

Identificação do platô do consumo de oxigênio com diferentes tempos de análise

Identifying plateau in oxygen uptake by using different sampling intervals

LIMA-SILVA, A.E.; BERTUZZI, R.C.M.; GEVAERD, M.S.; OLIVEIRA, FR. Identificação do platô do consumo de oxigênio com diferentes tempos de análise. **R. bras. Ci e Mov.** 2006; 14(1): 7-12.

RESUMO - Pesquisas conduzidas para testar a influencia do tempo de análise na determinação do platô de VO_2 tem produzido resultados conflitantes. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da utilização de diferentes tempos de análise sobre a identificação do platô de VO_{2max} em grupos de indivíduos sedentários (n=15) e fisicamente ativos (n=13). **Metodologia** - Os indivíduos foram submetidos a um teste progressivo em esteira rolante com mensuração respiração a respiração do VO_2 . Posteriormente foram calculadas médias das últimas cinco respirações; e dez, vinte e trinta segundos. **Resultados** - Quando utilizados os critérios estabelecidos por Taylor *et al.* ²² (1955), o platô foi encontrado em maior frequência nas medidas de médias das cinco últimas respirações, seguidas por 10, 20 e 30 segundos, em ambos os grupos. O modelo matemático comparando as últimas dez respirações de cada estágio demonstrou existir uma tendência à estabilização na curva VO_2 -velocidade também em ambos os grupos. **Conclusão** - O grupo de indivíduos fisicamente ativos apresenta maiores valores de VO_2 nas intensidades submáximas, entretanto, isso não foi dependente do tempo de análise. Assim, aparentemente existe uma tendência ao VO_2 diminuir sua amplitude de incremento nas velocidades finais do teste. A identificação de um platô na curva a partir do critério de Taylor depende do tempo de análise utilizado. Indivíduos treinados demonstram uma tendência a exibir um maior VO_2 nas intensidades submáximas, provavelmente por apresentarem um tempo de resposta mais rápido a carga.

PALAVRAS-CHAVE – Platô de consumo de oxigênio, variabilidade de VO_2 , tempo de análise.

LIMA-SILVA, A.E.; BERTUZZI, R.C.M.; GEVAERD, M.S.; OLIVEIRA, FR. Identifying plateau in oxygen uptake by using different sampling intervals. **R. bras. Ci e Mov.** 2006; 14(1): 7-12.

ABSTRACT - Research to test influences of the time analysis in the determination of the VO_2 plateau had produced conflicting results. Thus, the objective of this study was to verify the influence of the time analysis on the identification of the VO_2 plateau in groups of untrained (n=15) and trained (n=13) subjects. The subjects had been submitted to an incremental test in motor-driven treadmill with breath-by-breath measured of the VO_2 . Later were calculated the average of the last five breaths and ten, twenty and thirty seconds. When used the Taylor *et al.* ²² (1955) criteria the plateau found in greater frequency in the measures with averages of the five last breaths followed for 10, 20 and 30 seconds in both groups. The mathematical model comparing the last ten breaths of each stage demonstrated also a trend to the stabilization in the VO_2 -speed curve in both groups. The group of trained subjects exhibits larger values of VO_2 in the submaximal intensities. However, this was not dependent of the time analysis. Thus, apparently exist a trend to the VO_2 diminish its amplitude of increment in the final speeds of the test. The identification of the plateau in the curve from the Taylor's criterion depends on the used of the time analysis. Trained subjects demonstrate a tendency to exhibit a larger VO_2 in the submaximal intensities, probably for presenting a faster time of the response to the load.

KEYWORDS – Plateau in oxygen uptake, variability in VO_2 , sampling intervals.

Adriano Eduardo Lima-Silva^{1,2}
Rômulo de Cássio Moraes Bertuzzi³
Monique da Silva Gevaerd¹
Fernando Roberto de-Oliveira¹

¹ Laboratório de Pesquisa Morfo-Funcional (LAPEM-CEFID-UDESC)

² Laboratório Avaliação Multidisciplinar (LABAM-BOM JEJUS/IELUSC)

³ Laboratório de Desempenho Esportivo (LADESP-EEFE-USP)

Recebimento: 10/2004
Aceite: 02/2005

Introdução

Desde o início do século XX, existe interesse em identificar variáveis fisiológicas que possam estar associadas ao desempenho esportivo, principalmente em provas de longa duração²². Muitas dessas variáveis fisiológicas apresentaram correlações significantes com o desempenho em provas de endurance e, freqüentemente, são utilizadas para a prescrição e controle da intensidade do treinamento⁶.

Dentre essas variáveis, destaca-se o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), que pode ser definido como o máximo que o indivíduo consegue captar, transportar e utilizar o oxigênio para a ressíntese aeróbia das moléculas de ATP³. Como se trata de uma variável expressa em unidades de tempo ($l \cdot min^{-1}$ ou $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), o VO_{2max} vem sendo a variável padrão em metodologias de avaliação da potência aeróbia e apresenta-se associada tanto à saúde, quanto ao desempenho⁸.

Um ponto interessante de discussão na literatura é sobre os critérios de determinação do VO_{2max} , sendo o principal deles, o denominado "platô" de consumo de oxigênio. Esse fenômeno foi inicialmente identificado, quando ocorre uma estabilização, ou um aumento inferior a $150 ml \cdot min^{-1}$ ou $2,1 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ no consumo de oxigênio, com o incremento da carga²². Entretanto, muitos autores não encontraram estabilização e outros critérios operacionais foram utilizados para identifica-los, tais como: freqüência cardíaca máxima prevista para a idade, razão de trocas respiratórias e concentrações sangüíneas de lactato^{10,21}.

Um número considerável de trabalhos discute o significado fisiológico do platô de VO_{2max} , com modelos e especulações teóricas diferenciadas^{4,9,15,21,23}. A partir dessas críticas, alguns autores concluíram que o VO_{2max} parece ser uma variável fisiológica sensível, que sofre modificações de um dia para o outro, tomando a identificação do platô imprecisa¹³.

Com a evolução dos analisadores de gases para mensuração do VO_2 , tornou-se possível analisar, respiração a respiração, a resposta do consumo com incrementos de carga. Entretanto, a maioria dos estudos mais antigos, utilizou médias de VO_2 de trinta ou sessenta segundos na identificação do platô^{16,21}. Pesquisas conduzidas para testar a influencia do tempo de análise produziram resultados conflitantes^{13,14,19}, principalmente pelas diferentes metodologias empregadas. Até

que ponto o platô de consumo de oxigênio é dependente do tempo de análise não parece claro e ainda precisa ser determinado.

Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a influencia do tempo de análise sobre a identificação do platô de VO_2 . Pessoas sedentárias e fisicamente ativas foram avaliadas para controlar a interferência do nível de aptidão física no cálculo do tempo de análise e na identificação do platô. Isto porque grupos treinados apresentam cinética de VO_2 mais rápida⁷ e maior incidência de platô²³.

Metodologia

Amostra

Vinte e oito homens entre 20 e 30 anos foram selecionados ($27,0 \pm 2,7$ anos). Todos os indivíduos responderam um questionário, onde descreviam suas condições de saúde e o grau de envolvimento em exercícios físicos. As fases iniciais de investigação da saúde dos indivíduos foram completadas com a realização do eletrocardiograma de repouso. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para pesquisa envolvendo seres humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Posteriormente, os sujeitos foram subdivididos em dois grupos:

Grupo SED: Composto por 15 indivíduos sedentários, não praticantes de nenhum tipo de exercício físico nos últimos seis meses antecedentes ao estudo.

Grupo FIA: Composto por 13 indivíduos fisicamente ativos, que praticavam exercícios físicos com predominância aeróbia de membros inferiores (corrida, caminhada ou bicicleta), entre três a cinco vezes por semana, com duração mínima de 30 min por sessão.

As estimativas do percentual de gordura corporal para os dois grupos foram feitas através das medidas de dobras cutâneas. As características físicas e fisiológicas dos sujeitos são apresentadas na tabela 1.

Coleta de dados

Os indivíduos foram submetidos a um teste progressivo em esteira rolante Sensor-medics® (modelo 2000), iniciando com velocidade entre 4 e 6 $km \cdot h^{-1}$ (de acordo com o nível da aptidão física do indivíduo), com quatro minutos de aquecimento na carga inicial e incrementos de 1 $km \cdot h^{-1}$ a cada minuto,

até a exaustão. A esteira foi mantida no plano horizontal (sem inclinação) até o final do teste. A duração média do teste foi de $9,9 \pm 2,1$ minutos, tempo próximo ao ideal para determinação do VO_{2max} ¹⁰. Os indivíduos foram incentivados pelos avaliadores durante todo o período do teste.

O consumo de oxigênio foi monitorado continuamente, respiração a respiração, através de um analisador de gases (Sensormedics, Yorba Linda, Califórnia, USA modelo Vmax series 2900). Os dados foram arquivados em um banco de dados para posterior análise.

A calibração do volume de ar foi realizada antes de cada teste através de uma seringa com volume de 3 litros. O consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono foram analisados através de sensor de zircônio e absorção de infravermelho, respectivamente. Os analisadores foram calibrados de forma automática pelo *software*, utilizando dois cilindros com concentrações de gases conhecidas (26% de O₂, Bal N₂ e 4% de CO₂, 16% O₂ Bal N₂, ambos com 560 litros, 2200 psig, à 21°C; Western Medica®). O comportamento da frequência cardíaca foi monitorado através de um eletrocardiograma, a partir da média dos intervalos R-R dos últimos dez segundos de cada estágio (Sensormedics CardioSys, Yorba Linda, Califórnia, USA).

Análise dos dados

Para comparar a influência do tempo de análise sobre os valores de consumo de oxigênio de cada estágio e sobre o platô, foram utilizadas as médias das cinco últimas respirações (5R), média dos dez (10s), vinte (20s) e trinta (30s) segundos finais de cada velocidade. Foi estabelecido como platô, um aumento no consumo de oxigênio inferior a 150 ml min^{-1} ou $2,1 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, proposto por Taylor *et al.*²² (1955). A razão de trocas respiratórias superior a 1,10 (R_{max}) e atingir no mínimo 90% da frequência cardíaca máxima predita pela idade foram critérios adicionais utilizados para identificação do VO_{2max} .

A comparação do VO_2 entre grupos foram realizadas velocidade a velocidade (cargas absolutas) e duas e quatro cargas antes do final do teste (cargas relativas ao máximo), utilizando as quatro formas de análise.

A fim de verificar a tendência à estabilização do consumo de oxigênio próximo ao

final do teste, utilizando-se de um modelo matemático individual, foi utilizada a análise de variância com medidas repetidas. Nesta situação, as dez últimas respirações de cada carga (10R) foram utilizadas como variável dependente. Os valores de 10R de cada carga foi comparada com os do último estágio e a velocidade de estabilização definida como a primeira carga a não apresentar mais diferenças significantes, ou seja, as diferenças aproximam-se de zero.

Tratamento estatístico

Os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão. O número de identificações de platô no consumo de oxigênio utilizando o critério de Taylor foram expressos de forma absoluta e em percentual ao número total de indivíduos. ANOVA two-way foi utilizada para identificar possíveis diferenças entre os quatro tempos de análises e entre os grupos SED e FIA. Essa análise foi realizada em cada uma das velocidades absolutas e relativas estudadas. Quando encontradas diferenças significantes, o teste *post-hoc* de Scheffe foi aplicado. Outras comparações entre os grupos foram realizadas através do Teste *t* de Student. Os níveis de significância foram aceitos para $p < 0,05$.

Resultados

As variáveis antropométricas e fisiológicas identificadas nos dois grupos estudados são apresentadas na tabela 1. Nenhuma das variáveis morfológicas foram diferentes entre os grupos, embora exista uma tendência do grupo SED apresentar maiores valores de percentual de gordura ($p = 0,09$). Em contrapartida, o grupo FIA apresentou maior pico de velocidade (PV) e VO_{2max} , com menores valores de R_{max} .

Apenas um sujeito, no grupo SED, não apresentou R_{max} superior a 1,10 e todos os indivíduos atingiram pelo menos 90% da frequência cardíaca máxima predita pela idade.

A partir do critério proposto por Taylor para identificação do platô, o número de indivíduos que apresentavam estabilização no VO_2 aumentava com a utilização de menores tempos de análise. Esse comportamento foi similar em ambos os grupos. Apenas um indivíduo do grupo SED e um do grupo FIA não apresentaram estabilização em nenhuma forma de análise (Tabela 2).

Tabela 1. Características antropométricas e fisiológicas dos indivíduos do grupo SED e FIA. Os valores são expressos em média \pm desvio padrão.

	SED	FIA
Idade (anos)	26,6 \pm 2,7	27,4 \pm 2,8
Massa Corporal (kg)	83,5 \pm 15,5	82,1 \pm 15,7
Estatura (cm)	175,7 \pm 10,0	176,8 \pm 6,7
Gordura corporal (%)	23,6 \pm 4,5	20,9 \pm 6,2†
PV (km.h ⁻¹)	11,7 \pm 1,0	13,9 \pm 1,4*
FC _{max} (bpm)	190 \pm 8	192 \pm 9
VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	32,6 \pm 4,3	40,6 \pm 7,3*
R _{max} (VCO ₂ /VO ₂)	1,21 \pm 0,07	1,16 \pm 0,05*

PV, pico de velocidade; FC_{max}, frequência cardíaca máxima; VO_{2max}, consumo máximo de oxigênio;

R_{max}, razão de trocas respiratórias máxima. * Significamente diferente do grupo SED.

† Border line (p = 0,09).

Tabela 2. Número de indivíduos que apresentaram platô com diferentes formas de análise nos grupos SED e FIA segundo o critério proposto por Taylor.

	SED		FIA	
	nº de indivíduos	Percentual do total	nº de indivíduos	Percentual do total
5R	14	93,3%	11	84,7%
10s	8	53,3%	9	69,2%
20s	7	53,4%	7	53,8%
30s	3	20,0%	5	38,5%

Figura 1. Comparação do consumo de oxigênio com incremento da velocidade nos grupos SED e FIA utilizando a análise 30s. * Consumo do grupo FIA significamente maior do que do grupo SED. (n = 15, 15, 14, 12 e 11 no grupo SED e n = 13 no grupo FIA nas velocidades 6, 9, 10, 11 e 12 km.h⁻¹, respectivamente).

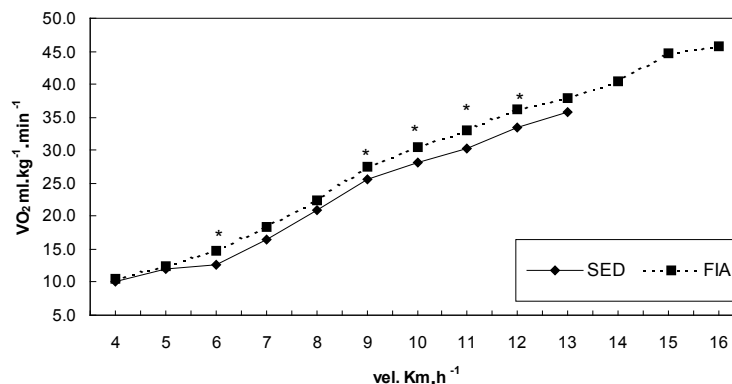
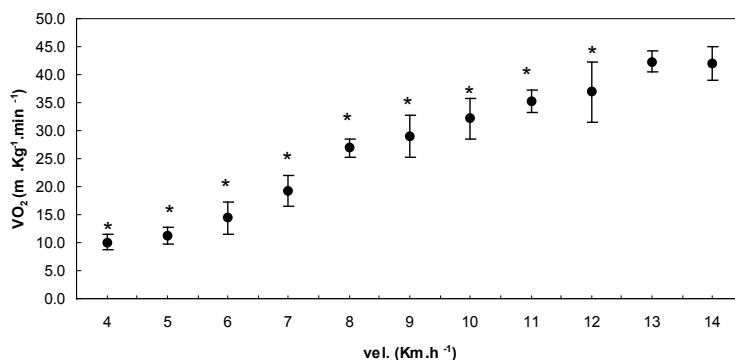


Figura 2. Exemplo de identificação do platô pelo modelo matemático com a média das últimas dez respirações (10R), no sujeito WK do grupo SED. Repare que as diferenças entre o consumo de oxigênio do último estágio foram significantes das demais somente até a penúltima carga (* $p < 0,05$).



Em nenhum dos estágios estudados foram encontradas diferenças significantes nos valores de VO₂ em diferentes tempos de análise, exceto para a velocidade de 8 km h⁻¹, em que a medida de 30s demonstrou ser significantemente menor do que 10s e 5R, tanto para o grupo FIA quanto para o grupo SED ($p < 0,05$).

Na comparação dos grupos, FIA apresentou uma média de VO₂ significantemente maior do que SED em 9 e 12 km h⁻¹ com a análise 5R. Quando utilizado 10s o VO₂ foi maior em FIA apenas a 8 km h⁻¹. Na análise 20s não foram encontradas diferenças significantes, embora tenha sido possível identificar *border lines* em algumas velocidades ($p = 0,06$; 0,08 e 0,09 para 8, 10 e 12 km h⁻¹, respectivamente). A análise 30 s foi a que apresentou maior número de diferenças, com valores de VO₂ significantemente maiores no grupo FIA em 6, 9, 10, 11 e 12 km h⁻¹ (Figura 1).

Na comparação de cargas relativas ao máximo, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as formas de análise, tanto para duas cargas quanto para quatro cargas antes do final, nos grupos FIA e SED. Entretanto, o grupo FIA apresentou maior consumo em ambas as cargas e em todos tipos de análise.

Na identificação do platô de VO₂, através de um modelo matemático, todos os indivíduos do grupo SED e FIA apresentaram estabilização. Em onze indivíduos do grupo FIA e doze do grupo SED a estabilização ocorria antes mesmo da penúltima velocidade. A figura 2 apresenta um exemplo da análise matemática do platô no indivíduo WK do grupo FIA.

Alguns indivíduos (seis do grupo SED e seis do grupo FIA) apresentaram um discreto decréscimo no VO₂ próximo ao final do teste, mas não representativo estatisticamente ($P > 0,05$).

Discussão

No presente estudo, todos os indivíduos atingiram pelo menos um critério de determinação do esforço máximo. Porém, quando separados por grupo, os indivíduos do grupo SED apresentaram R_{max} superior ao do grupo FIA, apesar do grupo FIA ter apresentado VO_{2max} significantemente maior. Os valores de FC_{max} atingidos no teste foram semelhantes entre os grupos (tabela 1). Discrepâncias na utilização de R_{max} e FC_{max} como critério para identificação do exercício máximo já foram relatadas na literatura^{17,20,21}. St Clair Gibson *et al.*²¹ (1999) encontraram maiores valores de R_{max} e FC_{max} em protocolos com incrementos de velocidade comparados com protocolos com incrementos na inclinação da esteira rolante. Stamford²⁰ (1975) apresenta valores similares de R_{max} e FC_{max} para protocolos que identificam o VO_{2max} em caminhada ou corrida, apesar dos valores de consumo máximo diferir entre os protocolos. Pollock *et al.*¹⁷ (1976) demonstram que o protocolo de Balke tende a apresentar menores valores de R_{max} quando comparados com os protocolos de Bruce, Astrand e Ellestad. Apenas McMicken e Daniels¹¹ (1976) não apresentam diferenças entre R_{max} em diferentes protocolos (esteira *versus* campo). Nossos valores de R_{max}, juntamente com os valores encontrados na literatura de R_{max}, FC_{max} e VO_{2max}, suportam

a hipótese de que as respostas fisiológicas ao exercício máximo podem ser protocolo dependente e serem influenciadas pelo nível de aptidão física dos sujeitos. Como consequência, sugere-se cautela na utilização desses critérios como indicadores do VO_{2max} .

A identificação do platô através do critério proposto por Taylor *et al.* ²² (1955) diferencia significativamente entre as quatro formas de medidas. Curiosamente, a análise que houve a maior frequência de platô, tanto no grupo SED quanto FIA, foi a análise 5R (tabela 2). Esses achados são diferentes de Myers *et al.* ¹³ (1989), provavelmente pelas diferentes metodologias empregadas nos dois estudos. Myers *et al.* ¹³ (1989) identificaram o platô quando o aumento no VO_2 versus tempo não diferenciava significativamente de zero. Nós utilizamos a média das cinco últimas respirações, o que de certa forma, diminui a variabilidade do consumo. Robergs ¹⁹ (2001) apresentou resultados semelhantes ao do presente estudo, demonstrando que a utilização da média das onze últimas respirações e dos quinze segundos finais aumenta a incidência de platô (100% dos sujeitos avaliados), quando utilizado o critério proposto por Taylor *et al.* ²² (1955).

Embora a utilização de médias das últimas respirações facilite a identificação do platô, esses resultados exigem cautela ao serem interpretados, já que análises feitas respiração a respiração aumentam a variabilidade do VO_2 . A variabilidade foi analisada anteriormente por Myers *et al.* ¹⁴ (1990), através do desvio padrão do VO_2 durante cinco minutos de steady-state, apresentando valores aproximados de $4,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Assim, a utilização de médias das últimas respirações facilitam a identificação do platô, mas quando utilizados os valores de cada respiração torna-se mais difícil, devido a maior variabilidade, sugerindo assim, uma dependência ao tempo de análise para identificar esse fenômeno.

A análise de 30s do presente estudo registrou poucos casos de platô (20% e 38,5% nos grupos SED e FIA, respectivamente) (tabela 2). Estudos anteriores que utilizaram grande amplitude de tempo relataram as dificuldades de identificação do platô de VO_2 através do critério proposto por Taylor ^{17,20}, com incidência semelhante ao encontrado no presente estudo. Assim, nesse tipo de análise a identificação do platô de VO_2 nem sempre é possível.

O presente estudo também verificou, individualmente, a tendência à estabilização do VO_2 através de um modelo matemático, verificando as diferenças do VO_2 de cada velocidade com o da última velocidade. A tendência à estabilização do consumo nos sujeitos do presente estudo não modificava entre os grupos SED e FIA, sugerindo que outros mecanismos além da anaerobiose ⁴; oferta/extração periférica do VO_2 ^{13,23}, podem estar envolvidos na fadiga e no platô de consumo próximo ao final do teste ^{9,15}.

Quando comparado o VO_2 de cada velocidade, com diferentes formas de análise, apenas na velocidade de $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a análise 30s demonstrou ser significativamente menor do que 5R e 10s, tanto para SED quanto para FIA. Curiosamente, a velocidade de $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ correspondeu à velocidade em que os indivíduos começavam a correr, e em média, representava 70% e 57% da velocidade máxima atingida para os grupos SED e FIA, respectivamente. Provavelmente a diferença entre as formas de análise apenas nessa velocidade deve-se principalmente a cinética do consumo de oxigênio, onde a análise 30s inclui valores de VO_2 intermediários aos do final do estágio, que podem ser inferiores aos dos 10s e 5R. Porém, essas diferenças não foram significantes nas velocidades subseqüentes, possivelmente por alterações no padrão de resposta do VO_2 com o incremento da intensidade ¹⁸ e tendência a uma desaceleração constante na curva VO_2 -velocidade neste tipo de protocolo ⁹.

O grupo FIA apresentou valores de VO_2 significativamente maiores do que os do SED, tanto para cargas absolutas quanto para cargas relativas. A identificação de maiores valores de VO_2 em cargas absolutas no grupo FIA contrapõe o modelo clássico de economia de corrida ¹. Entretanto, uma explicação lógica para tal discordância advém da análise cinética do VO_2 em pessoas treinadas e não treinadas. Indivíduos treinados apresentam respostas mais rápidas de adaptação à carga do que pessoas sedentárias ⁷, atingindo maiores valores de VO_2 em protocolos de estágios de um minuto, como o do presente estudo. Para identificação da economia de corrida comumente se utiliza carga constante com tempo mínimo de seis minutos, sendo suficiente para estabilização do VO_2 . Nessa situação, indivíduos treinados apresentam menor VO_2 do que seus congêneres não treinados ¹.

As velocidades em que foram encontradas diferenças variaram consideravelmente entre as formas de análise. Quando utilizadas médias a cada trinta segundos (30s), as diferenças ocorreram em um maior número de velocidades (6, 9, 10, 11 e 12 km h⁻¹; Figura 1). As explicações para tal fenômeno não são claras, mas uma especulação é que os indivíduos encontravam-se em diferentes cargas relativas ao máximo, tendo alguns em estágios abaixo do limiar ventilatório e outros em estágios acima. O tempo de resposta do VO₂ nas intensidades sublimiares difere significativamente das intensidades supralimiais, principalmente pela presença de um componente lento nesta última¹⁸.

A possibilidade descrita acima se fortalece quando são utilizadas cargas relativas ao máximo, em que o grupo FIA apresentou maior VO₂ do que o grupo SED em todos os tempos de análise. Esses dados corroboram com os de Pierce *et al.*¹⁶ (1990) em que o VO₂ no limiar de lactato aumenta significativamente após 10-12 semanas de treinamento.

Os dados apresentados demonstram que a identificação do platô pode ser afetada quan-

do utilizadas diferentes formas de medidas. A maior variabilidade do VO₂, quando analisados respiração a respiração; e modificação no número de indivíduos que apresentavam platô com diferentes tempos de medida, sugerem que pode ter limitações a utilização dos valores de referência propostos por Taylor *et al.*²² (1955). O modelo matemático empregado demonstrou que existe uma tendência ao VO₂ diminuir a amplitude de incremento próximo ao final do teste, corroborando com outros achados^{9,19}. A identificação do platô pode não ser, entretanto, dependente do nível de aptidão física^{2,5}.

Essa tendência à estabilização vem sendo alvo de discussão na literatura, principalmente na determinação de qual o sistema que limita o exercício máximo (cardíaco ou neural). As dificuldades em avaliar de forma precisa o VO₂ intramuscular, a pressão de oxigênio nos capilares e nas mitocôndrias e a cinética do VO₂ durante o exercício máximo, limitam a conclusão de qual dos dois sistemas são responsáveis pela fadiga muscular, além dos dois modelos terem embutidos as teorias, convicções e paradigmas dos autores que os propuseram.

Referências Bibliográficas

1. Anderson T. Biomechanics and running economy. *Sports Med.* 1996; 22: 76–89.
2. Astorino TA, Willey J, Kinnahan J, Larsson SM, Welch H, Dalleck LC. Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption in VO_{2max}. *Br J Sports Med.* 2005; 39: 655-660.
3. Astrand PO, Rodahl K. *Text of work Physiology. Physiological bases of Exercise.* New York: Mc Graw Hill Book company, 1970.
4. Basset DR, Howley ET. Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1997; 29: 591–603.
5. Doherty M, Nobbs L, Noakes TD. Low frequency of the “plateau phenomenon” during maximal exercise in elite British athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003; 89: 619–623.
6. De-Oliveira FR, Gagliardi JFL, Kiss MAPDM. Proposta de referências para a prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. *Rev. Paul. Ed. Fis.* 1994; 8: 68-76.
7. Hagberg JM, Hickson RC, Ehsani AA, Holloszy JO. Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J. Appl. Physiol.* 1980; 48: 218–224.
8. Kiss MAPDM, Colantonio E, Regazzini VM, Barros RV, Regazzini M. Variável Aeróbia. In: Kiss, MAPDM (organizadora). *Esporte e Exercício: Avaliação e Prescrição.* São Paulo: Roca, 2003. p. 125-163.
9. Lima-Silva AE, Gagliardi JFL, Lotufo RF, Kiss MAPDM. Ajustes lineares vs quadráticos da curva de consumo de oxigênio em testes progressivos. *Rev. Bras. Ciên. e Mov.* 2003; 11: 13-18.
10. McConnell TR. Practical Considerations in the testing of VO_{2max} in runners. *Sports Med.* 1988; 5: 57–68.
11. McMicken DF, Daniels JT. Aerobic requirements and maximum aerobic power in treadmill and track running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1976; 8:14–17.
12. Mortensen SP, Dawson EA, Yoshiga CC, Dalsgaard MK, Damsgaard R, Eseccher NH, et al. Limitations to systemic and locomotor limb muscle oxygen delivery and uptake during maximal exercise in humans. *J Physiol.* 2005; 566: 273-285.
13. Myers J, Walsh DBS, Buchanan N, Froelicher V. Can maximal cardiopulmonary capacity be recognized by a plateau in oxygen uptake? *Chest.* 1989; 96: 1312–1316.

14. Myers J, Walsh D, Sullivan M, Froelicher V. Effect of sampling on variability and plateau in oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.* 1990; 68: 404–410.
15. Noakes TD. Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints: a rebuttal. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998; 30: 1381–1398.
16. Pierce EF, Weltman A, Seip RL, Snead D. Effects of training specificity on the lactate threshold and VO_{2peak} . *Int. J. Sports Med.* 1990; 11: 267–272.
17. Pollock ML, Bohannon RL, Cooper KH, Ayres JJ, Ward A, White SR *et al.* A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. *Am. Heart J.* 1976; 92: 39–46.
18. Riley MS, Cooper CB. Ventilatory and gas exchange responses during heavy constant work-rate exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002; 34: 98–104.
19. Robergs RA. An exercise physiologist’s “contemporary” interpretations of the “ugly and creaking edifices” of the VO_{2max} concept. *J. Exerc. Physiol.* 2001; 4: 1–44.
20. Stamford BA. Maximal oxygen uptake during treadmill walking and running at various speeds. *J. Appl. Physiol.* 1975; 39: 386–389.
21. St Clair Gibson A, Lambert MI, Hawley JA, Broomhead S, Noakes TD. Measurement of maximal oxygen uptake from two different laboratory protocols in runners and squash players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999; 31: 1226–1229.
22. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J. Appl. Physiol.* 1955; 8: 73–80.
23. Wagner PD. New ideas on limitations to VO_{2max} . *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2000; 28: 10–14.