



**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS  
MESTRADO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E DO ESPORTE E METABOLISMO**

**MARIA CAROLINA TRAINA GAMA**

**RELAÇÕES DOS PARÂMETROS AERÓBIOS E ANAERÓBIOS DO MODELO DE POTÊNCIA CRÍTICA DETERMINADOS DE MANEIRA CONVENCIONAL E POR ALL-OUT DE 3-MIN EM ESTEIRA ROLANTE NÃO MOTORIZADA.**

**Limeira  
Junho de 2014.**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS**

**MARIA CAROLINA TRAINA GAMA**

**“RELAÇÕES DOS PARÂMETROS AERÓBIOS E ANAERÓBIOS DO  
MODELO DE POTÊNCIA CRÍTICA DETERMINADOS DE  
MANEIRA CONVENCIONAL E POR ALL-OUT DE 3-MIN EM  
ESTEIRA ROLANTE NÃO MOTORIZADA.”**

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências  
Aplicadas para obtenção do Título de Mestra em  
Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo,  
na área de Biodinâmica do Movimento Humano e  
Esporte.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Claudio Alexandre Gobatto



Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas  
Sueli Ferreira Júlio de Oliveira - CRB 8/2380

G14r Gama, Maria Carolina Traina, 1983-  
Relações dos parâmetros aeróbios e anaeróbios do modelo de potência crítica determinados de maneira convencional e por *all-out* de três minutos em esteira rolante não motorizada / Maria Carolina Traina Gama. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Claudio Alexandre Gobatto.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Potência mecânica. 2. Corrida. 3. Avaliação física. I. Gobatto, Claudio Alexandre. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Relationship of aerobic and anaerobic parameters derived from critical power model determined by conventional way and all-out of 3-min test in a nonmotorized treadmill tethered running

**Palavras-chave em inglês:**

Output power

Running

Physical assessment

**Área de concentração:** Biodinâmica do Movimento Humano e Esporte

**Titulação:** Mestra em Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo

**Banca examinadora:**

Claudio Alexandre Gobatto [Orientador]

Sebastião Gobbi

Táisa Belli

**Data de defesa:** 26-06-2014

**Programa de Pós-Graduação:** Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo

Limeira, 26 de junho de 2014

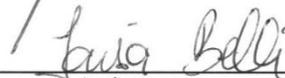
**BANCA EXAMINADORA**

Prof(a). Dr(a). Claudio Alexandre Gobatto (Orientador(a))



Assinatura

Prof(a). Dr(a). Taisa Belli



Assinatura

Prof(a). Dr(a). Sebastião Gobbi



Assinatura



## RESUMO

O objetivo deste estudo foi viabilizar a utilização da esteira rolante não motorizada (ENM) em corrida atada com sensor de carga para obtenção de potência de corrida, em homens ativos fisicamente. Além disso, analisar possíveis correlações entre os valores de capacidades aeróbias e anaeróbias obtidos no teste convencional de Potência Crítica e *all-out* de três minutos realizados em esteira rolante não motorizada, e teste de Lactato mínimo realizado na esteira rolante motorizada. Para isto, dez indivíduos do sexo masculino, com a faixa etária média de  $23 \pm 4$  anos compareceram ao laboratório nove vezes, para a coleta dos dados. Nas duas primeiras, foram concretizadas a avaliação antropométrica e a adaptação ao ergômetro. Após essa adaptação, foram utilizadas quatro visitas para aplicação do protocolo convencional de determinação da potência crítica. Para realização do teste e reteste de *all-out* de três minutos (AO3) foram utilizadas mais duas visitas, seguidas de mais uma para aplicação do teste de Lactato mínimo. É importante ressaltar que foi respeitado um intervalo de no mínimo 24 horas entre todos os testes para recuperação muscular dos avaliados. Além disso, com a exceção da adaptação aos ergômetros e antropometria. Os dados coletados foram posteriormente inseridos em pacote estatístico Statistica 6.0 (Statsoft, EUA), SPSS 16.0 para Windows (SPSS Inc., EUA), verificada a normalidade da distribuição pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade pelo de Levene, para decisão de uso de estatística paramétrica (Anova One-way e Two-way e quando necessário post-hoc Newmann Keuls, para comparação das variáveis. Teste t de Student e teste de correlação de Pearson e intra classe (ICC) de concordância absoluta também foram aplicados. Para todas as análises foi adotado nível de significância de  $p \leq 0,05$ . Os principais achados da presente pesquisa sugerem que AO3 em corrida atada na ENM é uma metodologia reproduzível. Além disso, fundamentado nos valores de  $r^2$ , ausência de diferenças estatísticas entre todas as aplicações, e alta correlação entre os modelos da potência crítica convencional e AO3, podemos concluir que os testes de potência crítica convencional e AO3 em corrida atada na ENM, e LM em corrida atada na EM são metodologias viáveis para obtenção de parâmetros fisiológicos de capacidade aeróbia em unidade de potência mecânica, em ergômetro específico para corredores. Em relação aos parâmetros anaeróbios de capacidade, a aplicação de AO3 parece ser mais confiável pela maior coerência aos valores encontrados na literatura.



## ABSTRACT

The aim of this study was to enable the use of nonmotorized treadmill tethered running (NMT) with load sensor for obtaining output power of running in physically active men. Furthermore, to analyze the correlation between the values of aerobic and anaerobic capacities obtained in the conventional test Critical Power and all-out three minutes in NMT, and lactate minimum test (LM) performed on the motorized treadmill (MT). For this ten males, mean age  $23 \pm 4$  years attended the laboratory nine times for data collection. In the first two, anthropometric assessment and adaptation to the ergometer were implemented. After this adaptation, four visits to applying the conventional protocol for determining the critical power were used. For the test and retest of all-out three minutes (AO3) plus two visits, followed by a further application to the lactate minimum test were used. Importantly, an interval of at least 24 hours between all tests for muscle recovery was evaluated respected. Moreover, with the adaptation to *escessão* ergometers and anthropometry. The data collected were subsequently included in the statistical package Statistica 6.0 (Statsoft, USA), SPSS 16.0 for Windows (SPSS Inc., USA), checked for normal distribution using the Shapiro-Wilk test and homogeneity by Levene for decision use of parametric statistics (ANOVA One-way and Two-way when necessary and post hoc Newman-Keuls test for comparison of variables. Student's t test and Pearson correlation test and intra-class (ICC) for absolute agreement were also applied. for all analyzes the level of significance was set at  $p \leq 0.05$ . principal findings of this study suggest that in AO3 in a nonmotorized treadmill tethered running NMT is a reproducible methodology. Moreover, based on  $r^2$  values, no statistical differences among all applications, and high correlção between models of conventional critical power and AO3, we can conclude that tests conventional critical power and AO3 in the NMT , and LM tethered running in MT are viable methodologies for obtaining physiological parameters of capacity aerobic mechanical power in unity, in particular ergometer for runners. Regarding anaerobic capacity parameters, the application of AO3 seems to be more reliable for greater consistency with the values found in the literature.



<b>RESUMO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>xi</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>xvii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Objetivos Gerais .....</b>	<b>29</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Artigo 1 .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Artigo 2 .....</b>	<b>57</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>95</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>
<b>6. ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ..</b>	<b>111</b>
<b>7. ANEXO 2 - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA .....</b>	<b>116</b>
<b>8. ANEXO 3 – IPAQ.....</b>	<b>122</b>
<b>9. ANEXO 4 – PAR-Q.....</b>	<b>125</b>
<b>10. ANEXO 5 – CONFIRMAÇÃO DE SUBMISSÃO DE ARTIGO .....</b>	<b>126</b>



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda motivação e aprendizado durante a realização deste trabalho. E agradeço aos que seguiram ao meu lado confiando na minha capacidade. Obrigada por escolherem não tirar as pedras do meu caminho, e sim me auxiliar a atravessá-las. Falo principalmente aos meus pais, Walter Gama e Maria Luísa Traina Gama, grandes exemplos e maiores amores, que mesmo com o coração apertado soltaram das minhas mãos e me deixaram seguir em frente. Daniel, que tanto admiro a inteligência e que me inspirou a seguir seu caminho por também ter seguido os passos do nosso pai. Assim como a Marcelinha, por me ensinar que após enfrentamos um monstro pela primeira vez, ele não nos assusta mais. Agradeço ao amor do Thiago, Lu, Dri, Bié, Manu e Elo, pois sem eles não haveria sentido. Assim como Vó Atir, tios, primos e toda a minha grande família. Mas agradeço principalmente a tia Nice, que se faz presente em todas as pequenas coisas. Obrigada aos meus amigos de longa e curta data, presentes no descanso do final de semana, na diversão e também nas horas difíceis. Bruna, Kiko, Biju, Nica, Lari, Nati, Jana, Marme, Ju, Cris, Fabi e a querida e eterna Bebel. Obrigada à família CTP que me atura diariamente, Carol Cirino, Marcio, Ilana, Luana, Rafa, Greg, Marcelo Cardoso triplamente, alunos e amigos queridos, que me dão oportunidade de evolução diária e representam um grande suporte. E a grande Rosimar Garcia. Agradeço a tão singular, amiga, irmã, companheira de todas as horas Priscila Faleiro de Biase e toda a sua família. Obrigada a todos os amigos do LAFAE, em especial ao Beck, Ivan, Luís, Taisa, Lucas, Homero, Filipe, Nathalia, Willian, Pedrão, Vanessa, Léo, Willian e Camilinhas. São seres humanos de cabeças inteligentes e grandes corações. Por fim, é com grande satisfação que agradeço a família Gobatto. Muito obrigada ao meu orientador Claudio Alexandre Gobatto e sua esposa Fúlvia Manchado Gobatto. Acredito que não exista metodologia de ensino melhor do que a do exemplo a ser seguido. E assim como aconteceu comigo, vejo que estão deixando um legado de mentes livres e estimuladas ao conhecimento. Vocês inspiram a todos que tem a oportunidade de se desenvolver sob seus cuidados, sabem como administrar com responsabilidade e consciência o dom que lhes foi concebido. Dessa forma vocês merecem toda minha gratidão, carinho e respeito. Obrigada por tudo professores.



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Relação entre potência e tempo (a), relação entre trabalho potência e tempo de exaustão (b) e relação entre potência e tempo de exaustão (c)..... 25

### ARTIGO 1

Figura 1. Exemplo (participante # 4) do processo de determinação de EP e W' pela análise da cinética de potência mecânica em protocolo de AO3 na ENM.....39

Figura 2. Gráficos demonstrativos referentes ao comportamento das variáveis mecânicas de potência (W) vs tempo (s), força (N) vs tempo (s) e velocidade (m/s) vs tempo (s) de um dos voluntários durante teste (1) e reteste (2) de AO3. ....41

### ARTIGO 2

Figura 1. Figura esquemática do sistema desenvolvido em esteira não motorizada, para realização dos testes.....65

Figura 2. Potência (W) vs. lactato sanguíneo (mmol/L) em aplicação da equação polinomial de grau dois para obtenção da intensidade de lactato mínimo de um dos voluntários.....69

Figura 3. Média e desvio padrão das variáveis de potência (W), força (N) e velocidade (m/s) vs. o tempo de exaustão médio de cada carga preditiva aplicada no teste de potência crítica convencional (Carga preditiva 3 elásticos, carga preditiva 4 elásticos, carga preditiva 5 elásticos e carga preditiva 6 elásticos).....71

Figura 4. Gráfico demonstrativo referente ao comportamento da variável potência (W) vs. tempo (s) de um dos voluntários (participante # 6) durante aplicação dos testes de AO3 e AO30s.....72

## ÍNDICE DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1. Parâmetros aeróbios e anaeróbios derivados da aplicação dos modelos matemáticos de AO3 (n=10): potência crítica (EP e W'), força crítica (FC e I) e velocidade crítica (VC e D).....42

Tabela 2. Correlação de Pearson e ICC (concordância absoluta) entre os parâmetros aeróbios da aplicação do modelo matemáticos de AO3 (n=10): potência crítica (EP), força crítica (FC) e velocidade crítica (VC).....43

Tabela 3. Correlação de Pearson e ICC (concordância absoluta) entre os parâmetros anaeróbios da aplicação dos modelos matemáticos de AO3 (n=10): capacidade de trabalho anaeróbio (W'), impulso anaeróbio (I) e distância anaeróbia (D).....43

Tabela 4. Valores de concentração de lactato sanguíneo (mmol/L) nos teste (1) e reteste (2) de AO3 (n=10) em momentos de repouso (LAC REP), pós-aquecimento (LAC PA), imediatamente pós teste (LAC PT), cinco minutos após o teste (LAC P5) e oito minutos após o teste (LAC P8).....44

Tabela 5. Correlação de Pearson e ICC (concordância absoluta) entre os valores de concentração de lactato (mmol/L) pós-esforço do teste (1) e reteste (2) de AO3 nos momentos imediatamente pós teste (LAC PT), cinco minutos após o teste (LAC P5) e oito minutos após o teste (LAC P8).....45

Tabela 6. Valores de frequência cardíaca (HR, bpm) e valores de coeficientes de correlação (r e p) para Pearson e ICC (concordância absoluta) em teste (1) e reteste (2) dos AO3 (n=10), nos momentos de repouso (HR R) e imediatamente pós teste (HR PT).....46

## ARTIGO 2

Tabela 1. Parâmetros de capacidade aeróbios e anaeróbios derivados da aplicação dos testes de AO3 (EP e W'), PC convencional (potência crítica modelo hiperbólico – PC Hip., potência crítica modelo trabalho versus tempo - PC  $\bar{U}$  vs t, potência crítica modelo potência versus 1/tempo – PC P vs 1/t, capacidade de trabalho anaeróbio modelo hiperbólico – CTA Hip, capacidade de trabalho anaeróbio modelo trabalho versus tempo – CTA  $\bar{U}$  vs t e capacidade de trabalho anaeróbio modelo potência versus 1/ tempo - CTA P vs 1/t), teste de LM (PLM e Wt30s), e  $R^2$  das equações matemáticas (n=9).....73

Tabela 2. Média  $\pm$  desvio padrão dos parâmetros fisiológicos de lactato pico (LAC P) e frequência cardíaca pós-teste (HR PT) derivados da aplicação dos testes de AO3, cargas preditivas para obtenção de PC convencional (Preditiva 3 elásticos, preditiva 4 elásticos, preditiva 5 elásticos, preditiva 6 elásticos), AO30s e LM (LM) (n=9).....75

Tabela 3. Resultados da Correlação de Pearson e ICC (Concordância absoluta) entre os parâmetros anaeróbios provenientes da aplicação dos testes de AO3 (EP), PC convencional (PC Hip, PC  $\bar{U}$  vs. t e PC P vs. 1/t) e LM (PLM) (n=9).....76

Tabela 4. Resultados da Correlação de Pearson e ICC (Concordância absoluta) entre os parâmetros anaeróbios provenientes da aplicação dos testes de AO3 (W'), PC convencional (CTA Hip, CTA  $\bar{U}$  vs t e CTA P vs 1/t) e trinta segundos de “sprint” máximo de corrida para indução de hiperlactacidemia no teste de LM (WT30s) (n=9).....77

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ENM.....Esteira rolante não motorizada

EM.....Esteira Moorizada

LAn.....Limiar anaeróbio

MFEL.....Máxima fase estável de lactato

MAOD.....Déficit Máximo Acumulado de Oxigênio

LM.....Lactato mínimo

P.....Potência

PC.....Potência crítica

CA.....Capacidade aeróbia

CTA.....Capacidade de trabalho anaeróbio

T.....Trabalho

$\bar{U}$ .....Trabalho

FC.....Força crítica

VC.....Velocidade crítica

I.....Impulso anaeróbio

D.....Distância anaeróbia

AO3.....*All-out* de três minutos

W'.....Capacidade de trabalho anaeróbio de AO3

EP.....Potência crítica de AO3

AO30s.....*All-out* de trinta segundos

WT30s.....Trabalho total realizado no *all-out* de trinta segundos

IPAQ.....Questionário de classificação do nível de atividade física

PAR-Q.....Questionário de prontidão para atividade física

VO<sub>2</sub> max.....Consumo máximo de oxigênio

HR.....Frequência cardíaca

LAC.....Concentração de lactato

CV.....Coeficiente de variação

## 1. INTRODUÇÃO

A quantidade de substratos energéticos disponíveis no momento do exercício pode ser definida como capacidade, e a velocidade com que tais substratos conseguem ser ofertados como potência (VILAS-BOAS, 2000).

Essa capacidade e potência são denominadas aeróbia ou anaeróbia dependendo da intensidade e duração do exercício proposto (FOSS e KETEVIAN, 2000).

Os métodos para avaliar esses parâmetros são atualmente muito estudados (ZAGATTO e GOBETTO, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2009; PAPOTTI *et al.*, 2010), e os avanços científicos na fisiologia do esporte e exercício permitem a abordagem de diferentes protocolos com essa finalidade.

As técnicas mais utilizadas na literatura encontram os valores dos marcadores metabólicos e predominância de abastecimento energético por meio da medição do consumo de oxigênio, do lactato sanguíneo e de modelos matemáticos, pela eficiência e precisão na caracterização dessas variáveis obtidas por esses tipos de medidas (WASSERMAN e MCILROY, 1964; BILLAT *et al.*, 2003; PAPOTTI *et al.*, 2005; ZAGATTO *et al.*, 2008).

No caso da capacidade aeróbia, definida por Gobbi *et al.* (2005) como a condição de se exercitar por um longo período de tempo pela utilização predominantemente da via oxidativa, a medida pode ser feita por meio do índice de Limiar anaeróbio (LAN) (GOBBI *et al.*, 2005). Esse índice representa a intensidade máxima de esforço, na qual ocorra equilíbrio dinâmico entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo (SVEDAHL e MACINTOSH, 2003; FAUDE *et al.*, 2009).

O teste considerado padrão ouro (*gold standard*) para avaliar a intensidade de LAN é denominado Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL) (GOBETTO *et al.*, 2001; BILLAT *et al.*, 2003; MANCHADO *et al.*, 2006), e representa exatamente a máxima intensidade na qual a concentração sanguínea de lactato se mantém constante (TEGTBUR *et al.*, 1993). Papotti *et al.* (2010) complementaram que a MFEL é uma ferramenta favoravelmente utilizada para avaliação, monitoramento e prescrição das intensidades de treinamento, sendo muito importante para o desenvolvimento da capacidade aeróbia.

Já a potência aeróbia, que determina a relação desse fornecimento de ATP pela via aeróbia, por unidade de tempo (MACDOUGALL *et al.*, 1991), é mensurada pelo consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máximo –  $VO_{2max}$ ). Esse parâmetro é definido como a maior taxa de consumo de oxigênio individual possível, durante um esforço máximo (FLEG e LAKATTA, 1988).  $VO_{2max}$  é considerado o método padrão ouro para avaliação da potência aeróbia (BASSETT e HOWLEY, 2000).

Em relação às vias anaeróbias existe uma grande dificuldade na mensuração da capacidade e potência (NUMMELA *et al.*, 1996). Isto se deve pelo fato desse tipo de metabolismo ser subdividido em alático, quando se refere à degradação dos estoques de fosfato de alta energia (sistema ATP-CP), e láctico, representado especialmente pela degradação intramuscular de glicose com formação de lactato ao final do processo (glicólise anaeróbia) (GASTIN, 2001).

Dessa maneira, e também pelo problema da ausência de marcadores fisiológicos precisos para mensurar esses parâmetros, tem-se utilizado o teste de Déficit Máximo Acumulado de Oxigênio (MAOD). Este teste foi aperfeiçoado e descrito por Medbø *et al.* (1988) para mensurar capacidade anaeróbia, sendo presente na literatura algumas evidências da sua validade (MEDBO *et al.*, 1988; GREEN e DAWSON, 1993).

Diante da necessidade de quantificar a velocidade do abastecimento energético pelas vias anaeróbias, obtém-se o valor da potência anaeróbia, descrita como a relação desse fornecimento pelo tempo (MCARDLE *et al.*, 2008).

O teste mais confiável para determinação da potência anaeróbia é o Wingate proposto por Bar-Or (1987) (VANDEWALLE *et al.*, 1987). O Wingate é um teste máximo de trinta segundos realizado em ciclo ergômetro e o valor da potência anaeróbia é encontrado por meio do valor da potência pico, que geralmente ocorre nos primeiros três a cinco segundos de teste (BAR-OR, 1987). Foram encontradas evidências na literatura de que também é possível estimar nesse mesmo protocolo a capacidade anaeróbia, que é representada pelo trabalho total realizado ao longo do tempo total de esforço (MCARDLE *et al.*, 2008). Segundo Vandewalle *et al.* (1987), essa capacidade é refletida na potência média realizada pelo indivíduo.

Apesar de esses protocolos serem considerados como os mais confiáveis, são geralmente procedimentos de alto custo, que necessitam de equipamento sofisticado e/ou dispêndio de muito tempo para aplicação (TEGTBUR *et al.*, 1993; RIBEIRO *et al.*, 2009).

É importante ressaltar que para essas avaliações obtêm-se valores muito específicos em termos de modalidades de exercícios. Considerando esse fato, a escolha do ergômetro em protocolos de avaliação de desempenho parece ser de suma importância na precisão dos parâmetros objetivados (MANCHADO *et al.*, 2006).

Diante disso, muitos pesquisadores têm validado novas formas para obtenção desses limiares de transição metabólica por meio de correlação de resultados com valores obtidos nos métodos “*gold standard*”, comprovando assim a fidedignidade dos testes alternativos, que possuem práticas mais viáveis.

Heck *et al.* (1985) propõem a concentração fixa de 4mM de lactato para definir LAn. Um método mais simples de se obter essa intensidade. No entanto, ressalta que devido à alta variabilidade individual da lactacidemia em LAn, e por ser um teste protocolo dependente, esse é um método pouco confiável (HECK *et al.*, 1985).

Outra alternativa para obtenção de LAn é a análise do comportamento do lactato sanguíneo pelo teste de lactato mínimo desenvolvido por Tegtbur *et al.* (1993). Nesse teste é necessário submeter os indivíduos a um exercício prévio de predominância anaeróbia, garantindo nessa etapa da avaliação uma elevada lactacidemia. Em seguida, após 8 minutos, os mesmos sujeitos passam a realizar um teste de cargas progressivas com coletas sanguíneas para a análise do lactato em cada uma das cargas propostas.

Espera-se que o comportamento do lactato ocorra em forma de “U”. Considera-se como intensidade de lactato mínimo a correspondente ao menor valor de lactato observado no gráfico, antes desse substrato voltar a se acumular no sangue. Considerando assim o máximo equilíbrio entre a produção e remoção desse marcador fisiológico (VOLTARELLI *et al.*, 2004).

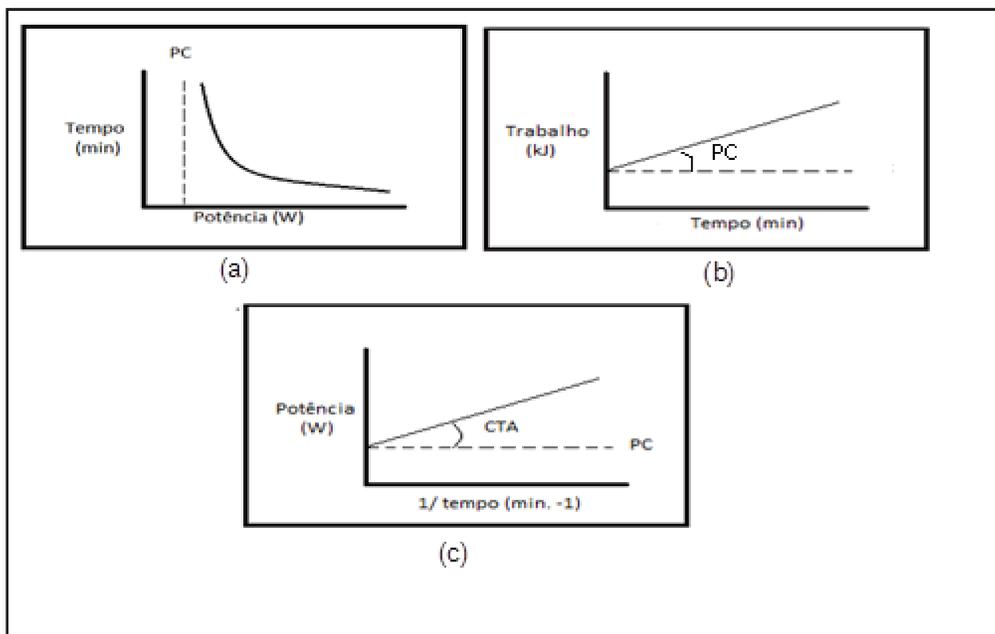
Esta variável tem sido considerada como um bom representante da MFEL por se apresentar como a intensidade máxima na qual o exercício pode ser mantido sem acúmulo do lactato no sangue (RIBEIRO *et al.*, 2003).

Todos os métodos citados anteriormente são invasivos, e nessa busca de validação de protocolos, Monod e Scherrer (1965) demonstraram uma nova forma de obtenção da

intensidade de transição aeróbia-anaeróbia do exercício, por meio de um modelo matemático denominado Potência Crítica (PC). Papotti *et al.* (2005) caracterizaram esse método de avaliação como um protocolo capaz de fornecer parâmetros aeróbios e anaeróbios, que além de não ser invasivo, tem baixo custo operacional. O teste de PC é uma técnica baseada na relação hiperbólica entre intensidades previamente determinadas e seus respectivos tempos de exaustão (MONOD e SCHERRER, 1965; HILL, 1993; VANHATALO *et al.*, 2011).

Durante o teste de PC, o avaliado realiza séries de testes com cargas constantes, nas intensidades pré-estipuladas, até a o momento de exaustão (DEKERLE *et al.*, 2006). Posteriormente, esses dados de força versus (vs) tempo limite do indivíduo, de cada sessão de teste, são plotados em um único gráfico, possibilitando a observação do comportamento dos esforços (MONOD e SCHERRER, 1965). O teste não exige coletas sanguíneas ou equipamentos caros, e para calcular PC com maior precisão, sugere-se de quatro a cinco cargas preditivas, separadas por um intervalo de 24h (HILL, 1993). Dekerle *et al.* (2003) utilizaram tempo delimitado entre dois e quinze minutos para validação das sessões de avaliação, nas intensidades propostas.

Hill (1993) apresentou três formas matemáticas para descrever a relação da potência pelo tempo, ou trabalho pelo tempo. A primeira forma é a não linear (hiperbólica), representada por:  $\text{Tempo} = \text{Capacidade de trabalho anaeróbio} / (\text{Potência} - \text{PC})$  (Figura 1a). As outras duas formas foram ajustadas linearmente para aprimorar a aplicabilidade desse método. Uma delas determina PC por:  $T = \text{PC} * \text{tempo} + \text{CTA}$  (modelo trabalho vs tempo limite) (Figura 1b); e a outra por:  $P = (\text{CTA} * 1 / \text{tempo}) + \text{PC}$  (modelo potência vs 1/tempo limite) (Figura 1c).



**Figura 1-** Relação entre potência e tempo (a), relação entre trabalho potência e tempo de exaustão (b) e relação entre potência e tempo de exaustão (c).

A robustez desse modelo matemático tem sido estudada por muitos autores (HOUSH *et al.*, 1991; WAKAYOSHI *et al.*, 1992; DEKERLE *et al.*, 2003). Housh *et al.* (1991) e Wakayoshi *et al.* (1992) verificaram que a PC têm apresentado elevados índices de correlação com a intensidade correspondente a 4mM de lactato sanguíneo e com a performance aeróbia.

Papotti *et al.* (2005) encontraram relação da PC com os valores de LAn pela resposta lactacidemica na natação. Dekerle *et al.* (2003) encontraram essa relação no cicloergômetro, porém concluíram que a PC é uma avaliação que geralmente superestima a intensidade de MFEL.

Vanhatalo *et al.* (2007) desenvolveram uma variação no modelo matemático da PC com a finalidade de obter uma maneira rápida de se chegar nesse parâmetro. O teste de *all-out* de três minutos (AO3) foi explicado por meio do raciocínio de que em esforço máximo prolongado, o componente anaeróbio (CTA) esgota sua capacidade de fornecer energia e a potência só pode ser mantida por mais tempo se for na intensidade de LAn, logo  $CTA = 0$ . Dessa forma, a equação do modelo linear Potência vs 1/tempo da PC representada por  $P = CTA / tempo + PC$ , torna-se  $P = PC$ .

Dessa maneira, o componente anaeróbio se esgotaria em torno de dois a dois minutos e meio de esforço máximo e a potência dos últimos 30 segundos seria equivalente à máxima intensidade sustentada pelo metabolismo aeróbio. Nesse trabalho os autores chamaram CTA de  $W'$  e PC de EP.

Estudos posteriores confirmam que um único teste de AO3 é suficiente para esgotar totalmente a capacidade de trabalho anaeróbio (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007) e fornecer a intensidade equivalente a PC com precisão (DEKERLE *et al.*, 2008; FRANCIS *et al.*, 2010).

Vanhatalo *et al.* (2009) encontraram outra evidência da validade de representação desses parâmetros no teste de AO3 em cicloergômetro, nesse trabalho foram aplicados *sprints* de corrida com duração de 30 segundos nos participantes antes deles executarem o teste de máximo de três minutos. Dessa forma detectou-se que esses *sprints* de corrida anteriores provocaram alteração nas reservas anaeróbias interferindo nos valores de  $W'$ , como já era esperado, e ainda que essa pré-estimulação anaeróbia não teve interferência nos parâmetros aeróbios com a manutenção das intensidades de EP (VANHATALO e JONES, 2009).

O teste de AO3 se mostrou reproduzível para obtenção de potência crítica em cicloergômetro (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007), porém até o presente momento não foi verificada a utilização da esteira rolante não motorizada (ENM) para obtenção desses parâmetros fisiológicos por meio desse modelo matemático. É importante que isso possa ser implementado para garantir a especificidade do esforço realizado em obtenção de capacidade aeróbia e anaeróbia em unidade de potência mecânica de corredores.

Quanto mais próximo um ergômetro pode simular a ação específica muscular de determinada atividade, mais válido se torna o critério avaliado (DAVIES *et al.*, 1984).

Avaliações envolvendo potência mecânica em cicloergômetro são comuns, porém essa aplicação em corrida não é muito utilizada (PETTITT *et al.*, 2012). E segundo Lakomy (1987), é um indicador mecânico que possui influência direta no desempenho dessa modalidade.

A ENM é um ergômetro que foi desenvolvido na década de oitenta por pesquisadores ingleses e que permite ao indivíduo realizar corridas similares às atividades

livres em campo, principalmente por conta da ausência de imposição de força e de velocidade (LAKOMY, 1987), desconsiderando o atrito gerado pela fita na superfície de contato da base da esteira.

Alguns estudos como os de Falk *et al.* (1996) e Jaskolska *et al.* (1999), utilizaram um motor de torque na ENM com a finalidade de reduzir a força que o avaliado precisa aplicar para vencer esse atrito imposto pela ENM, e promover aceleração. Porém essa solução pode interferir na espontaneidade da produção de força e de velocidade objetivada por esse ergômetro, no âmbito de reprodução da corrida livre.

Outra alternativa para reduzir a fricção da esteira foi implementada por FUNATO *et al.* (2001), e se mostrou positiva na redução do atrito em velocidade máxima. O autor realizou uma adaptação na base da ENM por meio de aplicação de roletes que giram de forma independente. Esse sistema facilita o deslizamento da fita e a aceleração inicial da corrida nas avaliações (FUNATO *et al.*, 2001; TSUCHIE *et al.*, 2008). Por conta dessa vantagem em relação a outras adaptações, esse foi o sistema utilizado na ENM para o ergômetro da presente pesquisa.

Falk *et al.* (1996) também utilizaram esse ergômetro atrelado a um sistema de corrida atada, no qual o indivíduo ficou preso a um cinto ligado a uma haste, e a um medidor de tensão (célula de carga), para captação de sinal de força de deslocamento horizontal. Nesse mesmo sistema, também conseguiram mensurar a força de deslocamento vertical exercida pelo corredor, por meio de um potenciômetro localizado na parte traseira da esteira, possibilitando o cálculo do deslocamento angular do centro de gravidade. Brughelli *et al.* (2011) também realizaram um estudo nesse ergômetro com corrida atada e aplicações com células de carga dispostas vertical e horizontalmente. Os autores concluíram nessa pesquisa que, em velocidades entre 60 e 100% da intensidade máxima dos indivíduos, as forças produzidas na corrida parecem ser dependentes apenas do componente horizontal, fato que provavelmente é explicado pela mecânica do movimento (BRUGHELLI *et al.*, 2011; MORIN e SEVE, 2011).

Estudos com corrida atada em ENM têm apresentado uma forma bastante eficaz para mensurar potência em corrida (FALK *et al.*, 1996; JASKOLSKA *et al.*, 1999; LIM e CHIA, 2007; TSUCHIE *et al.*, 2008).

Atualmente, as avaliações de corredores são frequentemente realizadas com fundamento na variável mecânica da velocidade, ou em ergômetros não específicos para essa modalidade. Assim, se faz relevante o desenvolvimento de protocolos que preservem a realidade de movimento dos corredores e que possibilitam obtenção de dados fisiológicos por meio de medidas de potência de corrida. Uma vez que essa variável mecânica é capaz de mensurar a força aplicada na contração muscular, além da velocidade de aplicação dessa força durante o ato de correr.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Os objetivos gerais deste estudo foram padronizar uma adaptação do teste de *all out* de três minutos (AO3) desenvolvido por Vanhatalo *et al.* (2007) em cicloergômetro para esteira rolante não motorizada (ENM) em corrida atada. Além disso, correlacionar as respostas aeróbias e anaeróbias do protocolo de AO3 obtidas em ergômetro específico para corredores e em unidade de potência mecânica.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Testar a confiabilidade em teste e reteste de AO3.
2. Observar os resultados das capacidades aeróbias e anaeróbias oriundas da força e velocidade em AO3 e investigar correlações entre tais respostas com os respectivos dados obtidos para potência.
3. Viabilizar a utilização da EM e ENM em corrida atada para obtenção de potência mecânica, por meio de sensores de força e velocidade sincronizados ao sistema.
4. Verificar correlações entre os dados fisiológicos de parâmetros aeróbios e anaeróbios obtidos em corrida atada, na aplicação do LM, teste convencional de potência crítica e AO3.

### **3. RESULTADOS**

Com a finalidade de apresentar os resultados da presente pesquisa foram construídos dois artigos para publicação, sendo o artigo 1 denominado: Reprodutibilidade do teste de *all-out* de três minutos em corrida atada na esteira rolante não motorizada, no qual serão contemplados o primeiro e o segundo objetivo específico do trabalho. O terceiro e o quarto objetivos específicos serão abordados no artigo 2, intitulado: Relações dos parâmetros aeróbios e anaeróbios do modelo de potência crítica determinados de maneira convencional e por *all-out* de 3-min em esteira rolante não motorizada.

A seguir apresentaremos os artigos citados acima, e posteriormente uma discussão e conclusão geral de todos os procedimentos realizados no estudo.

#### **3.1 Artigo 1**

##### **REPRODUTIBILIDADE DO TESTE DE *ALL-OUT* DE TRÊS MINUTOS EM CORRIDA ATADA NA ESTEIRA ROLANTE NÃO MOTORIZADA.**

Maria C, T, Gama, Claudio A. Gobatto

Faculdade de Ciências Aplicadas-FCA- UNICAMP, Limeira, SP, Brazil.

Palavras chave: ergômetro, potência mecânica, força, velocidade, capacidade aeróbia e capacidade anaeróbia.

Informações para contato:

Maria Carolina Traina Gama

Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte - LAFAE

Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP/Limeira, SP, Brasil.

e-mail: [maria.gama@fca.unicamp.br](mailto:maria.gama@fca.unicamp.br)



## Resumo

Potência crítica é fundamentada na relação hiperbólica entre intensidades previamente determinadas e seus respectivos tempos de exaustão. Em sua aplicação, o avaliado realiza séries de exercícios com cargas constantes, nas intensidades pré-estipuladas, até que ocorra a exaustão. Assim, os dados de potência são plotados versus o tempo limite de cada sessão, possibilitando a observação de dois componentes de desempenho, um aeróbio e outro anaeróbio. O teste de *all-out* de três minutos foi desenvolvido e validado em cicloergômetro, por meio de uma variação da equação matemática linear (potência versus  $1/\text{tempo}$ ), obtida do modelo original de potência crítica. A finalidade desse desenvolvimento é obter, em um único teste, os parâmetros de capacidades aeróbia e anaeróbia, e de identificar o momento de transição de intensidade do exercício de pesada para severa. O objetivo do presente estudo foi propor uma adaptação do *all-out* de três minutos, do cicloergômetro para a esteira rolante não motorizada em corrida atada. Além disso, testar a reprodutibilidade dessa adequação de protocolo, exaltando a necessidade da avaliação da potência mecânica em um ergômetro específico para esportes que envolvam corrida. Para isso dez indivíduos fisicamente ativos, realizaram quatro visitas ao laboratório para aplicação dos testes e coleta dos dados. Os valores de EP e  $W'$  provenientes da aplicação de AO3 na ENM em unidade de potência mecânica não apresentaram diferença significativa, além de possuírem alta correlação para teste e reteste. Os resultados sugerem que a adaptação do protocolo de três minutos para corrida atada em ENM mostrou-se reprodutível e de aplicação viável, garantindo a especificidade da avaliação para esportes que envolvam corrida.

## Introdução

Potência crítica (PC) é definida como a mais elevada intensidade sustentada pelo metabolismo aeróbio por determinado período de tempo (MONOD e SCHERRER, 1965; MORITANI *et al.*, 1981a; HILL, 1993). Sua determinação decorre de um modelo matemático utilizado para obtenção de bases fisiológicas e se apoia ao fato de existir uma intensidade detectável de exercício, na qual o indivíduo consegue se sustentar em duração prolongada. Porém, se essa for aumentada, mesmo por pequenos acréscimos no grau de dificuldade, o sistema responde com exaustão, interrompendo a atividade naquela demanda energética (JONES *et al.*, 2010). Esse método de avaliação foi caracterizado como um protocolo capaz de fornecer parâmetros aeróbios e anaeróbios, como a intensidade de PC e capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), respectivamente. Tais parâmetros são possíveis de serem determinados dessa forma, não sendo, portanto necessária intervenção invasiva, além do baixo custo operacional (PAPOTTI *et al.*, 2005).

O teste é fundamentado na relação hiperbólica entre intensidades previamente determinadas e seus respectivos tempos de exaustão (HILL, 1993; VANHATALO *et al.*, 2011). Na sua aplicação o avaliado realiza séries de exercícios com cargas constantes, nas intensidades pré-estipuladas, até o momento da exaustão (BRICKLEY *et al.*, 2002). Posteriormente, esses dados de potência são plotados versus o tempo limite de cada sessão de avaliação, possibilitando a determinação do componente aeróbio (assíntota da hipérbole) e anaeróbio (inclinação da curva) (MONOD e SCHERRER, 1965).

Vanhatalo *et al.* (2007) desenvolveram e validaram em clicoergômetro uma variação no modelo matemático convencional da PC com a finalidade de obter uma maneira mais rápida de se chegar nesses parâmetros de capacidade, e de identificar o momento de transição de intensidade do exercício de pesada para severa (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007). O teste denominado *all-out* de três minutos (AO3) foi baseado no raciocínio de que em esforço máximo prolongado, o componente anaeróbio ( $W'$ ) se esgota (conforme preconizado pelo teste de PC convencional) e a potência só pode ser mantida por mais tempo se for uma intensidade abastecida prioritariamente pelo metabolismo oxidativo (EP). Teoricamente, pela análise da equação do modelo linear Potência vs  $1/\text{tempo}$  da PC, que é representada por  $P = \text{CTA} / \text{tempo} + \text{PC}$  (WHIPP *et al.*, 1982), quando  $\text{CTA} = 0$ ,  $P = \text{PC}$ . No teste de AO3 ( $P = W' / \text{tempo} + \text{EP}$ ) o componente

anaeróbico se esgotaria de dois minutos a dois minutos e meio de esforço máximo ( $W' = 0$ ) e a potência média dos últimos trinta segundos seria equivalente à máxima intensidade sustentada pelo metabolismo aeróbico ( $P = EP$ ) (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007).

A reprodutibilidade desse método de três minutos foi comprovada em cicloergômetro (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007; BERGSTROM, HOUSH, ZUNIGA, CAMIC, *et al.*, 2012). Burnley *et al.* (2006) foi o primeiro a testar a confiabilidade do protocolo nesse ergômetro, ainda encontraram similaridade de valores da velocidade de consumo de oxigênio pico com protocolo de rampa.

Estudos posteriores confirmam que um único teste de AO3 é suficiente para esgotar totalmente a capacidade de trabalho anaeróbico e fornecer com precisão, a intensidade equivalente a PC (DEKERLE *et al.*, 2008; FRANCIS *et al.*, 2010).

Vanhatalo *et al.* (2009) encontraram outras evidências da validade de representação desses parâmetros em cicloergômetro, quando foram aplicados *sprints* de corrida em esteira motorizada com duração de trinta segundos, dois e quinze minutos antes deles executarem o AO3 na bicicleta. Nesse protocolo experimental, foi observado que o *sprint* de corrida anterior, com apenas dois minutos de recuperação, provocou alteração nas reservas anaeróbias dos voluntários interferindo nos valores de  $W'$ , e os estímulos prévios com quinze minutos de intervalo não produziram o mesmo efeito, como já era esperado. Ainda, foi constatado que essa pré-estimulação anaeróbia não teve interferência no parâmetro aeróbico com a manutenção das intensidades de EP (VANHATALO e JONES, 2009; PARKER SIMPSON *et al.*, 2012).

Diferentes abordagens na literatura apresentam respostas positivas nas correlações dos resultados de EP e  $W'$  obtidos quando comparado AO3 com dados provenientes da aplicação do modelo convencional de PC e consumo máximo de oxigênio ( $VO_2max$ ) (CHENG *et al.*, 2012) e também para velocidade crítica convencional e  $VO_2max$ . (BROXTERMAN *et al.*, 2013). Cheng *et al.* (2012) validaram uma adaptação do AO3 para remadores e Broxterman *et al.* (2013) e Pettitt *et al.* (2012) aplicaram o modelo em corrida livre utilizando informações de velocidade. No entanto, até o presente momento não foi verificada a utilização da esteira rolante não motorizada (ENM), nem reprodutibilidade na

avaliação de potência para obtenção dos parâmetros fisiológicos fornecidos pelo AO3 nesse ergômetro.

Avaliações que mensuram potência em corrida não são muito frequentes (PETTITT *et al.*, 2012), apesar de ser um indicador mecânico que possui influência direta no desempenho dessa modalidade (LAKOMY, 1987; LIM e CHIA, 2007). Deste modo, essa implementação torna-se relevante para garantir a especificidade do esforço realizado por corredores, considerando o fato de que quanto mais próximo um ergômetro pode simular a ação específica muscular em determinada atividade, mais válido se torna o critério avaliado (DAVIES *et al.*, 1984).

A ENM é um ergômetro que foi desenvolvido na década de oitenta por pesquisadores ingleses e que permite ao indivíduo realizar corridas similares às atividades livres em campo (CHEETHAM *et al.*, 1985; LAKOMY, 1987). Estudos com corrida atada em ENM têm apresentado uma forma bastante eficaz para mensurar potência, pois esse método fornece dados de força e de velocidade (FALK *et al.*, 1996; LIM e CHIA, 2007; TSUCHIE *et al.*, 2008).

Dessa forma, os objetivos do trabalho foram propor uma variação e adaptação do teste de Vanhatalo *et al.* (2007), do cicloergômetro para ENM em corrida atada, testando sua reprodutibilidade e confiabilidade, exaltando a necessidade da avaliação da potência mecânica em um ergômetro específico para esportes que envolvam corrida. Além disso, observar os resultados das capacidades aeróbias e anaeróbias oriundas da força e velocidade, correlacionando tais respostas aos respectivos dados obtidos para potência.

## **Materiais e Métodos**

### **Participantes**

Participaram do estudo dez indivíduos do sexo masculino ( $24 \pm 4$  anos,  $78,5 \pm 9,1$  kg,  $179 \pm 8$  cm,  $9,0 \pm 3,5\%$  de gordura corporal), ativos fisicamente, que relataram praticar atividade física ao menos três vezes por semana, com idades variando de 20 a 30 anos. Os participantes executaram os testes propostos após assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 1) aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com humanos da Universidade Estadual de Campinas (ANEXO 2). Este termo contém informações a respeito dos procedimentos do estudo, atestando a participação voluntária e concordando

com a utilização dos dados para posteriores publicações científicas oriundas deste trabalho, além de atestarem a não utilização de nenhuma substância ilícita.

Os voluntários responderam ao *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) (ANEXO 3) no qual o *score* mínimo suficiente para classificá-los como “ativos fisicamente” foi utilizado como critério de inclusão (AINSWORTH *et al.*, 2000).

Cada participante foi orientado a manter uma dieta leve e a comparecer bem hidratado nos dias dos testes. Foram orientados a realizarem a última refeição no mínimo duas horas antes dos procedimentos. Não puderam consumir bebidas contendo álcool em menos de 24 horas dos testes e cafeína em menos de 04 horas, bem como a prática de exercícios muito intensos durante todo o período de testes.

### **Avaliação antropométrica**

A avaliação antropométrica foi realizada para caracterização da amostra. Foram obtidos os valores de peso por meio da balança (TOLEDO® modelo 2098 coluna 1,0m), de estatura e de gordura corporal com um adipômetro científico Sanny® utilizando o protocolo de Pollock (1975) de quatro dobras cutâneas, a saber, tricípital, suprailíaca, abdominal e coxa.

### **Procedimentos**

Foram realizadas quatro visitas ao laboratório para a coleta dos dados. Nas duas primeiras, foi realizada a avaliação antropométrica e a adaptação ao ergômetro ENM. Após essa adaptação, foram utilizados dois dias para aplicação do teste (1) e reteste (2) do protocolo de AO3. Antes de todos os testes os participantes fizeram um aquecimento na esteira motorizada da marca Inbramed (Modelo Super ATL, Brasil), por cinco minutos de corrida em velocidade de 7.0 km/h. No teste de AO3, os participantes executaram a corrida em ENM com o cinto ajustado na cintura e ligado diretamente ao cabo de aço acoplado na célula de carga (CSL/ZL-250, MK Controle e Instrumentação Ltda.®) fixada em poste de altura regulável.

A velocidade do indivíduo foi determinada por um sensor de efeito hall e um ímã, localizados no cilindro (rolo) anterior da ENM. A frequência de aquisição de dados foi de 1000 Hz.

É importante ressaltar que a calibração do equipamento foi executada antes de cada um dos testes aplicados na pesquisa.

Tanto a célula de carga como o sensor de efeito hall emitem sinais que foram modulados por meio de um condicionador de sinais (USB-6008, National Instruments®). Estes foram captados por um computador com software específico (LabView Signal Express 2009, National Instruments®) na frequência citada. Os dados obtidos por esse sistema, durante os testes, foram posteriormente transferidos para ambiente MatLab (MatLab® R2008a, MathWorkstm), onde as informações em milivolts (mV), geradas por ambos os sensores, foram tratadas para serem então interpretadas e transformadas em unidades das força (newton), e velocidade (m/s).

Dado o sinal de início do protocolo o participante foi orientado a correr durante três minutos na maior intensidade que conseguisse, atrelado a esse sistema atado. O sucesso da sessão de teste ocorreu apenas quando o voluntário conseguiu finalizar os três minutos propostos. Os indivíduos receberam encorajamento verbal constante, mas não foram informados do tempo decorrido.

Amostras sanguíneas foram coletadas do lóbulo da orelha em cinco momentos em ambos os testes de AO3. A primeira foi realizada em repouso (LAC REP), a segunda após os cinco minutos do aquecimento (LAC PA) e as demais imediatamente ao final da sessão (LAC PT), e após transcorrerem 5 (LAC P5) e 8 minutos (LAC P8) pós-esforço. Foram coletados 25µL de sangue com a utilização de capilares heparinizados e calibrados, sendo as amostras posteriormente depositadas em tubos *Eppendorf* contendo 400µL de TCA 4%, para bloqueio das reações no meio e desproteíntização do sangue. Por ser esse volume de sangue extremamente pequeno, não foram acarretadas alterações sistêmicas ao avaliado.

Os valores de frequência cardíaca (HR) dos participantes foram registrados (batimento a batimento) por meio da utilização de monitores cardíacos da marca Polar® modelo RS800CX. Os dados foram anotados nos momentos de repouso (HR R) e imediatamente ao término de todos os testes (HR PT).

Os protocolos foram realizados com condições de temperatura e de umidade do ar controladas (23<sup>0</sup>C e umidade variando de 30 a 45%). Foi respeitado um intervalo mínimo de 24 horas entre todos os testes. Além disso, eles foram executados randomicamente para evitar influência da progressividade das cargas nos resultados da pesquisa.

## **Tratamento dos Dados**

### **Determinação da Velocidade (m/s)**

Foi desenvolvido pelos criadores do ergômetro um sensor capaz de registrar a variação de velocidade. Esse sensor tem efeito hall e capta a presença magnética de um pequeno ímã fixo ao rolo dianteiro de suporte à cinta da esteira, marcando cada volta completa.

Com essa forma de aferição, a velocidade foi obtida por meio de sinal condicionado ao deslocamento do tempo, já que os pulsos são gerados a cada volta completa do rolo dianteiro da esteira.

Sendo o deslocamento linear para cada giro do rolo, determinado pela equação  $\Delta S=2\pi r$ , foi observado, pelas dimensões da esteira não motorizada, que a cada sinal do sensor a distância linear percorrida foi de 0,24 m. Assim, foi possível determinar a velocidade de corrida por meio da razão desse valor pelo tempo de intervalo entre cada pulso.

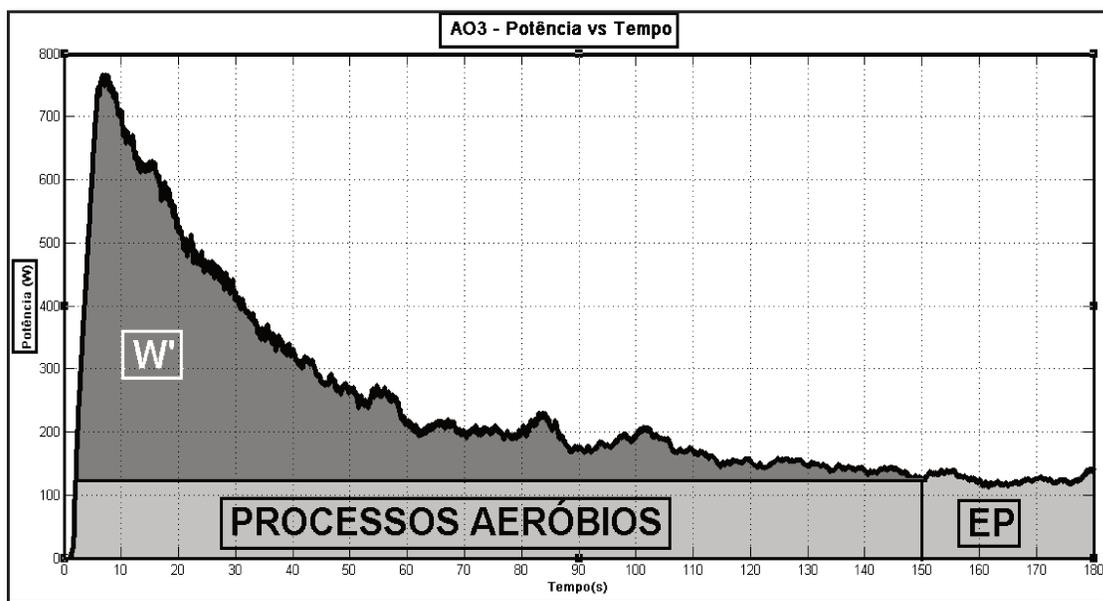
### **Determinação da Potência (Watt)**

A interpretação dos dados gerados a partir do sistema de célula de carga para a esteira não motorizada possibilitou a captação da força horizontal gerada pelo avaliado. A partir disso, em cada avaliação, foi possível obter o valor da potência mecânica realizada pelo indivíduo, por meio do produto da força pela velocidade.

### **Determinação dos parâmetros aeróbios e anaeróbios do teste de AO3**

As cinéticas da potência, da força e da velocidade geradas por cada sujeito foram registradas e analisadas no tempo. A característica comum a essa resposta (ao menos no parâmetro potência) é de elevação dos valores no início e queda no último minuto, apresentando estabilização nessa fase. Para fins de determinação, foram considerados os valores médios da potência crítica (EP), a força crítica (FC) e a velocidade crítica (VC), nos trinta segundos finais de avaliação. Por meio das áreas obtidas em cada uma das cinéticas analisadas por método trapezoidal (potência, força e velocidade), foram determinados os componentes anaeróbios do protocolo, sendo para isso subtraídos os valores referentes ao

abastecimento por processos aeróbios (produto do tempo pela EP, FC ou VC). Dessa forma, foi possível encontrar os valores de capacidade de trabalho anaeróbio ( $W'$ ), impulso anaeróbio (I) e distância anaeróbia (D), a partir dos gráficos de potência, força e velocidade, respectivamente. A Figura 1 exemplifica o procedimento para os dados de potência.



**Figura 1.** Exemplo (participante # 4) do processo de determinação de EP e  $W'$  pela análise da cinética de potência mecânica em protocolo de AO3 na ENM.

### **Análise de lactato por espectrofotometria**

As concentrações de lactato sanguíneo em aplicação de teste e reteste de AO3 foram determinadas por método enzimático. O sangue ( $25\mu\text{L}$ ) coletado durante as avaliações foi transferido imediatamente para tubos Eppendorf de 1,5 ml contendo  $400\mu\text{l}$  de solução de ácido tricloroacético a 4% (TCA) para sua desproteínização e armazenado a uma temperatura de 2 a 8 C°. Em seguida os Eppendorfs foram agitados e centrifugados, para posterior retirada de  $100\mu\text{l}$  do sobrenadante em cada uma das amostras, que foram transferidas para tubos de ensaio, sendo adicionados  $500\mu\text{l}$  de reativo (estoque de glicina /

EDTA), Hidrazina Hidrato 33%, NAD (Beta-Nicotinamide Dinucleotide, SIGMA) e LDH (L-Lactic Dehydrogenase bovine heart – 1000 units/mL, SIGMA) em pH 8,85. As amostras foram posteriormente agitadas e incubadas durante 20 minutos em banho-Maria mantido a 37°C. A concentração de lactato foi determinada 340nm contra a curva de calibração com padrões de 5, 10, 15 e 30mM (Engel & Jones, 1978).

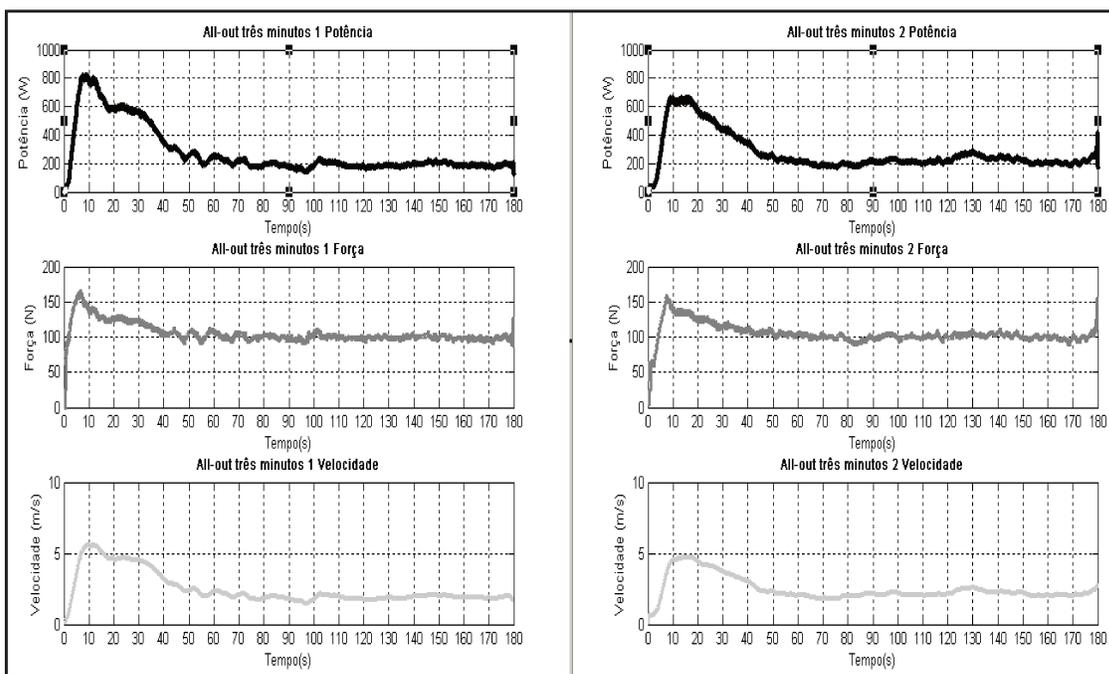
### **Análise estatística**

As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica 6.0 (Statsoft, EUA), SPSS 16.0 para Windows (SPSS Inc., EUA) e MatLab 6.0. Inicialmente foram aplicados testes de normalidade (Shapiro Wilk) e homogeneidade (Levene) para identificar a característica dos dados. Por apresentarem normalidade e homogeneidade, foram adotados os métodos preconizados pela estatística paramétrica.

Posteriormente foram aplicados teste t de Student para amostras dependentes, correlações de Pearson e intra classe (ICC) de concordância absoluta nas análises de reprodutibilidade em teste e reteste de AO3. Os parâmetros analisados foram os valores aeróbios e anaeróbios de EP, W', FC, I, VC e D, valores de frequência cardíaca e concentração de lactato sanguíneo de todos os momentos de coleta. Anova Two-way foi utilizada nos dados de lactacidemia para teste e reteste dos cinco momentos. Para todos os testes de hipótese realizados foi adotado um nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

## Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados de parâmetros aeróbios e anaeróbios, derivados da aplicação do modelo matemático de AO3 referente à potência crítica (EP e W'), força crítica (FC e I) e velocidade crítica (VC e D). Os resultados da aplicação do teste t de Student não apresentaram diferenças estatísticas para EP 1 e EP 2 ( $p = 0,15$ ), W' 1 e W' 2 ( $p = 0,34$ ), FC 1 e FC 2 ( $p = 0,06$ ), I 1 e I 2 ( $p = 0,41$ ), VC 1 e VC 2 ( $p = 0,25$ ), D 1 e D 2 ( $p = 0,07$ ). Os gráficos representados na Figura 2, são referentes ao comportamento das variáveis mecânicas de potência (W) vs tempo (s), força (N) vs tempo (s) e velocidade (m/s) vs tempo (s) de um dos voluntários (participante #1) durante teste (1) e reteste (2) de AO3.



**Figura 2.** Gráficos demonstrativos referentes ao comportamento das variáveis mecânicas de potência (W) vs tempo (s), força (N) vs tempo (s) e velocidade (m/s) vs tempo (s) de um dos voluntários durante teste (1) e reteste (2) de AO3.

**Tabela 1.** Parâmetros aeróbios e anaeróbios derivados da aplicação dos modelos matemáticos de AO3 (n=10): potência crítica (EP e W'), força crítica (FC e I) e velocidade crítica (VC e D).

PARÂMETROS AERÓBIOS						
	EP1 (W)	EP2 (W)	FC1 (N)	FC2 (N)	VC1 (m/s)	VC2 (m/s)
<b>Média</b>	170,2	184,8	88,8	95,2	1,94	2,03
<b>DP</b>	49,3	39,5	8,1	4,5	0,47	0,38
PARÂMETROS ANAERÓBIOS						
	W'1 (J)	W'2 (J)	I1 (N.s)	I2 (N.s)	D1 (m)	D2 (m)
<b>Média</b>	15749,8	16083,6	1493,4	1201,8	131,5	103,4
<b>DP</b>	5331,3	4912,8	1041,6	256,5	43,0	32,8

As tabelas 2 e 3 apresentam os valores de correlação de Pearson e ICC de concordância absoluta para os mesmos dados aeróbios e anaeróbios respectivamente. Os valores aeróbios de EP 1 e EP 2 apresentaram elevada correlação produto-momento ( $r = 0,87$ ;  $p = 0,01$ ) confirmada pelo ICC ( $r = 0,58$ ;  $p = 0,01$ ). O mesmo ocorreu para VC 1 e VC 2 ( $r = 0,88$ ;  $p = 0,00$  e  $r = 0,92$ ;  $p = 0,00$ ). Os dados FC 1 e FC 2 não apresentaram correlações significativas.

EP 1 obteve coeficiente de correlação de Pearson elevado em relação a VC 2 ( $r = 0,79$ ;  $p = 0,05$ ) e VC 1 ( $r = 0,95$ ;  $p = 0,00$ ), e EP 2 com VC 1 ( $r = 0,88$ ;  $p = 0,01$ ) e VC 2 ( $r = 0,96$ ;  $p = 0,00$ ). Não foi utilizado ICC para parâmetros de unidades de medida diferentes, uma vez que essa análise estatística foi abordada no presente estudo apenas no modelo de concordância.

Para os dados anaeróbios só houve correlação significativa entre os valores de W' 1 e W' 2 ( $r = 0,98$ ;  $p = 0,01$ ) e ICC também significativo ( $r = 0,94$ ;  $p = 0,01$ ).

**Tabela 2.** Correlação de Pearson e ICC (concordância absoluta) entre os parâmetros aeróbios da aplicação do modelo matemáticos de AO3 (n=10): potência crítica (EP), força crítica (FC) e velocidade crítica (VC).

PARÂMETROS AERÓBIOS		EP 2 (W)		FC 2 (N)		VC 2 (m/s)	
		Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC
EP 1 (W)	R	<b>0,87*</b>	<b>0,58*</b>	0,06	0,02	<b>0,79*</b>	0,01
	P	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	0,85	0,46	<b>0,05</b>	0,98
FC 1 (N)	R	0,52	0,02	0,13	0,00	0,02	0,00
	P	0,90	0,04	0,71	0,49	0,94	0,47
VC 1 (m/s)	R	<b>0,88*</b>	0,01	0,07	0,00	<b>0,88*</b>	<b>0,92*</b>
	P	<b>0,01</b>	0,47	0,83	0,50	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

\* O critério de significância adotado para as correlações foi  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 3.** Correlação de Pearson e ICC (concordância absoluta) entre os parâmetros anaeróbios da aplicação dos modelos matemáticos de AO3 (n=10): capacidade de trabalho anaeróbio (W'), impulso anaeróbio (I) e distância anaeróbia (D).

PARÂMETROS ANERÓBIOS		W' 2 (J)		I 2 (N.s)		D 2 (m)	
		Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC
W' 1 (J)	R	<b>0,98*</b>	<b>0,94*</b>	0,07	0,01	0,08	0,00
	P	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	0,83	0,49	0,81	0,49
I 1 (N.s)	R	0,28	0,02	0,04	0,02	0,09	0,02
	P	0,41	0,63	0,90	0,52	0,80	0,49
D 1 (m)	R	0,15	0,00	0,09	0,02	0,36	0,45
	P	0,67	0,50	0,79	0,53	0,28	0,14

\* O critério de significância adotado para as correlações foi  $p \leq 0,05$ .

Os valores de média e desvio padrão da concentração de lactato sanguíneo para as duas aplicações de AO3 estão demonstrados na Tabela 4, nos momentos de repouso (LAC REP), pós-aquecimento (LAC PA), imediatamente após teste (LAC PT), cinco minutos após o teste (LAC P5) e oito minutos após o teste (LAC P8). Pela aplicação do Anova Two-way não foram detectadas diferenças significativas entre teste e reteste em nenhum dos cinco momentos para os valores de lactato (ANOVA-p=0,88). Os dados de correlação

para lactacidemia apresentados na Tabela 5 demonstram as correlações encontradas apenas nos momentos pós-testes de LAC P5 1 com LAC P5 2 ( $r = 0,63$ ;  $p = 0,01$ ) confirmadas por ICC ( $r = 0,68$ ;  $p = 0,05$ ) e LAC P8 1 com LAC P8 2 ( $r = 0,64$ ;  $p = 0,01$ ) e ICC ( $r = 0,69$ ;  $p = 0,05$ ).

Correlação também significativa foi detectada nos valores pós-esforço de HR PT 1 com HR PT 2 ( $r = 0,57$ ;  $p = 0,01$ ) e ICC ( $r = 0,68$ ;  $p = 0,05$ ).

**Tabela 4.** Valores de concentração de lactato sanguíneo (mmol/L) nos teste (1) e reteste (2) de AO3 ( $n=10$ ) em momentos de repouso (LAC REP), pós-aquecimento (LAC PA), imediatamente pós teste (LAC PT), cinco minutos após o teste (LAC P5) e oito minutos após o teste (LAC P8).

LACTATO (mmol/L)*		LAC REP	LAC PA	LAC P5	LAC P8
AO3 1	Média	0,67	0,93	11,83	12,41
	DP	0,35	0,37	3,22	3,49
AO3 2	Média	1,16	1,39	14,02	13,51
	DP	0,49	0,60	4,51	4,73

\* Não houve diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para lactacidemia (mmol/L) entre teste-reteste nos diferentes momentos de coleta.

**Tabela 5.** Correlação de Pearson e ICC (concordância absoluta) entre os valores de concentração de lactato (mmol/L) pós-esforço do teste (1) e reteste (2) de AO3 nos momentos imediatamente pós teste (LAC PT), cinco minutos após o teste (LAC P5) e oito minutos após o teste (LAC P8).

LACTATO		LAC PT 2		LAC P5 2		LAC P8 2	
		Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC
LAC PT 1	R	0,22	0,36	<b>0,68*</b>	<b>0,58*</b>	0,38	0,41
	P	0,53	0,25	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	0,26	0,12
LAC P5 1	R	0,33	0,48	<b>0,63*</b>	<b>0,68*</b>	0,52	0,63
	P	0,35	0,17	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	0,12	0,06
LAC P8 1	R	0,27	0,42	<b>0,62*</b>	<b>0,73*</b>	<b>0,64*</b>	<b>0,69*</b>
	P	0,43	0,21	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>

\* O critério de significância adotado para as correlações foi  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 6.** Valores de frequência cardíaca (HR, bpm) e valores de coeficientes de correlação (r e p) para Pearson e ICC (concordância absoluta) em teste (1) e reteste (2) dos AO3 (n=10), nos momentos de repouso (HR R) e imediatamente pós teste (HR PT).

<b>FREQUÊNCIA CARDÍACA (bpm)</b>	<b>HR R</b>	<b>HR PT</b>
<b>AO3 1</b>	67	179
DP	11	8
<b>AO3 2</b>	74	177
DP	12	11
<b>Pearson</b>	0,4	<b>0,57*</b>
P	0,24	<b>0,01</b>
<b>ICC</b>	0,38	<b>0,68*</b>
P	0,89	<b>0,05</b>

\* O critério de significância adotado para as correlações foi um  $p \leq 0,05$ .

## Discussão

Os dois principais achados do presente estudo foram: 1) Há viabilidade de aplicação e adaptação do modelo matemático AO3 de Vanhatalo *et al.* (2007) em esteira não motorizada (ENM) em corrida atada, fornecendo parâmetros mecânicos de potência, força e velocidade; 2) O AO3 baseado em potência mecânica se mostrou reprodutível no ergômetro proposto, assim como anteriormente observado em cicloergômetro (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007; BERGSTROM, HOUSH, ZUNIGA, CAMIC, *et al.*, 2012).

Uma vez que o modelo original desse método é fundamentado no comportamento da potência gerada durante o esforço, o trabalho muscular e energético não deve ser dependente do ergômetro e do dia da aplicação dos testes (JONES *et al.*, 2010). No presente estudo foi esperado que as potências produzidas durante a avaliação não fossem estatisticamente diferentes para teste e reteste, tanto para parâmetros aeróbios como anaeróbios. Tal confiabilidade de reprodução foi sustentada por meio dos dados de EP e W', uma vez que não apresentaram alterações significativas, além de demonstrarem um elevado valor de correlação de Pearson e concordância absoluta em correlação intra-classe, conforme descrito na Tabela 2. A veracidade de reprodução do protocolo pode ainda ser confirmada pelos parâmetros fisiológicos de lactato e HR pós-esforço, que além de não apresentarem diferenças aos efeitos teste e momento da análise, tanto os LAC P5, LAC P8, como a HR PT apresentaram elevada correlação e consistência absoluta nas duas aplicações de AO3.

Todos os coeficientes de variação (CV) encontrados no presente estudo foram superiores a 5%, portanto considerados valores de precisão mediana para confiabilidade em estudos na área de ciências do esporte (HOPKINS, 2000). Os resultados de reprodutibilidade derivados do primeiro estudo de aplicação de AO3 por Burnley *et al.* (2006), apresentaram melhores valores para o coeficiente de variação da EP (CV = 3%), mostrando consistência. Outros estudos como os de Johnson *et al.* (2011), em cicloergômetro, também apresentaram em seus resultados um pequeno percentual de CV para EP (CV = 6,7 %), porém nos parâmetros anaeróbios de W', essa medida de dispersão foi em torno de 20,7 %. Valores mais elevados de CVs foram demonstrados em outros estudos como o de Vanhatalo *et al.* (2008) ao verificar os efeitos do treinamento de quatro

semanas em aplicações repetidas de AO3. Nessa análise os autores relataram CV para EP de 18 % e 23%, e para W' CVs de 19 e 21 % para pré e pós teste respectivamente. Nessa mesma faixa de valores, Cheng *et al.* (2012) observaram CV para EP de 13,7 e 14,6% e W' 30,1 e 35,9% para teste e reteste em avaliação da reprodutibilidade do modelo AO3 em remadores. Os CVs apresentados nos estudos de Burnley (2009) em verificação da influência da fadiga sobre o torque muscular foram de 19 a 32% para EP, assim como os CVs de Bergstrom *et al.* (2012) que avaliou a influência da carga aplicada por percentual da massa corporal 23,1 a 27,9% para EP e 27,8 a 43,8% para W'.

Na presente análise de aplicação de AO3 em ENM, foram encontrados dados de CV para EP de 28% e 27%, e dados de CV para W' de 33% e 30% em teste e reteste. Portanto esses dados não foram discrepantes à maioria dos estudos de reprodutibilidade nesse protocolo.

Baseado nos dados citados anteriormente, é provável que os valores elevados de percentual de CV na presente pesquisa, possam ser justificados pelo fato dessa medida de precisão se apresentar frequentemente acima de 5% na maior parte dos estudos com protocolo de AO3.

A potência mecânica sempre será dependente da resistência imposta pelo ergômetro (JASKOLSKA *et al.*, 1999). Em ENM, não há imposição de força nem de velocidade ao avaliado, isso possibilita uma avaliação mais espontânea dessas medidas que derivam na potência que o corredor consegue produzir, considerando, inclusive, que a potência desenvolvida em situação de corrida não é restrita a membros inferiores como no cicloergometro. Além disso, a ENM em corrida atada permite individualização e especificidade elevadas nas medidas de força e velocidade. De fato, já era esperado uma maior variação entre os voluntários (CVs) decorrente dessa individualização, mesmo que a amostra tenha sido homogênea e todos os participantes fossem treinados e previamente adaptados ao protocolo.

Estudos que comprovaram a reprodutibilidade do AO3 fundamentaram-se no controle de dados fisiológicos de consumo de oxigênio e da concentração de lactato sanguíneo (BURNLEY *et al.*, 2006; JOHNSON *et al.*, 2011). No presente estudo, a utilização do ergoespirometro foi descartada com o intuito de amenizar o desconforto dos avaliados e ocasionar maior aproximação da situação de corrida livre durante as avaliações.

A escolha da não utilização do consumo de oxigênio pode ser apontada como uma possível limitação desse desenho experimental, uma vez que ao não possuir essa ferramenta, não foi possível garantir que a intensidade do esforço não apresentou decréscimos ao longo dos 180 segundos de aplicação dos testes (JONES *et al.*, 2010). Entretanto, ainda assim, seguramente o desconforto proporcionado especialmente pela dificuldade de inspiração nos momentos de predominância anaeróbia poderia, a nosso ver, causar maior interveniência aos testes, comprometendo sobremaneira sua aplicação. Essa hipótese será testada em futuros estudos.

Por outro lado, valores elevados de lactacidemia pico (LAC P5) são normalmente considerados como reflexo de grande participação do metabolismo anaeróbio láctico, o que é decorrente a resposta de alta intensidade de exercício (BILLAT *et al.*, 2003). Nesse sentido, valores da concentração de lactato sanguíneo pico apresentados na Tabela 4, se reproduziram em AO3 na ENM ( $11,8 \pm 3,2$  mmol/L (1) e  $14,0 \pm 4,5$  mmol/L (2)), sendo semelhantes aos encontrados por outros autores em diferentes ergômetros.

Burnley *et al.* (2006) registraram uma lactacidemia pico de  $11,0 \pm 2,4$  mmol/L em cicloergometro, assim como os avaliados por Vanhatalo *et al.* (2007) com lactatos de  $10,2 \pm 2,2$  mmol/L, e os de Francis *et al.* (2010) ,com valores de  $15.6 \pm 1.8$  mmol/L também em ciclismo. Concordando com os dados de lactacidemia do presente estudo, os lactatos picos de Karsten *et al.*, (2012) em pedalada isocinética foram em média  $12,3 \pm 3,8$  mmol/L e os de Cheng *et al.* (2012) para remadores foram de  $11.52 \pm 2.44$  (1) e  $10.70 \pm 2.38$  (2) em teste e reteste. Seguramente, tais valores lactacidêmicos elevados são gerados na fase anaeróbia de AO3, antes da estabilização dos parâmetros de interesse aeróbio (EP, FC, VC), obviamente não sendo possível sua remoção nos poucos segundos de atingimento dessas intensidades de predominância oxidativa. .

As recomendações para aplicação de AO3 foram amplamente respeitadas nesse desenho experimental, uma vez que a amostra utilizada foi composta por indivíduos fisicamente ativos, que estavam familiarizados ao ergômetro, não receberam informações sobre tempo de decorrência ou potência aplicada ao longo do teste e foram motivados verbalmente durante todo o procedimento (JONES *et al.*, 2010; KARSTEN *et al.*, 2013).

O comportamento da potência mecânica no tempo, representado na Figura 2, foi semelhante às curvas observadas em aplicações realizadas com outros ergômetros (DEKERLE *et al.*, 2008; VANHATALO e JONES, 2009; KARSTEN *et al.*, 2013).

O tempo que os participantes levaram para atingir a potência pico foi em média 7,3  $\pm$ 1,8 segundos. Esse comportamento foi similar ao tempo encontrado nos outros desenhos experimentais (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007; BURNLEY, 2009; PARKER SIMPSON *et al.*, 2012; KARSTEN *et al.*, 2013).

Na ENM, o decréscimo da potência ocorreu entre noventa e cento e vinte segundos dos três minutos de aplicação. De acordo com Burnley *et al.* (2006), e Vanhatalo *et al.* (2007), o platô dessa variável deve acontecer em torno de dois a dois minutos e meio de teste. Porém trabalhos mais recentes em AO3, como o de Francis *et al.* (2010), Cheng *et al.* (2012) e Karsten *et al.* (2013), apresentaram queda dessa variável mecânica até noventa segundos. Dessa forma, a faixa de valores da estabilização da potência na ENM também foi coerente às encontradas em aplicações anteriores.

O modelo original de AO3 foi desenvolvido baseado no comportamento da potência mecânica (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007). Com o intuito de aplicar esse desenho experimental para a corrida livre, autores utilizaram GPS e o parâmetro de velocidade viabilizando uma adaptação da aplicação (PETTITT *et al.*, 2012; BROXTERMAN *et al.*, 2013). O presente estudo encontrou uma alta correlação dos valores de EP derivados da potência com os valores de VC derivados da velocidade e esses dados sugerem ser possível utilizar VC para obtenção de informações aeróbias de capacidade em corrida.

Em teste e reteste, a VC foi uma variável que também se reproduziu (teste t de Student  $p = 0,25$ ). Porém, os dados anaeróbios provenientes da velocidade, apesar de não serem significativamente diferentes para as duas aplicações (teste t de Student  $p = 0,07$ ), não tiveram correlação com os dados anaeróbios de potência, além de não se correlacionarem, entre si, em teste e reteste. Nossos dados fortalecem os resultados do estudo de Broxterman *et al.* (2013), que incentivam a utilização de VC obtida pelo AO3 em corrida livre, que mostraram sua viabilidade de aplicação por possuir alta correlação com o modelo convencional de VC vs  $1/t$ . Esses autores ainda sugerem ser necessário cautela para utilização dos valores de D, que nos resultados do estudo mostrou subestimar os dados

do protocolo convencional (BROXTERMAN *et al.*, 2013). De certa forma, isso também corrobora com nossos dados, uma vez que os parâmetros anaeróbios da aplicação para velocidade não estabeleceram correlações teste-reteste. Tais achados comprometem a análise anaeróbia para velocidade.

Outros dados reforçam a viabilidade de aplicação de AO3. Quatro semanas de treinamento intervalado interferiu positivamente nos resultados de EP (25 W) e W' (0,6 KJ) (VANHATALO *et al.*, 2008a). O estudo de Simpson *et al.* (2011) verificou que o parâmetro anaeróbio de capacidade fornecido nesse protocolo não sofre alteração pela aplicação de exercício prévio, sendo ele em intensidade acima ou abaixo de EP e que W' sofreu alteração com cargas iniciais acima de EP, confirmando a influência ou não da intensidade na sustentação energética de ambos os dados. Outras interferências como redução ou aceleração de cadência de pedalada já mostraram interferir na redução de W' com esse acréscimo de intensidade e não interferência no caso da redução, assim como nenhuma modificação nos valores de EP com a manipulação da velocidade (VANHATALO *et al.*, 2008b).

A avaliação na ENM não permite uma análise de resultados de AO3 controlando influência de imposição de carga ou controle de ritmo, porém esse ergômetro tem a vantagem da especificidade e da aproximação com a realidade do atleta, além de possibilitar a dissociação da potência em força e velocidade. Seguramente, baseado em nossa investigação, o entendimento mais amplo da relação de potência e seus componentes mecânicos deve gerar ferramenta individualizada de diagnóstico preciso para melhora de desempenho em corrida.

A aplicação laboratorial da adaptação do teste de Vanhatalo *et al.* (2007) utilizada nesse estudo desconsidera fatores que poderiam influenciar nos resultados como, deslocamento do centro de massa nas forças verticais, temperatura do ar, umidade, inclinação e vento. Seria relevante uma análise da influência da frequência e comprimento de passada, e o tempo de contato no solo, o que será realizado em estudos futuros.

## **Conclusão**

A aplicação adaptada para corrida atada em ENM mostrou-se confiável no presente estudo. Ficou evidenciado ser possível a utilização desse ergômetro para aplicação do teste de AO3 garantindo a especificidade da avaliação em esportes que envolvem corrida, tanto para o parâmetro aeróbio quanto para o anaeróbio. No que diz respeito às variáveis força e velocidade, o parâmetros aeróbio dessa última se mostrou reprodutível e confiável, o que não se verificou no componente anaeróbio. Outros estudos, no entanto, serão conduzidos para o estabelecimento da validade dos parâmetros aeróbio e anaeróbio no modelo de potência e seus componentes, em ENM.

## **Agradecimentos**

Esse estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino superior (CAPES), processo número 01P04517/2013 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2009/08535-5.

## Referências bibliográficas

AINSWORTH, B. E.; HASKELL, W. L.; WHITT, M. C.; IRWIN, M. L.; SWARTZ, A. M.; STRATH, S. J.; O'BRIEN, W. L.; BASSETT, D. R., JR.; SCHMITZ, K. H.; EMPLAINCOURT, P. O.; JACOBS, D. R., JR.; LEON, A. S. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 9 Suppl, p. S498-504, Sep 2000.

BERGSTROM, H. C.; HOUSH, T. J.; ZUNIGA, J. M.; CAMIC, C. L.; TRAYLOR, D. A.; SCHMIDT, R. J.; JOHNSON, G. O. A new single work bout test to estimate critical power and anaerobic work capacity. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 3, p. 656-63, Mar 2012.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med**, v. 33, n. 6, p. 407-26, 2003.

BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C. A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, n. 1-2, p. 146-51, Nov 2002.

BROXTERMAN, R. M.; ADE, C. J.; POOLE, D. C.; HARMS, C. A.; BARSTOW, T. J. A single test for the determination of parameters of the speed-time relationship for running. **Respir Physiol Neurobiol**, v. 185, n. 2, p. 380-5, Jan 15 2013.

BURNLEY, M. Estimation of critical torque using intermittent isometric maximal voluntary contractions of the quadriceps in humans. **J Appl Physiol (1985)**, v. 106, n. 3, p. 975-83, Mar 2009.

BURNLEY, M.; DOUST, J. H.; VANHATALO, A. A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 11, p. 1995-2003, Nov 2006.

CHEETHAM, M. E.; WILLIAMS, C.; LAKOMY, H. K. A laboratory running test: metabolic responses of sprint and endurance trained athletes. **Br J Sports Med**, v. 19, n. 2, p. 81-4, Jun 1985.

CHENG, C. F.; YANG, Y. S.; LIN, H. M.; LEE, C. L.; WANG, C. Y. Determination of critical power in trained rowers using a three-minute all-out rowing test. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 4, p. 1251-60, Apr 2012.

DAVIES, B.; DAGGETT, A.; JAKEMAN, P.; MULHALL, J. Maximum oxygen uptake utilising different treadmill protocols. **Br J Sports Med**, v. 18, n. 2, p. 74-9, Jun 1984.

DEKERLE, J.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M. Determination of critical power from a single test. **Science & Sports**, v. 23, n. 5, p. 231-238, Out 2008.

FALK, B.; WEINSTEIN, Y.; DOTAN, R.; ABRAMSON, D. A.; MANN-SEGAL, D.; HOFFMAN, J. R. A treadmill test of sprint running. **Scand J Med Sci Sports**, v. 6, n. 5, p. 259-64, Oct 1996.

FRANCIS, J. T., JR.; QUINN, T. J.; AMANN, M.; LAROCHE, D. P. Defining intensity domains from the end power of a 3-min all-out cycling test. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 9, p. 1769-75, Sep 2010.

HILL, D. W. The critical power concept. A review. **Sports Med**, v. 16, n. 4, p. 237-54, Oct 1993.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Med**, v. 30, n. 1, p. 1-15, Jul 2000.

JASKOLSKA, A.; GOOSSENS, P.; VEENSTRA, B.; JASKOLSKI, A.; SKINNER, J. S. Comparison of treadmill and cycle ergometer measurements of force-velocity relationships and power output. **Int J Sports Med**, v. 20, n. 3, p. 192-7, Apr 1999.

JOHNSON, T. M.; SEXTON, P. J.; PLACEK, A. M.; MURRAY, S. R.; PETTITT, R. W. Reliability analysis of the 3-min all-out exercise test for cycle ergometry. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 12, p. 2375-80, Dec 2011.

JONES, A. M.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M.; MORTON, R. H.; POOLE, D. C. Critical power: implications for determination of  $\dot{V}O_{2max}$  and exercise tolerance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 10, p. 1876-90, Oct 2010.

KARSTEN, B.; JOBSON, S. A.; HOPKER, J.; PASSFIELD, L.; BEEDIE, C. The 3-min Test Does not Provide a Valid Measure of Critical Power Using the SRM Isokinetic Mode. **Int J Sports Med**, Sep 10 2013.

LAKOMY, K. The use of a non-motorized treadmill for analysing sprint performance. **Ergonomics**, v. 30, n. 4, p. 627-637, 1987.

LIM, J. M.; CHIA, M. Y. Reliability of power output derived from the nonmotorized treadmill test. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 3, p. 993-6, Aug 2007.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v. 8, n. 3, p. 329-338, 1965.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVRIES, H. A.; MURO, M. Critical Power as a Measure of Physical Work Capacity and Anaerobic Threshold. **Ergonomics**, v. 24, n. 5, p. 339-350, 1981.

PAPOTTI, M.; ZAGATTO, A. M.; JUNIOR, P. B. F. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 2, p. 126-130, 2005.

PARKER SIMPSON, L.; JONES, A. M.; VANHATALO, A.; WILKERSON, D. P. Influence of initial metabolic rate on the power-duration relationship for all-out exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 7, p. 2467-73, Jul 2012.

PETTITT, R. W.; JAMNICK, N.; CLARK, I. E. 3-min all-out exercise test for running. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 6, p. 426-31, Jun 2012.

TSUCHIE, H.; KOBAYASHI, K.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; ISO, S.; FUKUNAGA, T. Assessment of Sprinting Abilities Using a Resistant Self-driven Treadmill. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 6, n. 0, p. 85-90, 2008.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 3, p. 548-55, Mar 2007.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. A 3-min all-out cycling test is sensitive to a change in critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 9, p. 1693-9, Sep 2008a.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. Robustness of a 3 min all-out cycling test to manipulations of power profile and cadence in humans. **Exp Physiol**, v. 93, n. 3, p. 383-90, Mar 2008b.

VANHATALO, A.; JONES, A. M. Influence of prior sprint exercise on the parameters of the 'all-out critical power test' in men. **Exp Physiol**, v. 94, n. 2, p. 255-63, Feb 2009.

VANHATALO, A.; JONES, A. M.; BURNLEY, M. Application of critical power in sport. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 6, n. 1, p. 128-36, Mar 2011.

WHIPP, B. J.; HUNTSMAN, D. J.; STORER, T. W.; LAMARRA, N.; WASSERMAN, K. A Constant Which Determines the Duration of Tolerance to High-Intensity Work. **Federation Proceedings**, v. 41, n. 5, p. 1591-1591, 1982.

### **3.2 Artigo 2**

#### **RELAÇÕES DOS PARÂMETROS AERÓBIOS E ANAERÓBIOS DO MODELO DE POTÊNCIA CRÍTICA DETERMINADOS DE MANEIRA CONVENCIONAL E POR ALL-OUT DE 3-MIN EM ESTEIRA ROLANTE NÃO MOTORIZADA.**

Maria C. T. Gama, Claudio A. Gobatto

Faculdade de Ciências Aplicadas-FCA- UNICAMP, Limeira, SP, Brasil.

Palavras chave: ergômetro, potência mecânica, força, velocidade, capacidade aeróbia e capacidade anaeróbia.

Informações para contato:

Claudio Alexandre Gobatto

Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte - LAFAE

Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP/Limeira, SP, Brasil.

e-mail: [cgobatto@uol.com.br](mailto:cgobatto@uol.com.br)

## Resumo

Apesar da importância da aplicação da potência no desempenho da corrida, essa variável raramente é avaliada devido à dificuldade na aplicação de testes em ergômetros específicos para corredores. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram viabilizar a utilização da esteira motorizada (EM) e esteira não motorizada (ENM) em corrida atada para obtenção de potência mecânica, por meio de sensores de força e velocidade sincronizados ao sistema. Com isso, objetivou-se verificar correlações entre os dados fisiológicos de parâmetros aeróbios e anaeróbios obtidos em corrida atada, na aplicação do lactato mínimo (LM), teste convencional de potência crítica e *all-out* de três minutos (AO3). Participaram do estudo nove homens com idade média de  $23 \pm 4$  anos. A coleta de dados foi desenvolvida em oito dias. Avaliação antropométrica e adaptação dos participantes aos ergômetros EM e ENM foram realizadas nos dois primeiros dias. Nos quatro dias subsequentes os participantes foram submetidos ao protocolo convencional de determinação da potência crítica (PC). Os testes de AO3 e LM foram realizados no sétimo e oitavo dia, respectivamente. Os resultados da Anova one-way não demonstraram diferença estatística para nenhum dos parâmetros de capacidade aeróbia, já os dados anaeróbios apresentaram diferença estatística, e o post-hoc Newman keuls apontou que CTA Hip., CTA  $\bar{v}$  vs. t e CTA P vs. 1/t não são diferentes entre si, assim como  $W'$  e trabalho total realizado em AO3s (WT30s), porém  $W'$  e WT30s são diferentes de CTA Hip., CTA  $\bar{v}$  vs. t e CTA P vs. 1/t. Resultados positivos de correlação de Pearson e ICC (concordância absoluta) foram encontrados para aplicações aeróbias de PC Hip., PC  $\bar{v}$  vs. t, PC P vs. 1/t, e EP. Porém PLM não demonstrou ter correlação ou confiabilidade com nenhum dos modelos matemáticos citados anteriormente. Para os dados anaeróbios apenas os três modelos da potência crítica convencional se correlacionaram e demonstraram altos valores de ICC (concordância absoluta). Por meio das análises estatísticas de comparação e correlação entre os valores obtidos,  $R^2$  das equações, sensibilidade do sistema desenvolvido para aquisição de dados (1000 Hz) e rigor metodológico, os resultados deste estudo sugerem que tanto as aplicações de PC convencional e AO3 em corrida atada na ENM, quanto LM em corrida atada na EM são métodos viáveis para obtenção de parâmetros de capacidade aeróbia em unidade de potência mecânica.

## Introdução

A potência mecânica produzida por determinado grupo muscular durante o movimento humano é determinada por aplicação de força e de velocidade. (KNUDSON, 2009). Apesar da importância desse parâmetro para o desempenho da corrida (LAKOMY, 1987), existe muita dificuldade em utilizar essa variável com a finalidade de obter informações fisiológicas e biomecânicas (LAKOMY, 1993; FUNATO *et al.*, 2001). Isso ocorre porque correr é uma ação que envolve várias articulações e grupos musculares e porque há uma oscilação da predominância de abastecimento de energia provinda dos metabolismos aeróbio e anaeróbio ser dependente da intensidade e duração do exercício e da condição física de cada corredor (LAKOMY, 1993). Além desses fatores, há uma escassez de métodos confiáveis que garantam a especificidade no padrão mecânico dessa modalidade (JOSEPHSON, 1985; LAKOMY, 1987).

A maioria dos protocolos desenvolvidos para obtenção das medidas fisiológicas de capacidade aeróbia (CA) e anaeróbia (CTA) em corredores é realizada em campo (corrida, ciclismo e natação) ou em esteira rolante motorizada (EM), e objetivam determinar tais intensidades baseados na velocidade realizada pelo indivíduo (HUGHSON *et al.*, 1984; TEGTBUR *et al.*, 1993; KRANENBURG e SMITH, 1996; BERGSTROM, HOUSH, ZUNIGA, CAMIC, *et al.*, 2012). Alguns protocolos utilizam a potência mecânica mensurada em cicloergômetro (MORITANI *et al.*, 1981b; HOUSH *et al.*, 1990; VANHATALO *et al.*, 2007; JOHNSON *et al.*, 2009), devido à facilidade de acesso a esse equipamento. Com relação à capacidade aeróbia, o teste de máxima fase estável de lactato (MFEL) é considerado padrão ouro para sua determinação (GOBATTO *et al.*, 2001; BILLAT *et al.*, 2003). No entanto, o teste de lactato mínimo (LM) também é considerado um excelente indicador da intensidade de equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo (TEGTBUR *et al.*, 1993; MACINTOSH *et al.*, 2002; VOLTARELLI *et al.*, 2004).

Algumas metodologias destinadas à determinação de parâmetros anaeróbios utilizam dados de potência em testes máximos e são muito aplicadas no campo esportivo. Como exemplo, o teste de Wingate, proposto por Bar-Or (1987), considerado padrão ouro para a potência anaeróbia, utiliza o cicloergômetro em *sprint* máximo de trinta segundos

para determinar potência anaeróbia (VANDEWALLE *et al.*, 1987; VANDEWALLE *et al.*, 1989). Foram encontradas evidências na literatura de que também é possível estimar, nesse mesmo protocolo, a capacidade anaeróbia, que pode estar representada pelo trabalho total realizado ao longo do tempo total de esforço (MCARDLE *et al.*, 2008). Segundo Vandewalle *et al.* (1987), essa capacidade é refletida na potência média realizada pelo indivíduo e a potência pico demonstra a velocidade de fornecimento energético por vias anaeróbias, ou a potência anaeróbia. Ainda em termos de capacidade anaeróbia, o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) proposto por Medbo *et al.* (1988) e o parâmetro anaeróbio do modelo de potência crítica, desenvolvido por Monod & sherrer (1965), são confiáveis para essa determinação (GREEN e DAWSON, 1993), sendo o primeiro considerado padrão ouro para capacidade anaeróbia.

O teste de potência crítica é capaz de fornecer parâmetros de CA e CTA, sendo este de fácil aplicabilidade e de metodologia não invasiva (MORITANI *et al.*, 1981b; HUGHSON *et al.*, 1984; HOUSH *et al.*, 1991; BRICKLEY *et al.*, 2007). Para obtenção da CA ou intensidade de potência crítica (PC) e da CTA, são analisadas as potências produzidas pelo avaliado durante sessões diferentes de esforços exaustivos, e esses dados são posteriormente confrontados aos respectivos tempos de exaustão (MONOD e SCHERRER, 1965; PAPOTTI *et al.*, 2005). Esse método pode ser aplicado em três modelos matemáticos diferentes: hiperbólico potência versus tempo limite (Hip.), linear potência versus 1/tempo (P vs. 1/t) e linear trabalho versus tempo limite ( $\bar{W}$  vs. t) (HILL, 1993). Vanhatalo *et al.* (2007) descreveram outra forma de avaliação referenciada no modelo linear 1/tempo, observando o comportamento da potência mecânica. O teste nomeado *all-out* de três minutos (AO3) propicia a obtenção dos mesmos parâmetros metabólicos da mesma forma que o teste de potência crítica convencional. Nesse modelo de um dia de aplicação máxima de três minutos a capacidade aeróbia é chamada EP e a capacidade de trabalho anaeróbio  $W'$ . A primeira aplicação de AO3 foi realizada em cicloergômetro e sua reprodutibilidade foi comprovada por vários autores em diferentes ergômetros (BURNLEY *et al.*, 2006; VANHATALO *et al.*, 2007; BERGSTROM, HOUSH, ZUNIGA, CAMIC, *et al.*, 2012; CHENG *et al.*, 2012). AO3 já foi aplicado em corrida livre (PETTITT *et al.*, 2012; BROXTERMAN *et al.*, 2013), porém nunca por meio

da aferição da potência em esteira motorizada (EM) ou esteira rolante não motorizada (ENM).

A ENM em corrida atada é um ergômetro que permite ao indivíduo realizar corridas similares às atividades livres em campo, principalmente por conta da ausência de imposição de força e de velocidade (LAKOMY, 1987), desconsiderando o atrito gerado pela esteira na superfície de contato com a base. Avaliações em corrida atada na EM e ENM tem se mostrado uma forma eficiente de mensurar potência mecânica e demandas fisiológicas nessa modalidade, principalmente durante *sprints* (LAKOMY, 1987; FALK *et al.*, 1996; JASKOLSKA *et al.*, 1999; BRUGHELLI *et al.*, 2011; MORIN e SEVE, 2011). Entretanto, até onde temos conhecimento, os testes de AO3, LM e potência crítica nunca foram aplicados baseados na obtenção de potência em ergômetros tão específicos para corredores. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram viabilizar a utilização da EM e ENM em corrida atada para obtenção de potência mecânica, por meio de sensores de força e velocidade sincronizados ao sistema. Com isso, objetivou-se verificar correlações entre os dados fisiológicos de parâmetros aeróbios e anaeróbios obtidos em corrida atada, na aplicação do LM, teste convencional de potência crítica e AO3.

## **Materiais e Métodos**

### **Participantes**

Participaram do estudo nove indivíduos do sexo masculino ( $24 \pm 4$  anos,  $78,5 \pm 9,1$  kg,  $179 \pm 8$  cm,  $9,0 \pm 3,5\%$  de gordura corporal), ativos fisicamente, que relataram praticar atividade física ao menos três vezes por semana, com idades variando de 20 a 30 anos. Os participantes executaram os testes propostos após assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 1) aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com humanos da Universidade Estadual de Campinas (ANEXO 2). Este termo contém informações a respeito dos procedimentos do estudo, atestando a participação voluntária e concordando com a utilização dos dados para posteriores publicações científicas oriundas deste trabalho, além de atestarem a não utilização de nenhuma substância ilícita.

Os voluntários responderam ao *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) (ANEXO 3) no qual o *score* mínimo suficiente para classificá-los como “ativos fisicamente” foi utilizado como critério de inclusão (AINSWORTH *et al.*, 2000).

Cada participante foi orientado a manter uma dieta leve e a comparecer bem hidratado nos dias dos testes. Foram orientados a realizarem a última refeição no mínimo duas horas antes dos procedimentos. Não puderam consumir bebidas contendo álcool em menos de 24 horas dos testes e cafeína em menos de 04 horas, bem como a prática de exercícios muito intensos durante todo o período de testes.

## **Avaliação antropométrica**

A avaliação antropométrica foi realizada para caracterização da amostra. Foram obtidos os valores de peso por meio da balança (TOLEDO® modelo 2098 coluna 1,0m), de estatura e de gordura corporal com um adipômetro científico Sanny® utilizando o protocolo de Pollock (1975) de quatro dobras cutâneas, a saber, tricipital, suprailíaca, abdominal e coxa.

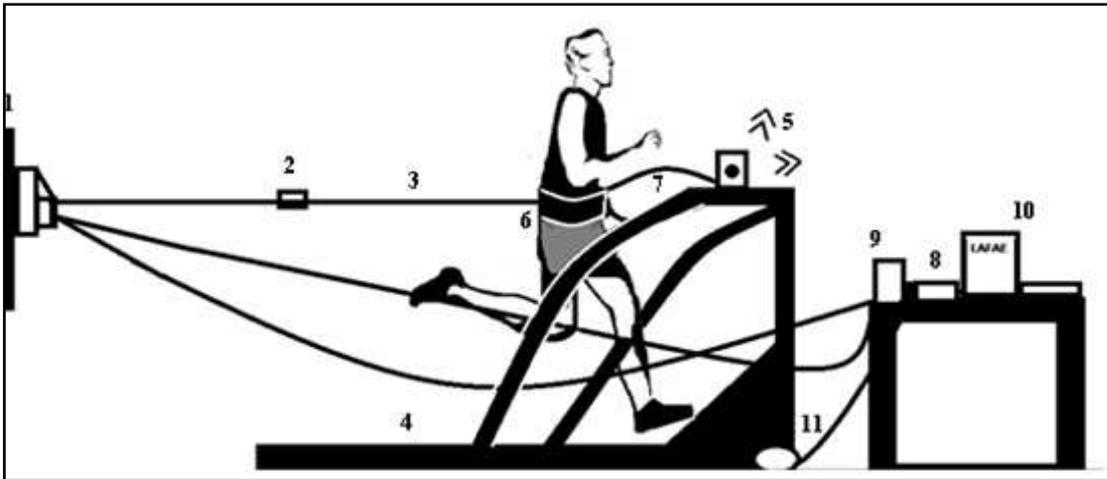
## **Procedimentos**

Foram realizadas oito visitas ao laboratório para a coleta dos dados. Nas duas primeiras, foi realizada a avaliação antropométrica e a adaptação aos ergômetros EM e ENM. Após essa adaptação, foram utilizados quatro dias para aplicação do protocolo convencional de determinação da PC. No sétimo dia foi realizado o teste AO3 e, na oitava visita, os participantes foram submetidos ao teste de lactato mínimo (LM). Antes de todos os testes os participantes fizeram um aquecimento na EM da marca Inbramed (Modelo Super ATL, Brasil), por cinco minutos de corrida em velocidade de 7.0 km/h.

Para determinação da PC por meio do protocolo adaptado para ENM, os avaliados realizaram quatro esforços até exaustão contra diferentes forças de resistência. Os voluntários correram atados por um cabo de aço preso a um sistema elástico (Fig. 1). As resistências foram impostas pelo aumento da força elástica a partir do número de elásticos no sistema (três, quatro, cinco e seis), e mensuradas por sistema de captação de sinais de força. Cada carga preditiva teve duração entre dois e quinze minutos e os voluntários foram orientados a manter intensidades constantes nas cargas estabelecidas, até o momento da exaustão. O critério de exaustão foi definido por meio de um aparato de exaustão desenvolvido pelos autores. Esse aparato foi acoplado à barra anterior da esteira, e seu intuito era definir uma área alvo para a corrida dos executantes na esteira. Essa zona alvo foi monitorada por meio do aparelho de exaustão e este era sensível a deslocamentos consideráveis que representavam o caso do avaliado não mais sustentar a posição do corpo no local previamente estabelecido. O equipamento disparava sinal sonoro, juntamente com um cronômetro regressivo de cinco segundos. Se o participante fosse capaz de vencer aos elásticos e retornar no local estabelecido (mantendo o sinal de força preditivo), o sinal sonoro era cessado, assim como o cronômetro regressivo. A exaustão foi estabelecida

quando o participante, mesmo ouvindo o sinal sonoro, não foi capaz de restabelecer a força necessária para se manter na posição alvo , durante mais do que cinco segundos.

No teste de AO3, os participantes executaram a corrida em ENM com o cinto ajustado na cintura e ligado diretamente ao cabo de aço acoplado na célula de carga (CSL/ZL-250, MK Controle e Instrumentação Ltda.®) fixada em poste de altura regulável. Dado o sinal de início do protocolo o participante foi orientado a correr durante três minutos na maior intensidade que conseguisse, atrelado a esse sistema atado. O sucesso da sessão de teste ocorreu apenas quando o voluntário conseguiu finalizar os três minutos propostos. Os indivíduos receberam encorajamento verbal constante, mas não foram informados do tempo decorrido.



**Figura 1.** Figura esquemática do sistema desenvolvido em esteira não motorizada (AO3 e PC) e esteira motorizada (LM), para realização dos testes. Legenda: 1. Barra de regulagem da altura do participante; 2. Célula de carga; 3. Cabo de aço mais corda elástica (PC e LM) ou apenas cabo de aço (AO3); 4. ENM; 5. Aparato de exaustão; 6. Cinto preso ao cabo de aço e ao participante; 7. Cinto de segurança do aparato de exaustão; 8. Módulo; 9. Amplificador de sinais; 10. Computador; 11. Cilindro anterior da esteira.

Já para realização do protocolo de LM, inicialmente os participantes executaram um teste de *all-out* de trinta segundos na ENM (AO30s), sendo esse um teste máximo em corrida atada com aferição das forças e da velocidade, para indução da hiperlactacidemia. Posteriormente foi respeitado um intervalo de oito minutos, assim como sugerido pelo teste original de Tegtbur *et al.* (1993), para que o lactato produzido no esforço máximo estivesse presente na corrente sanguínea. Após esse intervalo, o avaliado começou um teste incremental de carga progressiva na EM, onde permaneceu atado ao cabo de aço acoplado a dois elásticos para captação do sinal de força. Foi estipulada a ele, como incremento de carga, a velocidade de 1.0 km/h a cada 3 minutos de teste, iniciando na intensidade de 7.0 km/h até o momento da exaustão voluntária.

A velocidade dos indivíduos nos dois testes realizados em ENM foi determinada por um sensor de efeito hall e um ímã, localizados no cilindro (rolo) anterior desse ergômetro. A frequência de aquisição de dados de força em todos os testes e de velocidade nos protocolos realizados na ENM foi de 1000 Hz.

É importante ressaltar que a calibração do equipamento para medidas de força, foi executada antes de cada um dos testes aplicados na pesquisa.

Tanto a célula de carga como o sensor de efeito hall emitem sinais que foram modulados por meio de um condicionador de sinais (USB-6008, National Instruments®). Estes foram captados por um computador com software específico (LabView Signal Express 2009, National Instruments®) na frequência citada. Os dados obtidos por esse sistema, durante os testes, foram posteriormente transferidos para ambiente MatLab (MatLab® R2008a, MathWorkstm), onde as informações em milivolts (mV), geradas por ambos os sensores foram tratadas, para serem então interpretadas e transformadas em unidades das força (newton) e velocidade (m/s).

Amostras sanguíneas foram coletadas do lóbulo da orelha em cinco momentos durante os testes de AO3 e PC. A primeira foi realizada em repouso (LAC REP), a segunda após os cinco minutos do aquecimento (LAC PA) e as demais imediatamente ao final da sessão (LAC PT), e após transcorrerem 5 (LAC P5) e 8 minutos (LAC P8) pós-esforço. Para as aplicações de modelo matemático o LAC P5 foi considerado o valor de pico dessa variável fisiológica. Já no protocolo de LM, a coleta do lactato sanguíneo aconteceu no repouso (LAC REP), pós hiperlactacidemia (LAC PH), antes do teste incremental (LAC P), a cada 3 minutos do teste, e ao seu término (LAC1, LAC2, LAC3, até o lactato final - LACF). O LAC P foi considerado como lactato mais alto dessa aplicação. Posteriormente, foi realizada a análise da cinética deste parâmetro e estimação da intensidade de lactato mínimo. Foram coletados 25µL de sangue com a utilização de capilares heparinizados e calibrados, sendo as amostras posteriormente depositadas em tubos *Eppendorf* contendo 400µL de TCA 4%, para bloqueio das reações no meio e desproteíntização do sangue. Por ser esse volume de sangue extremamente pequeno, não foram acarretadas alterações sistêmicas ao avaliado.

Os valores de frequência cardíaca (HR) dos participantes foram registrados (batimento a batimento) por meio da utilização de monitores cardíacos da marca Polar® modelo RS800CX. Os dados foram registrados nos momentos de repouso (HR R) e imediatamente ao término de todos os testes (HR PT).

Os protocolos foram realizados com condições de temperatura e de umidade do ar controladas (23°C e umidade variando de 30 a 45%). Foi respeitado um intervalo mínimo

de 24 horas entre todos os testes. Além disso, eles foram executados randomicamente para evitar influência da progressividade das cargas nos resultados da pesquisa.

## **Tratamento dos Dados**

### **Determinação da velocidade na ENM (m/s)**

Foi desenvolvido pelos criadores da ENM um sensor capaz de registrar a variação de velocidade. Esse sensor tem efeito hall e capta a presença magnética de um pequeno imã fixo ao rolo dianteiro de suporte à cinta da esteira, marcando cada volta completa.

Com essa forma de aferição, a velocidade foi obtida por meio de sinal condicionado ao deslocamento do tempo, já que os pulsos são gerados a cada volta completa do rolo dianteiro da esteira.

Sendo o deslocamento linear para cada giro do rolo, determinado pela equação  $\Delta S = 2\pi r$ , foi observado, pelas dimensões da esteira não motorizada, que a cada sinal do sensor a distância linear percorrida foi de 0,24 m. Assim, foi possível determinar a velocidade de corrida por meio da razão desse valor pelo tempo de intervalo entre cada pulso.

### **Determinação da Potência (Watt)**

A interpretação dos dados gerados a partir do sistema de célula de carga para a esteira não motorizada possibilitou a captação da força horizontal gerada pelo avaliado. A partir disso, em cada avaliação, foi possível obter o valor da potência mecânica realizada pelo indivíduo, por meio do produto da força pela velocidade.

### **Determinação dos parâmetros aeróbios e anaeróbios provenientes do teste de AO3**

As cinéticas da potência, da força e da velocidade geradas por cada sujeito durante o AO3 foram registradas e analisadas no tempo. A característica comum a essa resposta (ao menos no parâmetro potência) é de elevação dos valores no início e queda no último minuto, apresentando estabilização nessa fase. Para fins de determinação, foram considerados os valores médios da potência crítica (EP) nos trinta segundos finais de

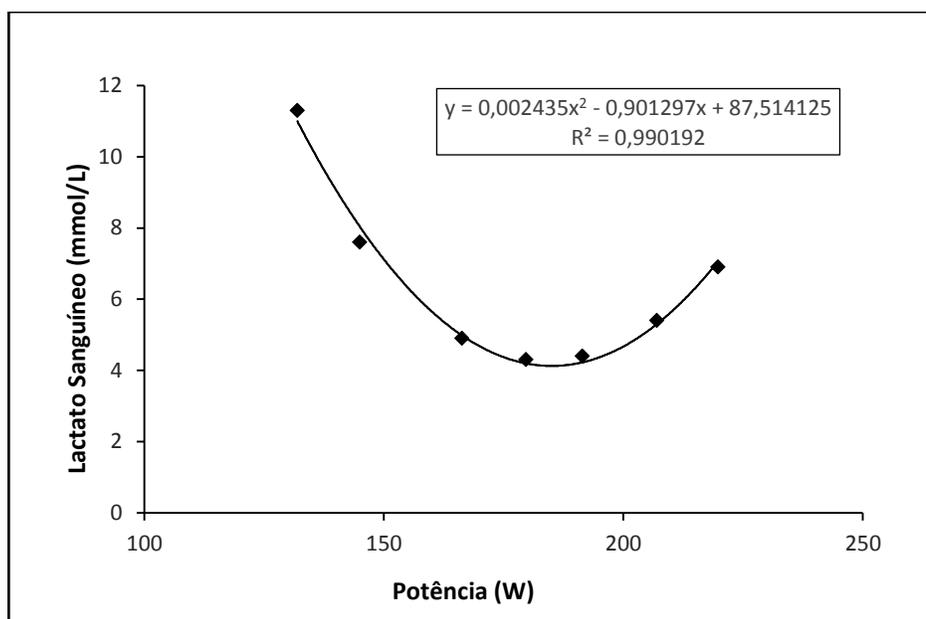
avaliação. Por meio da área obtida na cinética analisada por método trapezoidal (potência), foi determinado o componente anaeróbio do protocolo, sendo para isso subtraídos os valores referentes ao abastecimento por processos aeróbios (produto do tempo pela EP). Dessa forma, foi possível encontrar os valores de capacidade de trabalho anaeróbio ( $W'$ ) a partir dos gráficos de potência.

### **Determinação dos parâmetros aeróbios e anaeróbios provenientes do protocolo convencional de PC**

Para estabelecer a intensidade de cada carga preditiva do teste de PC, foi utilizado o cálculo da integral de todos os gráficos de potência horizontal obtidos em cada uma das quatro sessões de teste denominadas carga preditiva 1 (Preditiva 3 elásticos), carga preditiva 2 (Preditiva 4 elásticos), carga preditiva 3 (Preditiva 5 elásticos) e carga preditiva 4 (Preditiva 6 elásticos). Os valores de potência mecânica obtidos foram posteriormente confrontados com os tempos limite correspondentes para aplicação dos três modelos matemáticos: hiperbólico da potência vs. tempo limite (Hip), linear potência vs.  $1/\text{tempo}$  ( $\bar{T}$  vs  $t$ ) e linear trabalho vs. tempo limite ( $P$  vs  $1/t$ ). Por meio da análise gráfica foi possível à obtenção dos parâmetros aeróbios (PC) e anaeróbios (CTA) de capacidade, provenientes do modelo Hip (PC Hip e CTA Hip), provenientes do modelo  $\bar{T}$  vs  $t$  (PC  $\bar{T}$  vs  $T$  e CTA  $\bar{T}$  vs  $t$ ) e do modelo PC  $P$  vs  $1/t$  (PC  $P$  vs  $1/t$  e CTA  $P$  vs.  $1/t$ ).

### **Determinação da intensidade de LM**

Para obtenção da intensidade da potência de lactato mínimo ( $P_{LM}$ ), foi utilizado aplicação da equação polinomial de segunda ordem entre as potências (Watts) calculadas durante cada um dos estágios do teste progressivo e a cinética do lactato sanguíneo (mmol/L) de cada voluntário. Para cálculo dessa potência mecânica, foram multiplicadas as velocidades (metros por segundo) impostas na EM durante cada um dos estágios de três minutos vs. os valores médios dos sinais de força (Newton) respectivos. As cinéticas da potência, da força e da velocidade geradas por cada sujeito durante o AO30s foram registradas e analisadas no tempo, e o trabalho total realizado por cada indivíduo durante essa aplicação (WT30s) foi considerado como o parâmetro de capacidade anaeróbia proveniente de LM.



**Figura 2.** Potência (W) vs. lactato sanguíneo (mmol/L) em aplicação da equação polinomial de grau dois para obtenção da intensidade de lactato mínimo de um dos voluntários.

### **Análise de lactato por espectrofotometria**

As concentrações de lactato sanguíneo em aplicação de teste e reteste de AO3, PC e LM foram determinadas por método enzimático. O sangue (25µL) coletado durante as avaliações foi transferido imediatamente para tubos Eppendorf de 1,5 ml contendo 400µl de solução de ácido tricloroacético a 4% (TCA) para sua desproteínização e armazenado a uma temperatura de 2 a 8 C°. Em seguida os Eppendorfs foram agitados e centrifugados, para posterior retirada de 100µl do sobrenadante em cada uma das amostras, que foram transferidas para tubos de ensaio, sendo adicionados 500µl de reativo (estoque de glicina / EDTA), Hidrazina Hidrato 33%, NAD (Beta-Nicotinamide Dinucleotide, SIGMA) e LDH (L-Lactic Dehydrogenase bovine heart – 1000 units/mL, SIGMA) em pH 8,85. As amostras foram posteriormente agitadas e incubadas durante 20 minutos em banho-Maria mantido a 37°C. A concentração de lactato foi determinada 340nm contra a curva de calibração com padrões de 5, 10, 15 e 30mM (Engel & Jones, 1978).

## **Análises estatísticas**

As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica 6.0 (Statsoft, EUA) e MatLab 7.0. Os resultados estão expressos em valores de média e desvio padrão ( $\pm$  DP). Inicialmente foram aplicados testes de normalidade (Shapiro Wilk) e homogeneidade (Levene) para identificar a característica dos dados. Por apresentarem normalidade e homogeneidade, foram adotados os métodos preconizados pela estatística paramétrica.

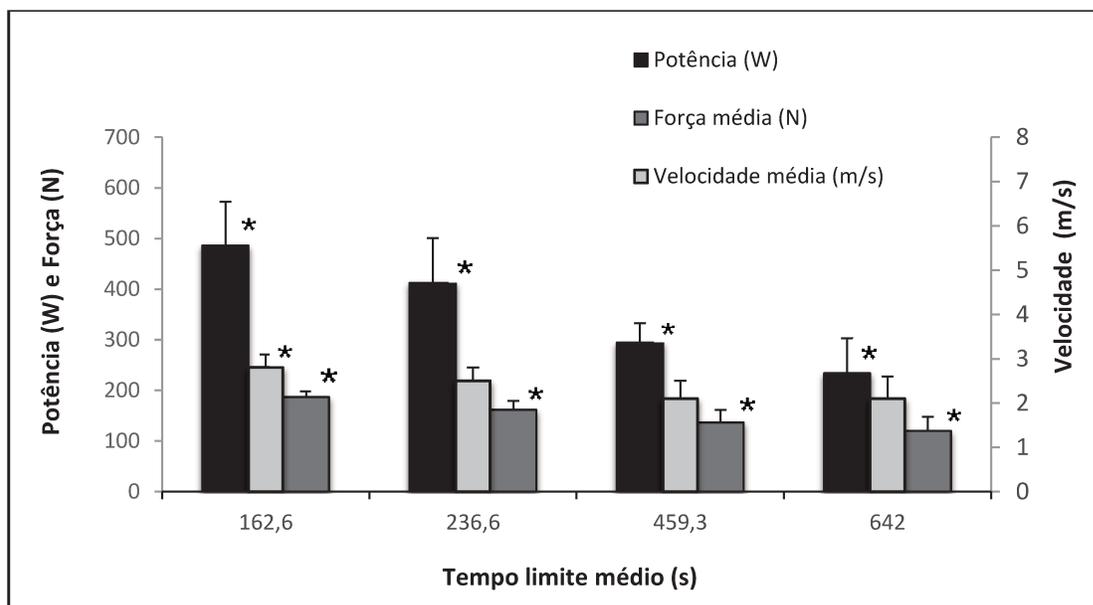
Posteriormente foram aplicados correlações de Pearson e ICC de concordância absoluta nas análises entre os métodos utilizados. Os parâmetros analisados foram os valores de capacidade aeróbia de PC Hip., PC P vs 1/t e PC P vs 1/t extraídos do método de PC convencional, EP proveniente de AO3 e P LM referente ao teste de LM. Já os dados anaeróbios, foram CTA Hip, CTA P vs 1/t e CTA P vs 1/t de PC convencional, W' de AO3 e Wt30s derivada do AO30s que preconizou o teste de LM. Foram utilizados Anova Owo-way e post-hoc Newman keuls para análise de comparação das variáveis de capacidade aeróbia e anaeróbia de AO3 (EP e W'), Potência crítica convencional (PC Hip E CTA Hip, PC  $\bar{U}$  vs t e CTA  $\bar{U}$  vs T e PC P vs 1/t e CTA P vs 1/t) e LM (PLM e WT30s). E também para dados mecânicos (Pp, Pm, Fm e Vm) e respostas fisiológicas agudas de frequência cardíaca (HR F) e lactato sanguíneo pico (LAC P) de todos os métodos de avaliação utilizados. Para todos os testes de hipótese realizados foi adotado um nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

## **Resultados**

### **Teste de potência crítica convencional**

Os valores de média e desvio padrão dos dados aeróbios e anaeróbios, assim como os  $R^2$  provenientes das aplicações dos três modelos do teste de PC convencional estão apresentados da Tabela 1. Os coeficientes de variação (CV) interparticipantes para dados aeróbios foram de 44%, 39% e 43% para PC Hip, PC  $\bar{U}$  vs t e PC P vs 1/t respectivamente. Já os dados anaeróbios apresentaram uma variância de 33% para CTA Hip, 23% para CTA  $\bar{U}$  vs t, e 24% para CTA P vs 1/t. As informações mecânicas oriundas das análises das variáveis de potência, força e velocidade em cada uma das sessões de carga preditiva, estão

apresentadas na Figura 3. Foram encontradas diferenças significativas entre as potências (W) e as forças (N) oriundas das cargas preditivas de PC (Figura 3). Com relação às velocidades, apenas a intensidade de seis elásticos apresentou diferença estatística com as demais. Não foram observadas diferenças entre as demais intensidades (número de elásticos).



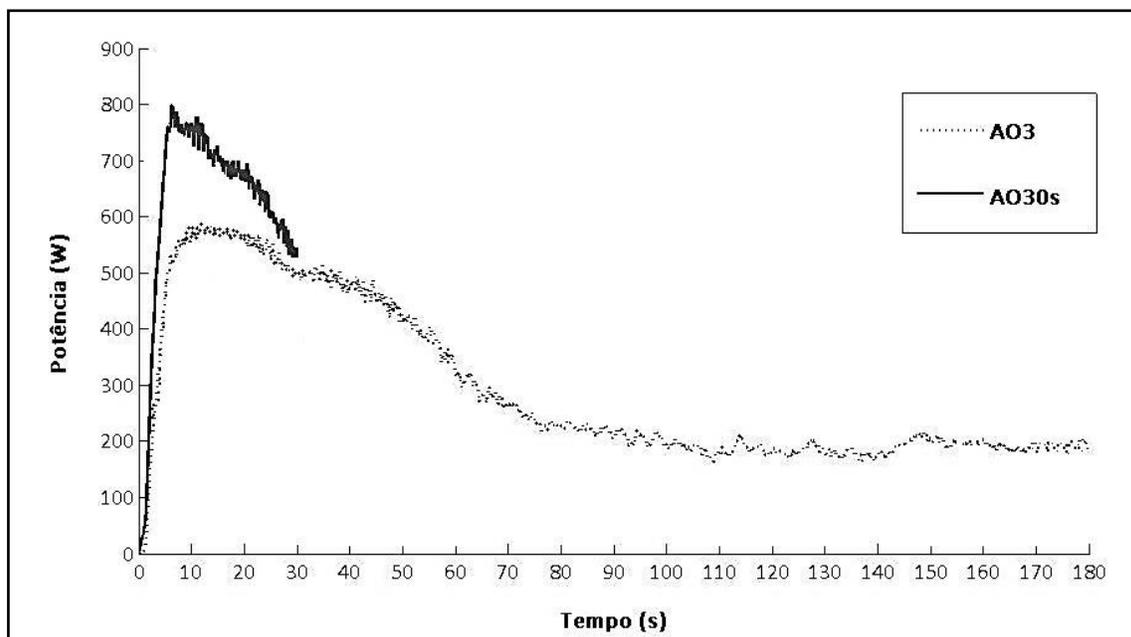
**\*Diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação ao mesmo parâmetro nas demais aplicações.**

**Figura 3.** Média e desvio padrão das variáveis de potência (W), força (N) e velocidade (m/s) vs. o tempo de exaustão médio de cada carga preditiva aplicada no teste de potência crítica convencional (Carga preditiva 6 elásticos, carga preditiva 5 elásticos, carga preditiva 4 elásticos e carga preditiva 3 elásticos respectivamente).

### Teste de AO3

Os valores de média e desvio padrão dos dados aeróbios e anaeróbios, assim como os  $R^2$  provenientes da aplicação de AO3 estão apresentados da Tabela 1. Os valores de CV para dados aeróbios e anaeróbios foram de respectivamente de 32% para EP e 27% para W'. A Figura 4 é uma imagem gráfica representativa da cinética da potência mecânica de

um dos indivíduos (participante # 6) durante essa aplicação. A potência pico ocorreu em média durante os primeiros  $7,3 \pm 1,8$  segundos de teste e a estabilização dessa variável em torno de 90 e 120 segundos de aplicação.



**Figura 4.** Gráfico demonstrativo referente ao comportamento da variável potência (W) vs. tempo (s) de um dos voluntários (participante # 6) durante aplicação dos testes de AO3 e AO30s.

#### Teste de lactato mínimo e AO30s

Os valores de média e desvio padrão dos dados aeróbios de LM e anaeróbios de AO30s, assim como os  $R^2$  provenientes das duas aplicações estão apresentados da Tabela 1. Os CVs para os dados aeróbios de PLM foram de 13% e anaeróbios de WT30s foram 12,5%. O comportamento da potência durante AO30s, que está representado na Figura 4 apresentou um tempo de pico com média em torno de  $6,9 \pm 1,2$  segundos de esforço máximo, e nenhuma estabilização desse parâmetro até o final dos trinta segundos. O valor médio da variável força durante todos os estágios foi  $79,3 \pm 9$  N. A potência foi crescente a cada estágio por conta do acréscimo da velocidade de 1 km/h a cada 3 minutos. Os

voluntários realizaram a corrida até exaustão que aconteceu entre o quarto e o oitavo estágio do teste progressivo, variando de acordo com o condicionamento de cada avaliado.

**Tabela 1.** Parâmetros de capacidade aeróbios e anaeróbios derivados da aplicação dos testes de AO3 (EP e W'), PC convencional (potência crítica modelo hiperbólico – PC Hip., potência crítica modelo trabalho versus tempo - PC  $\bar{v}$  vs t, potência crítica modelo potência versus 1/tempo – PC P vs 1/t, capacidade de trabalho anaeróbio modelo hiperbólico – CTA Hip, capacidade de trabalho anaeróbio modelo trabalho versus tempo – CTA  $\bar{v}$  vs t e capacidade de trabalho anaeróbio modelo potência versus 1/ tempo - CTA P vs 1/t), teste de LM (PLM e Wt30s), e R<sup>2</sup> das equações matemáticas (n=9).

CAPACIDADE AERÓBIA - POTÊNCIA MECÂNICA (Watts - W)										
	EP	R <sup>2</sup>	PC Hip	R <sup>2</sup>	PC $\bar{v}$ vs t	R <sup>2</sup>	PC P vs 1/t	R <sup>2</sup>	PLM	R <sup>2</sup>
<b>Média</b>	162,4	0,78	169,6	0,98	175,3	0,95	163,3	0,95	214	0,95
<b>DP</b>	52,0	0,2	75,3	0,0	68,6	0,0	71,1	0,0	27,5	0,3
CAPACIDADE DE TRABALHO ANAERÓBIA (kJ)										
	W'	R <sup>2</sup>	CTA Hip	R <sup>2</sup>	CTA $\bar{v}$ vs t	R <sup>2</sup>	CTA P vs 1/t	R <sup>2</sup>	Wt30s	R <sup>2</sup>
<b>Média</b>	16,6 <sup>ab</sup>	0,78	48,0 <sup>a</sup>	0,98	44,6 <sup>a</sup>	0,95	46,8 <sup>a</sup>	0,95	19,2 <sup>ab</sup>	0,75
<b>DP</b>	4,6	0,2	16,2	0,0	10,6	0,0	11,3	0,0	2,4	0,2

**\*Diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos parâmetros anaeróbios CTA Hip., CTA  $\bar{v}$  vs.t e CTA P vs.1/t.\*Letras diferentes representam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os dados.**

## Interação entre as aplicações

Os parâmetros fisiológicos de lactato pico (LAC P - mmol/L) e frequência cardíaca (HR - bpm), provenientes das aplicações dos testes de AO3, cargas preditivas da PC, AO30s e LM, não apresentaram diferenças significativas (Tabela 2). Como ilustrado na Figura 4, os valores de média  $\pm$  desvio padrão das potências pico (Pp) de AO30s ( $942 \pm 226W$ ) foram estatisticamente diferentes da média  $\pm$  desvio padrão de Pp obtida em AO3 ( $649 \pm 169W$ ).

Para os dados aeróbios de capacidade, Anova one-way não revelou diferença estatística para PC Hip, PC  $\bar{U}$  vs t, PC P vs 1/t, EP e PLM. Nos dados anaeróbios de capacidade, o teste estatístico apontou diferença significativa (Tabela 1), e o post-hoc Newman keuls aplicado indicou que CTA Hip, CTA  $\bar{U}$  vs t e CTA P vs 1/t não são diferentes entre si, assim como W' e trabalho total realizado em AO30s (WT30s), porém W' e WT30s são diferentes de CTA Hip, CTA  $\bar{U}$  vs t e CTA P vs 1/t.

Nas tabelas 3 e 4 estão apresentados os dados de correlação para os valores de capacidade aeróbia e anaeróbia respectivamente. Resultados positivos de correlação de Pearson e ICC (concordância absoluta) foram encontrados para aplicações aeróbias de PC Hip, PC  $\bar{U}$  vs t, PC P vs 1/t, e EP. Porém, PLM não demonstrou ter correlação ou confiabilidade com nenhum dos modelos matemáticos citados anteriormente. Para os dados anaeróbios apenas os três modelos da potência crítica convencional se correlacionaram e apresentaram elevados valores de ICC (concordância absoluta).

**Tabela 2.** Média  $\pm$  desvio padrão dos parâmetros fisiológicos de lactato pico (LAC P) e frequência cardíaca pós-teste (HR PT) derivados da aplicação dos testes de AO3, cargas preditivas para obtenção de PC convencional (Preditiva 3 elásticos, preditiva 4 elásticos, preditiva 5 elásticos, preditiva 6 elásticos), AO30s e LM (LM) (n=9).

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS								
		AO3	PREDITIVA 3 ELÁSTICOS	PREDITIVA 4 ELÁSTICOS	PREDITIVA 5 ELÁSTICOS	PREDITIVA 6 ELÁSTICOS	AO30s	LM
<b>LAC P</b> (mmol/L)	<b>Média</b>	11,7	10,4	10,3	13,3	13,3	13,6	11,7
	<b>DP</b>	4,7	3,9	3,3	2,8	4,6	3,8	3,3
<b>HR PT</b> (bpm)	<b>Média</b>	178	180	179	180	179	175	180
	<b>DP</b>	7	9	9	9	7	8	5

**Tabela 3.** Resultados da Correlação de Pearson e ICC (Concordância absoluta) entre os parâmetros anaeróbios provenientes da aplicação dos testes de AO3 (EP), PC convencional (PC Hip, PC  $\bar{v}$  vs. t e PC P vs. 1/t) e LM (PLM) (n=9).

PARÂMETROS AERÓBIOS (Watts)											
		EP		PC Hip		PC $\bar{v}$ vs t		PC P vs 1/t		LM	
		Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC
EP	R	-	-	0,93*	0,88*	0,79*	0,87*	0,79*	0,86*	0,19	0,28
	P	-	-	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,60	0,32
PC Hip	R	0,93*	0,88*	-	-	0,94*	0,94*	0,95*	0,95*	0,11	0,15
	P	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,89
PC $\bar{v}$ vs t	R	0,79*	0,87*	0,94*	0,94*	-	-	0,98*	0,99*	-0,13	0,20
	P	0,01	0,00	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	0,72	0,60
PC P vs 1/t	R	0,79*	0,86*	0,95*	0,95*	0,98*	0,99*	-	-	-0,16	0,23
	P	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0,67	0,61
LM	R	0,19	0,28	0,11	0,15	-0,13	0,20	-0,16	0,23	-	-
	P	0,60	0,32	0,97	0,89	0,72	0,60	0,67	0,61	-	-

\* O critério de significância adotado para as correlações foi  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 4.** Resultados da Correlação de Pearson e ICC (Concordância absoluta) entre os parâmetros anaeróbios provenientes da aplicação dos testes de AO3 (W'), PC convencional (CTA Hip, CTA  $\bar{v}$  vs t e CTA P vs 1/t) e trinta segundos de “sprint” máximo de corrida para indução de hiperlactacidemia no teste de LM (WT30s) (n=9).

PARÂMETROS ANAERÓBIOS (Joules)											
		W'		CTA Hip		CTA $\bar{v}$ vs t		CTA P vs 1/t		WT30s	
		Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC	Pearson	ICC
W'	R	-	-	0,25	-0,61	0,29	-0,46	-0,46	-0,49	-0,23	-0,32
	P	-	-	0,50	0,68	0,44	0,69	0,21	0,71	0,55	0,64
CTA Hip	R	0,25	0,61	-	-	0,82*	0,83*	0,89*	0,91*	-0,54	-0,64
	P	0,50	0,50	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,67
CTA $\bar{v}$ vs t	R	0,29	-0,46	0,82*	0,83*	-	-	0,96*	0,97*	-0,46	-0,54
	P	0,44	0,69	0,00	0,00	-	-	0,00	0,00	0,21	0,70
CTA P vs 1/t	R	0,46	-0,49	0,89*	0,91*	0,96*	0,97*	-	-	-0,52	-0,61
	P	0,21	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	0,14	0,72
Wt30s	R	-0,23	-0,32	-0,54	-0,64	-0,46	-0,54	-0,52	-0,61	-	-
	P	0,55	0,64	0,12	0,67	0,21	0,70	0,14	0,72	-	-

\* O critério de significância adotado para as correlações foi  $p \leq 0,05$

## Discussão

### Teste de potência crítica convencional

Até onde temos conhecimento, esse foi o primeiro estudo a realizar o modelo convencional de PC em corrida atada na ENM e a apresentar medidas de potência de corrida em intensidade constante nesse ergômetro. Quando confrontadas graficamente, as intensidades das quatro cargas preditivas realizadas pelos voluntários apresentaram relação hiperbólica entre a potência média produzida em cada sessão de avaliação e os respectivos tempos de exaustão (Figura 3). Assim, as potências médias se adequaram ao critério de sucesso imposto para aplicação de tal metodologia (MONOD e SCHERRER, 1965; MORITANI *et al.*, 1981b). Outro fator que comprova a viabilidade desta aplicação foram os tempos limites terem se enquadrado à restrição de duração estipulada entre dois e quinze minutos, como proposto por outros autores para validação das cargas estabelecidas (DEKERLE *et al.*, 2003). A diferença estatística entre os valores de potência mecânica derivados de cada carga preditiva e o comportamento dessa variável ter sido progressivo e proporcional ao aumento da intensidade (acréscimo no número de elásticos) sugere funcionalidade para aplicação da PC convencional em corrida atada na ENM.

As variáveis de força média de cada aplicação também apresentaram comportamento progressivo e diferença estatística entre si. Essa diferença significativa entre as aplicações e o comportamento crescente proporcional em resposta ao incremento de elásticos não foi observado para a variável da velocidade, isso pode indicar que a força apresentou maior proporcionalidade na produção da potência para este teste utilizado na ENM.

No presente estudo, a velocidade nas cargas preditivas não foi um parâmetro imposto apesar de o avaliado ter sido orientado a manter a corrida constante nos esforços exaustivos. Esses fatores metodológicos, somados a precisão de aquisição de dados (1000Hz) fornecem informações importantes e sugerem tanto a velocidades como a força aplicada pelos avaliados em PC tenham sido escolhidas por eles como intensidades ideais para manutenção de conforto na produção de potência de corrida durante um período de tempo mais prolongado (entre 2 e 15 minutos), o que aproxima a situação real da corrida livre. Os valores de  $R^2$  apresentados na Tabela 1, foram valores próximos a 1, portanto,

considerados bons valores de ajustes para as três aplicações da potência crítica convencional. Estudos anteriores demonstraram  $R^2$  de aproximadamente 0,85 até 1 em aplicações matemáticas diferentes objetivando a intensidade de PC (MORITANI *et al.*, 1981b; POOLE *et al.*, 1988; HOUSH *et al.*, 1989; GAESSER *et al.*, 1995; BULL *et al.*, 2000), corroborando com a validade da presente aplicação. Já os coeficientes de variação (CV) foram elevados, porém podem ser justificados pelo fato da utilização da ENM em corrida atada permitir individualização e especificidade elevadas nas medidas de força e velocidade. Assim, já era esperado uma maior variação entre os voluntários decorrente dessa individualização, mesmo que a amostra tenha sido homogênea e todos os participantes fossem ativos fisicamente e previamente adaptados ao protocolo.

### **Teste de AO3**

O presente estudo também foi o primeiro a demonstrar o teste de AO3, ilustrado na figura 4, em corrida atada na ENM para obtenção da potência mecânica. Aplicações anteriores em cicloergômetro apresentaram dados de capacidade aeróbia (EP) similares aos encontrados na atual aplicação (DEKERLE *et al.*, 2008; VANHATALO e JONES, 2009; KARSTEN *et al.*, 2013). A cinética dessa variável ao longo do tempo apresentou um tempo médio para o alcance da potência pico entre  $7,3 \pm 1,8$  segundos e estabilização da potência com valores entre 90 e 120 segundos, corroborando com outros estudos que utilizaram AO3 em diferentes ergômetros (BURNLEY *et al.*, 2006; PARKER SIMPSON *et al.*, 2012; KARSTEN *et al.*, 2013). Além de rápida, essa aplicação é específica para avaliação de corredores e ainda permite identificar o trabalho total realizado nos três minutos de teste. A ENM ainda possibilita a identificação de maneira isolada e individual da aplicação de força e de velocidade na produção da potência dos avaliados. Apesar dos CVs aeróbios e anaeróbios provenientes de AO3 na presente pesquisa não serem tão baixos como os dados encontrados por Burnley *et al.* (2006), e recomendados para estudos de confiabilidade nas ciências do esporte (HOPKINS, 2000), nossos resultados não foram discrepantes à maioria dos estudos que utilizaram esse protocolo (VANHATALO *et al.*, 2008a; BURNLEY, 2009; BERGSTROM, HOUSH, ZUNIGA, TRAYLOR, *et al.*, 2012; CHENG *et al.*, 2012). Além de maior flutuação dos dados em torno da média parecer um fator comum às aplicações de

AO3 por conta de ser um teste máximo de duração prolongada, a liberdade possibilitada pela ENM em relação à livre realização, por parte do avaliado, das variáveis de força e velocidade, parece favorecer uma avaliação mais individualizada. Dessa forma, podemos considerar como esperada a maior variabilidade entre os dados de potência para EP e W' interindivíduos e, paradoxalmente, mais interessante para essa aplicação.

### **Teste de lactato mínimo e AO30s**

O teste de LM é um modelo de avaliação baseado na cinética do lactato sanguíneo muito utilizado objetivando determinar a capacidade aeróbia (TEGTBUR *et al.*, 1993; VOLTARELLI *et al.*, 2002; DE ARAUJO *et al.*, 2007). Apesar de alguns autores sugerirem protocolo-dependência para essa utilização (CARTER *et al.*, 1999; DE ARAUJO *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2009; ZAGATTO *et al.*, 2014), muitos estudos demonstram forte proximidade entre a intensidade de LM com a intensidade de MFEL (MACINTOSH *et al.*, 2002; GONDIM *et al.*, 2007; JOHNSON *et al.*, 2009; JOHNSON e SHARPE, 2011; KNOEPFLI-LENZIN e BOUTELLIER, 2011). Esse protocolo já foi utilizado para obtenção de CA em unidade de potência no ciclo ergômetro (JOHNSON *et al.*, 2009; KNOEPFLI-LENZIN e BOUTELLIER, 2011; ZAGATTO *et al.*, 2014). O presente estudo é o pioneiro na utilização dessa metodologia em corrida atada na EM, sendo esse modelo de avaliação específico para corredores. O fato de os R<sup>2</sup> das equações polinomiais de ordem dois representados na Figura 2 terem apresentado valores elevados, reflete sucesso para a aplicação, pois um bom ajuste matemático é reflexo positivo da resposta fisiológica da concentração do lactato sanguíneo proveniente da aplicação. Estudos com utilização de LM apresentaram valores de R<sup>2</sup> inferiores ou similares ao do nosso resultado (MACINTOSH *et al.*, 2002; DE ARAUJO *et al.*, 2007; JOHNSON *et al.*, 2009; DE ARAUJO *et al.*, 2012). Apesar dessa avaliação na EM não permitir tanta espontaneidade como o AO3, ela possui a vantagem de utilização do procedimento para fins de treinamento direto da potência. No presente desenho experimental foi utilizada uma carga fixa, por meio da tração de dois elásticos fixados ao cabo de aço e ao avaliado durante a corrida atada. Em termos de aplicação, por meio da divisão do valor de potência de CA proveniente dessa avaliação por qualquer força fixa, anteriormente estipulada em Newtons, é possível obter uma velocidade ideal para que o corredor possa realizar o treinamento de potência com especificidade e

precisão de intensidade nesse mesmo ergômetro. Assim, é possível privilegiar força ou velocidade de acordo com os objetivos específicos dos atletas. Os elevados  $R^2$ s provenientes dos ajustes polinomiais de ordem dois são considerados fator fundamental à credibilidade na obtenção da intensidade de LM. A utilização de LM em corrida atada na EM para obtenção de potência, apresentou ajustes com média de  $0,95 \pm 0,3$ , que é considerado muito positivo para essa aplicação. O baixo valor do CV encontrado para esse LM pode corroborar com a justificativa para os altos valores de CV observados para as avaliações na ENM, uma vez que na EM, além da carga se manter constante e o incremento ocorrer a cada três minutos por conta do aumento da velocidade, uma liberdade menor para imposição das forças de certa forma limita a variação intra-indivíduos.

O teste máximo de trinta segundos mostrou ser um bom indutor de hiperlactacidemia garantindo o sucesso da aplicação de LM. Principalmente por garantir especificidade e fornecer informações sobre o trabalho realizado pelo indivíduo na produção da potência máxima de corrida.

### **Interação entre as aplicações**

Fundamentado nos  $R^2$ s das equações, na sensibilidade do sistema desenvolvido para aquisição de dados (1000 Hz) e no rigor metodológico, os resultados da presente pesquisa suportam a nossa primeira hipótese de que tanto as aplicações de potência crítica convencional e AO3 em corrida atada na ENM, quanto LM em corrida atada na EM se apresentaram como aplicações viáveis para obtenção de parâmetros de capacidade em unidade de potência mecânica. Apesar das metodologias serem diferentes, todos os testes realizados exigem esforços exaustivos. Dessa forma, as respostas dos marcadores fisiológicos de LAC P e HR PT (tabela 2) não apresentaram diferença significativa, como já era esperado. A alta concentração de lactato pós-teste indica grande participação do metabolismo anaeróbio láctico (HILL, 1999; BILLAT *et al.*, 2003), e esse dado fortalece medidas anaeróbias oriundas das aplicações de PC convencional, AO3 e AO30s. Os resultados mecânicos dos valores médios de potência pico (W) apresentaram diferença significativa para as aplicações de AO3 e AO30s em corrida atada na ENM. Essa diferença não era esperada de acordo com a característica máxima dos testes e similaridade de

ergômetros. Esse evento pode indicar possível interferência psicológica ou inconsciente nos avaliados, referente ao tempo total de esforço e real aplicação máxima de força e velocidade, recomendadas em ambos os protocolos. De acordo com estudo sobre exaustão, o tempo atua como ponto de referência inconsciente para atuação humana em garantir a manutenção da homeostase e sobrevivência (ST CLAIR GIBSON e NOAKES, 2004). Assim, a fadiga também parece ser induzida por controle homeostático fisiológico integrado ao sistema muscular periférico (BARON *et al.*, 2008; AMENT e VERKERKE, 2009). No presente estudo, a influência do tempo pode ter atuado como principal ponto de referência para estratégia de aplicação da potência pelo indivíduo durante as avaliações. Esse dado fortalece a idéia de que o ritmo da aplicação da potência parece ser controlado por um sistema complexo regido pelo sistema nervoso central em resposta as taxas metabólicas, as reservas de combustíveis, acúmulo de calor, entre outras variáveis fisiológicas (TUCKER *et al.*, 2006). Infelizmente a ação desse sistema complexo ainda não foi completamente esclarecida (AMENT e VERKERKE, 2009).

Pensando em investigar com maior precisão o fornecimento de energia, é importante considerar força e velocidade de forma individual e dissociada quando o objetivo é avaliação do desempenho na unidade de potência. Essas duas variáveis são fundamentais para manutenção da eficiência mecânica do sistema músculo esquelético durante a ação de correr. Sendo assim, elas são determinantes na taxa de produção de energia química dentro do corpo somada à taxa de energia dissipada pela carga externa imposta ao corredor (LAKOMY, 1993). Com essa ferramenta avaliativa, além das medidas fisiológicas de capacidade aeróbia e anaeróbia, é possível investigar o sucesso ou insucesso para os tipos de treinamento utilizados com finalidade de aprimorar o desempenho de forma dissociada e pontual.

O fato das capacidades aeróbias provenientes de AO3 e de PC convencional na ENM não serem estatisticamente diferentes (Tabela 1) e apresentarem alto valor de correlação e de correlação intra-classe para confiabilidade entre si (Tabela 3), garantem certa consistência para ambas as aplicações e fortalece o modelo de ergometria atada utilizado. Nesse contexto, a indicação da utilização de AO3 é favorecida, uma vez que além de não ser invasivo, possui rápida aplicação e não exige imposição de nenhuma

variável mecânica, garantindo total espontaneidade durante a aplicação da força e da velocidade. Nesse teste, o indivíduo realiza a corrida apenas atado ao cabo de aço, assim, a resistência dos elásticos que são acoplados ao cabo de aço nas cargas preditivas de PC não se faz necessária. É muito importante garantir espontaneidade e a especificidade durante a avaliação (ZENKOVA, 2004), o que sugere que na utilização de AO3 na ENM em corrida atada, as análises são mais individualizadas e a avaliação, provavelmente, expressa maior precisão de resultados. Além disso, em termos matemáticos, de acordo com Vanhatalo *et al.* (2007), essa aplicação minimiza erros decorrentes de aplicação linear ou não linear, assíntota ou intersecção, uma vez que as variáveis são extraídas por meio da produção de potência mecânica registrada.

Mesmo com a ausência de correlação dos parâmetros aeróbios de capacidade provenientes de PC Hip, PC  $\bar{T}$  vs t, PC P vs 1/t e AO3 para potência de CA de LM, os mesmos valores não apresentaram diferenças significativa. Possivelmente essa falta de correlação entre PLM e os dados encontrados nas outras avaliações tenha ocorrido devido à diferença metodológica de imposição da força e da velocidade na EM. Tais diferenças também podem ser justificadas por fatores biomecânicos e de dispêndio energético provenientes da diferença entre os ergômetros. É provável que os avaliados tenham sido capazes de produzir uma potência maior na EM porque esse sistema fornece maior amortecimento e menor atrito da esteira, o que facilita o deslocamento do centro de massa nas forças verticais e aumenta a frequência e comprimento de passada, reduzindo o tempo de contato no solo. Todos esses fatores, somados ao fato da ENM exigir maior energia para aceleração inicial, além de permitir total espontaneidade na aplicação das cargas, podem ter influenciado no produto final da produção aeróbia da potência mecânica.

Em relação aos dados anaeróbios, é necessário investigar uma possível explicação de base fisiológica ou mecânica para a diferença apontada entre  $W'$  e WT30s, para os três parâmetros de CTA da PC convencional. Na mesma comparação realizada em remoergômetro, outros autores encontraram que os dados anaeróbios de PC convencional foram menores que os valores de AO3, inversamente aos nossos resultados, e acreditam que essa diferença seja originada por tipo de padrão de movimento no exercício proposto (CHENG *et al.*, 2012).

Uma vez que a capacidade de trabalho anaeróbio reflete a quantidade de trabalho que o indivíduo é capaz de produzir por fontes energéticas que não necessitam da presença do oxigênio, e essas vias anaeróbias são compostas pelas reservas finitas de ATP-CP e fontes de glicogênio, é possível que para exercícios que envolvam maior massa muscular, essa capacidade apresente um valor mais elevado em kJ do que ergômetros que analisam valores derivados de exercícios de grupos musculares isolados. Monod & Sherrer (1965) descreveram que a CTA reflete a capacidade de trabalho anaeróbia do grupo muscular recrutado durante a atividade, então esse fator se torna dependente do grupo muscular ativo durante avaliação (NEBELSICK-GULLETT *et al.*, 1988). Dessa forma pode ser aceitável que os valores de capacidade de trabalho anaeróbia provenientes da aplicação do teste de PC convencional, sejam maiores para corrida atada quando comparados com cicloergômetro. No entanto, os valores de CTA para aplicação de PC convencional, encontrados em remoergômetro foram mais baixos do que os provenientes da ENM, e o remo foi considerado uma atividade que envolve grande número de grupos musculares (CHENG *et al.*, 2012). Assim essa variável parece ser dependente tanto da massa muscular envolvida, quanto do tipo de atividade realizada. Até o presente momento não foram encontrados estudos que analisaram este dado fisiológico por meio da aplicação do teste de PC ou AO3 em unidade de potência de corrida. Além disso, os dados anaeróbios utilizados para essa modalidade são, geralmente, quantificados em unidade de distância anaeróbia proveniente da aplicação de velocidade crítica (HUGHSON *et al.*, 1984; BULL *et al.*, 2008). Portanto, outros estudos são necessários para investigar se potência de corrida em testes de velocidade constante reflete valores de capacidade de trabalhos anaeróbios mais altos decorrentes da maior musculatura ativa.

Apesar de alguns estudos afirmarem o contrário (POOLE *et al.*, 1988; FUKUBA *et al.*, 2003), existe a possibilidade de que 180 segundos de teste não sejam suficientes para esgotar completamente as reservas do metabolismo anaeróbio (VANHATALO *et al.*, 2007), e que testes que envolvem *sprints* máximos, geralmente, desconsideram o fenômeno da aceleração inicial. O estudo de De Aguiar *et al.* (2013) relatou, por meio de medidas de consumo de oxigênio e velocidade crítica aplicada em esteira, que saídas mais rápidas aceleram a utilização do metabolismo oxidativo e parecem poupar a energia anaeróbia dos corredores (BURNLEY *et al.*, 2011; DE AGUIAR *et al.*, 2013). É possível que nas

aplicações de AO3 e AO30s, que exigem aceleração máxima desde os primeiros segundos de teste, os indivíduos possam ter economizado parte da energia anaeróbia e essa resposta refletiu no menor valor encontrado para  $W'$  e WT30s em relação aos dados provenientes da PC convencional, em que as cargas preditivas são obrigatoriamente realizadas em velocidade constante até o momento de exaustão. Em comparação de CTA e  $W'$ , autores apresentaram relações de protocolo dependência para aplicações isocinéticas com alteração de cadência em cicloergômetro (DEKERLE *et al.*, 2013), e outra pesquisa mostrou que nesse tipo de ergômetro, esse protocolo não apresenta correlação com o modelo da PC convencional (KARSTEN *et al.*, 2013). Essas informações fortalecem a influência da aceleração inicial sobre o parâmetro.

No estudo de Vanhatalo *et al.* (2007), em aplicação de AO3 versus modelos lineares da PC convencional em cicloergômetro, a CTA não foi estatisticamente diferente de  $W'$ , porém para seis de dez voluntários, os dados de capacidade provenientes do modelo convencional foram consideravelmente mais altos do que os de AO3. Os autores acreditam que esse fato ocorreu por características metodológicas decorrentes da aceleração não controlada de AO3 em cicloergômetro, porém eles defendem o esgotamento completo do metabolismo anaeróbio em AO3, uma vez que a estabilização do consumo de oxigênio ocorreu em intensidade similar à intensidade da potência encontrada nos 30 segundos finais de teste e em aplicação de teste de rampa. Outro estudo ainda demonstrou que o valor de  $W'$  não sofre alteração por exercício prévio, sendo o esforço em intensidades acima ou abaixo de EP (Simpson *et al.*, 2011).

Os nossos valores de  $W'$  foram bem similares aos outros estudos que utilizaram aplicação de AO3 em diferentes ergômetros (CHENG *et al.*, 2012; PARKER SIMPSON *et al.*, 2012; KARSTEN *et al.*, 2013) e estudos que realizaram aplicação de PC convencional (HOUSH *et al.*, 1990; JENKINS e QUIGLEY, 1992; HILL e SMITH, 1993), favorecendo a utilização de AO3 para obtenção de capacidade anaeróbia. Porém é necessário maior esclarecimento acerca do fenômeno da aceleração e sua influência em testes máximos que objetivam predição das variáveis anaeróbias, além de maior fundamentação fisiológica para a grande desproporcionalidade entre  $W'$  e WT30s versus a CTA dos modelos convencionais da PC, encontrados nos resultados do presente estudo. A diferença estatística

e ausência de correlação entre esses valores sugerem a exigência de cautela para obtenção de parâmetros anaeróbios de capacidade por meio de tais metodologias

## **Conclusão**

O principal achado da presente pesquisa sugere que tanto as aplicações de potência crítica convencional e AO3 em corrida atada na ENM, quanto LM em corrida atada na EM são metodologias viáveis para obtenção de parâmetros fisiológicos em unidade de potência mecânica, em ergômetro específico para corredores. Os parâmetros aeróbios de capacidade foram similares para as três aplicações, porém não apresentaram correlações significativas quando confrontados os dados de potência crítica (modelo convencional e AO3) com os de PLM. Em relação aos parâmetros anaeróbios, a aplicação de AO3 parece ser mais confiável para essa medida devido à maior concordância com os valores encontrados na literatura na mesma unidade de medida, porém mais investigações acerca da obtenção da variável capacidade anaeróbia são necessárias para viabilidade de obtenção desse parâmetro por meio das metodologias descritas.

## **Agradecimentos**

Esse estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino superior (CAPES), processo número 01P04517/2013 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2009/08535-5.

## **Referências bibliográficas**

AMENT, W.; VERKERKE, G. J. Exercise and fatigue. **Sports Med**, v. 39, n. 5, p. 389-422, 2009.

AINSWORTH, B. E.; HASKELL, W. L.; WHITT, M. C.; IRWIN, M. L.; SWARTZ, A. M.; STRATH, S. J.; O'BRIEN, W. L.; BASSETT, D. R., JR.; SCHMITZ, K. H.; EMPLAINCOURT, P. O.; JACOBS, D. R., JR.; LEON, A. S. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 9 Suppl, p. S498-504, Sep 2000.

BARON, B.; NOAKES, T. D.; DEKERLE, J.; MOULLAN, F.; ROBIN, S.; MATRAN, R.; PELAYO, P. Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? **Br J Sports Med**, v. 42, n. 10, p. 828-33, Oct 2008.

BERGSTROM, H. C.; HOUSH, T. J.; ZUNIGA, J. M.; CAMIC, C. L.; TRAYLOR, D. A.; SCHMIDT, R. J.; JOHNSON, G. O. A new single work bout test to estimate critical power and anaerobic work capacity. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 3, p. 656-63, Mar 2012.

BERGSTROM, H. C.; HOUSH, T. J.; ZUNIGA, J. M.; TRAYLOR, D. A.; LEWIS, R. W., JR.; CAMIC, C. L.; SCHMIDT, R. J.; JOHNSON, G. O. Mechanomyographic and metabolic responses during continuous cycle ergometry at critical power from the 3-min all-out test. **J Electromyogr Kinesiol**, Dec 13 2012.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med**, v. 33, n. 6, p. 407-26, 2003.

BRICKLEY, G.; DEKERLE, J.; HAMMOND, A. J.; PRINGLE, J.; CARTER, H. Assessment of maximal aerobic power and critical power in a single 90-s isokinetic all-out cycling test. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 5, p. 414-9, May 2007.

BROXTERMAN, R. M.; ADE, C. J.; POOLE, D. C.; HARMS, C. A.; BARSTOW, T. J. A single test for the determination of parameters of the speed-time relationship for running. **Respir Physiol Neurobiol**, v. 185, n. 2, p. 380-5, Jan 15 2013.

BRUGHELLI, M.; CRONIN, J.; CHAOUACHI, A. Effects of running velocity on running kinetics and kinematics. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 4, p. 933-9, Apr 2011.

BULL, A. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; PERRY, S. R. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 2, p. 526-30, Feb 2000.

BULL, A. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; RANA, S. R. Physiological responses at five estimates of critical velocity. **Eur J Appl Physiol**, v. 102, n. 6, p. 711-720, Apr 2008.

BURNLEY, M.; DAVISON, G.; BAKER, J. R. Effects of priming exercise on VO<sub>2</sub> kinetics and the power-duration relationship. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 11, p. 2171-9, Nov 2011.

BURNLEY, M.; DOUST, J. H.; VANHATALO, A. A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 11, p. 1995-2003, Nov 2006.

CARTER, H.; JONES, A. M.; DOUST, J. H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Med Sci Sports Exerc**, v. 31, n. 6, p. 837-45, Jun 1999.

CHENG, C. F.; YANG, Y. S.; LIN, H. M.; LEE, C. L.; WANG, C. Y. Determination of critical power in trained rowers using a three-minute all-out rowing test. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 4, p. 1251-60, Apr 2012.

DE AGUIAR, R. A.; TURNES, T.; DE OLIVEIRA CRUZ, R. S.; CAPUTO, F. Fast-start strategy increases the time spent above 95 %VO<sub>2</sub>max during severe-intensity intermittent running exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 4, p. 941-9, Apr 2013.

DE ARAUJO, G. G.; PAPOTI, M.; MANCHADO FDE, B.; DE MELLO, M. A.; GOBATTO, C. A. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test adapted to swimming rats. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, v. 148, n. 4, p. 888-92, Dec 2007.

DE ARAUJO, G. G.; PAPOTI, M.; DOS REIS, I. G.; DE MELLO, M. A.; GOBATTO, C. A. Physiological responses during linear periodized training in rats. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 3, p. 839-52, Mar 2012.

DEKERLE, J.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHER, J.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 3-4, p. 281-8, May 2003.

DEKERLE, J.; BARSTOW, T. J.; REGAN, L.; CARTER, H. The critical power concept in all-out isokinetic exercise. **J Sci Med Sport**, Sep 18 2013.

DEKERLE, J.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M. Determination of critical power from a single test. **Science & Sports**, v. 23, n. 5, p. 231-238, Out 2008.

FALK, B.; WEINSTEIN, Y.; DOTAN, R.; ABRAMSON, D. A.; MANN-SEGAL, D.; HOFFMAN, J. R. A treadmill test of sprint running. **Scand J Med Sci Sports**, v. 6, n. 5, p. 259-64, Oct 1996.

FUKUBA, Y.; MIURA, A.; ENDO, M.; KAN, A.; YANAGAWA, K.; WHIPP, B. J. The curvature constant parameter of the power-duration curve for varied-power exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 35, n. 8, p. 1413-8, Aug 2003.

FUNATO, K.; YANAGIYA, T.; FUKUNAGA, T. Ergometry for estimation of mechanical power output in sprinting in humans using a newly developed self-driven treadmill. **Eur J Appl Physiol**, v. 84, n. 3, p. 169-73, Mar 2001.

GAESSER, G. A.; CARNEVALE, T. J.; GARFINKEL, A.; WALTER, D. O.; WOMACK, C. J. Estimation of critical power with nonlinear and linear models. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 10, p. 1430-8, Oct 1995.

GOBATTO, C. A.; DE MELLO, M. A.; SIBUYA, C. Y.; DE AZEVEDO, J. R.; DOS SANTOS, L. A.; KOKUBUN, E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, v. 130, n. 1, p. 21-7, Aug 2001.

GONDIM, F. J.; ZOPPI, C. C.; PEREIRA-DA-SILVA, L.; DE MACEDO, D. V. Determination of the anaerobic threshold and maximal lactate steady state speed in equines using the lactate minimum speed protocol. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, v. 146, n. 3, p. 375-80, Mar 2007.

GREEN, S.; DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. **Sports Med**, v. 15, n. 5, p. 312-27, May 1993.

HILL, D. W. The critical power concept. A review. **Sports Med**, v. 16, n. 4, p. 237-54, Oct 1993.

HILL, D. W. Energy system contributions in middle-distance running events. **J Sports Sci**, v. 17, n. 6, p. 477-83, Jun 1999.

HILL, D. W.; SMITH, J. C. A comparison of methods of estimating anaerobic work capacity. **Ergonomics**, v. 36, n. 12, p. 1495-500, Dec 1993.

HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. **Res Q Exerc Sport**, v. 61, n. 4, p. 406-9, Dec 1990.

HOUSH, T. J.; DEVRIES, H. A.; HOUSH, D. J.; TICHY, M. W.; SMYTH, K. D.; TICHY, A. M. The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 31, n. 1, p. 31-6, Mar 1991.

HUGHSON, R. L.; OROK, C. J.; STAUDT, L. E. A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. **Int J Sports Med**, v. 5, n. 1, p. 23-5, Feb 1984.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Med**, v. 30, n. 1, p. 1-15, Jul 2000.

JASKOLSKA, A.; GOOSSENS, P.; VEENSTRA, B.; JASKOLSKI, A.; SKINNER, J. S. Comparison of treadmill and cycle ergometer measurements of force-velocity relationships and power output. **Int J Sports Med**, v. 20, n. 3, p. 192-7, Apr 1999a.

JASKOLSKA, A.; GOOSSENS, P.; VEENSTRA, B.; JASKOLSKI, A.; SKINNER, J. S. Treadmill measurement of the force-velocity relationship and power output in subjects with different maximal running velocities. **Int J Sports Med**, v. 8, n. 3, p. 347-358, Apr 1999b.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Endurance training enhances critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v. 24, n. 11, p. 1283-9, Nov 1992.

JOHNSON, M. A.; SHARPE, G. R. Effects of protocol design on lactate minimum power. **Int J Sports Med**, v. 32, n. 3, p. 199-204, Mar 2011.

JOHNSON, M. A.; SHARPE, G. R.; BROWN, P. I. Investigations of the lactate minimum test. **Int J Sports Med**, v. 30, n. 6, p. 448-54, Jun 2009.

JOSEPHSON, R. K. Mechanical Power Output from Striated-Muscle during Cyclic Contraction. **Journal of Experimental Biology**, v. 114, n. Jan, p. 493-512, 1985.

KARSTEN, B.; JOBSON, S. A.; HOPKER, J.; PASSFIELD, L.; BEEDIE, C. The 3-min Test Does not Provide a Valid Measure of Critical Power Using the SRM Isokinetic Mode. **Int J Sports Med**, Sep 10 2013.

KNOEPFLI-LENZIN, C.; BOUTELLIER, U. Lactate minimum is valid to estimate maximal lactate steady state in moderately and highly trained subjects. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 5, p. 1355-9, May 2011.

KNUDSON, D. V. Correcting the use of the term "power" in the strength and conditioning literature. **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 6, p. 1902-8, Sep 2009.

KRANENBURG, K. J.; SMITH, D. J. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. **Med Sci Sports Exerc**, v. 28, n. 5, p. 614-618, May 1996.

LAKOMY, H. K. Laboratory measurement of human power output during maximum intensity exercise. **Ergonomics**, v. 28, p. 376-380, 1993.

LAKOMY, K. The use of a non-motorized treadmill for analysing sprint performance. **Ergonomics**, v. 30, n. 4, p. 627-637, 1987.

MACINTOSH, B. R.; ESAU, S.; SVEDAHL, K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. **Can J Appl Physiol**, v. 27, n. 3, p. 232-49, Jun 2002.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L.; Fisiologia do exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2008.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v. 8, n. 3, p. 329-338, 1965.

MORIN, J. B.; SAMOZINO, P.; BONNEFOY, R.; EDOUARD, P.; BELLI, A. Direct measurement of power during one single sprint on treadmill. **J Biomech**, v. 43, n. 10, p. 1970-5, Jul 20 2010.

MORIN, J. B.; SEVE, P. Sprint running performance: comparison between treadmill and field conditions. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 8, p. 1695-703, Aug 2011

MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVRIES, H. A.; MURO, M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v. 24, n. 5, p. 339-50, May 1981.

NEBELSICK-GULLETT, L. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; BAUGE, S. M. A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. **Ergonomics**, v. 31, n. 10, p. 1413-9, Oct 1988.

PAPOTTI, M.; ZAGATTO, A. M.; JUNIOR, P. B. F. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 2, p. 126-130, 2005.

PARKER SIMPSON, L.; JONES, A. M.; VANHATALO, A.; WILKERSON, D. P. Influence of initial metabolic rate on the power-duration relationship for all-out exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 7, p. 2467-73, Jul 2012.

PETTITT, R. W.; JAMNICK, N.; CLARK, I. E. 3-min all-out exercise test for running. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 6, p. 426-31, Jun 2012.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; GARDNER, G. W.; WHIPP, B. J. Metabolic and Respiratory Profile of the Upper Limit for Prolonged Exercise in Man. **Ergonomics**, v. 31, n. 9, p. 1265-1279, Sep 1988.

RIBEIRO, L. F.; GONCALVES, C. G.; KATER, D. P.; LIMA, M. C.; GOBATTO, C. A. Influence of recovery manipulation after hyperlactemia induction on the lactate minimum intensity. **Eur J Appl Physiol**, v. 105, n. 2, p. 159-65, Jan 2009.

ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T. D. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. **Br J Sports Med**, v. 38, n. 6, p. 797-806, Dec 2004.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 25, n. 5, p. 620-627, May 1993.

TUCKER, R.; BESTER, A.; LAMBERT, E. V.; NOAKES, T. D.; VAUGHAN, C. L.; ST CLAIR GIBSON, A. Non-random fluctuations in power output during self-paced exercise. **Br J Sports Med**, v. 40, n. 11, p. 912-7; discussion 917, Nov 2006.

VANDEWALLE, H.; KAPITANIAK, B.; GRUN, S.; RAVENEAU, S.; MONOD, H. Comparison between a 30-s all-out test and a time-work test on a cycle ergometer. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 58, n. 4, p. 375-81, 1989.

VANDEWALLE, H.; PERES, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. **Sports Med**, v. 4, n. 4, p. 268-89, Jul-Aug 1987.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 3, p. 548-55, Mar 2007.

VANHATALO, A.; JONES, A. M. Influence of prior sprint exercise on the parameters of the 'all-out critical power test' in men. **Exp Physiol**, v. 94, n. 2, p. 255-63, Feb 2009.

VOLTARELLI, F. A.; GOBATTO, C. A.; DE MELLO, M. A. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Braz J Med Biol Res**, v. 35, n. 11, p. 1389-94, Nov 2004.

ZAGATTO, A. M.; PADULO, J.; MULLER, P. T.; MIYAGI, W. E.; MALTA, E. S.; PAPOTI, M. Hyperlactemia Induction Modes Affect the Lactate Minimum Power and Physiological Responses in Cycling. **J Strength Cond Res**, Apr 14 2014.

ZENKOVA, E. "All-out" tethered running as an alternative to wingate anaerobic test. **Kinesiology**, v. 36, n. 2, p. 165-172, 2004.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os detalhes metodológicos, maiores discussões e resultados do trabalho estão descritos nos artigos produzidos e anexados acima. Esses dados são derivados do processo de construção da presente dissertação de mestrado.

O artigo 1 aborda sobre a “Reprodutibilidade do teste de *all-out* de três minutos em corrida atada na esteira rolante não motorizada”, respondendo aos objetivos gerais e específicos 1 e 2 da presente pesquisa. A conclusão mais relevante foi a informação de que há reprodutibilidade e confiabilidade dessa aplicação em corrida atada na ENM. No que diz respeito às variáveis de força e velocidade, o parâmetro aeróbio dessa última se mostrou reprodutível e confiável, o que não se verificou no componente anaeróbio. Outros estudos, no entanto, serão conduzidos para o estabelecimento da validade dos parâmetros aeróbio e anaeróbio no modelo de potência e seus componentes, em ENM.

O artigo 2 intitulado “Relações dos parâmetros aeróbios e anaeróbios do modelo de potência crítica determinados de maneira convencional e por *all-out* de 3-min em esteira rolante não motorizada”, responde aos objetivos gerais e específicos 3 e 4 dessa pesquisa. Nossos resultados sugerem que tanto as aplicações de potência crítica convencional e AO3 em corrida atada na ENM, quanto LM em corrida atada na EM são metodologias viáveis para obtenção de tais parâmetros fisiológicos de capacidade aeróbia em unidade de potência mecânica. Em relação aos parâmetros anaeróbios, a aplicação de AO3 parece ser mais confiável para essa medida devido à maior concordância com os valores encontrados na literatura na mesma unidade de medida. Entretanto, mais investigações acerca da obtenção da variável capacidade anaeróbia são necessárias para viabilidade de obtenção desse parâmetro por meio das metodologias descritas.

Pensando em uma maneira de fornecer melhores ferramentas para avaliação e prescrição de treinamento de corredores, esse estudo proporciona informações importantes para treinadores de qualquer modalidade que envolva corrida. O teste de LM, apesar de realizado em protocolo e ergômetro que impõe a força e velocidade no momento da avaliação, parece ser um bom indicador de CA na unidade de potência mecânica. O teste de AO30s pode ser considerado um bom indutor de hiperlactacidemia e fornecedor de informações anaeróbias. Além disso, a aplicação de LM possibilita a transferência da

intensidade de potência mensurada na avaliação para o treinamento direto e específico nesse mesmo ergômetro. Entretanto, as avaliações de PC convencional e AO3 realizadas em corrida atada na ENM, parecem ser mais confiáveis na precisão da variável mecânica objetivada, uma vez que o avaliado pode aplicar força e velocidade com maior espontaneidade. Essa liberdade de aplicação das forças também possibilita uma avaliação bastante precisa e de maneira isolada das variáveis que derivam em potência, o que pode ser muito positivo para avaliação de sucesso na aplicação do treinamento específicos dessas valências, que são expressas de acordo com as características individuais de cada corredor. Em outras palavras, a utilização da ENM atrelada ao sistema de análise de sinais em corrida atada, possibilita ao treinador identificar se o indivíduo é mais forte ou mais veloz na produção da potência durante a corrida. Entretanto, mais estudos serão necessários para estabelecer e desenvolver protocolos “padrão ouro” que permitam resolver elevada correlação dos parâmetros aeróbios e anaeróbios com aqueles respectivos originados dos protocolos de PC por modelos convencionais e por AO3.

Acreditamos que no geral, esta pesquisa (configurada por dois artigos) é de interesse geral para um público amplo, uma vez que atualmente, os testes mais utilizados para obtenção de parâmetros fisiológicos como capacidade aeróbia e anaeróbia, são provenientes de protocolos invasivos e que necessitam de vários dias de aplicação. Esse fato dificulta a rotina dos treinadores atrapalhando a periodização dos atletas. A presente pesquisa sugere informações que viabilizam e orientam a utilização dos testes de AO3, PC convencional e LM para obtenção de capacidades fisiológicas, com as vantagens de necessitarem de menor tempo de aplicação, fornecerem medidas aeróbias e estimativas e anaeróbias nos mesmos protocolos, garantirem a especificidade na avaliação de corredores. Além de possibilitar a medida da potência mecânica de corrida.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, B. E.; HASKELL, W. L.; WHITT, M. C.; IRWIN, M. L.; SWARTZ, A. M.; STRATH, S. J.; O'BRIEN, W. L.; BASSETT, D. R., JR.; SCHMITZ, K. H.; EMPLAINCOURT, P. O.; JACOBS, D. R., JR.; LEON, A. S. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 9 Suppl, p. S498-504, Sep 2000.

AMENT, W.; VERKERKE, G. J. Exercise and fatigue. **Sports Med**, v. 39, n. 5, p. 389-422, 2009.

BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. **Sports Med**, v. 4, n. 6, p. 381-94, Nov-Dec 1987.

BARON, B.; NOAKES, T. D.; DEKERLE, J.; MOULLAN, F.; ROBIN, S.; MATRAN, R.; PELAYO, P. Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? **Br J Sports Med**, v. 42, n. 10, p. 828-33, Oct 2008.

BASSETT, D. R., JR.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 1, p. 70-84, Jan 2000.

BERGSTROM, H. C.; HOUSH, T. J.; ZUNIGA, J. M.; CAMIC, C. L.; TRAYLOR, D. A.; SCHMIDT, R. J.; JOHNSON, G. O. A new single work bout test to estimate critical power and anaerobic work capacity. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 3, p. 656-63, Mar 2012.

BERGSTROM, H. C.; HOUSH, T. J.; ZUNIGA, J. M.; TRAYLOR, D. A.; LEWIS, R. W., JR.; CAMIC, C. L.; SCHMIDT, R. J.; JOHNSON, G. O. Mechanomyographic and

metabolic responses during continuous cycle ergometry at critical power from the 3-min all-out test. **J Electromyogr Kinesiol**, Dec 13 2012.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Med**, v. 33, n. 6, p. 407-26, 2003.

BRICKLEY, G.; DEKERLE, J.; HAMMOND, A. J.; PRINGLE, J.; CARTER, H. Assessment of maximal aerobic power and critical power in a single 90-s isokinetic all-out cycling test. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 5, p. 414-9, May 2007.

BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C. A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **Eur J Appl Physiol**, v. 88, n. 1-2, p. 146-51, Nov 2002.

BROXTERMAN, R. M.; ADE, C. J.; POOLE, D. C.; HARMS, C. A.; BARSTOW, T. J. A single test for the determination of parameters of the speed-time relationship for running. **Respir Physiol Neurobiol**, v. 185, n. 2, p. 380-5, Jan 15 2013.

BRUGHELLI, M.; CRONIN, J.; CHAOUACHI, A. Effects of running velocity on running kinetics and kinematics. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 4, p. 933-9, Apr 2011.

BULL, A. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; PERRY, S. R. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 2, p. 526-30, Feb 2000.

BULL, A. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; RANA, S. R. Physiological responses at five estimates of critical velocity. **Eur J Appl Physiol**, v. 102, n. 6, p. 711-720, Apr 2008.

BURNLEY, M. Estimation of critical torque using intermittent isometric maximal voluntary contractions of the quadriceps in humans. **J Appl Physiol** (1985), v. 106, n. 3, p. 975-83, Mar 2009.

BURNLEY, M.; DAVISON, G.; BAKER, J. R. Effects of priming exercise on VO<sub>2</sub> kinetics and the power-duration relationship. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 11, p. 2171-9, Nov 2011.

BURNLEY, M.; DOUST, J. H.; VANHATALO, A. A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 11, p. 1995-2003, Nov 2006.

CARTER, H.; JONES, A. M.; DOUST, J. H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Med Sci Sports Exerc**, v. 31, n. 6, p. 837-45, Jun 1999.

CHEETHAM, M. E.; WILLIAMS, C.; LAKOMY, H. K. A laboratory running test: metabolic responses of sprint and endurance trained athletes. **Br J Sports Med**, v. 19, n. 2, p. 81-4, Jun 1985.

CHENG, C. F.; YANG, Y. S.; LIN, H. M.; LEE, C. L.; WANG, C. Y. Determination of critical power in trained rowers using a three-minute all-out rowing test. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 4, p. 1251-60, Apr 2012.

DAVIES, B.; DAGGETT, A.; JAKEMAN, P.; MULHALL, J. Maximum oxygen uptake utilising different treadmill protocols. **Br J Sports Med**, v. 18, n. 2, p. 74-9, Jun 1984.

DE AGUIAR, R. A.; TURNES, T.; DE OLIVEIRA CRUZ, R. S.; CAPUTO, F. Fast-start strategy increases the time spent above 95 %VO<sub>2</sub>max during severe-intensity intermittent running exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 4, p. 941-9, Apr 2013.

DE ARAUJO, G. G.; PAPOTI, M.; DOS REIS, I. G.; DE MELLO, M. A.; GOBATTO, C. A. Physiological responses during linear periodized training in rats. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 3, p. 839-52, Mar 2012.

DE ARAUJO, G. G.; PAPOTI, M.; MANCHADO FDE, B.; DE MELLO, M. A.; GOBATTO, C. A. Protocols for hyperlactatemia induction in the lactate minimum test adapted to swimming rats. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, v. 148, n. 4, p. 888-92, Dec 2007.

DEKERLE, J.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHHER, J.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 3-4, p. 281-8, May 2003.

DEKERLE, J.; BARSTOW, T. J.; REGAN, L.; CARTER, H. The critical power concept in all-out isokinetic exercise. **J Sci Med Sport**, Sep 18 2013.

DEKERLE, J.; BRICKLEY, G.; HAMMOND, A. J.; PRINGLE, J. S.; CARTER, H. Validity of the two-parameter model in estimating the anaerobic work capacity. **Eur J Appl Physiol**, v. 96, n. 3, p. 257-64, Feb 2006.

DEKERLE, J.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M. Determination of critical power from a single test. **Science & Sports**, v. 23, n. 5, p. 231-238, Out 2008.

FALK, B.; WEINSTEIN, Y.; DOTAN, R.; ABRAMSON, D. A.; MANN-SEGAL, D.; HOFFMAN, J. R. A treadmill test of sprint running. **Scand J Med Sci Sports**, v. 6, n. 5, p. 259-64, Oct 1996.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports Med**, v. 39, n. 6, p. 469-90, 2009.

FLEG, J. L.; LAKATTA, E. G. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO<sub>2</sub> max. **J Appl Physiol** (1985), v. 65, n. 3, p. 1147-51, Sep 1988.

FOSS, M.; KETHEYIAN, S. Bases Fisiológicas Do Exercício e do Esporte. 6ª ed. Rio de Janeiro: 2000.

FRANCIS, J. T., JR.; QUINN, T. J.; AMANN, M.; LAROCHE, D. P. Defining intensity domains from the end power of a 3-min all-out cycling test. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 9, p. 1769-75, Sep 2010.

FUKUBA, Y.; MIURA, A.; ENDO, M.; KAN, A.; YANAGAWA, K.; WHIPP, B. J. The curvature constant parameter of the power-duration curve for varied-power exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 35, n. 8, p. 1413-8, Aug 2003.

FUNATO, K.; YANAGIYA, T.; FUKUNAGA, T. Ergometry for estimation of mechanical power output in sprinting in humans using a newly developed self-driven treadmill. **Eur J Appl Physiol**, v. 84, n. 3, p. 169-73, Mar 2001.

GAESSER, G. A.; CARNEVALE, T. J.; GARFINKEL, A.; WALTER, D. O.; WOMACK, C. J. Estimation of critical power with nonlinear and linear models. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 10, p. 1430-8, Oct 1995.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Med**, v. 31, n. 10, p. 725-41, 2001.

GOBATTO, C. A.; DE MELLO, M. A.; SIBUYA, C. Y.; DE AZEVEDO, J. R.; DOS SANTOS, L. A.; KOKUBUN, E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, v. 130, n. 1, p. 21-7, Aug 2001.

GOBBI, S.; VILLAR, R.; ZAGO, A. S. Educação Física no Ensino Superior. Bases teóricas e Práticas do condicionamento físico. Rio de Janeiro: 2005.

GONDIM, F. J.; ZOPPI, C. C.; PEREIRA-DA-SILVA, L.; DE MACEDO, D. V. Determination of the anaerobic threshold and maximal lactate steady state speed in equines using the lactate minimum speed protocol. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**, v. 146, n. 3, p. 375-80, Mar 2007.

GREEN, S.; DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. **Sports Med**, v. 15, n. 5, p. 312-27, May 1993.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **Int J Sports Med**, v. 6, n. 3, p. 117-30, Jun 1985.

HILL, D. W. The critical power concept. A review. **Sports Med**, v. 16, n. 4, p. 237-54, Oct 1993.

HILL, D. W. Energy system contributions in middle-distance running events. **J Sports Sci**, v. 17, n. 6, p. 477-83, Jun 1999.

HILL, D. W.; SMITH, J. C. A comparison of methods of estimating anaerobic work capacity. **Ergonomics**, v. 36, n. 12, p. 1495-500, Dec 1993.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Med**, v. 30, n. 1, p. 1-15, Jul 2000.

HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. The accuracy of the critical power test for predicting time to exhaustion during cycle ergometry. **Ergonomics**, v. 32, n. 8, p. 997-1004, Aug 1989.

HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. **Res Q Exerc Sport**, v. 61, n. 4, p. 406-9, Dec 1990.

HOUSH, T. J.; DEVRIES, H. A.; HOUSH, D. J.; TICHY, M. W.; SMYTH, K. D.; TICHY, A. M. The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 31, n. 1, p. 31-6, Mar 1991.

HUGHSON, R. L.; OROK, C. J.; STAUDT, L. E. A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. **Int J Sports Med**, v. 5, n. 1, p. 23-5, Feb 1984.

JASKOLSKA, A.; GOOSSENS, P.; VEENSTRA, B.; JASKOLSKI, A.; SKINNER, J. S. Comparison of treadmill and cycle ergometer measurements of force-velocity relationships and power output. **Int J Sports Med**, v. 20, n. 3, p. 192-7, Apr 1999.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Endurance training enhances critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v. 24, n. 11, p. 1283-9, Nov 1992.

JOHNSON, M. A.; SHARPE, G. R. Effects of protocol design on lactate minimum power. **Int J Sports Med**, v. 32, n. 3, p. 199-204, Mar 2011.

JOHNSON, M. A.; SHARPE, G. R.; BROWN, P. I. Investigations of the lactate minimum test. **Int J Sports Med**, v. 30, n. 6, p. 448-54, Jun 2009.

JOHNSON, T. M.; SEXTON, P. J.; PLACEK, A. M.; MURRAY, S. R.; PETTITT, R. W. Reliability analysis of the 3-min all-out exercise test for cycle ergometry. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 12, p. 2375-80, Dec 2011.

JONES, A. M.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M.; MORTON, R. H.; POOLE, D. C. Critical power: implications for determination of  $\dot{V}O_{2\max}$  and exercise tolerance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 10, p. 1876-90, Oct 2010.

JOSEPHSON, R. K. Mechanical Power Output from Striated-Muscle during Cyclic Contraction. **Journal of Experimental Biology**, v. 114, n. Jan, p. 493-512, 1985.

KARSTEN, B.; JOBSON, S. A.; HOPKER, J.; PASSFIELD, L.; BEEDIE, C. The 3-min Test Does not Provide a Valid Measure of Critical Power Using the SRM Isokinetic Mode. **Int J Sports Med**, Sep 10 2013.

KNOEPFLI-LENZIN, C.; BOUTELLIER, U. Lactate minimum is valid to estimate maximal lactate steady state in moderately and highly trained subjects. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 5, p. 1355-9, May 2011.

KNUDSON, D. V. Correcting the use of the term "power" in the strength and conditioning literature. **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 6, p. 1902-8, Sep 2009.

KRANENBURG, K. J.; SMITH, D. J. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. **Med Sci Sports Exerc**, v. 28, n. 5, p. 614-618, May 1996.

LAKOMY, H. K. Laboratory measurement of human power output during maximum intensity exercise. v. 28, p. 376-380, 1993.

LAKOMY, K. The use of a non-motorized treadmill for analysing sprint performance. **Ergonomics**, v. 30, n. 4, p. 627-637, 1987.

LIM, J. M.; CHIA, M. Y. Reliability of power output derived from the nonmotorized treadmill test. **J Strength Cond Res**, v. 21, n. 3, p. 993-6, Aug 2007.

MACDOUGALL, J. D.; WENGER, H. A.; GREEN, H. J. Physiological Testing of the High Performance Athlete. Champaign, IL: Human Kinetics. 1991. 141-147.

MACINTOSH, B. R.; ESAU, S.; SVEDAHL, K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. **Can J Appl Physiol**, v. 27, n. 3, p. 232-49, Jun 2002.

MANCHADO, F. B.; GOBATTO, C. A.; VOLTARELLI, F. A.; ROSTOM DE MELLO, M. A. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in swimming rats. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 31, n. 6, p. 731-6, Dec 2006.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L.; . Fisiologia do exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano. . 2008.

MEDBO, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O. M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. **J Appl Physiol**, v. 64, n. 1, p. 50-60, Jan 1988.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v. 8, n. 3, p. 329-338, 1965.

MORIN, J. B.; SEVE, P. Sprint running performance: comparison between treadmill and field conditions. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 8, p. 1695-703, Aug 2011.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVRIES, H. A.; MURO, M. Critical Power as a Measure of Physical Work Capacity and Anaerobic Threshold. **Ergonomics**, v. 24, n. 5, p. 339-350, 1981a.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVRIES, H. A.; MURO, M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v. 24, n. 5, p. 339-50, May 1981b.

NEBELSICK-GULLETT, L. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; BAUGE, S. M. A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. **Ergonomics**, v. 31, n. 10, p. 1413-9, Oct 1988.

NUMMELA, A.; ALBERTS, M.; RIJNTJES, R. P.; LUHTANEN, P.; RUSKO, H. Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. **Int J Sports Med**, v. 17 n. 2, p. S97-102, Jul 1996.

PAPOTTI, M.; VITÓRIO, R.; ARAUJO, G. Força crítica em nado atado para avaliação da capacidade aeróbia e predição de performances em nado livre. **Revista Brasileira de Cianthropometria e Desempenho Humano.**, v. 12, n. 1, p. 14-20, 2010.

PAPOTTI, M.; ZAGATTO, A. M.; JUNIOR, P. B. F. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 2, p. 126-130, 2005.

PARKER SIMPSON, L.; JONES, A. M.; VANHATALO, A.; WILKERSON, D. P. Influence of initial metabolic rate on the power-duration relationship for all-out exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 7, p. 2467-73, Jul 2012.

PETTITT, R. W.; JAMNICK, N.; CLARK, I. E. 3-min all-out exercise test for running. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 6, p. 426-31, Jun 2012.

POOLE, D. C.; WARD, S. A.; GARDNER, G. W.; WHIPP, B. J. Metabolic and Respiratory Profile of the Upper Limit for Prolonged Exercise in Man. **Ergonomics**, v. 31, n. 9, p. 1265-1279, Sep 1988.

RIBEIRO, L.; BALIKIAN, P.; MALACHIAS, P.; BALDISSERA, V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 43, n. 3, p. 312-8, Sep 2003.

RIBEIRO, L. F.; GONCALVES, C. G.; KATER, D. P.; LIMA, M. C.; GOBATTO, C. A. Influence of recovery manipulation after hyperlactemia induction on the lactate minimum intensity. **Eur J Appl Physiol**, v. 105, n. 2, p. 159-65, Jan 2009.

ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T. D. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. **Br J Sports Med**, v. 38, n. 6, p. 797-806, Dec 2004.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Can J Appl Physiol**, v. 28, n. 2, p. 299-323, Apr 2003.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an Individual Equilibrium between Lactate Production and Catabolism during Exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 25, n. 5, p. 620-627, May 1993.

TSUCHIE, H.; KOBAYASHI, K.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; ISO, S.; FUKUNAGA, T. Assessment of Sprinting Abilities Using a Resistant Self-driven Treadmill. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 6, n. 0, p. 85-90, 2008.

TUCKER, R.; BESTER, A.; LAMBERT, E. V.; NOAKES, T. D.; VAUGHAN, C. L.; ST CLAIR GIBSON, A. Non-random fluctuations in power output during self-paced exercise. **Br J Sports Med**, v. 40, n. 11, p. 912-7; discussion 917, Nov 2006.

VANDEWALLE, H.; KAPITANIAK, B.; GRUN, S.; RAVENEAU, S.; MONOD, H. Comparison between a 30-s all-out test and a time-work test on a cycle ergometer. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 58, n. 4, p. 375-81, 1989.

VANDEWALLE, H.; PERES, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. **Sports Med**, v. 4, n. 4, p. 268-89, Jul-Aug 1987.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 3, p. 548-55, Mar 2007.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. A 3-min all-out cycling test is sensitive to a change in critical power. **Med Sci Sports Exerc**, v. 40, n. 9, p. 1693-9, Sep 2008a.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. Robustness of a 3 min all-out cycling test to manipulations of power profile and cadence in humans. **Exp Physiol**, v. 93, n. 3, p. 383-90, Mar 2008b.

VANHATALO, A.; JONES, A. M. Influence of prior sprint exercise on the parameters of the 'all-out critical power test' in men. **Exp Physiol**, v. 94, n. 2, p. 255-63, Feb 2009.

VANHATALO, A.; JONES, A. M.; BURNLEY, M. Application of critical power in sport. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 6, n. 1, p. 128-36, Mar 2011.

VILAS-BOAS, J. P. Aproximação Biofísica ao Desempenho e ao Treino de Nadadores. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 14, n. 2, p. 107-117, 2000.

VOLTARELLI, F. A.; GOBATTO, C. A.; DE MELLO, M. A. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Braz J Med Biol Res**, v. 35, n. 11, p. 1389-94, Nov 2002.

VOLTARELLI, F. A.; GOBATTO, C. A.; DE MELLO, M. A. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. **Braz J Med Biol Res**, v. 35, n. 11, p. 1389-94, Nov 2004.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; KASAI, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **Int J Sports Med**, v. 13, n. 5, p. 367-71, Jul 1992.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients during Exercise. **Am J Cardiol**, v. 14, p. 844-52, Dec 1964.

WHIPP, B. J.; HUNTSMAN, D. J.; STORER, T. W.; LAMARRA, N.; WASSERMAN, K. A Constant Which Determines the Duration of Tolerance to High-Intensity Work. **Federation Proceedings**, v. 41, n. 5, p. 1591-1591, 1982.

ZAGATTO, A. M.; GOBATTO, C. A. Anaerobic capacity may not be determined by critical power in elite table tennis players. **J Sports Sci Med**, v. 7, n. 6, p. 54-59, Sep 2008.

ZAGATTO, A. M.; PADULO, J.; MULLER, P. T.; MIYAGI, W. E.; MALTA, E. S.; PAPOTI, M. Hyperlactemia Induction Modes Affect the Lactate Minimum Power and Physiological Responses in Cycling. **J Strength Cond Res**, Apr 14 2014.

ZAGATTO, A. M.; PAPOTI, M.; GOBATTO, C. A. Anaerobic capacity may not be determined by critical power model in elite table tennis players. **J Sports Sci Med**, v. 7, n. 1, p. 54-9, 2008.

ZENKOVA, E. "All-out" tethered running as an alternative to wingate anaerobic test. **Kinesiology**, v. 36, n. 2, p. 165-172, 2004.

## ANEXOS

### 6. ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS

LABORATÓRIO DE FISIOLOGIA APLICADA AO ESPORTE

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE**

##### **Prezado Participante**

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, do Projeto de Pesquisa intitulado “**Validação do protocolo convencional de potência crítica e do protocolo de *all-out* de três minutos por meio do lactato mínimo em corrida atada na esteira rolante não motorizada.**”, que será desenvolvido pela pesquisadora responsável Maria Carolina Traina Gama, orientada pelo Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto. O presente projeto se justifica diante da carência de informações científicas e testes de avaliação específicos no ergômetro da esteira rolante não motorizada isolando os parâmetros de força e de velocidade. Dessa forma, esperamos com esse projeto viabilizar um teste não invasivo, rápido e de baixo custo operacional, produzindo informações e propondo ferramentas que possam auxiliar

técnicos/treinadores e atletas de corrida ou desportos que englobem esse movimento a melhorarem seus treinamentos a fim de alcançarem melhores desempenhos.

O objetivo geral do projeto será validar os valores de Capacidade Aeróbia, obtidos no teste convencional de Potência Crítica proposto por Monod e Scherrer (1965), e os valores obtidos no teste não invasivo de All-Out, descrito por Vanhatalo *et al* (2007), por meio do teste de Lactato mínimo de Tegtbur *et al* (1993), em esteira rolante não motorizada, capaz de isolar os parâmetros de força e de velocidade. Caso você participe será necessário realizar os seguintes testes de desempenho:

- **Potência crítica em corrida atada na esteira não motorizada** - Quatro cargas exaustivas com duração entre 2 e 15 minutos, aleatórias e realizadas em dias separados.
- **Teste de All-out de 3 minutos em esteira rolante não motorizada** – Teste máximo com duração de 3 minutos.
- **Teste de Lactato mínimo na esteira não motorizada e na esteira motorizada** - Teste com 30 segundos de esforço máximo na esteira não motorizada para induzir a hiperlactacidemia, seguido de 8 minutos de recuperação e posterior teste incremental progressivo na esteira motorizada com incremento na velocidade de corrida de 1,0 km/h a cada 3 minutos até o momento de exaustão.

Todos os testes serão realizados em laboratório. Além disso, em todos os testes serão realizadas coletas de pequenas amostras de sangue do lóbulo da sua orelha (em torno de 1 gota) antes, e após as avaliações nos momentos imediatamente ao término do teste, cinco e oito minutos pós esforço, para dosar as concentrações de lactato sanguíneo. Essas coletas serão realizadas por profissionais da saúde devidamente qualificados para isso e seguindo todas as normas de segurança e higiene. Esse procedimento de extração sanguínea é simples e recomendado para avaliações dessa natureza, porém em alguns indivíduos pode ocasionar o desconforto momentâneo e típico proporcionado pela dor resultante da pequena perfuração na orelha.

## **Riscos dos testes**

Os possíveis riscos dos testes são aqueles inerentes a qualquer prática de exercício físico extenuante. Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço, incluindo-se nessas respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas e extremas situações, morte súbita pós-esforço.

Essa pesquisa poderá contribuir com informações relevantes para que seus técnicos/treinadores possam melhorar sua preparação esportiva com o objetivo principal de aumentar seu desempenho nas modalidades que envolvem corrida. Além disso, você também receberá um relatório individual com todos os resultados dos testes que você realizar.

A todo o momento da pesquisa os participantes serão monitorados e acompanhados pela equipe de pesquisadores. Não há previsão de ressarcimento, indenização e/ou reparos, entretanto, caso necessário, daremos todo o suporte necessário a qualquer intercorrência que possa acontecer durante a pesquisa, como assistência de primeiros socorros e médica hospitalar.

Você poderá obter quaisquer esclarecimentos antes, durante ou após a realização da pesquisa. Ainda, você poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem justificar sua decisão. Isso não acarretará em prejuízos ao seu treinamento físico, nem o seu relacionamento com pesquisadores, equipe e comissão técnica. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. Ainda, você não terá qualquer despesa por participar da pesquisa e seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo, pois você será identificado com um número garantindo o sigilo de sua identidade.

Após ser esclarecido(a) sobre a pesquisa e a sua participação como voluntário, e havendo uma confirmação livre e espontânea em aceitar a participar como voluntário(a), você deverá assinar ao final deste documento, em duas vias. Uma das vias ficará com você e a outra via permanecerá com o pesquisador responsável. Em caso de dúvida em relação a

esse documento, você poderá procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas- Faculdade de Ciências Médicas – UNICAMP, pelos Tel/Fax - CEP/FCM/UNICAMP (019) 3521-8936 e e-mail [cep@fcm.unicamp.br](mailto:cep@fcm.unicamp.br) (Rua Tessália Vieira de Camargo, 126 – CEP 13083-887 – Campinas/SP) e, ainda, você poderá procurar o pesquisador responsável **Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto, pelos telefones (19) 92046410, (19) 35364974 ou e-mail: [cgobatto@uol.com.br](mailto:cgobatto@uol.com.br)** (Av. 62-A, 332 – Jd. América – CEP 13506-056, Rio Claro-SP)

**Termo de consentimento livre, após esclarecimento**

Eu, \_\_\_\_\_, li e ouvi os esclarecimentos acima, compreendi para que serve o estudo e a quais procedimentos serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará meu programa de treinamentos. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo.

Eu concordo em participar do estudo.

Limeira, SP, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012.

---

**Assinatura do Voluntário (a)**

Nome do voluntário: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_

CPF: \_\_\_\_\_

**Pesquisador orientador**

Dr. Claudio Alexandre Gobatto

**Pesquisador responsável**

Maria Carolina Traina Gama

CPF15472802806

CPF 30777574861

**7. ANEXO 2 - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Validação do protocolo convencional de potência crítica e do protocolo de all-out por meio do lactato mínimo em corrida atada na esteira rolante não motorizada.

**Pesquisador:** Maria Carolina Traina Gama

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 07716512.1.0000.5404

**Instituição Proponente:** Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 190.587

**Data da Relatoria:** 26/02/2013

**Apresentação do Projeto:**

O projeto envolve o estudo com 15 atletas femininas, da cidade de Rio Claro-SP, com idades entre 20 e 35 anos para obtenção de potência de corrida por meio de esteira rolante não motorizada em corrida atada com sensor de carga e potenciômetro. Utilizando este ergômetro, os pesquisadores pretendem validar o teste não invasivo e convencional de Potência Crítica e o teste não invasivo de all-out, por meio do teste de Lactato mínimo.

**Objetivo da Pesquisa:**

Validar o teste não invasivo e convencional de Potência Crítica e o teste não invasivo de all-out, por meio do teste de Lactato mínimo, empregando esteira rolante não motorizada em corrida atada com sensor de carga e potenciômetro.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os possíveis desconfortos e riscos foram descritos, bem como as providências para minimiza-los. Os resultados dos estudos podem melhorar a preparação e facilitar a avaliação de atletas de corrida.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Ao todo serão realizadas oito visitas ao laboratório para a coleta dos dados. Nas duas primeiras, será realizada a avaliação antropométrica e a adaptação ao ergômetro. Após essa adaptação, serão

**Endereço:** Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

**Bairro:** Barão Geraldo

**CEP:** 13.083-887

**UF:** SP

**Município:** CAMPINAS

**Telefone:** (19)3521-8936

**Fax:** (19)3521-7187

**E-mail:** cep@fcm.unicamp.br

utilizados quatro dias para aplicação do protocolo de determinação da potência crítica. Para realização do teste de all-out será utilizado mais um dia, seguido de mais um para aplicação do Lactato mínimo por coletas de pequenas amostras de sangue do lóbulo da sua orelha (em torno de 1 gota) antes, e após as avaliações nos momentos imediatamente ao término do teste, 1,3 e cinco minutos pós esforço, para dosar as concentrações de lactato sanguíneo. Antes de todos os testes os participantes deverão fazer um aquecimento na esteira motorizada da marca Imbramed (Modelo Super ATL, Brasil), por cinco minutos de corrida em velocidade de 8.0 Km/h.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

A documentação obrigatória foi apresentada.

**Recomendações:**

1. Lembramos que o TCLE deve ser elaborado em duas vias, sendo uma retida pelo sujeito da pesquisa ou por seu representante legal e uma arquivada pelo pesquisador (resolução 196/96 CNS/MS, artigo IV.2 *et seq.*).
2. Se o TCLE tiver mais de uma página, o sujeito de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas desse documento, apondo suas assinaturas na última página do referido termo (Carta Circular nº. 003/2011/CONEP/CNS).
3. No cronograma, observar que o início do estudo somente poderá ser realizado após aprovação pelo CEP, conforme compromisso do pesquisador com a resolução 196/96 CNS/MS (artigo IX.2 letra *et seq.*).

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

No parecer anterior, as seguintes pendências foram apontadas pela relatoria:

1. Informar os locais (laboratórios, clínicas, etc.) em que os estudos serão realizados.

Comentário: a pesquisadora esclarece que os procedimentos do estudo serão realizados no laboratório LAFAE da Faculdade de Ciências Aplicadas da Unicamp, campus de Limeira-SP, para a coleta dos dados.  
Pendência atendida.

2. O estudo foi indicado pela pesquisadora como Área 4 (Equipamentos, insumos e dispositivos para saúde novos, ou não registrados no país), com apreciação pela CONEP. Esclarecer se realmente se trata de procedimento inédito que justifique tal classificação. Caso contrário, corrigir essa informação na Plataforma Brasil.

Comentário: pendência atendida.

Aprovado após resposta a pendências.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126  
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887  
UF: SP Município: CAMPINAS  
Telefone: (19)3521-8938 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br



FACULDADE DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS - UNICAMP  
(CAMPUS CAMPINAS)



**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

CAMPINAS, 30 de Janeiro de 2013

---

Assinador por:  
Carlos Eduardo Steiner  
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126  
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887  
UF: SP Município: CAMPINAS  
Telefone: (19)3521-8938 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br





**1b** Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**? horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**2a.** Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**): dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( )  
Nenhum

**2b.** Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**3a** Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo, correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração. Dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**3b** Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre (deixa livre ou lazer. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV, jogando vídeo game, bate-papo na internet e uso do computador para jogar e estudar. Não inclua o tempo gasto sentado durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.**

**4a.** Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana?  
\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**4b.** Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana?  
\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

**PERGUNTA SOMENTE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**

**5.** Você já ouviu falar do Programa Agita São Paulo? ( ) Sim ( ) Não

**6.** Você sabe o objetivo do Programa? ( ) Sim ( ) Não

**9. ANEXO 4 - QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA (PAR-Q)**

Responda com atenção as questões deste instrumento, que é uma ferramenta na tentativa de identificar possíveis riscos para a prática da atividade física. Entretanto ele não é infalível, sendo recomendados exames clínicos complementares.

	<b>RESPONDA</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
1	Alguma vez um médico lhe disse que você possui um problema do coração e lhe recomendou que fizesse atividade física apenas com supervisão médica?		
2	Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física?		
3	Você sentiu dor no peito no último mês?		
4	Você já perdeu a consciência em virtude de tontura ou desmaio?		
5	Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática da atividade física?		
6	Algum médico já lhe recomendou o uso de medicamentos para a sua pressão arterial, circulação ou coração?		
7	Você tem conhecimento através de sua própria experiência ou aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça sua prática de atividade física sem supervisão médica?		

**10. ANEXO 5 - CONFIRMAÇÃO DE SUBMISSÃO DE ARTIGO**

20-May-2014

Dear Ms. Maria Gama,

Your manuscript entitled

RELIABILITY OF ALL-OUT OF THREE MINUTES TEST IN A NONMOTORIZED  
TREADMILL TETHERED RUNNING.

has been received by the editorial office of The Journal of Sports Medicine and Physical  
Fitness and registered under number J Sports Med Phys Fitness-5191.

This reference number will help you track your manuscript's status online.

Your manuscript is now under review. You will be informed about the Editorial Board's  
decision as soon as possible.

I thank you and your colleagues for your interest in Edizioni Minerva Medical journals and  
send you my very best regards.

Prof. Alberto Oliaro

Managing Editor

The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness