power in the power-endurance relationship and maximal instantaneous power. *Eur J Appl Physiol* 2005;94(5-6): 711-717.
63. Medbø JI, Burgers S. Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22(4): 501–507.
64. Scott C, Roby F, Lohman T, Bunt J. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(5): 618-624.

65. Noordhof DA, Koning JJ, Foster C. The maximal accumulated oxygen deficit method: A valid and reliable measure of anaerobic capacity. *Sports Med* 2010;40(4): 285-302.
66. Bertuzzi RCM, Franchini E, Ugrinowitsch C, Kokubun E, Lima-Silva AE, Pires FO, Nakamura FY, Kiss MAPDM. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. *Int J Sports Med* 2010;31(7): 477-481.
67. Bertuzzi RCM, Silva AEL, Pires FO, Kiss MAPD. Déficit máximo acumulado de oxigênio : Uma breve revisão histórica e metodológica. *Rev Educ Fis/UEM* 2008;19(1): 131-144.
68. Bell DG, Jacobs I, Ellerington K. Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*; 33(8): 1399 - 1403, 2001.
69. Medbo JL, Tabata I. Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *J Appl Physiol* 1993;75(4): 1654-1660.
70. Di Prampero PE, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respir Physiol* 1999;118(2-3): 103-115.
71. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med* 1985;6(4): 197-201.
72. Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916. *J. Nutrition* 1989;5(5): 303-311.

73. Vanhatalo, A, Doust, DH, and Burnley, M. Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(3): 548-555.
74. Lucia A, Hoyos J, Pérez M, Santalla A, Earnest CP, Chicharro JL. Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France? *Br J Sports Med* 2004;38(5): 636-640.
75. Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sports and Exercise*. Champaign: Human Kinetics, 1994.
76. Coyle EF, Feltner ME, Kautz SA, Hamilton MT, Montain SJ, Baylor AM, Abraham D, Petrek GW. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(1): 93-107.
77. Lee H, Martin DT, Anson JM, Grundy D, Hahn AG. Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Science* 2002;20(12): 1427-1434.
78. Papoti M, Zagatto AM, Mendes OC, Gobatto CA. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. *Rev Port Ci do Desporto* 2005; 5(1): 7-14,
79. Bergstrom HC, Housh TJ, Zuniga JM, Camic CL, Traylor DA, Schmidt RJ, Johnson GO. A new singles work bout test estimate critical power and anaerobic work capacity. *J Strength Cond Res* 2012;26(3): 656-663.

81. Burnley M, Doust JH, Vanhatalo A. A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. *Med Sci Sports Exerc*; 1985;38(11): 1995-2003.

10 - ANEXOS

ARTIGO ORIGINAL**RELAÇÃO ENTRE ÍNDICES FISIOLÓGICOS AERÓBIOS E DESEMPENHO EM PROVAS DE CURTA E MÉDIA DURAÇÃO EM CICLISTAS DE ELITE**

Relationship between physiological indices and aerobic performance tests in short and medium term of elite cyclists

Índices fisiológicos e desempenho no ciclismo de elite

Eduardo Bernardo Sangali¹, Eduardo Zapaterra Campos¹, Luigi Agostini Gobbo¹, Vítor Luiz de Andrade¹, Marcelo Papoti³, Ismael Forte Freitas Júnior¹, Thiago Rezende Figueira², Pedro Balikian Junior¹

1 Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, SP. Brasil.

2 Universidade Estadual de Campinas. Departamento de Pós Graduação em Clínica Médica. Campinas, SP. Brasil.

3. Universidade de São Paulo. Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto – EEERP/USP. Ribeirão Preto, SP. Brasil.

Processo referente ao comitê de ética em pesquisa: 48/2010

Local: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

Recebido em 07/03/12

Revisado em 03/09/12

Aprovado em 09/11/12

Received: 07 March 2012

Accepted: 09 November 2012

Resumo - Poucos são os estudos que possibilitam verificar quais as respostas fisiológicas são associadas ao desempenho em uma amostra de ciclistas de elite nacional. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar e relacionar diferentes índices fisiológicos aeróbios com o desempenho em testes contra relógio de 4 e 20km em ciclistas de alto nível. A amostra foi composta por 14 ciclistas profissionais de elite nacional do sexo masculino ($28,5 \pm 4,7$ anos, $73,47 \pm 8,29$ kg, $176 \pm 6,76$ cm), que realizaram um teste progressivo em laboratório para a determinação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max} : $62,23 \pm 8,28$ ml·kg·min⁻¹), intensidade relativa ao VO_{2max} (iVO_{2max} : $500,83 \pm 58,65$ w), economia de movimento (EM: $0,1166 \pm 0,0362$ ml·kg·min·w⁻¹) e 1º e 2º limiares ventilatórios (LV1: $348,21 \pm 43,26$ w; LV2: $417,86 \pm 60,79$ w, respectivamente). Também foram submetidos à duas provas de 4 e 20km contra relógio. Para correlação entre os índices fisiológicos e desempenho foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$). Não foi encontrada correlação entre os índices fisiológicos (VO_{2max} absoluto e relativo, iVO_{2max} , EM, LV1 e LV2) e o desempenho de 4km ($r = 0,38$; $0,16$; $-0,33$; $0,20$; $-0,50$; $-0,20$, respectivamente) e 20km ($r = 0,24$; $0,01$; $-0,13$; $-0,12$; $-0,48$; $-0,19$, respectivamente) contra relógio em atletas de alto nível. Estes resultados sugerem que tais variáveis não apresentam capacidade de explicar o desempenho em provas de contra relógio nas respectivas distâncias, provavelmente devido à homogeneidade entre os sujeitos.

Palavras-chave: Avaliação de desempenho; Ciclismo; Consumo de Oxigênio; Limiar anaeróbio.

Abstract - There are few studies that allow us to check which physiological responses are associated with performance in a national elite cyclists group. Therefore the aim of this study was to determine and correlate various physiological aerobic indexes with performance in 4 and 20km time trials in high-level cyclists. The sample consisted of 14 male professional cyclists of the national elite ($28,5 \pm 4,7$ years, $73,47 \pm 8,29$ kg, $176 \pm 6,76$ cm), who performed a progressive test in laboratory in order to determine maximal oxygen consumption (VO_{2max} : $62,23 \pm 8,28$ ml·kg⁻¹·min⁻¹), intensity relative to VO_{2max} (iVO_{2max} : $500,83 \pm 58,65$ w), movement economy (EM: $0,1166 \pm 0,0362$ ml·kg·min·w⁻¹), and the first and second ventilatory threshold (LV1: $348,21 \pm 43,26$ w; LV2: $417,86 \pm$

60,79 w, respectively). They also performed two time trial performance tests of 4 and 20km. To correlation between the physiological indexes and trial performance, the Pearson correlation coefficient ($p < 0,05$) was used. No correlation was found between the physiological indexes (VO_2 max absolute and relative, iVO_2 max, EM, LV1 and LV2) and performance in the 4 km ($r = 0.38; 0.16; -0.33; 0.20; -0.50; -0.20$, respectively) and 20 km ($r = 0.24; 0.01; -0.13; -0.12; -0.48; -0.19$, respectively) time trial in high level athletes. These results suggest that these variables are not capable to explain the performance in time trials in the respective lengths, probably due to the subjects homogeneity.

Key words: Anaerobic Threshold; Bicycling; Employee performance appraisal; Oxygen consumption.

INTRODUÇÃO

Não encontramos na literatura estudos envolvendo ciclistas de elite considerando os atletas melhores ranqueados pela Confederação Brasileira de Ciclismo (CBC), que apesar das dificuldades de se realizar experimentos bem controlados quanto à ausência de sobrecarga de treinamento, ou das frequentes competições, bem como delineamentos que requerem vários dias de comparecimento ao laboratório e campo de avaliação, se faz necessário compreender as respostas fisiológicas associadas ao desempenho.

Os índices fisiológicos apontados na literatura que mais se associam com desempenho são: o consumo máximo de oxigênio (VO_2 max); a intensidade do esforço correspondente ao consumo máximo de oxigênio (iVO_2 max), a economia de movimento (EM) e limiar anaeróbio mensurado pelas respostas ventilatórias (LV) ou lactacidêmicas durante exercícios submáximos¹⁻⁴.

Nesse sentido, alguns estudos demonstram que esses índices fisiológicos são frequentemente utilizados para a predição de desempenho⁵⁻⁷, onde a distância da prova, ou seja, a intensidade do exercício pode influenciar nesta relação⁶⁻⁸.

Caputo et al.⁹ demonstraram que o VO_2 max, iVO_2 max e limiar anaeróbio predizem o desempenho de ciclistas em prova de 4km contra relógio ($r = 0,93, 0,98, 0,92$) em ciclistas competitivos. Corroborando aos achados, Amann et al.¹⁰,

demonstraram que a utilização destes índices fisiológicos podem prever o desempenho de ciclistas experientes em provas contra relógio (CR) de 40km (VE/VO_2 $r= 0.80$; V-slope $r= 0,79$, $p<0,001$; $RER_{0.95}$ $r= 0.73$; $RER_{1.0}$ $r= 0,75$, $p< 0,01$).

A grande maioria dos estudos envolvendo avaliação de ciclistas empregam cicloergômetros, que apesar da semelhança com a bicicleta e da fina sensibilidade em mensurar o trabalho realizado, não conseguem reproduzir a íntima relação existente entre o atleta, as dimensões da bicicleta e as peças que a compõem¹¹. Além disso, é clara e unânime a preferência de ciclistas em realizar procedimentos de avaliação em campo, justamente pelo emprego da própria bicicleta utilizada em treinamento e competição, entretanto a avaliação em campo torna-se dependente de equipamentos específicos e de alto custo para se controlar variáveis fisiológicas¹¹.

Dessa maneira, são necessários estudos que possibilitem verificar nessa população específica e através da própria bicicleta de treinamento e competição, a existência de associação de índices fisiológicos de avaliação aeróbia com o desempenho em provas contra relógio (CR) de curta e média duração. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar e relacionar diferentes índices fisiológicos de avaliação aeróbia com o desempenho em provas (CR) de 4 km e 20 km em ciclistas de alto nível. Como hipótese, uma relação significativa entre os parâmetros determinados no teste progressivo com o desempenho nas provas contra relógio é esperada.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Amostra

A amostra foi composta por 14 ciclistas profissionais de elite nacional do sexo masculino, pertencentes a uma equipe do estado de São Paulo – Brasil, com idade $28,5 \pm 4,7$ anos, todos com no mínimo cinco anos de treinamento, volume de treino $480,6 \pm 30,2$ km-semana⁻¹ e com resultados expressivos em competições nacionais e internacionais, sendo que entre os voluntários para o estudo havia o campeão Pan-americano de velocidade, o campeão brasileiro de Estrada, campeão da Prova 9 de Julho (mais tradicional competição de ciclismo nacional) e campeão brasileiro de contra relógio. Antes de realizar qualquer procedimento, os voluntários foram informados sobre a natureza dos

procedimentos, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e realizaram uma familiarização com os equipamentos utilizados para a determinação dos índices fisiológicos em laboratório, sendo o estudo previamente aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP - Campus de Presidente Prudente (48/2010).

Desenho Experimental

As avaliações foram realizadas ao longo de três dias distintos com intervalo de 24h entre elas. Todos os voluntários foram instruídos a comparecer aos testes hidratados, a não ingerir bebida cafeinada e alcoólica 24h antes das avaliações. No primeiro dia, foram realizadas as avaliações de laboratório, composta de medidas antropométricas e realizado o teste incremental para obtenção dos índices fisiológicos aeróbios. No segundo e terceiro dia foram realizados as provas de campo CR de 4km e 20km, sendo todas as avaliações em ordem randômica.

Testes Laboratoriais

Com a intenção de respeitar os princípios de especificidade e a íntima relação entre as dimensões corporais do ciclista com a bicicleta e seus componentes, os índices fisiológicos foram obtidos por meio de teste contínuo e progressivo realizado em laboratório com as próprias bicicletas de treinamento e competição acoplada a um simulador de ciclismo (Cateye CS-1000[®]). A potência aeróbia máxima (VO_2max) foi obtida através do método direto por Software Aerograph 4.3 (AeroSport Inc., Michigan – USA[®]), analisador de gases (modelo VO2000[®]). O protocolo consistia em um aquecimento de 5min a 125 watts de potência e ao final do aquecimento se iniciava o teste progressivo com 150 watts de potência e incremento de carga de 25 watts a cada minuto.

Determinação do VO_2max , iVO_2max e LV.

O teste progressivo foi realizado até a exaustão voluntária do avaliado e o VO_2max foi determinado através de dois ou mais critérios: quociente respiratório (RQ) $\geq 1,1$, frequência cardíaca próxima da máxima prevista para a idade ($220-idade$) e/ou existência de platô. A iVO_2max foi determinada usando a equação de Kuipers et al.¹²:

Equação: $iVO_2max = (Watts \text{ do estágio completo}) + (tempo \text{ do estágio incompleto} / tempo \text{ total do estágio}) * (carga \text{ incremental de cada estágio})$.

Os limiares ventilatórios 1 e 2 (LV1 e LV2) foram determinados utilizando o método dos equivalentes ventilatórios de O_2 e CO_2 . Assim, LV1 foi determinado pelo aumento do VE/VO_2 sem aumento do VE/VCO_2 , de acordo com Caiozzo et al.¹³. Enquanto o LV2 ou ponto de compensação respiratória foi determinado pelo aumento da relação VE/VCO_2 (figura 1). A moda entre três avaliadores conhecedores dos fenômenos foi utilizada para melhor confiabilidade dos resultados¹⁴.

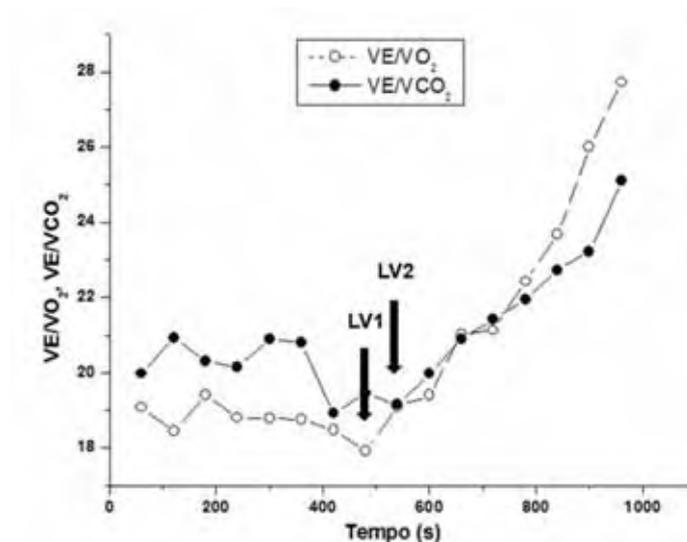


Figura 1. Identificação dos limiares ventilatórios (LV1 e LV2) de acordo com VE/VO_2 e VE/VCO_2

Determinação da EM

A EM foi determinada a partir da relação VO_2 x tempo plotados graficamente abaixo do LV2, onde a EM corresponde ao coeficiente angular da equação: $y = ax + b$; sendo quanto menor o VO_2 , maior a EM (figura 2). A frequência cardíaca foi monitorada por meio de um Freqüencímetro Polar modelo S-810i[®], registrada para análise ao final de cada estágio.

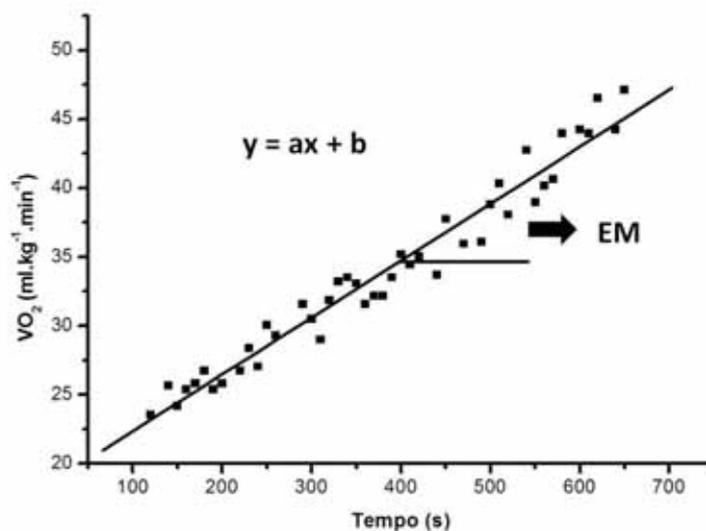


Figura 2. Determinação da economia de movimento

Determinação do desempenho nas distâncias de 4 e 20 km Contra Relógio

Os testes de campo foram realizados em uma pista de concreto, totalmente plana de 400 metros, sendo que a angulação das curvas permitia o desenvolvimento de velocidade acima de $47 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ sem que o atleta precisasse parar de pedalar. As avaliações iniciaram no período da manhã, com uma temperatura ambiente variando entre 27 e 30°C , umidade relativa de ar de 55% e velocidade do vento variando entre $1,4$ e $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Após aquecimento de 10 min em intensidade livre (foi indicado que se desenvolvesse o mesmo padrão adotado em aquecimento para competição) os sujeitos pedalavam mais uma volta para atingir a velocidade necessária (saída lançada) para realização dos testes máximos CR nas distâncias de 4 e 20km sem a utilização de vácuo. O tempo total de cada distância foi registrado por meio de um cronômetro manual. Todos os voluntários eram experientes com este modelo de prova, na qual a velocidade é a máxima possível para a distância. Cada atleta utilizou sua própria bicicleta de competição.

Análise estatística

Após a verificação da distribuição dos dados através do teste de Shapiro-Wilk, foram calculadas as médias, desvio padrão ($\pm\text{DP}$) e coeficiente de variação (CV) para todas as variáveis. As correlações entre os índices fisiológicos e o desempenho CR foram determinadas por meio do teste de correlação de

Pearson, pelo software *STATISTIC 7.0*. Adotou-se um nível de significância inferior a 5%.

RESULTADOS

Os valores médios \pm desvio padrão (\pm DP), coeficiente de variação (CV), mínimo e máximo das variáveis fisiológicas avaliadas: VO_{2max} , frequência cardíaca máxima (FCmax), iVO_{2max} , EM, LV1 e LV2, frequência cardíaca correspondente ao LV1, LV2 e percentual relativo ao VO_{2max} (% VO_{2max}) de LV1 e LV2 dos ciclistas estão expressos na tabela 1. A tabela 2 mostra os valores médios \pm DP e CV do desempenho CR de 4 e 20km. Os valores de correlação entre os índices fisiológicos aeróbios e o tempo de prova CR de 4km e 20km, não foram significantes (Tabela 3).

Tabela 1. Valores médios \pm DP, CV, mínimo e máximo das variáveis fisiológicas avaliadas (n= 14).

Variáveis	Media \pm DP	CV (%)	Variação
			Mínimo - máximo
VO_{2max} (l.min ⁻¹)	4,5 \pm 0,7	16,1	3,1 – 6,0
VO_{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	62,2 \pm 8,2	13,3	45,6 – 75,8
FC _{max} (bpm ⁻¹)	184,7 \pm 5,7	3,1	173 – 191
EM (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹ .w ⁻¹)	0,1166 \pm 0,0362	31,0	0,0527 – 0,1957
iVO_{2max} (W)	500,8 \pm 58,6	11,7	401,6 – 593,7
LV1 (W)	348,2 \pm 43,26	12,4	275 – 425
LV1 (bpm ⁻¹)	159,7 \pm 9,19	5,8	144 – 171
LV1 (% VO_{2max})	69,6 \pm 5,2	7,5	61,2 – 77,2
LV2 (W)	417,8 \pm 60,79	14,5	325 – 550
LV2 (bpm ⁻¹)	172,7 \pm 8,95	5,2	160 – 188
LV2 (% VO_{2max})	83,4 \pm 6,7	8,1	74,8 – 95,1

Tabela 2. Valores médios \pm DP e CV do desempenho CR de 4km e 20km.

	Média \pm DP	CV(%)
4 km (s)	332,3 \pm 12,4	3,7
20 km (s)	1801,5 \pm 86,4	4,8

Tabela 3. Correlação entre índices fisiológicos aeróbios e o desempenho CR nas distâncias de 4km e 20km

Variáveis	VO ₂ max (l·min ⁻¹)	VO ₂ max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	iVO ₂ max (w)	EM (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹ .w ⁻¹)	LV1 (w)	LV2 (w)
CR 4km (s)	<i>r= 0,38</i> <i>p= 0,17</i>	<i>r= 0,16</i> <i>p= 0,57</i>	<i>r= -0,33</i> <i>p= 0,23</i>	<i>r= 0,20</i> <i>p= 0,47</i>	<i>r= -0,50</i> <i>p= 0,06</i>	<i>r= -0,20</i> <i>p= 0,48</i>
CR 20km (s)	<i>r= 0,24</i> <i>p= 0,41</i>	<i>r= 0,01</i> <i>p= 0,96</i>	<i>r= -0,13</i> <i>p= 0,64</i>	<i>r= -0,12</i> <i>p= 0,69</i>	<i>r= -0,48</i> <i>p= 0,09</i>	<i>r= -0,19</i> <i>p= 0,52</i>

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi determinar e relacionar diferentes índices fisiológicos de avaliação aeróbia (VO₂max, iVO₂max, EM, LV1 e LV2) determinados em teste laboratoriais, com o desempenho em provas CR de 4km e 20km em ciclistas de elite.

O principal achado do estudo foi a não correlação significativa do ponto de vista estatístico entre os índices fisiológicos aeróbios e o desempenho dos atletas, sugerindo que tais variáveis, para estes sujeitos, não são sensíveis para prever o desempenho nas respectivas distâncias, discordando da hipótese apresentada no estudo.

O valor de VO₂max do presente estudo é superior quando comparado (62,23 \pm 8,28 ml·kg⁻¹·min⁻¹) à atletas nacionais apresentados por Caputo et al.⁹ (58,80 \pm 8,4 ml·kg⁻¹·min⁻¹), Okano et al.¹⁵ (57,50 \pm 4,22 ml·kg⁻¹·min⁻¹) e Diefenthaler et al.⁸ (57,72 \pm 3,92 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Segundo Wilmore e Costill¹⁶ os valores absolutos de VO₂max podem correlacionar melhor com o desempenho do que os valores relativos a massa corporal em ciclistas, pois durante a prática, a interferência da força da gravidade é menor quando comparado a corrida. Entretanto, não foram verificadas essas correlações na presente investigação.

Esses resultados reforçam os achados de Coyle et al.¹⁷ e Impellizzeri et al.⁷ que demonstraram que indivíduos bem treinados ou atletas de elite que apresentam valores elevados de $VO_2\text{max}$, não apresentam correlação com o desempenho. Este índice fisiológico está relacionado a fatores centrais (débito cardíaco) e, parece sofrer adaptações moderadas ou ainda não se modificar em resposta ao treinamento^{19,20}. Portanto, os atletas podem continuar sofrendo adaptações metabólicas (resposta do lactato ao exercício) e neuromusculares (EM) positivas, sem alteração no débito cardíaco. Sendo assim, melhoram suas performances sem mudanças no $VO_2\text{max}$ ²¹.

Em nosso estudo, a EM não se correlacionou com o desempenho dos atletas (EM vs 4km $r=0,20$, $p=0,471$; EM vs 20km $r=-0,12$, $p=0,691$), além disso, apresentou elevada variação interindividual (CV= 31,07%) e elevada associação com $VO_2\text{max}$ ($r=0,77$, $p<0,05$) corroborando com o estudo de Caputo et al.⁹. A EM é pouco sensível na predição de desempenho, e sua variação (15%)⁹ influencia a $iVO_2\text{max}$ mesmo em grupos de atletas com valores similares de $VO_2\text{max}$ ²⁰.

A $iVO_2\text{max}$ também não apresentou correlação com o desempenho (4km $r=-0,33$, $p=0,239$ 20km $r=-0,13$, $p=0,649$), ao contrário dos achados de alguns autores^{9,22} que consideram a $iVO_2\text{max}$ capaz de prever desempenho em provas de curta duração (3-5min), tendo em vista a grande contribuição aeróbia (>84%) em provas de 1500m em corredores¹⁸. Entretanto, devemos enfatizar a contribuição relativa dos sistemas energéticos aeróbio e anaeróbio nas distâncias das provas que foram analisadas. Denadai et al.¹⁸ sugerem, assim, que a avaliação visando a predição de desempenho e/ou o acompanhamento dos efeitos do treinamento de atletas de meia-distância incluam a determinação do tempo limite (Tlim) ou do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) proposto por Medbo et al.²³ que são parâmetros de capacidade anaeróbia e podem explicar a não correlação da $iVO_2\text{max}$ com o desempenho dos ciclistas.

Gordon et al.²⁴, encontraram correlação entre a $iVO_2\text{max}$ e o MAOD tradicional, que é o método considerado padrão ouro na avaliação da capacidade anaeróbia. Esse resultado evidencia que a $iVO_2\text{max}$ é influenciada não somente por parâmetros aeróbios, mas também pela capacidade anaeróbia, que poderia apresentar relação com o desempenho dos atletas.

Para provas de média e longa duração (≥ 25 min), como no caso do teste de 20km ($1801,5 \pm 86,4$ s), a capacidade aeróbia, representada pelos limiares ventilatórios (LV1: $348,21 \pm 43,26$ w e LV2: $417,86 \pm 60,79$ w) tem papel decisivo no desempenho¹⁰. Entretanto, também não foi encontrada correlação entre estes índices fisiológicos e o desempenho no teste de 20km. É possível que estes resultados se relacionem ao método de determinação do limiar anaeróbio empregado em nosso experimento, realizado através de variáveis ventilatórias e não pelo padrão ouro de avaliação da capacidade aeróbia (máxima fase estável de lactato)³. Entretanto, Amann et al.¹⁰ evidenciaram que o LV é uma variável mais sensível que o limiar determinado por variável lactacidêmica para a predição do desempenho em prova de 40km CR, os autores apontam que a ventilação pulmonar pode ser um indicador da concentração de íons H^+ mais sensível que a concentração de lactato.

Para Caputo et al.⁹, as associações que determinados índices fisiológicos têm com o desempenho podem sofrer influência do tipo de exercício, da duração da prova, estado de treinamento e/ou baixa variação de desempenho interindividual (homogeneidade dos atletas). O coeficiente de variação encontrado tanto no desempenho de 4km CR (3,7%) quanto de 20km CR (4,8%) demonstram a baixa variação interindividual dos ciclistas. Outra hipótese é o fato dos índices fisiológicos terem sido determinados em testes laboratoriais, uma vez que estudos demonstram que avaliações em campo em ciclistas apresentam maior correlação com o desempenho do que testes laboratoriais^{11,25}, apesar de utilizarmos em nosso experimento o simulador de ciclismo, que permite que o atleta realize o procedimento de avaliação com sua própria bicicleta.

No entanto, a não correlação entre os índices determinados neste estudo e o desempenho dos ciclistas, direcionam a formulação de algumas hipóteses como: a participação das vias anaeróbias na performance, que embora também não tenha sido verificada, pode ter contribuído para o desempenho, especialmente na prova CR de 4 km, que apresentou tempo de esforço bem abaixo de 30min. Além disso, pelo fato dos esforços de 4 e 20 km terem apresentado tempo médio de 5min32seg e 31min41seg (tabela 2) e sido realizados durante em esforço máximo, pode-se afirmar que a velocidade selecionada pelos participantes foi acima do limiar anaeróbio²⁶, fato comprovado pela concentração de lactato após os esforços de 4 e 20 km ($15,52 \pm 2,50$ e $8,45$

$\pm 3,05 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, respectivamente); uso de testes laboratoriais para a determinação das variáveis fisiológicas, eliminando assim, fatores externos; os atletas serem de alto nível e terem baixo coeficiente de variação no desempenho CR nas distâncias de 4 e 20km e, segundo Mujika e Padilla¹¹, os valores referentes aos índices fisiológicos quando expressos em valores relativos a massa corporal magra total do corpo, apresentam maior correlação com desempenho dependendo da especialidade do atleta, quando comparado a valores absolutos. Dessa maneira, os índices fisiológicos aeróbios não foram suficientemente sensíveis para predizer o desempenho dos ciclistas.

As limitações do presente estudo foram: (i) a avaliação laboratorial pode não apresentar validade ecológica para provas em campo (devido às condições climáticas); (ii) a influência da composição corporal na performance em ciclistas de elite; e (iii) a não avaliação da aptidão anaeróbia dos atletas do presente estudo.

CONCLUSÃO

Portanto, pode-se concluir que os índices fisiológicos aeróbios determinados em laboratório não se correlacionaram com o desempenho em provas de campo contra relógio de 4km e 20km e, assim, não foram capazes de predizer desempenho para grupo de ciclistas profissionais de elite em provas de CR. Os resultados do presente estudo evidenciam que atletas e treinadores devem lançar mão de avaliações mais específicas (em campo) a fim de conseguir predizer com maior segurança o desempenho de ciclistas de elite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jacobs RA, Rasmussen P, Siebnmann C, Diaz V, Gassmann M, Pesta D, et al. Determinants of time trial performance and maximal incremental exercise in highly trained endurance athletes. *J Appl Physiol* 2011;111(5):1422-30.
2. Caputo F, De Oliveira MFM, Greco CC, Denadai BS. Exercícios aeróbios: aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Rev Bras de Cineantropom e Desempenho Hum* 2009;11(1):94-102.

3. Figueira TR, Denadai BS. Relações entre o limiar anaeróbio, limiar anaeróbio individual e máxima fase estável de lactato em ciclistas. *Rev Bras de Ci e Mov* 2004;12(1):91-95.
4. Fabre N, Passelergue P, Bouvard M, Perrey, Perrey S. Comparison of heart rate deflection and ventilatory threshold during a Field cross-country roller-sking test. *J Strength Cond Res* 2008;22(6):1977-1984.
5. Lucia A, Hoyos J, Pérez M, Santalla A, Earnest CP, Chicharro JL. Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France?. *Br J Sports Med* 2004;38(5):636–640.
6. Faria EW, Parker DL, Faria IE. The Science of Cycling Physiology and Training – Part 1. *Sports Medicine* 2005;35(4):285-312.
7. Impellizzeri FM, Marcora SM, Rampinini E, Mognoni P, Sassi A. Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *Br J Sports Med* 2005;39(10):747–751.
8. Diefenthaler F, Candotti CT, Ribeiro J, De Oliveira AR. Comparação de respostas fisiológicas absolutas e relativas entre ciclistas e triatletas. *Rev Bras Med Esporte* 2007;13(3):205-208.
9. Caputo F, De Lucas RD, Mancini E, Denadai BS. Comparação de diferentes índices obtidos em testes de campo para predição da performance aeróbia de curta duração no ciclismo. *Rev Bras de Ci e Mov* 2001;9(4):13-17.
10. Amann M, Subudhi AW, Foster C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16(1):27-34.
11. Mujika I, Padilla S. Adaptations to training in endurance cyclists. Implications for the performance. *Sports Med* 2001;31(7):511-520.
12. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med* 1985;6(4):197-201.
13. Caiozzo VJ, Davis JA, Ellis JF, Azus JL, Vandagriff R, Prietto CA, McMaster WC. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol* 1982;53(5):1184-1189.
14. Pires FO, Silva AEL, De Oliveira FR. Diferenças entre variáveis de identificação dos limiares ventilatórios. *Rev Bras de Cineantropom e Desempenho Hum* 2005;7(2):20-28.

15. Okano AH, Altimari LR, Simões HG, De Moraes AC, Nakamura FY, Cyrino ES, Burini EC. Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12(1):39-44.
16. Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sports and Exercise*. Champaign: Human Kinetics, 1994.
17. Coyle EF, Feltner ME, Kautz SA, Hamilton MT, Montain SJ, Baylor AM, et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(1):93-107.
18. Denadai BS, Ortiz MJ, de Mello MT. Índices fisiológicos associados com a "performance" aeróbia em corredores de "endurance" efeitos da duração da prova. *Rev Bras Med Esporte* 2004;10(5):401-404.
19. Saltin B, Strange S. Maximal oxygen uptake: "old" and "new" arguments for a cardiovascular limitation. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24(1):30-37.
20. Ortiz MJ, Denadai BS, Stella S, de Mello MT. Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em atletas de endurance. *Rev Bras Ci Mov* 2003;11(3):53-56.
21. Howley JA, Stepto NK. Adaptations to training in endurance cyclists. Implications for performance. *Sports Med* 2001;31(7):511-520.
22. Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% O_2 max with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(8):1049-1055.
23. Medbo JI, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O_2 deficit. *J Appl Physiol* 1988;64(1):50-60.
24. Gordon D, Hopkins S, King C, Keller D, Barnes RJ. Incidence of the plateau at $V\dot{O}_{2max}$ is dependent on the anaerobic capacity. *Int J Sports Med* 2011;32(1):1-6.
25. Balikian PJ, Denadai BS. Aplicações do limiar anaeróbio determinado em teste de campo para o ciclismo: comparação com valores obtidos em laboratório. *Rev Motriz* 1996;2(1):26-32.
26. Kenefick RW, Mattern CO, Mahood NV, Quinn TJ. Physiological variables at lactate threshold under represent cycling time-trial intensity. *J Sports Med Phys Fitness* 2002; 42(4):396-402.

Endereço para correspondência

Prof. Ms. Eduardo Bernardo Sangali
Rua Barão de Cotegipe, nº1280, Vila Tibério.
Ribeirão Preto – SP
CEP: 14050-420
E-mail: du_bs1@hotmail.com

**Instrução aos autores – Revistas Brasileira de Cineantropometria e
Desempenho Humano**

<http://www.rbcdh.ufsc.br/normas.htm>

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Objetivo e Política Editorial

A **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano** (RBCDH) tem como finalidade divulgar pesquisas científicas que englobem a Cineantropometria e o Desempenho Humano, destinadas aos profissionais de Educação Física e Esportes. Sua publicação é trimestral e, está indexada nas bases/listas: SIBRADID, Lilacs, Sirc-SportDiscus, Latindex, Physical Education Index, IBICT-SEER, Genamics Journal Seek e DOAJ. Avaliação do Qualis, área 21 da CAPES - Internacional C.

A forma abreviada de seu título é **Rev Bras Cineantropom Desempenho Humano**, que deve ser utilizada para referências bibliográficas e nota de rodapé.

Seções de Artigos Publicados

São aceitos artigos nas seguintes categorias: (1) Artigos Científicos Originais; (2) Artigos de Revisão; (3) Pontos de Vista e (4) Resumos de Dissertações e Teses, desde que se enquadrem no objetivo e política editorial da RBCDH.

Artigos Originais: esta seção destina-se a divulgar pesquisas originais na área de Cineantropometria e Desempenho Humano, que atingiram resultados relevantes e que possam ser reproduzidos e/ou generalizados. O artigo deve ser estruturado em: resumo, abstract, introdução, procedimentos metodológicos, resultados, discussão, conclusões e referências bibliográficas.

Artigos de Revisão/Atualização: destinados à avaliação crítica e sistematizada da literatura, sobre temas relacionados à Cineantropometria e ao Desempenho Humano, devendo conter: resumo, abstract (inglês), introdução (incluir procedimentos adotados, delimitação e limitação do tema), desenvolvimento, conclusões e referências bibliográficas. Não serão aceitos nessa seção, trabalhos cujo autor(a) principal não tenha vasto currículo acadêmico ou de publicações, verificado através do sistema Lattes (CNPq), SciELO ou PubMed.

Pontos de vista: destinados a expressar opinião sobre assuntos pertinentes à Cineantropometria e ao Desempenho Humano, que ilustrem situações pouco frequentes ou contraditórias, as quais mereçam maior compreensão e atenção por parte dos profissionais da Educação Física e Esportes. Deve conter: resumo, abstract, introdução, tópicos de discussão, considerações finais e referências bibliográficas.

Resumos de Dissertações e Teses: esta seção visa divulgar resumos de dissertações e de teses defendidas recentemente (últimos doze meses), devendo

conter: título (português e inglês), resumo, abstract, autor, orientador, instituição, programa, área, local e ano da defesa.

Forma de Apresentação dos Artigos

Os artigos devem ter a seguinte formatação: folhas de tamanho A4 (210 x 297 mm), impressas em uma só face e em uma coluna, com margens 2,0 cm, com espaçamento 1,5 entre as linhas, em fonte Arial 12. Todas as páginas devem ser numeradas na borda superior direita a partir da identificação.

Tabelas, Figuras e Quadros

As tabelas devem estar inseridas no texto em seu devido lugar e com a respectiva legenda, sendo que as mesmas devem ser planejadas para serem apresentadas em 8 cm ou 17 cm de largura. O título das figuras, deverá ser colocado sob as mesmas e os títulos das tabelas e quadros sobre os mesmos, devendo seguir a padronização abaixo.

Tabela 1. Comparação das variâncias lactato, comprimento de braçadas e frequência de braçada entre as diferentes intensidades.

Estrutura do artigo

O texto deve ser digitado respeitando o número de palavras da seção correspondente, bem como as normas da RBCDH. O título do artigo deve ser conciso e informativo, evitando termos supérfluos e abreviaturas. Recomenda-se começar pelo termo mais representativo do trabalho, evitar a indicação do local e da cidade onde o estudo foi realizado.

Estruturação do artigo

Primeira Página

1. categoria do artigo
2. título em Português, Inglês, e Espanhol quando for o caso
3. título resumido (para se usado nas demais páginas)
4. nome completo dos autores, suas afiliações institucionais indicando estado e país
5. informar o Comitê de Ética, a Instituição a qual está vinculado e o número do processo
6. nome e endereço completo, incluindo e-mail, do autor responsável pelo artigo
7. se foi subvencionado indicar o tipo de auxílio e o nome da agência financiadora
8. contagem eletrônica do total de palavras (esta deve incluir o resumo em Português e Inglês, texto, incluindo tabelas, figuras e referências bibliográficas).
9. Opcional - Os autores podem indicar até três membros do Conselho de Revisores que gostariam que analisassem o artigo e, também três membros que não gostariam.

Segunda Página

Resumo e o *abstract*: devem conter títulos em português e inglês, centralizados, fonte Arial 12 em negrito. Os resumos em português e em inglês, devem ter no máximo 250 palavras, destacando os seguintes itens, para artigos original e de revisão: introdução, objetivo, métodos, resultados e conclusões. Para o ponto de vista: introdução, objetivo, tópicos abordados e considerações finais. Citações

bibliográficas não devem ser incluídas. As palavras-chave (**3 a 5**) devem ser indicadas logo abaixo do resumo e do abstract, extraídas do vocabulário “Descritores em Ciências da Saúde” (<http://decs.bvs.br/>).

Padrões de limites do texto

	Artigo Original	Artigo de Revisão	Ponto de vista	Resumo Dissertação/tese
Número máximo de autores	8	4	3	1
Título (nº. máximo de caracteres incluindo espaços)	100	100	80	100
Título resumido (nº. máximo de caracteres incluindo espaços)	50	50	50	-
Resumo (nº. máximo de palavras)	250	250	200	300
Artigo (nº. máximo de palavras (texto + tabelas e referências)	4000	5000	2000	
Número máximo de referências bibliográficas	30	40	15	
Número máximo de tabelas + figuras	5	4	2	

Referências Bibliográficas

As referências devem ser numeradas e apresentadas seguindo a ordem de inclusão no texto, segundo o estilo Vancouver (<http://www.icmje.org>). As

abreviações das revistas devem estar em conformidade com o Index Medicus/Medline – na publicação List of Journals Indexed in Index Medicus ou através do site <http://www.nlm.nih.gov/>. Somente utilizar revistas indexadas. Todas as referências devem ser digitadas, separadas por vírgula, sem espaço e sobreescritas (Ex.: Estudos 2, 8, 26 indicam...). Se forem citadas mais de duas referências em seqüência, apenas a primeira e a última devem ser digitadas, sendo separadas por um traço (Exemplo: 5-8). As citações de livros, resumos e home page, devem ser evitadas, e juntas não devem ultrapassar a 20% do total das referências. Os editores estimulam a citação de artigos publicados na RBCDH.

Seguem exemplos dos tipos mais comuns de referências

Livro utilizado no todo

Malina RM, Bouchard C. Growth, maturation and physical activity. Champaign: Human Kinetics; 1991.

Capítulo de Livro

Petroski EL. Cineantropometria: caminhos metodológicos no Brasil. In: Ferreira Neto A, Goellner SV, Bracht V, organizadores. As ciências do esporte no Brasil. Campinas: Ed. Autores Associados; 1995. p. 81-101.

Dissertação/Tese

Yonamine RS. Desenvolvimento e validação de modelos matemáticos para estimar a massa corporal de meninos de 12 a 14 anos, por densitometria e impedância bioelétrica. [Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em

Ciência do Movimento Humano]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria; 2000.

Artigos de Revista (até seis autores)

Silva SP, Maia JAR. Classificação morfológica de voleibolistas do sexo feminino em escalões de formação. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2003;5(2):61-68.

Artigos de Revista (mais de seis autores)

Maia JAR, Silva CARA, Freitas DL, Beunen G, Lefevre J, Claessens A, et al. Modelação da estabilidade do somatotipo em crianças e jovens dos 10 aos 16 anos de idade do estudo de crescimento de Madeira – Portugal. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2004;6(1):36-45.

Artigos e Resumos em Anais

Glaner MF, Silva RAS. Feasible mistakes in the increase or maintenance of the bone mineral density (Abstract). XI Annual Congress of the European College of Sport Science. Lausanne: 2006, p.532.

Documentos eletrônicos

Centers for Disease Control and Prevention and National Center for Health Statistics/CDC. CDC growth charts: United States. 2002; Available from: <<http://www.cdc.gov.br/growthcharts>> [2007 jul 03].

Agradecimentos

Os agradecimentos às pessoas que contribuíram de alguma forma, mas que não preenchem os requisitos para participar da autoria, devem ser colocados após as referências bibliográficas, contanto que haja permissão das mesmas. Apoio econômico e material, e outros, também podem constar neste tópico.

Julgamento dos artigos - Avaliação pelos Pares (peer review). Todos os trabalhos submetidos à RBCDH, que atenderem às “normas para publicação” assim como ao objetivo e política editorial, serão avaliados. O anonimato é garantido durante o processo de julgamento. Cada trabalho é avaliado por dois Revisores da área para análise do mérito científico da contribuição do estudo. Em casos excepcionais, dada especificidade do assunto do manuscrito, o Editor poderá solicitar a colaboração de profissionais que não constem do corpo de Revisores. Somente serão encaminhados aos Revisores os artigos que estejam rigorosamente de acordo com as normas especificadas. A aceitação será feita na originalidade, significância e contribuição científica para a área. Os Revisores farão comentários gerais sobre o trabalho e decidirão se o mesmo deve ser: (a) aprovado; (b) recusado; (c) aprovado com correções (esta indicação não garante a publicação). O artigo com as correções passará por novo processo de avaliação. Os Revisores enviam seus pareceres ao Editor Científico, o qual encaminhará resposta ao autor responsável, via correio eletrônico. Trabalhos aceitos com reformulações, serão devolvidos com os devidos pareceres para serem efetuadas as modificações. Trabalhos recusados, não serão devolvidos, porém o autor responsável receberá os pareceres com o referido julgamento. Os Editores, de posse dos comentários dos Revisores, tomarão a decisão final. Em caso de discrepâncias entre os revisores, poderá ser solicitada uma nova

opinião para melhor julgamento. Após a aprovação do trabalho o autor receberá uma carta de aceite e será informado o valor da taxa de publicação do artigo.

Processo de submissão

Todos os artigos devem vir acompanhados pelos Anexos 1 e 2. O Anexo 3 deverá ser enviado após a aprovação do manuscrito. O manuscrito pode ser enviado via correio eletrônico ou correio postal.

Envio por correio eletrônico

Submeter via www.rbcdh-online.ufsc.br ou enviar para rbcdh@cds.ufsc.br;

Envio por correio postal

Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Desportos
Núcleo de Pesquisa em Cineantropometria e Desempenho Humano Campus
Universitário – Trindade Caixa Postal, 476 CEP 88040-900 - Florianópolis – SC,
Brasil

ANEXO 1 – Carta de Submissão e Declaração de Responsabilidade

Aos editores da Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. Através desta, vimos apresentar o artigo (INSERIR O TÍTULO COMPLETO). Declaramos que: participamos do trabalho o suficiente para tornar pública sua responsabilidade pelo conteúdo; o conteúdo do trabalho é original e não foi publicado ou está sendo considerado para publicação em outra revista; se necessário forneceremos ou cooperaremos na obtenção e fornecimento de dados sobre os quais o manuscrito está baseado, para exame dos Revisores; contribuimos substancialmente para a concepção, planejamento ou análise e

interpretação dos dados, na elaboração ou na revisão crítica do conteúdo e na versão final do manuscrito. Local e data, nome por extenso dos autores e respectivas assinaturas.

ANEXO 2 – Conflito de Interesse

Os autores abaixo-assinados, do artigo intitulado (**informar o título completo do manuscrito**), declaram () ter () **não ter nenhum potencial de conflito de interesse em relação ao presente**, submetido à Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. Local e data, nome por extenso dos autores e respectivas assinaturas.

ANEXO 3- Termo de Transferência dos Direitos Autorais

Os autores abaixo-assinados transferem todos os direitos autorais do artigo (**informar o título completo do manuscrito**) para a Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, sendo vedada qualquer reprodução, total ou parcial, em qualquer outra parte ou meio de divulgação, impressa ou eletrônica, sem que a prévia e necessária autorização seja solicitada. Os abaixo-assinados garantem a originalidade e exclusividade do artigo, não infringem qualquer direito autoral ou outro direito de propriedade de terceiros e que não foi submetido à apreciação de outro periódico. Local e data, nome por extenso dos autores e respectivas assinaturas.