

ÍNDICES E DOMÍNIOS FISIOLÓGICOS ASSOCIADOS COM A *PERFORMANCE* AERÓBIA DE ATLETAS DE *ENDURANCE*: EFEITOS DA DURAÇÃO DA PROVA “DESAFIO PRAIAS E TRILHAS”

Juliano Fernandes da Silva
Kristopher Mendes Souza
George Vieira
Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Maria de Fátima da Silva Duarte
Jóris Pazim

Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Esforço Físico,
Campus Universitário¹

Resumo

O objetivo do presente estudo foi verificar a relação de índices fisiológicos com a *performance* no Desafio Praias e Trilhas. Participaram 4 homens (35,2±8,9anos; 72,6±3,3kg; 174,7±6,7cm; 13,3±4,1% G) e 2 mulheres (33,5±2,2anos; 51,3±2,0kg; 157,0±1,4cm; 13,4±0,7% G), sendo todos atletas de *endurance*. Os sujeitos foram submetidos ao teste incremental(TI) em esteira para determinação do pico de velocidade, frequência cardíaca máxima, ponto de deflexão da FC(PDFC) e VO₂máx. O PDFC foi considerado como o segundo limiar de transição fisiológica (LTF2), a FC correspondente a 80% do PDFC foi considerada o primeiro limiar de transição fisiológica(LTF1). Foram estabelecidos três domínios: abaixo do LTF1 (moderado), entre LTF1 e LTF2 (pesado) e acima de LTF2(severo). Monitorou-se o evento Praias e Trilhas, em dias consecutivos, nas distâncias de 37 e 45km, respectivamente. A FC foi mensurada a cada 5s(Polar®-modelo S610i). Para a análise entre as etapas, aplicou-se o teste t pareado e Wilcoxon. Foi empregada a análise de variância(one-way) para verificar a diferença no percentual de tempo(%T) nos domínios em cada etapa. A determinação do grau de associação entre as variáveis foi utilizada a correlação de Pearson e Spearman. Foi adotado p<0,05. O %T em cada domínio fisiológico apresentou diferenças significativas, sendo identificados maiores %T no domínio pesado (etapa 1=71,28±18,28%;

etapa 2=89,92±4,0%). O %T nos domínios severo (etapa 1=27,37±18,15%; etapa 2=1,28±1,21%) e moderado (etapa 1=1,35±1,19%; etapa 2=8,80±3,48%) apresentaram diferenças significantes com relação aos trechos da prova. A velocidade referente ao PDFC foi o índice que melhor associou-se com o desempenho nas etapas 1($r=-0,77$) e 2($r=-0,82$), respectivamente.

Palavras chaves: índices fisiológicos, corredores de *endurance*, frequência cardíaca.

Introdução

As principais variáveis fisiológicas que predizem a *performance* em eventos de natureza aeróbia são: o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), o limiar anaeróbio (LAn) e a economia de corrida (EC). No entanto, a mensuração destas variáveis geralmente necessita de metodologias invasivas, elevados custos financeiros e avaliadores especializados (DE-OLIVEIRA, 2004).

Entre os métodos indiretos e não invasivos utilizados para a avaliação da capacidade aeróbia, o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) é um dos mais utilizados e controvertidos métodos alternativos (CONCONI *et al.*, 1996, 1982; HOFFMANN *et al.*, 1997; KARA, GÖKBEL, BEDIZ, 1996; SCHMID *et al.*, 1998). Esta variável vem sendo amplamente utilizada e estudada (BODNER, 2000; CARMINATTI, 2006), principalmente devido sua fácil aplicabilidade e baixo custo operacional.

O "Desafio Praias e Trilhas" é uma prova de corrida de 82km, com características predominantemente aeróbias, disputada em diferentes terrenos (montanhas, florestas, campos, costões e praias) durante dois dias (37km e 45km, respectivamente). Por ser uma prova única no Brasil com essas características, despertou o interesse de realizar estudos capazes de identificar as variáveis fisiológicas utilizadas para predizer a *performance* dos atletas e a exigência fisiológica sofrida por estes durante a prova, e assim, ser possível prescrever o

treinamento físico, com o intuito de maximizar os aspectos funcionais e metabólicos dos atletas, frente à demanda requerida nesse tipo de prova.

Procedimentos metodológicos

Participaram voluntariamente deste trabalho 6 atletas bem treinados em provas de fundo do atletismo, sendo 4 homens ($35,2 \pm 8,9$ anos; $72,6 \pm 3,3$ kg; $174,7 \pm 6,7$ cm; $13,3 \pm 4,1\%$ G) e 2 mulheres ($33,5 \pm 2,2$ anos; $51,3 \pm 2,0$ kg; $157,0 \pm 1,4$ cm; $13,4 \pm 0,7\%$ G).

A massa corporal foi medida em uma balança com precisão de 0,1kg (Filizola, São Paulo, Brasil). A estatura foi medida em um estadiômetro localizado na própria balança, com precisão de 0,5cm. O percentual de gordura corporal foi estimado utilizando o protocolo de Guedes (1994) (tricipital, supra-ílica e abdominal para homens; e sub-escapular, supra-ílica e coxa para mulheres).

Na primeira fase das coletas, foi realizado o teste incremental (TI) em esteira rolante (Imbramed, modelo ATL 10200, Brasil) para a determinação do pico de velocidade (PV), da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}), do PDFC e da VO₂_{máx}. A velocidade inicial do teste foi de 6km/h com incrementos de 1km/h a cada 1 minuto até a exaustão voluntária. A FC foi monitorada por meio do cardiofrequencímetro da marca Polar® (modelo S610i), registrando valores de FC no final de cada estágio/minuto. Para a determinação do PDFC, foi utilizado o método matemático D_{máx}, proposto por Kara et al. (1996). O PDFC foi utilizado para aproximação do segundo limiar de transição fisiológica (LTF2) (CONCONI *et al.*, 1996; 1982) e a FC correspondente a carga 80% do PDFC para aproximação do primeiro limiar de transição fisiológica (LTF1) (DENADAI, GUGLIELMO; DENADAI, 2000).

O VO₂ foi mensurado durante todo o protocolo a partir do gás expirado (*Aerosport Inc.*, modelo TEEM 100, EUA), sendo os dados reduzidos às médias de cada

minuto. Este equipamento foi calibrado antes do início das coletas, de acordo com os procedimentos preconizados pelo fabricante.

Nas duas fases seguintes foi monitorados o comportamento da FC nos dois trechos do “Desafio Praias e Trilhas” (37km e 45km, respectivamente), utilizando o mesmo cardiofrequencímetro do TI.

Para determinar a intensidade de esforço dos atletas durante as provas, foram delimitados domínios fisiológicos de acordo com a proposta de Almeida; Carminatti e De-Oliveira (2004), sendo definido como domínio de esforço moderado os valores de FC que ficaram abaixo de 80% do PDFC, domínio de esforço pesado abrangendo os valores de FC entre 80 e 100% do PDFC e domínio de esforço severo os valores de FC acima do PDFC.

Análise Estatística

Os dados foram expressos na forma de média e desvio padrão. As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do pacote estatístico SPSS 11,0. A normalidade dos dados foi verificada a partir do teste de *Shapiro-Wilk*. Para verificar se existiam diferenças nos percentuais de permanência em cada domínio fisiológico entre a etapa 1 e etapa 2 utilizou-se o teste t pareado. Foi efetuada a análise de variância (*one-way*) buscando identificar se haviam diferenças no percentual de tempo em cada domínio fisiológico em cada etapa. Para observar se existiam diferenças nos tempos obtidos nas etapas 1 e 2, foi usado o teste de *Wilcoxon*. Para determinar as associações entre os índices fisiológicos e os tempos nas etapas 1 e 2, e, entre a variável VPDFC com outros índices, aplicou-se a correlação de Spearman. A correlação linear de Pearson foi utilizada para estabelecer a associação entre as demais variáveis. Foi adotado $p < 0,05$.

Fundamentação teórica

Entre as variáveis fisiológicas mais pesquisadas, é possível citar o $VO_2\max$, $vVO_2\max$ ou PV, EC e aquelas associadas à resposta do lactato sanguíneo (LL,

LAn, MLSS) (DENADAI, 1999; CAPUTO *et al.*, 2001). Tais variáveis têm apresentado uma excelente validade e reprodutibilidade para o acompanhamento dos atletas em suas respectivas atividades e, também, possuem uma alta correlação com a *performance* em provas de média e longa duração.

Contudo, metodologias utilizando o consumo de oxigênio e o lactato sanguíneo, necessitam de aparelhos de alto custo e pessoal especializado para a avaliação, restringindo assim sua aplicabilidade. Além disso, quando se fala em determinação da MLSS é necessário um elevado número de visitas ao laboratório por parte dos avaliados. Sendo assim, têm-se estudado e utilizado cada vez mais métodos indiretos para determinação das intensidades correspondentes ao $VO_2\text{max}$, a MLSS e ao LL. Para uma estimativa da MLSS destaca-se o PDFC, o qual vem sendo utilizado como uma metodologia indireta de identificação desses “limites” de intensidade (CARMINATTI, 2006; BODNER, 2000; SCHMID *et al.*, 1998; CONCONI *et al.*, 1996, 1982; HOFFMANN *et al.*, 1997), podendo ser considerado como um bom indicador do LTF2. Apresentado por Conconi *et al.* (1982), com sua identificação a partir da técnica de inspeção visual, o PDFC tornou-se bastante utilizado, bem como, a partir de métodos matemáticos (KARA *et al.*, 1996) para a diminuição da subjetividade do método de inspeção visual.

A intensidade correspondente ao LTF1, parece apresentar-se em torno de 80% do LTF2 (DENADAI, GUGLIELMO; DENADAI, 2000), sugerindo que o valor da FC correspondente à carga de 80% do PDFC pode ser utilizado para aproximação do LTF1 (ALMEIDA; CARMINATTI; DE-OLIVEIRA, 2004).

Neste modelo, baseado em uma série de estudos, Gaesser e Poole (1996) estabeleceram três domínios de intensidade de esforço: moderado, pesado e severo (DENADAI, 2000). O domínio moderado compreende as intensidades abaixo do LTF1. O domínio pesado inicia a partir da menor intensidade relativa de esforço onde ocorrem incrementos nas concentrações de lactato no sangue, tendo como um limite superior a intensidade de esforço correspondente a MSSL ou ao LTF2 (correspondente em média a $4,0\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ de lactato) (DENADAI, 2000).

Contudo, para o domínio severo, não existe fase estável nas concentrações de lactato sanguíneo, sendo que ocorre uma elevação desse durante todo o tempo do esforço até a exaustão (DENADAI, 2000).

Considerando o que foi exposto anteriormente, o objetivo deste estudo foi verificar a relação das variáveis fisiológicas VO_2max , PV, velocidade correspondente ao PDFC (VPDFC), velocidade equivalente a 80% do PDFC (80%VPDFC) com a *performance* de corrida nas distâncias de 37km e 45km correspondentes aos trechos 1 e 2, respectivamente da prova “Desafio Praias e Trilhas” e identificar o tempo de permanência em cada domínio fisiológico durante a prova por meio da FC, a partir das variáveis fisiológicas determinadas no teste incremental máximo em esteira rolante.

Resultados

Na tabela 1, observa-se que o tempo de permanência dos atletas nos domínios moderado e severo apresentou diferença significativa nos dois dias de prova. Efeitos da duração da prova, assim como o reduzido conhecimento dos competidores em relação aos diferentes terrenos na prova, podem ter contribuído para uma maior permanência no domínio severo no primeiro dia de competição. Na tabela 1, também se percebe que os sujeitos permaneceram a maior parte da prova no domínio pesado, exigindo principalmente da capacidade aeróbia, ocorrendo um provável fornecimento adequado de oxigênio e, nesta intensidade apesar de ocorrer um aumento nas concentrações de lactato em relação aos níveis de repouso, este não é suficiente para interferir na *performance*. Em ambas as etapas houve uma pequena participação do domínio moderado, o que é compreensível, visto que essa prova tende a ser realizada em intensidades altas.

Tabela 1: Valores médios e desvios padrão dos percentuais de esforço em cada domínio fisiológico nas etapas 1 e 2.

Etapas	Domínios Fisiológicos		
	Moderado (%)	Pesado (%)	Severo (%)
1 (37km)	1,35 ± 1,19*	71,28 ± 18,28**	27,37 ± 18,15*
2 (45km)	8,80 ± 3,48	89,92 ± 4,00**	1,28 ± 1,21

*p<0,05 em relação à etapa 2.

** p<0,05 em relação aos domínios moderado e severo em ambas as etapas.

Analisando a tabela 2, o tempo médio em que os sujeitos completaram os dois percursos, os resultados apresentam diferenças significativas, o que está diretamente ligado a uma maior distância percorrida no segundo dia de prova, assim como, uma menor intensidade, visto que, no segundo dia, aumentou o tempo de permanência no domínio moderado e diminuiu no severo - o que pode ter ocorrido em decorrência de uma inadequada recuperação.

Tabela 2: Valores médios e desvios-padrão dos tempos nas etapas 1 e 2.

Etapa	Tempo (min)
1 (37km)	308,33 ± 67,93
2 (45km)	420,33 ± 88,00*

*p<0,05 em relação a etapa 1.

A *performance* dos atletas nos diferentes trechos da prova parece ser dependente do PV e da VPDFC destacando que esses índices fisiológicos podem ser utilizados para prever a *performance* dos atletas, independentemente das características do percurso da prova. Além disso, nossos achados sugerem que a *performance* obtida nas distâncias do “Desafio Praias e Trilhas” é mais dependente da capacidade aeróbia, haja vista os valores de correlação apresentados na tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Correlação entre as variáveis abordadas no estudo.

Variáveis	Etapa 1	Etapa 2	VO ₂ máx (L/min)	VO ₂ máx (ml/kg/min)	PV
Etapa 2	0,99**				
VO ₂ máx (L/min)	0,20	0,30			
VO ₂ máx (ml/kg/min)	-0,36	-0,20	0,53		
PV	-0,51	-0,55	0,49	0,82	
VPDFC	-0,77	-0,82*	0,22	0,22	0,83*

- correlação significante para $p < 0,05$; ** correlação significante para $p < 0,01$.

Conclusões

Podemos concluir que os atletas permaneceram, na maior parte da prova, no domínio pesado e a variável que parece melhor predizer o desempenho neste tipo de prova é a VPDFC, sugerindo, assim, que as sessões de treinamento devem enfatizar principalmente trabalhos para aprimoramento da capacidade aeróbia. Entretanto, sugere-se cautela e a não generalização destes achados em virtude do pequeno “n” amostral do nosso estudo.

Referências bibliográficas

- 1 - ALMEIDA, E. B.; CARMINATTI, L. J.; DE OLIVEIRA, F. R. Domínios fisiológicos na atividade ocupacional do carteiro ciclista. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**. v.3, n. 1, 2004.
- 2 - BILLAT V, BEILLOT J, JAN J, ROCHCONGAR P, CARRE F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO₂max with other bioenergetic characteristics. **Medicine Science of Sports Exercise**. v.28, p.1049-55. 1996.
- 3 - BODNER, M. E., RHODES, E. C. A review of the concept of the heart rate deflection point. **International Journal of Sports Science**. v. 30, n.1, p.31-46, 2000.
- 4 - CAPUTO F, DE LUCAS RD, MANCINI E, DENADAI BS. Comparação de diferentes índices obtidos em testes de campo para predição da performance aeróbia de curta duração no ciclismo. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento** v.9, p.13-7. 2001.
- 5 - CARMINATTI, L.J. **Validade de limiares anaeróbios derivados do teste incremental de corrida intermitente (TCAR) como preditores do máximo steady-state de lactato em jogadores de futsal**. Dissertação de Mestrado -

Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos (CEFID) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis, 2006.

6 - CONCONI, F., FERRARI, M., ZIGLIO, P.G., DROGHETTI, P., CODECA, L. Determination of anaerobic threshold by noninvasive field test in runners. **Journal of Applied Physiology**: v.52, n.4, p.869-873, 1982.

7 - CONCONI, F., GRAZZI, G., CASONI, I., et al. The Conconi Test: Methodology After 12 years of Application. **Int. Journal of Sports Science**. v.17, n. 7, p.509-519, 1996.

8 - DENADAI, B.S. GUGLIELMO, L.G.A. DENADAI, M.L.D.R. Effect of exercise mode on the blood lactate removal during recovery of high-intensity exercise. **Biology of Sport**, v. 17, n.1, 2000.

9 - DENADAI BS. Avaliação aeróbia: consumo máximo de oxigênio ou resposta do lactato sanguíneo? In: Denadai BS, editor. Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. Rio Claro: **Motrix**, 3-24, 2000.

10 - DENADAI B. S. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações**. Ribeirão Preto: BSD, 1999.

11 - DE-OLIVEIRA, Fernando Roberto. **Predição dos limiares de lactato e ajustes de frequência cardíaca no teste de Léger – Boucher**. Universidade do País Basco. Euskal Herriko Unibertsitatea: San Sebastián, 2004.

12 - GAESSER, G.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in human. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. v. 24, p. 35-70, 1996.

13 – GUEDES, D. **Composição corporal: princípios, técnicas e aplicações**. Londrina: APEF, 1994.

14 - HOFMANN, P., POKAN, R., VON DUVILLARD, S.P., SEIBERT, F. J., ZWEIKER, R., SCHMID P. Heart rate performance curve during incremental cycle ergometer exercise in young male subjects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.29, (in press), 1997.

15 - KARA, M., GÖKBEL, H., BEDIZ, C., ERGENE, N., UÇOK, K., UYSAL, H. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v.36, n.1, p.31-4, 1996.

16 - SCHMID, A., HUONKER, M., ARAMENDI, J.F., KLÜPPEL, E., BARTUREN, M., GRATHWOHL, D. Heart rate deflection compared to 4 mmol l⁻¹ lactate threshold during incremental exercise and to lactate during steady-state exercise on an armcranking ergometer in paraplegic athletes. **European Journal of Applied Physiology**. v.78, p.177-82, 1998.

17 - SIRI, W. E. Body composition from fluid space and density. In: Brozek J. Henschel A, editors. Techniques for measuring body composition. Washington DC: **National Academy of Science**, p. 223-4, 1961

¹Trindade, CEP: 88040-900 Florianópolis (SC) Brasil, **Telefone:** (48) 37219924 - **Fax:** (48) 37219927.

E-mail: julyofs@yahoo.com.br