

## INDICADORES DE PARÂMETROS DE CONTROLE DE TREINAMENTO E CICLO CIRCADIANO

*INDICATORS OF CONTROL PARAMETERS OF TRAINING AND CIRCADIAN CYCLE*

Ramon Cruz<sup>1</sup>  
Sandro Fernandes da Silva<sup>2</sup>

### RESUMO

A velocidade crítica definida como a mais alta intensidade de exercício que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão, é um parâmetro de aptidão aeróbia que se tem mostrado sensível ao treinamento de endurance sua determinação envolve procedimentos não invasivos e de baixo custo, que podem ser facilmente aplicados em testes de campo. A expressão ritmos biológicos se refere a mudanças cíclicas que se repetem regularmente em um dado intervalo de tempo e esta relacionada a dar suporte aos processos fisiológicos. Os ritmos circadianos são fenômenos gerados em períodos de 24 horas e o controle do ritmo circadiano nos mamíferos é localizado no hipotálamo anterior. O objetivo deste trabalho foi verificar possíveis influências do ciclo circadiano sobre parâmetros de treinamento. A amostra foi composta por 8 homens, adultos,  $69,23 \pm 7,65$  Kg,  $175,5 \pm 3,15$  cm e percentual de gordura de  $16,95 \pm 1,67$ . Os voluntários executaram três testes (1500, 3000 e 5000m), no menor tempo possível em três momentos do dia (manhã, tarde e noite), de maneira aleatória em uma pista de atletismo de 400 metros, piso de saibro, com o objetivo de identificar a velocidade crítica calculada através da razão da diferença do espaço pela diferença do tempo entre duas distâncias. Foram avaliadas também o  $VO_{2máx}$  predito e identificação do maior valor de frequência cardíaca no teste. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas sobre a influência do ciclo circadiano nas variáveis estudadas. Acredita-se que o desempenho nos testes aplicados podem ter maior relação com os hábitos dos voluntários.

**Palavras-Chaves:** Velocidade crítica, variação circadiana, treinamento esportivo.

### ABSTRACT

The critical velocity defined as to more high intensity of exercise that theoretically can be maintained by a long time without exhaustion, it's a aerobic parameter that has been shown sensible to the of endurance training ,this determination involves low-cost and not invasive procedures, that easily can be applied in tests of field. The expression biological rhythm refers to the changes cyclical that are repeated regularly in a given break of time and this related it give support to the physiological trials. The circadian rhythms are phenomenal

---

1. Graduando em Educação Física pela Universidade Federal de Lavras; Departamento de Educação Física; NEMOH – Núcleo de Estudos do Movimento Humano; Grupo de Estudos de atletismo – GEA. Lavras – MG; Brasil.

2. Professor Doutor da Universidade Federal de Lavras; Departamento de Educação Física; NEMOH – Núcleo de Estudos do Movimento Humano; [sandrofs@def.ufla.br](mailto:sandrofs@def.ufla.br) ; Lavras-MG; Brasil.

generated in 24 hours periods of and the control of the circadian rhythms in the mammals is located in the anterior hypothalamus. The aim of the study was verify possible you influence of the circadian cycle about parameters of training. The sample was composed for 8 men, adult,  $69.23 \pm 7.65$  Kg,  $175.5 \pm 3.15$  cm and body fat  $16.95 \pm 1.67\%$ . The volunteers performed of random three tests (1500, 3000 and 5000m), in the less time possible in three moments of day (morning, afternoon and night), way in 400 meters a trail of athletics of, floor of gravel, with the aim critical velocity identify, from the reason of the difference of the space by the difference of time and two distances. They were evaluated also the  $VO_{2m\acute{a}x}$  predicted and identification of the higher heart rate in the test. There were not statistically significant differences on the influence of the circadian cycle in the studied variables. It is believed that the performance tests used may have more to do with the habits of volunteers.

**Keywords:** Critical Velocity, circadian variation, sports training.

## INTRODUÇÃO

A expressão ritmos biológicos se refere a mudanças cíclicas que se repetem regularmente em um dado intervalo de tempo e esta relacionada a dar suporte aos processos fisiológicos. Os ritmos circadianos são fenômenos gerados em períodos de 24 horas e o controle do ritmo circadiano nos mamíferos é localizado no hipotálamo anterior<sup>1</sup>.

É conhecido que há influencia dos exercícios físicos sobre os ritmos biológicos e que há também respostas fisiológicas distintas quando os exercícios são feitos em diferentes momentos do dia<sup>2</sup>. Neste sentido estudos indicam que o ritmo circadiano influencia o exercício devido às modificações cíclicas na secreção hormonal e na temperatura corporal, no entanto, resultados contraditórios são encontrados em relação ao desempenho muscular nos diferentes horários do dia<sup>3,4</sup>.

A velocidade critica (Vcrit) é definida como a mais alta intensidade de exercício que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão<sup>5</sup>, é um parâmetro de aptidão aeróbia que se tem mostrado sensível ao treinamento de endurance<sup>6</sup>, sua determinação envolve procedimentos não invasivos e de baixo custo, que podem ser facilmente aplicados em testes de campo<sup>7</sup>.

Especificamente para a corrida, Kranenburg e Smith (1996)<sup>6</sup>, Smith e Jones (2001)<sup>8</sup> e Ortiz et al. (2002)<sup>9</sup> verificaram que a Vcrit pode ser obtida pela regressão linear entre distâncias fixas e seus respectivos tempos, sendo que a Vcrit corresponde ao coeficiente angular da reta obtida.

A velocidade critica também foi utilizada como instrumento de estudo de outras modalidades esportivas, como canoagem<sup>10</sup>, ciclismo<sup>11</sup>, corrida aquática<sup>12</sup>, natação<sup>13</sup>.

Seu conceito é baseado na relação hiperbólica entre intensidades pré-determinadas e seus respectivos tempos. A Vcrit apresenta alta correlação com o limiar anaeróbio, e tem sido comparada com o limiar anaeróbio identificado

tanto pela concentração fixa de  $4\text{mmol.l}^{-1}$  de lactato<sup>14</sup> conforme metodologia descrita por Heck et al (1985)<sup>15,16,17</sup>, bem como a partir de técnicas considerando o comportamento individual da resposta do lactato<sup>18</sup> e ventilação<sup>19,20</sup> não verificaram diferença significativa entre a velocidade crítica e o máximo estado estável de lactato, entretanto observaram que há uma tendência a superestimar o limiar pela  $V_{crit}$ .

Os testes de campo são uma alternativa com protocolos não invasivos e de fácil aplicação têm sido propostos para identificar e controlar o treinamento aeróbico, destacando-se a aplicação de modelos matemáticos que possibilitam a identificação da velocidade crítica ( $V_{crit}$ ) a partir da relação distância-tempo em testes de desempenho realizados em corrida<sup>18,20</sup>.

## OBJETIVO

O presente estudo tem por objetivo verificar as diferenças que ocorrem ao longo do dia em parâmetros de controle de treinamento aeróbico como frequência cardíaca, velocidade crítica e o  $VO_{2MÁX}$

## METODOLOGIA

### Amostra

A amostra foi composta por oito homens, adultos e ativos; com média de idade igual a  $26,62 \pm 7,79$  anos. As características da amostra estão descritas na tabela 1. Todos os sujeitos assinaram o TCLE aprovado pelo comitê de ética da Universidade de Itaúna sob nº de protocolo 002/09.

n	Massa corporal (Kg)	Estatura (cm)	%G
8	$69,23 \pm 7,65$	$175,5 \pm 3,15$	$16,95 \pm 1,67$

Tabela 1- Características da amostra

### Procedimentos

Os sujeitos foram avaliados em 3 momentos do trabalho, sendo que estes foram escolhidos aleatoriamente para as avaliações nos diferentes momentos do dia; manhã (8:00 as 10:00), tarde (14:00 as 16:00) e noite (18:00 as 20:00), ou seja, uns sujeitos realizaram o teste pela manhã, outros pela tarde e uma terceira avaliação ocorreu no período noturno. As avaliações foram aleatórias para todos os participantes. Os mesmos realizaram os testes individualmente na pista.

*A- Antropométrico:* Estimativa de percentual de gordura através da Bioimpedância elétrica RJL Systems, onde detectou-se as seguintes

variáveis: A) Porcentagem de gordura; B) Massa Gorda; C) Massa Magra;

B- *Velocidade Crítica*: Foram percorridas 3 distancias, no menor tempo possível, em uma pista de atletismo de 400 metros, piso de saibro, com o objetivo de identificar a velocidade critica calculada através da razão da diferença do espaço pela diferença do tempo entre duas distâncias.

$$VCrit = (Distância 2 - Distância 1) / (Tempo 2 - Tempo 1)$$

C-  $VO_{2máx}$ : foi realizado o teste de campo de 2400 metros, onde os sujeitos deveriam percorrer essa distancia na menor velocidade possível, para calculo do  $VO_{2MÁX}$  foi aplicada à equação:

$$VO_{2MÁX} = ((D \times 60 \times 0,2) / TEMPO (SEGUNDOS)) + 3,5 \quad (\text{ACSM, } 2006)_{21}$$

### Análise estatística

Para análise estatística utilizou-se teste *W de Shapiro-Wilk* para verificar a distribuição da amostra, *Teste T* ( $p < 0,05$ ) para comparação de médias com intuito de identificar diferenças significativas nos três períodos,

### RESULTADOS

Os resultados da  $V_{crit}$ , calculadas por períodos e distâncias são apresentados na tabela 1, onde não verificamos diferença significativa entre as  $V_{crits}$  identificadas nas distancias estudadas e nem entre os diferentes momentos do dia.

Período	1500/3000 m.s <sup>-1</sup>	1500/5000 m.s <sup>-1</sup>	3000/5000 m.s <sup>-1</sup>
Manhã	3,70 ± 0,65	3,63 ± 0,61	3,58 ± 0,58
Tarde	3,68 ± 0,59	3,56 ± 0,58	3,48 ± 0,61
Noite	3,69 ± 0,51	3,62 ± 0,50	3,58 ± 0,52

Tabela 1: Velocidade crítica entre três distâncias e três períodos.

Período	Tempo 1500m (segundos)	Tempo 3000m (segundos)	Tempo 5000m (segundos)
Manhã	350,5 ± 51,36	767,5 ± 127,54	1340 ± 233,15
Tarde	349,38 ± 48,49	766,38 ± 112,54	1357,75 ± 215,73
Noite	344,25 ± 50,10	758,13 ± 106,67	1329,38 ± 194,84

Tabela 2: Tempo, em segundos, encontrados nas três distâncias nos três períodos do dia.

A tabela 3 apresenta os valores médios máximos da frequência cardíaca observados logo após o término de cada teste. Não foram observadas diferenças significativas entre os valores.

Período	FC Max 1500m (bpm)	FC Max 3000m (bpm)	FC Max 5000m (bpm)
Manhã	183,25 ± 10,38	183 ± 9,56	182,63 ± 5,68
Tarde	188,25 ± 10,25	189 ± 9,3	184,88 ± 13,63
Noite	189,12 ± 10,74	187,5 ± 13,36	187,63 ± 8,45

Tabela 3: Valores frequência cardíaca máxima das três distâncias e 3 períodos.

A tabela 4 traz os resultados obtidos nas correlações entre cada valor calculado de Vcrit e a média dos valores encontrados para o VO<sub>2</sub>máx em cada período.

	Correlações Vcrit x VO <sub>2</sub> máx		
	1500/3000	1500/5000	3000/5000
<b>Manhã</b>	0,96	0,93	0,89
<b>Tarde</b>	0,96	0,93	0,89
<b>Noite</b>	0,92	0,91	0,86

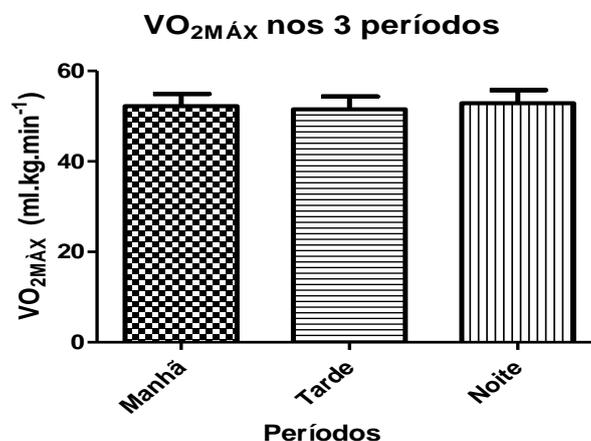
Tabela 4: Correlações entre a Vcrit dos três períodos com a velocidade do VO<sub>2</sub>máx.

A tabela 5 apresenta a que porcentagem da velocidade do VO<sub>2</sub>máx os sujeitos correram em cada vcrit calculada.

	Vcrit% V VO <sub>2</sub> max		
	1500/3000	1500/5000	3000/5000
Manhã	91,03 ± 4,13	89,46 ± 5,71	88,43 ± 7,27
Tarde	92,1 ± 4,21	88,95 ± 3,26	86,95 ± 5,89
Noite	88,98 ± 5,11	87,97 ± 6,16	87,34 ± 7,66

Tabela 5: Relação percentual entre a velocidade crítica e a velocidade do Vo<sub>2</sub>máx.

Gráfico 1: Velocidade Vo<sub>2</sub>máx nos três períodos



## DISCUSSÃO

A velocidade crítica é um modo atraente para avaliação, controle e prescrição de treinamento, principalmente em natação, ciclismo e corredores de meia a longa distância. Estudos mostram sua alta relação com limiar anaeróbico, aptidão aeróbica ( $VO_{2Max}$ )<sup>16</sup> Há também correlação com o máximo estado de estável de equilíbrio do lactato e concentração fixa de 4Mm. A distância mais apropriada para a Vcrit deve conter participação predominante do sistema aeróbico, portanto, para adultos indica-se um tempo mínimo de 2 minutos e máximo de 20 minutos<sup>22</sup>.

Os resultados encontrados neste trabalho, em média, foram menores quando comparados aos obtidos por Denadai, *et al.*, (1998)<sup>23</sup>, em seu estudo para distâncias de 1500m e 3000m, verificaram a velocidade de 14,4 Km/h  $\pm 1,1$ . Em nosso estudo verificou-se para as mesmas distâncias a velocidade de 13,32 km/h  $\pm 2,3$  (manhã); 13,26 km/h  $\pm 2,10$  (tarde); 13,27 km/h  $\pm 1,84$  (noite). Vale ressaltar que não foram encontrados estudos avaliando a Vcrit em teste de campo e a influencia da variação circadiana.

De acordo com os resultados e análises estatísticas não foram verificadas diferenças significativas entre a velocidade crítica nos três períodos. O tempo de cada distância em seus respectivos períodos também não mostraram diferença estatisticamente significativa, entretanto, os menores valores foram observados no período noturno, para esta amostra este talvez este seja o melhor horário para obtenção de melhores resultados. A Vcrit não se mostrou desta forma, pois é uma medida que relaciona duas variáveis.

Na análise estatística do  $VO_{2MÁX}$  também não foi observada diferença significativa. Almeida *et al.*, (2008)<sup>24</sup> encontrou no mesmo teste um  $VO_{2MÁX}$  de  $58,38 \pm 7,22$  ml.kg.min<sup>-1</sup>, são resultados similares ao encontrado em nosso estudo, evidenciando que para sujeitos treinados esse teste tende a superestimar o  $VO_{2MÁX}$ , já que esse resultado é considerado excelente pela literatura<sup>25</sup>.

A  $F_{Cmax}$  tem sido objeto de estudo de diferentes pesquisadores. Reilly e Brooks (1986)<sup>23</sup> aplicaram exercício físico no cicloergômetro nos horários 2:00, 6:00, 10:00, 14:00, 18:00 e 22:00h e encontraram variação circadiana significativa na  $F_{Cmax}$ . A mesma resposta não foi encontrada no estudo que avaliou a  $F_{Cmax}$  em quatro horários (8:00, 12:00, 16:00 e 20:00h)<sup>3</sup>. Afonso *et al.*, (2006)<sup>27</sup> realizaram testes em esteira ergométrica em diferentes horários (9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 e 24:00 horas), houve diferença significativa entre a FCrep das 15:00 e 24:00 horas ( $67,2 \pm 6,9$  e  $60,4 \pm 6,4$ bpm) e na FCmax das 12:00 e 24:00 horas ( $197,4 \pm 7,9$  e  $191,3 \pm 5,8$ bpm). As diferenças foram observadas em horários extremos um ao outro.

A falta de controle de algumas variáveis influentes no exercício foi um fator limitante, por exemplo, a temperatura ambiente e temperatura corporal dos voluntários. O não confinamento (como já citado acima) pode ter sido

também influente, já que não se pode afirmar se os voluntários seguiram o que lhes foi pedido.

O intervalo mínimo de 24 horas foi adequado, apenas um voluntário disse se sentir cansado. Reilly (1990)<sup>26</sup> discute a dificuldade na realização de pesquisas quando é necessário expor o indivíduo em esforço máximo, principalmente devido à relutância dos voluntários em realizar os testes em horários desconfortáveis para os mesmos. Outra dificuldade é o efeito teto da capacidade fisiológica encontrada nesses tipos de avaliações, onde há menores variações fisiológicas dos voluntários em exercícios físicos máximos.

## CONCLUSÃO

Para esta amostra não houve diferença significativa entre a velocidade crítica em três períodos do dia. Há uma tendência média na qual o maior valor de V<sub>Crit</sub> foi observado no período da manhã. Há dificuldade no controle dos hábitos dos voluntários, o que contraditoriamente pode ser positivo, já que estes estão fidedignamente expostos as variações do clima<sup>27</sup>. Há de se considerar também neste estudo que a capacidade máxima de trabalho parece sofrer mais influência da capacidade física dos voluntários do que propriamente do ritmo circadiano. Sendo assim as variáveis estudadas não mostraram ser sensíveis a influência circadiana. Outra hipótese é que os costumes dos voluntários são decisivos no desempenho final nos testes.

## REFERÊNCIAS

- 1) Aschoff J. Circadian Rhythms In Man. Science 148: 1427–1432, 1965.
- 2) Dimitriou L., Sharp N C C., Doherty M. Circadian Effects On The Acute Responses Of Salivary Cortisol And Iga In Well Trained Swimmers. Br. J. Sports Med. 36: 260-264, 2002.
- 3) Deschenes M R., Kraemer W J., Bush J A., Doughty T A., Kim D., Muellen K M., Ramsey K. Biorhythmic Influences On Functional Capacity Of Human Muscle And Physiological Responses. Med Sci Sports Exerc. 30:1399-1407, 1998.
- 4) Racinais S., Blonc S., Jonville S., Hue O. Time Of Day Influences The Environmental Effects On Muscle Force And Contractility. Med. Sci. Sports Exerc. 37: 256–261, 2005.
- 5) Hill, D. W. Aerobic And Anaerobic Contributions In Middle Distance Running Events. Motriz.V. 7, P. 63-67, 2001.
- 6) Kranenburg, K., Smith, D. Comparison Of Critical Speed Determined From Track Running And Treadmill Tests In Elite Runners. Med Sci Sports Exerc 28: 614-618, 1996.
- 7) Denadai, B.S., Ortiz, M.J., Stella, M.J., Mello, M.T. Validade Da Velocidade Crítica Para A Determinação Dos Efeitos Do Treinamento No Limiar Anaeróbio Em Corredores De Endurance. Rev. Port. Ciên. Desp. Vol. 3: 16–23, 2003.
- 8) Smith, C., Jones, A. The Relationship Between Critical Velocity, Maximal Lactate Steady State Velocity And Lactate Turnpoint Velocity In Runners. Eur J Appl Physiol. 85: 19-26, 2001.

- 9) Ortiz, M.J., Denadai, B.S. Efeito Do Treinamento Sobre O Limiar Anaeróbio, Velocidade Crítica Determinada Em Pista De Atletismo E Esteira, E Performance De Corredores De Fundo. In Ww Moreira (Ed.) Coletâneas Do Ii Congresso Científico Latino-Americano. Piracicaba: Unimep: 292-297, 2002.
- 10) Nakamura, Fábio Yuzo Et Al. Predição Do Desempenho Aeróbio Na Canoagem A Partir Da Aplicação De Diferentes Modelos Matemáticos De Velocidade Crítica. Rev Bras Med Esporte[Online]. 2008, Vol.14, N.5, Pp. 416-421. Issn 1517-8692.
- 11) Hiyane, Wolysson Carvalho; Simoes, Herbert Gustavo And Campbell, Carmen Sílvia Grubert. Critical Velocity As A Noninvasive Method To Estimate The Lactate Minimum Velocity On Cycling. Rev Bras Med Esporte [Online]. 2006, Vol.12, N.6, Pp. 381-385. Issn 1517-8692.
- 12) Nakamura, F. Y., Gancedo, M. R., Silva, L. A., Lima, J. R. P., Kokubun, E. Utilização Do Esforço Percebido Na Determinação Da Velocidade Crítica Em Corrida Aquática. Rev Bras Med Esporte Vol. 11, Nº 1 – Jan/Fev, 2005.
- 13) Greco, C. G., Denadai, B. S., Pellegrinotti, I. L., Freitas, A. B., Gomide, E. Limiar Anaeróbio E Velocidade Crítica Determinada Com Diferentes Distâncias Em Nadadores De 10 A 15 Anos: Relações Com A Performance E A Resposta Do Lactato Sanguíneo Em Testes De Endurance. Rev Bras Med Esporte Vol. 9, Nº 1 – Jan/Fev, 2003.
- 14) Poole, D.C., Ward, S.A., Whipp, B.J. The Effects Of Training On The Metabolic And Respiratory Profile Of High-Intensity Cycle Ergometer Exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 59:421-429, 1990.
- 15) Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Muller, R., Hollmann, W. Justification Of The 4 Mmol/L Lactate Threshold. Int. J. Sports Med. 6: 117-130, 1985.
- 16) Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Kasai, T., Moritani, T., Mutoh, Y. A Simple Method For Determining Critical Speed As Swimming Fatigue Threshold In Competitive Swimming. Int J Sports Med. 13: 367-371, 1992.
- 17) Kokubun, E. Velocidade Crítica Com Estimador Do Limiar Anaeróbio Na Natação. Rev Paul Educ Fis. 10: 5- 20, 1996.
- 18) Ascensão, A.A., Santos, P., Magalhães, J., Oliveira, J., Maia, J., Soares, J. Concentrações Sanguíneas De Lactato (Csl) Durante Uma Carga Constante A Uma Intensidade Correspondente Ao Limiar Aeróbio-Anaeróbio Em Jovens Atletas. Rev Paul Educa Fis 15: 186-194, 2001.
- 19) Morton, R.H., Billat, V. Maximal Endurance Time At Vo<sub>2</sub>max. Med Sci Sports Exerc. 32: 1496-1504, 2000.
- 20) Smith, C., Jones, A. The Relationship Between Critical Velocity, Maximal Lactate Steady State Velocity And Lactate Turnpoint Velocity In Runners. Eur J Appl Physiol. 85: 19-26, 2001.
- 21) Acsm (American College Of Sports Medicine). Manual Do Acsm Para Avaliação Da Aptidão Física Relacionada À Saúde. Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- 22) Bishop, D.; Jenkins, D. G.; Howard, A. The Critical Power Is Dependent On The Duration Of The Predictive Exercise Tests Chosen. Int. J. Sports. Med. V.19, P. 125-129, 1998.
- 23) Denadai, B. S. Gomide, E. B. S. Greco, C. C. The Relationship Between Onset Of Bloodlactate Accumulation, Critical Velocity, And Maximal Lactate Steady State In Soccer Players. Journal Of Strength And Conditioning Research, 19(2), 364-368, 2005.
- 24) Almeida, P.A.S., Ferreira, G.S., Moraes, D.C., Barbosa, E.S., Cardoso, A. T., Rocha, Silva, S. F. Comportamento Dos Parâmetros De Controle De Treinamento Aeróbico Durante Testes De Campo. Fit Perf J. 2008 Nov-Dez, 7(6):406-12.

- 25) Midgley Aw, Mcnaughton Lr, Carroll S. Physiological Determinants Of Time Exhaustion During Intermittent Treadmill Running At Vo2max. Int J Sports Med.2007; 28: 273-80.
- 26) Reilly T., Brooks G A. Exercise And The Circadian Variation In Body Temperature Measures. Int J Sports Med. 7:358-362, 1986.
- 27) Afonso, Leandro Dos Santos Et Al. Frequência Cardíaca Máxima Em Esteira Ergométrica Em Diferentes Horários.Rev Bras Med Esporte [Online]. 2006, Vol.12, N.6, Pp. 318-322. Issn 1517-8692.
- 28) Reilly T. Human Circadian Rhythms And Exercise. Crit Rev Biomed Eng. 18: 165-179, 1990.

Correspondência

RAMON CRUZ Universidade Federal de Lavras – UFLA, Departamento de Educação Física, Caixa Postal: 3037, CEP.: 37.200-000, Lavras-MG, Brasil. Telefone: (35) 8826-8896  
[ramonzep@yaho.com.br](mailto:ramonzep@yaho.com.br)