

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO ESPORTE – CEFID
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

HENRIQUE CABRAL FARACO

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA ATRAVÉS DE UM
TESTE ÚNICO DE 3 MINUTOS DE CORRIDA

FLORIANÓPOLIS – SC

2011

HENRIQUE CABRAL FARACO

**DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA ATRAVÉS DE UM
TESTE ÚNICO DE 3 MINUTOS DE CORRIDA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação / Mestrado em Ciências do Movimento Humano do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Fabrizio Caputo.

FLORIANÓPOLIS - SC

2011

HENRIQUE CABRAL FARACO

DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE CRÍTICA ATRAVÉS DE UM TESTE ÚNICO DE 3 MINUTOS DE CORRIDA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação / Mestrado em Ciências do Movimento Humano do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Fabrizio Caputo
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro:

Prof. Dr. Monique da Silva Gevaerd
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro:

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Membro:

Prof. Dr. Camila Coelho Greco
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP

Florianópolis, SC, 23 de Fevereiro de 2011

RESUMO

FARACO, Henrique Cabral. **Determinação da velocidade crítica através de um teste único de 3 minutos de corrida.** 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano – Área: Desempenho no Esporte) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós graduação em ciências do movimento humano. Florianópolis, 2011.

Diante da necessidade de se buscar métodos não invasivos para determinação de limiares de transição fisiológicas o modelo convencional de determinação da velocidade crítica (VC) surge, trazendo consigo uma quantidade elevada de testes que preferencialmente deveriam ser realizados em dias diferentes. O modelo de teste único proposto para determinação da Potência Crítica (PC) parece resolver esse problema, restando a necessidade de se buscar indícios semelhantes em testes de corrida. Assim, o principal objetivo do estudo é verificar se um teste único de corrida em máxima velocidade durante 3 minutos (T3) é válido para determinação da VC de indivíduos fisicamente ativos. Oito indivíduos ativos foram submetidos, em dias diferentes, a um teste incremental em esteira rolante para determinação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$), da intensidade do $VO_{2m\acute{a}x}$ ($iVO_{2m\acute{a}x}$) e da intensidade do primeiro e do segundo limiar ventilatório (VT_1 e VT_2 , respectivamente), três T3 (familiarização, teste e reteste) em pista de 200m para determinação da V_{3min} , da distância percorrida (D_{3min}) e de pico de velocidade (PV_{3min}) (cronometragem manual) e V_{GPS} , D_{GPS} e PV_{GPS} (monitoramento via GPS); e por último três testes máximos de campo em distâncias fixadas em 800m, 1600m e 2400m (em ordem aleatória) para determinação da VC através do modelo trabalho/tempo. A V_{3min} foi identificada 6,7% acima, mas significativamente correlacionada com a VC ($r = 0,88$). O resultado de ANOVA de medidas repetidas bem como altos coeficiente de correlação intraclassa (ICC: 0,96; 0,87 e 0,96 para D_{3min} , PV_{3min} e V_{3min} , respectivamente), e baixos erros típico de medida indicam que o T3 tem boa reprodutibilidade e indica a possibilidade de descarte da familiarização para o T3. O dispositivo de GPS parece ser confiável para medida da velocidade nos instantes finais do teste, deixando dúvidas quanto a sua confiabilidade em medir o PV_{GPS} e a D_{GPS} . Podemos concluir, portanto, que o T3 é um teste reprodutivo e bem relacionado à VC, podendo ser usado como índice de capacidade aeróbia. No entanto, sugerimos cautela na utilização do teste como meio de determinar a VC.

Palavras chave: Velocidade crítica, Teste único de 3 minutos de corrida, Reprodutibilidade.

ABSTRACT

FARACO, Henrique Cabral. **Critical velocity determination using a single 3 minutes running test**. Dissertation. 2011. 67 f (Master's program in Human Movement Sciences – Area: Performance in Sports) – State University of Santa Catarina. Master's program in Human Movement Sciences. Florianópolis, 2011.

To date, sports scientists have still sought for noninvasive methods to determine the intensities corresponding to physiological transition threshold. The critical velocity (CV) model has been extensively studied in many exercises modes, however to determine CV is necessary to perform several predicting trials. To overcome this difficulty, it has been proposed a single test for determining the Critical Power (CP) which has shown to be reliable, correlate and similar to CP determined in cycle ergometer, remaining the need to seek similar evidences during running testing. The main objective of this study was to verify the validity of a single all-out 3 minutes running test (T3) for VC determination (V_{3min}). Eight volunteers were submitted in different days to an incremental treadmill running test to determine $VO_2máx$, the intensity corresponding to $VO_2máx$ ($iVO_2máx$) and intensity corresponding to the first and second ventilatory threshold (VT_1 and VT_2 , respectively), three T3 (familiarization, test and retest) to determine V_{3min} , distance traveled (D_{3min}) and peak speed (PV_{3min}) measured by manual timing and V_{GPS} , D_{GPS} and PV_{GPS} measured by a GPS device. Three maximal performances (in random order) on the distances of 800m, 1600m and 2400m were utilized to determine VC through distance/time model. The V_{3min} was significantly higher (6.7%), but highly correlated ($r = 0.88$) with VC. ANOVA repeated measures showed high intraclass correlation coefficient (ICC: 0.96; 0.87 and 0.96 to D_{3min} , PV_{3min} and V_{3min} , respectively) and low typical errors of estimate indicating that the T3 presents a good reproducibility and the familiarization test might be discarded. The GPS device seems to be accurate and reliable for measuring speeds in the end of testing, however no confidence date seem to be measure for PV_{3min} and D_{GPS} . We conclude that the T3 showed to be highly reliable and correlate to VC, which can be used to estimate aerobic capacity. However, we suggest caution to use the T3 test for VC determination.

Key-words: Critical Velocity, Single all-out running test, reproducibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Modelo hiperbólico de determinação da PC/VC	20
Figura 2: Modelo linear Potência-1/tempo de determinação da PC/VC	21
Figura 3: Modelo linear trabalho/tempo para determinação da PC/VC	22
Figura 4: Modelo de teste único para determinação da PC	23
Figura 5: Design experimental do estudo	32
Figura 6: Pista utilizada nos testes de campo e esquema montado para realização do T3	37
Figura 7: Velocidade média (Manual e GPS) ao longo do T3 comparado com a VC.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização dos sujeitos do estudo.	40
Tabela 2: Dados de desempenho expressos em valores absolutos e relativos (% da $i\text{VO}_2\text{máx}$).41	41
Tabela 3: Média e desvio padrão do desempenho dos sujeitos nos testes de 3 minutos.	42
Tabela 4: Estatísticas quanto a reprodutibilidade e confiabilidade do GPS.	43

LISTA DE ABREVIATURAS

[La] – Concentração de Lactato

CTA – Capacidade de Trabalho Anaeróbio;

D_{3min} – Distância alcançada no T3 obtida através de cronometragem manual;

D_{GPS} – Distância alcançada no T3 obtida através de dispositivo GPS;

FC – Frequência cardíaca;

iVO₂máx – Intensidade no consumo máximo de oxigênio;

LAn – Limiar Anaeróbio;

LF – Limiar de Fadiga;

LL – Limiar de Lactato;

LV – Limiar Ventilatório;

MFEL – Máxima Fase Estável de Lactato;

PC – Potência Crítica;

PDFC – Ponto de deflexão da Frequência cardíaca;

PV_{3min} – Pico de velocidade alcançada no T3 obtida através de cronometragem manual;

PV_{GPS} – Pico de velocidade alcançada no T3 obtida através de dispositivo GPS;

T3 – Teste de 3 minutos;

VC – Velocidade Crítica;

V_{3min} – Média de velocidade dos 30 segundos finais do T3 obtida através de cronometragem manual;

V_{GPS} – Média de velocidade dos 30 segundos finais do T3 obtida através de dispositivo GPS;

VO_2 – Consumo de Oxigênio;

$VO_{2máx}$ – Consumo máximo de Oxigênio;

VT_1 – Primeiro limiar Ventilatório;

VT_2 – Segundo Limiar ventilatório;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral:	13
1.2.2 Objetivos Específicos:	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO	16
1.5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 POTÊNCIA E VELOCIDADE CRÍTICA	18
2.1.1 Modelos de determinação da potência e da velocidade crítica.....	19
2.1.2 Potência e velocidade crítica e os limiares de transição fisiológica	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	31
3.2 SUJEITOS DA PESQUISA	31
3.3 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	32
3.3.1 Teste progressivo e avaliação antropométrica.....	33
3.3.2 Teste único de 3 minutos (T3).....	34
3.3.3 Determinação da velocidade crítica.....	36
3.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS	36
3.4.1 Descrição dos locais de testes.....	36
3.4.2 Instrumentos de cronometragem e determinação da velocidade de corrida.....	37

3.4.3 Instrumentos utilizados para caracterização dos sujeitos	38
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
4. RESULTADOS	40
5 DISCUSSÃO	44
5.1 REPRODUTIBILIDADE, NECESSIDADE DE FAMILIARIZAÇÃO DO T3 E PRECISÃO DO GPS.....	44
5.2 VALIDADE DO T3 EM DETERMINAR A VC.....	48
6. CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	66

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordados alguns aspectos que permitirão ao leitor a compreensão da natureza do trabalho, aprofundando com clareza a questão do problema de pesquisa, os objetivos do estudo, justificativas, limitações e delimitações da investigação.

1.1 PROBLEMA

A determinação de um ponto de transição entre o metabolismo aeróbio e início da participação do metabolismo anaeróbio durante o exercício tem ocupado o meio científico por décadas. Atualmente, a comunidade acadêmica já tem ciência de que o desempenho em esportes de característica aeróbia é associado ao quanto o sujeito é capaz de postergar o início do trabalho anaeróbio (WASSERMAN e MCLLORY, 1964). Em outras palavras, quanto maior for a intensidade do exercício não dependente do metabolismo anaeróbio, maior é a possibilidade do atleta de competir em melhor nível, principalmente em provas de média e longa duração. Diante de claras evidências a respeito da importância deste ponto de corte, muitos modelos, baseados em diversas variáveis fisiológicas já foram criados e estudados (HOLLMANN, 2001; SVEDAHL e MACINTOSH, 2003; FAUDE *et al.*, 2009).

Em 1923, Hill e Lupton descreveram pela primeira vez o que seria a cinética do lactato durante esforço. Como produto resultante especificamente do metabolismo anaeróbio, uma taxa de produção que supere a sua remoção indica o ponto em que a demanda energética passou a necessitar do metabolismo anaeróbio (BROOKS, 1985). Este ponto de transição bioenergética foi inicialmente denominado de limiar aeróbio-anaeróbio (KINDERMANN *et al.*, 1979), mas rapidamente vários outros termos foram propostos, sendo que atualmente é mais comum que se utilize o termo Limiar de Lactato (LL) (IVY *et al.*, 1981; BEAVER *et al.*, 1985; WELTMAN *et al.*, 1990) e Limiar Anaeróbio (LAn) (SKINNER e McLLELAN, 1980; HECK *et al.*, 1985). Ainda que esses termos não representem exatamente a mesma intensidade

de esforço, diversos estudos foram produzidos mostrando associação deles à *performance* de *endurance* (MADER, 1991) e vários métodos foram propostos no intuito de facilitar a sua determinação, com foco em medidas menos invasivas como a do limiar ventilatório (LV) (LOAT e RHODES, 1993), ou o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) (CONCONI *et al.*, 1982).

No entanto, todas as medidas citadas trazem consigo problemas de invasividade ou requerem aparelhagem de alto custo, restringindo sua aplicação prática e oferecendo poucas opções para atletas e treinadores. Como alternativa a este problema, Monod e Scherrer (1965), estudando musculaturas isoladas propuseram o modelo de potência crítica (PC), assumindo que há uma relação hiperbólica entre a taxa de realização de trabalho mecânico e o tempo de exaustão. Da mesma forma que os demais limiares de transição fisiológica já citados, a PC nem sempre é identificada na mesma intensidade de esforço que o LL ou LV. De fato, estudos têm demonstrado que a intensidade de esforço na PC é maior do que a intensidade na máxima fase estável de lactato (MFEL) (SMITH e JONES, 2001; DEKERLE *et al.*, 2003; DEKERLE *et al.*, 2005), no LL (MCLELLAN e CHEUNG, 1992) e no LV (TALBERT *et al.*, 1991), entretanto, o modelo apresenta alta correlação com todas essas variáveis e também com determinantes de desempenho em corridas (KOLBE *et al.*, 1995) e em ciclismo (VAUTIER *et al.*, 1995). Recentemente, o modelo tem sido aceito como delimitador entre o exercício pesado e severo, sendo que em qualquer intensidade acima da PC o consumo máximo de oxigênio poderá ser alcançado em testes de carga retangular Gaesser e Poole, (1996). Como crítica ao modelo está o fato de ser um modelo matemático – portanto indireto – para identificação de maior intensidade aeróbia, e principalmente da necessidade de muitos testes em diferentes dias para sua determinação, sendo comum encontrarmos na literatura protocolos nos quais sujeitos tiveram que repetir até quatro esforços de carga constante após um teste incremental (SMITH e JONES, 2001; DEKERLE *et al.*, 2003).

Recentemente, Vanhatalo *et al.*, (2007) hipotetizaram que a queda de potência que ocorreria em um teste de característica máxima, semelhante ao Wingate Test (INBAR, *et al.*, 1996) refletiria a diminuição da capacidade anaeróbia, tornando possível a determinação da PC através de testes dessa natureza. A hipótese foi testada em um teste de 3 minutos em cicloergômetro e não foram encontradas diferenças significativas entre a potência no final deste teste com a PC dos sujeitos determinadas pelos modelos lineares. Além disso, correlações muito altas entre as medidas foram identificadas. Em outro estudo de Vanhatalo *et al.*, (2008), os sujeitos foram submetidos aos dois modelos de determinação da PC (distância-tempo e teste único) antes e depois de 12 sessões (4 semanas) de treinamento intervalado de alta intensidade em cicloergômetro. Os resultados mostraram determinação da VC sem diferença entre os modelos, além do fato de que a melhora na PC em decorrência do treinamento foi identificada com a mesma magnitude (aproximadamente 10%) por ambos, sugerindo sensibilidade do modelo de teste único na determinação das melhorias impostas pelo treinamento.

Parece, portanto, evidente que o modelo proposto por Vanhatalo *et al.*, (2007) é um modelo válido na determinação da PC, restando a necessidade de testá-lo em situações de corrida em campo, na busca de um modelo de semelhante efetividade, praticidade e simplicidade na determinação da velocidade crítica (VC). Nossa hipótese é de que, assim como no modelo para cicloergômetro, o teste único de 3 minutos de corrida será efetivo na determinação da VC de sujeitos fisicamente ativos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral:

Verificar a reprodutibilidade e a validade do teste único de corrida na máxima velocidade durante 3 minutos (T3) para determinação da VC de indivíduos fisicamente ativos.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar as velocidades médias dos últimos 30 segundos (V_{3min}) no T3 em três diferentes situações (familiarização, teste e reteste) através de cronometragem manual e aparelho de GPS;
- Determinar, com base no modelo distância/tempo, a VC dos sujeitos através do tempo de duração de três *performances* máximas em distâncias de 800m, 1600m e 2400m em pista de 200 metros;
- Comparar e relacionar a VC com a V_{3min} (teste);
- Comparar e relacionar as distâncias alcançadas, as velocidades médias nos últimos 30 segundos e os picos de velocidade no T3 (familiarização, teste e reteste) calculadas via cronometragem manual e GPS;

1.3 JUSTIFICATIVA

A principal justificativa deste estudo se sustenta na necessidade de se identificar individualmente a intensidade de esforço correspondente ao máximo aproveitamento do metabolismo aeróbio, onde a contribuição do metabolismo anaeróbio é reduzida apenas ao inevitável, possibilitando retardamento da fadiga (WASSERMAN e MCLLORY, 1964). Apesar de muito já ter sido feito na intenção de determinar este ponto, todas as metodologias até aqui propostas apresentam: a) problemas de invasividade, como a medida da MFEL e do LL (IVY *et al.*, 1981); b) necessidade de equipamentos e insumos de alto custo financeiro, como o LV (LOAT e RHODES, 1993); c) ou dependem de medidas imprecisas, como o PDFC (CONCONI *et al.*, 1982). Em síntese, apesar de considerável empenho da comunidade científica, ainda existe a carência de um método que seja de fácil aplicação para treinadores e atletas.

Por outro lado, o modelo de PC surge com a proposta de solucionar os problemas de alto custo, invasividade e baixa reprodutibilidade das medidas de limiar já existentes. Embora estudos tenham mostrado que a PC superestima a intensidade de MFEL (DEKERLE *et al.*, 2003; DEKERLE *et al.*, 2005), parece que o modelo pode ser utilizado para aproximação deste ponto (SMITH e JONES, 2001), além de fornecer informações importantes sobre a mínima intensidade de esforço onde o consumo de oxigênio poderá ser alcançado em testes constantes Gaesser e Poole, (1996). No entanto, a resolução dos problemas convencionais das medidas padrões para determinação de intensidade de transição bioenergética não livra o modelo de suas próprias críticas. A determinação da PC vem sendo realizada com normalidade através da execução de, no mínimo, três testes de carga retangular em dias diferentes (SMITH e JONES, 2001; DEKERLE *et al.*, 2003) o que reflete em considerável desconforto aos sujeitos avaliados e confere pouca praticidade a técnicos e pesquisadores. Além disso, a despeito de critérios que devem ser respeitados na determinação da PC (HILL, 1993), diversas são as possibilidades de distâncias ou de intensidades que podem ser selecionadas pelo pesquisador nos testes de *performance*, o que eventualmente pode ocasionar em determinação diferente da VC, já que o modelo é dependente da quantidade e variedade de estímulos escolhidos (TOUBEKIS *et al.*, 2006), bem como do modelo matemático utilizado (BULL *et al.*, 2008).

O teste único de 3 minutos é capaz de manter as características não invasivas do modelo convencional, preservando a característica de baixo custo necessária aos atletas e técnicos. Como vantagem reduz consideravelmente a quantidade de testes realizados e, portanto, a quantidade de dias necessários, preservando o atleta e seu cronograma de treinamento. Além disso, trata-se de uma forma direta de medir a intensidade de esforço que reflete transição bioenergética, não sendo dependente da seleção de testes e de modelos matemáticos. Outra vantagem do modelo é permitir que avaliações do componente aeróbio e

anaeróbio sejam obtidas ao mesmo tempo, em um único teste. Portanto, sua confirmação como modelo válido na determinação da VC será valorosa não só para a comunidade científica como também para treinadores e atletas.

1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Há na literatura evidências de que a PC seja a maior intensidade de esforço possível no domínio pesado, sendo que acima dela o esforço ocorreria no domínio severo, com aparecimento de fadiga (GAESSER e POOLE, 1996). Dessa forma muitos estudos buscaram comparar o conceito de PC com MFEL (DEKERLE *et al.*, 2003; PRINGLE e JONES, 2002), LL (DE VRIES *et al.*, 1987; MCLELLAN e CHEUNG, 1992) , LV (POOLE *et al.*, 1988; DEKERLE *et al.*, 2003); e outros limiares de transição fisiológica. A grande maioria deles mostrou que os limiares são superestimados quando assumidos através do conceito de PC (SILVA *et al.*, 2005; POOLE *et al.*, 1988; PRINGLE e JONES, 2002), conferindo certa desconfiança da comunidade científica em relação a esta medida e sua aplicação. Assim, este estudo não visa buscar evidência de que o conceito seja válido para determinação de intensidades de transição fisiológica, estando delimitado a verificar a validade do T3 como instrumento de medida da VC de homens saudáveis, fisicamente ativos e não especializados no treinamento de nenhuma modalidade esportiva.

1.5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As limitações do estudo estão restritas basicamente aos instrumentos de medida, já que o modelo escolhido para monitoramento da velocidade de corrida não confere precisão nos momentos iniciais do teste. Isso ocorre em função das altas velocidades alcançadas pelos sujeitos avaliados, pela variação da velocidade observada nos instantes iniciais e principalmente pela falta de um instrumento que nos permita menores taxas de aquisição.

Apesar do monitorarmos o teste através de aparelho de GPS (1Hz), não temos segurança nos resultados identificados pelo dispositivo, sendo que buscar indícios dessa confiabilidade é também um objetivo deste trabalho. Por esse motivo as medidas realizadas no início do teste foram utilizadas apenas para comparação em situações de teste e reteste, jamais sendo extrapoladas a conceitos bem estabelecidos na literatura, como por exemplo a potência anaeróbia e tempo para atingir o pico de velocidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Para compreensão dos temas que dão base a este trabalho, serão abordados como tópicos da revisão de literatura as implicações históricas e os conceitos de Potência e velocidade crítica, os métodos expostos na literatura para sua determinação, bem como seu relacionamento com outros limiares de transição fisiológica, como a Máxima fase estável de lactato (MFEL), o Limiar de lactato (LL), o Limiar ventilatório (LV) entre outros.

2.1 POTÊNCIA E VELOCIDADE CRÍTICA

O termo PC foi descrito pela primeira vez em 1965 por Monod e Scherrer (MONOD e SCHERRER, 1965). Através de uma série de observações em repetidas tentativas de levantar diferentes pesos, os pesquisadores puderam perceber que a variação do tempo decorrido até a exaustão poderia indicar uma relação hiperbólica entre potência e tempo. Essa relação hiperbólica descreve dois parâmetros associados a esta medida: 1) PC, definida como a máxima taxa de trabalho que pode ser sustentada por um longo período sem surgimento de fadiga e; 2) Capacidade de trabalho anaeróbia (CTA), que nos indica a capacidade de realização de atividades sustentada no metabolismo anaeróbio e, portanto, finita. Segundo os autores, em intensidades abaixo ou iguais à PC a exaustão não poderia ocorrer; enquanto em intensidades acima da PC o final do trabalho estaria associado a CTA do indivíduo (MONOD e SCHERRER, 1965).

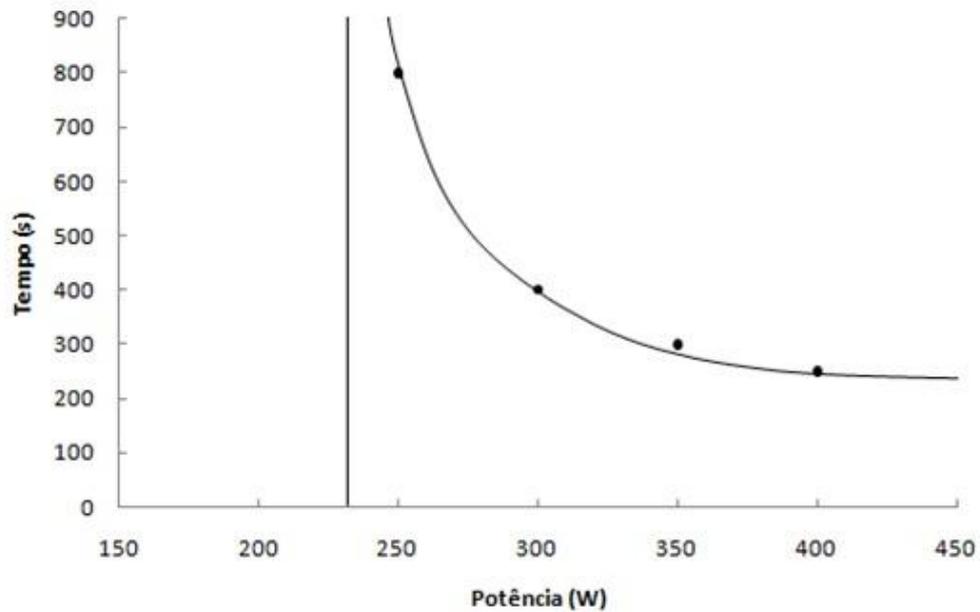
O trabalho de Monod e Scherrer (1965) envolveu pequenos grupos musculares, através da flexão e extensão das articulações do joelho e cotovelo. Por isso, posteriormente em 1981, Moritani *et al.* extrapolaram o conceito de PC para o ciclismo, numa tentativa de emprego do conceito de potência crítica em atividades envolvendo grandes grupos musculares e ação conjunta de vários grupamentos diferentes (Moritani *et al.*, 1981). Assim, a natureza aeróbia

do conceito foi demonstrada através de uma forte correlação encontrada com o LV. Os pesquisadores também demonstraram a natureza anaeróbia da CTA, que não foi comprometida quando submetida à hipóxia. Desde então, o conceito de PC vem sendo extrapolado para os mais diversos esportes, como corrida em esteira (HUGHSON *et al.*, 1984), natação (WAKAYOSHI *et al.*, 1992) e caiaque (CLINGELEFFER *et al.*, 1994).

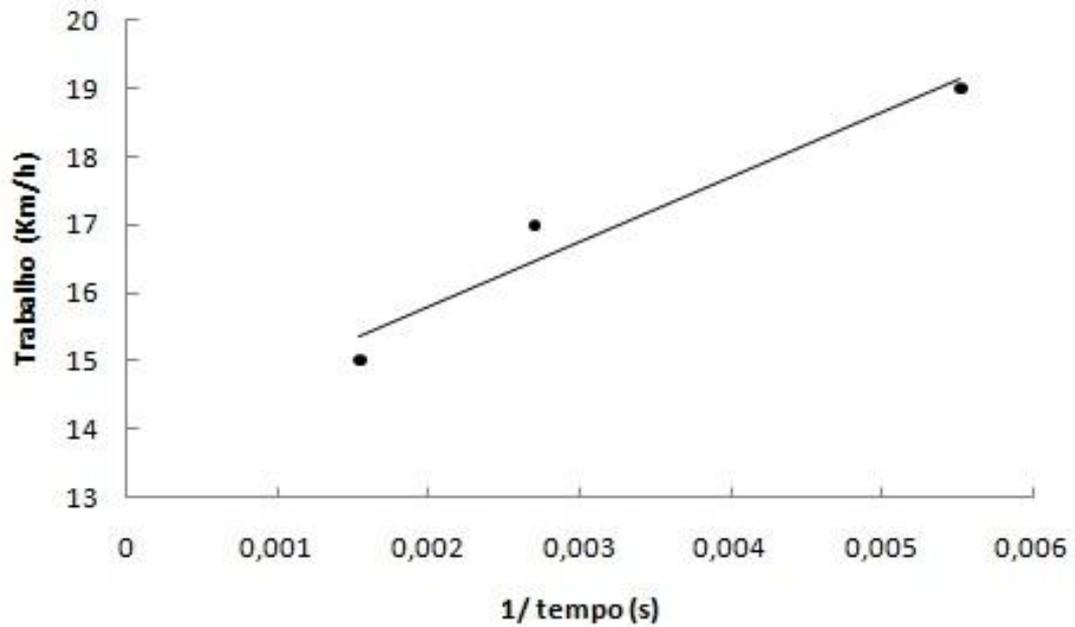
2.1.1 Modelos de determinação da potência e da velocidade crítica

Na proposição de estudar os diferentes modelos utilizados para determinação da PC ou da VC, dois são os tipos de testes encontrados. O primeiro e original, diz respeito aos modelos matemáticos enquanto o segundo, mais recente, trata da determinação da PC através de um único teste.

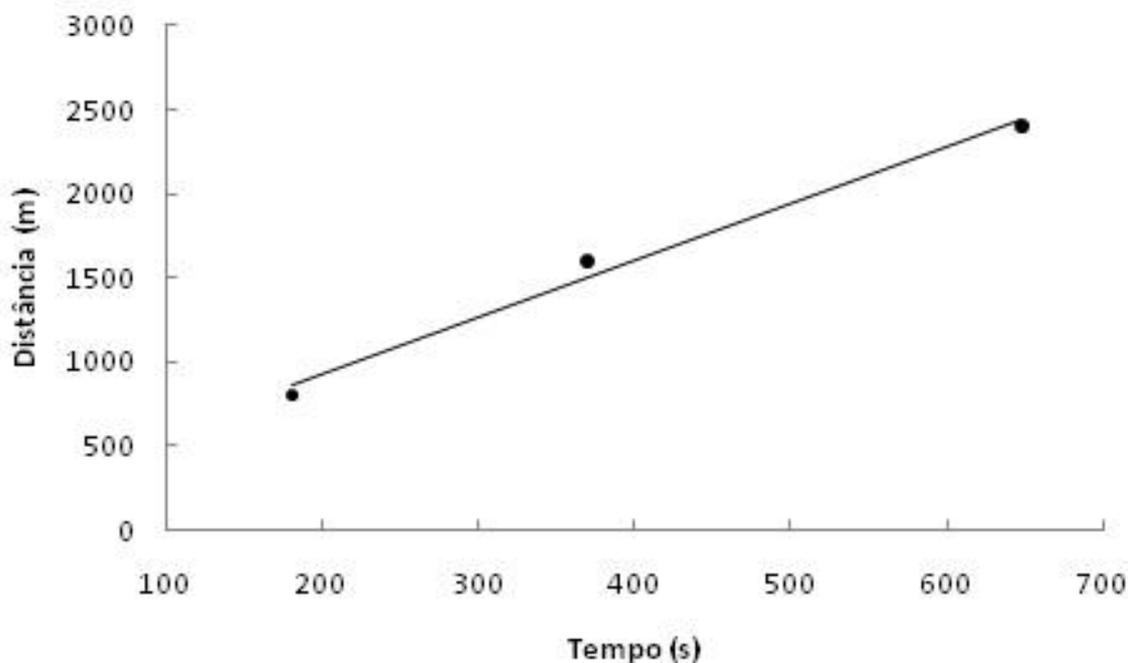
Três modelos matemáticos equivalentes podem ser utilizados para determinação da PC (ou VC). O primeiro deles é o modelo hiperbólico, baseado na potência e no tempo decorrido até a exaustão, descrito no trabalho original de Monod e Scherrer (1965). O modelo prevê que a PC seja o ponto onde a assíntota da curva cruza o eixo x , enquanto a CTA seja representada pelo grau de curvatura da curva. Um exemplo gráfico do modelo pode ser visualizado na Figura 1, que representa a determinação da PC através de quatro testes em diferentes cargas constantes até a exaustão.

Figura 1: Modelo hiperbólico de determinação da PC/VC

Outro modelo matemático que vem sendo empregado na determinação da PC é o modelo linear que faz uso da taxa de trabalho e o inverso do tempo decorrido até a exaustão (WHIPP *et al.*, 1982). De acordo com esse modelo, a PC equivale ao ponto no eixo y interceptado pela reta, enquanto a CTA assume a inclinação da reta em relação ao eixo x . Um exemplo gráfico do modelo pode ser visualizado na Figura 2, que representa a determinação da PC através de três testes em diferentes cargas constantes até a exaustão. A taxa de trabalho está, nesse caso, sendo representada pela velocidade.

Figura 2: Modelo linear Potência-1/tempo de determinação da PC/VC

Por último, o modelo linear trabalho/tempo determina que a PC seja representada pela inclinação da curva em relação ao eixo x , enquanto a CTA é representado pelo ponto no eixo y e cortado pela reta. Um exemplo gráfico do modelo pode ser visualizado na Figura 3, que representa a determinação da PC através de três testes em diferentes cargas pré determinadas, podendo ser representada por distâncias fixas e o tempo decorrido até que sejam completadas. A taxa de trabalho está, no exemplo gráfico, sendo representada pelas distâncias.

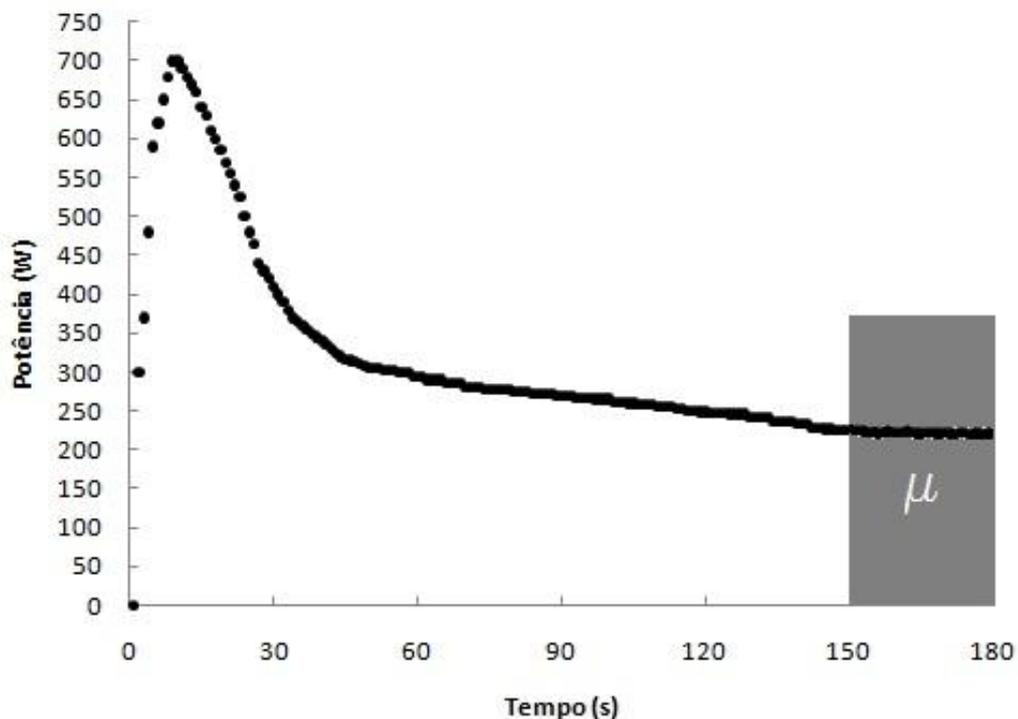
Figura 3: Modelo linear trabalho/tempo para determinação da PC/VC

Conforme sugere o modelo hiperbólico – e ambos os modelos lineares – a quantidade mínima necessária de testes realizados para determinação da PC é dois testes (quantidade mínima de pontos para que se possa traçar uma curva hiperbólica ou uma reta). Entretanto, é muito comum encontrarmos na literatura estudos que fizeram uso de quatro (FLORENCE e WEIR, 1997; SMITH e JONES, 2001; NAKAMURA *et al.*, 2005) ou cinco testes (BULL *et al.*, 2008; MARTIN e WHYTE, 2000; PEPPER *et al.*, 1992) para essa determinação. A opção por um número maior de testes provavelmente está associado à acurácia na determinação gráfica das retas (modelos lineares) ou da curva hiperbólica (modelo hiperbólico), embora alguns estudos tenham se proposto a investigar essa diferença sem demonstrar significância estatística nelas, salvo em situações extremas (TOUBEKIS *et al.*, 2006)

Recentemente, Vanhatalo *et al.*, (2007) hipotetizaram que a queda de potência decorrente de esforço máximo mantido durante três minutos em cicloergômetro refletiria a utilização e o esgotamento do metabolismo anaeróbio, e que a potência gerada nos 30 segundos finais do teste representaria a PC (

Figura 4). O modelo de teste único de 3 minutos, conforme denominaram seus idealizadores, foi confrontado com os modelos lineares e mostraram alta correlação ($r = 0,99$) sem diferença estatística ($p < 0,05$). Mais tarde, Vanhatalo *et al.*, (2008) demonstraram que o modelo era sensível a mudanças na PC impostas pelo treinamento de 4 semanas.

Figura 4: Modelo de teste único para determinação da PC



A partir desse ponto, outros estudos foram elaborados para verificar a influência do exercício prévio no teste único (VANHATALO e JONES, 2009) e para testar o método quanto a possibilidade de usá-lo como parâmetro para determinação de domínios de intensidade em ciclistas bem treinados (FRANCEIS JR *et al.*, 2010). Os resultados mostraram que apesar de diminuir o total de trabalho realizado, o exercício prévio não prejudica a determinação da PC; e que a PC determinada através do teste era encontrada em intensidade acima do LL, do LV e do OBLA em ciclistas profissionais, dando suporte à teoria da PC e trazendo evidências de que o método é válido.

Todos os modelos utilizados para determinação da PC parecem ser práticos e dispensam técnicas invasivas e caras. Os modelos matemáticos já estão bem estabelecidos na literatura, sendo demonstrados como válidos nas mais diversas modalidades esportivas. O modelo de teste único, entretanto, carece de maiores informações quanto a sua aplicabilidade em outros esportes, uma vez que só foi testado e validado para cicloergômetro.

2.1.2 Potência e velocidade crítica e os limiares de transição fisiológica.

Se o conceito de potência crítica (PC) descrito como a máxima taxa de trabalho que pode ser mantida indefinidamente (MONOD e SCHERRER, 1965) parece natural concluirmos que a intensidade de PC demarca a transição entre o exercício pesado e o exercício severo. Essa hipótese tem sido especulada por diversos pesquisadores ao longo do tempo (VANDEWALLE *et al.*, 1997; POOLE *et al.*, 1988; SMITH e JONES, 2001), sugerindo sua utilização como limiar de transição fisiológica. Outras medidas também têm sido citadas como medidas indicadoras de transição fisiológica, como por exemplo a MFEL, o LL, o LAn, o ponto de compensação respiratória e o Limiar de Fadiga Eletromiográfico. Assim, parece natural buscarmos a comparação da PC com algumas dessas variáveis.

2.1.2.1 Máxima Fase Estável de Lactato.

A definição de máxima taxa de trabalho que pode ser mantida indefinidamente também é utilizada para explicar o conceito de MFEL (PRINGLE e JONES, 2002). Isso sugere que as duas variáveis ocorrem na mesma intensidade de esforço. Entretanto, quando posta à prova, essa teoria tem se mostrado pouco consistente. Em um estudo de Dekerle *et al.* (2003), onze indivíduos saudáveis e bem treinados foram avaliados quanto à MFEL em cicloergômetro, através de uma série de três ou quatro testes constantes com 30 minutos de duração. O valor obtido para MFEL (239 W) ficou 16% abaixo da potência crítica (278 W)

dos sujeitos, determinada através de quatro testes de *performance* máxima a 90%, 95%, 100% e 110% do VO_2 máx. Ainda em relação a estudos com ciclismo, Pringle e Jones (2002) encontraram intensidades de potência crítica 9% acima da MFEL em oito indivíduos saudáveis, entre ativos e competidores (ciclistas, corredores, duatletas e praticantes de esportes em geral). Os dados mais recentes de Dekerle *et al.*, (2003) e Pringle e Jones, (2002) são conclusivos no sentido de mostrar que a intensidade de PC, embora esteja relacionada à MFEL, é encontrada sempre acima desta. No entanto, esses estudos foram realizados com indivíduos ativos (VO_2 max $50,8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e com sujeitos de diferentes níveis de aptidão, entre ativos e atletas de outras modalidades (VO_2 max $51,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), respectivamente. O único estudo que mostrou resposta semelhante envolvendo ciclistas bem treinados foi realizado por Jenkins e Quigley (1990), que ao submeter oito sujeitos (VO_2 max $74,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) a 30 minutos de pedalada em cicloergômetro na PC, não encontraram estabilidade de lactato sanguíneo, além de verificar que seis deles não puderam completar o tempo exigido sem que fosse reduzida a carga para valores abaixo da intensidade de PC. Esses achados sugerem que a PC superestima a MFEL mesmo para atletas bem treinados, fato posteriormente confirmado por Caritá *et al.*, (2009), onde seis ciclistas bem treinados (VO_2 max $62,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) apresentaram intensidade de PC significativamente acima da intensidade de MFEL ($p = 0,0002$).

Se no ciclismo fica claro que a PC ocorre em intensidades ligeiramente acima da MFEL, na natação o cenário não é diferente. Dekerle *et al.* (2005) compararam a intensidade na PC e na MFEL de oito nadadores homens, encontrando valores 7% maiores na PC ($1,31\text{m.s}^{-1}$ *versus* $1,24\text{m.s}^{-1}$). Importante observar que as duas medidas se mostraram fortemente correlacionadas ($r = 0,87 / p < 0,01$), indicando que, embora não correspondam à mesma intensidade, as duas medidas se comportam de maneira semelhante, refletindo o nível capacidade aeróbia dos sujeitos. Da mesma forma, Wakayoshi *et al.* (1992) e Wakayoshi *et*

al. (1995) puderam notar intensidades maiores sempre em favor da PC, com fortes correlações ($r = 0,89$ e $0,91$, respectivamente). Em contrário, um estudo de Wakayoshi *et al.* (1993) não mostrou diferença significativa na intensidade das duas medidas. Entretanto, o modelo de determinação da MFEL utilizado nesse estudo não corresponde ao modelo convencional e sim ao modelo de concentração fixa de 4mmol.l^{-1} , conhecido como OBLA, enquanto que a determinação da VC foi realizada de forma intermitente, diferente do que convencionalmente se observa em estudos com ciclismo ou corrida.

Em atividades de corrida poucos estudos tem investigado essa relação. Em um experimento de Smith e Jones (2001), oito sujeitos fizeram a determinação da PC e da MFEL com quatro testes (para ambas as determinações) e não foram identificadas diferenças estatísticas. No entanto, é importante citar que a não observância de diferença estatística pode estar associado ao pequeno número de sujeitos avaliados, já que a MFEL foi identificada em $13,8\text{ km.h}^{-1}$ enquanto a VC foi encontrada em $14,4\text{ km.h}^{-1}$. A diferença de $0,6\text{ km.h}^{-1}$ provavelmente refletiria em inobservância de estabilidade orgânica, incluindo acúmulo progressivo de lactato acima de 1 mmol.l^{-1} nos 20 minutos finais do exercício – critério utilizado para determinação da MFEL (BENEKE e VON DUVILLARD, 1996). Em outro estudo de Denadai *et al.* (2005) 12 jogadores de futebol foram avaliados quanto à PC e MFEL. Os pesquisadores puderam observar diferença significativa, sendo a PC encontrada $1,3\text{ km.h}^{-1}$ (9,9%) acima da MFEL.

Dessa forma, nos parece seguro afirmar que a intensidade de PC superestima a intensidade de MFEL tanto para o ciclismo, quanto para a natação e a corrida. Embora ambas as medidas tenham conceitos semelhantes – ou até mesmo iguais, dependendo da referência utilizada – elas não tem o mesmo significado e principalmente demandam respostas fisiológicas diferentes, exigindo cuidado e critério na utilização.

2.1.2.2 Limiar de Lactato e limiar anaeróbio

As comparações entre a PC, o LL e o Limiar anaeróbio (LAn) se restringem aos modelos determinados através de testes progressivos e suas respectivas recuperações, sendo considerado como LL o primeiro aumento na cinética maior do que $0,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ acima dos valores anteriores (BALDARI e GUIDETTI, 2000) e LAn o proposto por Mader *et al.*, (1976). Embora os conceitos já estejam bem definidos, as nomenclaturas utilizadas diferem e se confundem (FAUDE *et al.*, 2009).

De Vries *et al.*, (1987) compararam a intensidade na PC e no LL de 32 indivíduos, observando considerável diferença entre as médias, com a PC determinada em intensidade 28% acima dos valores de LL. Outro estudo, com 14 homens, demonstrou que a diferença entre as intensidades pode chegar até 13%, com a PC identificada em 265,1W e o LL em 234,9W (MCLELLAN e CHEUNG, 1992). Os autores ainda encontraram uma correlação quase perfeita entre as medidas ($r = 0,98$). O principal fator que parece diferir os dois estudos é a quantidade de testes realizados para determinação da PC: dois e cinco testes, respectivamente. Por outro lado, no estudo clássico de Moritani *et al.*, (1981) não houve diferença significativa entre as medidas de PC e LL, sendo que para os homens a PC foi identificada em intensidade ligeiramente maior, enquanto para as mulheres em intensidade menor. É possível que a o tamanho da amostra (oito para ambos os grupos) tenha interferido no resultado da pesquisa. Além disso, os pesquisadores observaram uma correlação muito forte entre as variáveis ($r = 0,92$).

Diversos estudos têm feito a comparação entre essas variáveis em exercício realizados em ambiente aquático. Martin e Whyte (2000) avaliaram oito triatletas de alto nível e observaram que a PC determinada através de cinco testes de diferentes distâncias era quase 7% maior do que a intensidade no LL. Outro forte indício observado pelos pesquisadores foi que a concentração de lactato foi maior quando os sujeitos nadaram na PC do que ao

realizarem a mesma atividade no LL. Os pesquisadores ressaltam ainda que a premissa de que a PC superestimou o LL foi verdadeira para todos os sujeitos do estudo. Por outro lado estudos que buscam comparações entre essas variáveis envolvendo crianças e adolescentes são freqüentemente observados na literatura e os resultados encontrados diferem de estudos com população adulta. Dados de Greco *et al.*, (2003) mostraram que entre jovens de 10 a 12 anos o LAn equivale à PC determinada através de distâncias – e duração – menores (25m, 50m e 100m e) mas não à PC determinada através de distâncias intermediárias (50m, 100m e 200m) e longas (100m, 200m, 400,). Para adolescentes entre 13 e 15 anos o mesmo estudo mostra que a PC determinada através de distâncias intermediárias e longas a intensidade não é diferente do Lan, ficando diferente apenas a PC determinada através de distâncias curtas. Todas as correlações entre os três métodos de determinação da PC e o LAn para as duas faixas etárias (10 a 12 anos e 13 a 15 anos) foram significativas para $p < 0,05$. Outro estudo envolvendo 20 jovens nadadores, entre meninos e meninas (12,9 anos) se propôs a calcular a PC por diversos modelos e combinações de testes (todas as combinações possíveis com testes de 50m, 100m, 200m e 400m) sendo que somente para uma das combinações (50m e 200m) foi observado diferença significativa ($PC = 1,118m.s^{-1}$, $LL = 1,079m.s^{-1}$). Nesse caso deve-se tomar cuidado ao considerar essa diferença, já que o próprio método diferiu de todos os demais modelos de determinação da VC utilizados no estudo (TOUBEKIS *et al.*, 2006). Outro fator que chama atenção nos dados de Toubekis *et al.*, (2006) é que na literatura está bem estabelecido que o LL de crianças e adolescentes normalmente ocorrem em intensidades menores (TANAKA, 1986; ARMOSTRONG e WELSMAN, 1994), devido a uma série de fatores relacionados a menor concentração de enzimas glicolíticas, enzimas aeróbias e de hormônios como a testosterona (ERIKSSON *et al.*, 1973). Em um primeiro momento, essa informação parece superestimar a importância da falta de diferenças estatísticas entre as duas medidas (PC e LL), entretanto, é necessário que estejamos atentos ao fato de que a questão

maturacional também pode ter causado uma determinação de PC menor, equiparando ambas as variáveis.

Quando a comparação toma como base os exercícios de corrida, poucos estudos são encontrados. Smith e Jones (2001) não observaram diferença significativa entre as intensidades de LL e PC. Entretanto, é importante observar que a PC foi determinada em velocidade $0,7\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ maior e que a falta de diferença significativa pode ter ocorrido em função tamanho da amostra (oito homens). Outro estudo de Silva *et al.*, (2005) buscou comparar o limiar anaeróbio individual com a PC de indivíduos fisicamente ativos ($\text{VO}_{2\text{máx}}$ $48,9\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). A intensidade de PC determinada por dois testes de carga retangular (500m e 3000m) ficou $15\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ acima da intensidade do LAn, sendo considerada significativa. Outra investigação, que pretendia validar o modelo de PC como determinante dos efeitos de treinamento no LAn em corredores de *endurance*, Denadai *et al.*, (2003) não identificaram diferenças nas medidas de LAn e PC em dois grupos de corredores bem treinados. No entanto, após treinamento de quatro semanas foi possível perceber diferença, sendo que para ambos os grupos estudados o LAn foi determinado acima da PC.

Embora alguns estudos tenham mostrado outras respostas, principalmente quando analisados jovens e adolescentes, parece que a PC superestima o LL e o Lan em atividades de ciclismo e natação. Mais estudos são necessários para que se possa esclarecer essa questão em atividades de corrida, já que os dados encontrados na literatura ainda se mostram contraditórios e dependentes do tamanho da amostra e do nível de condicionamento dos sujeitos avaliados.

2.1.2.3 Limiar Ventilatório

O LV pode ser definido como a intensidade de exercício na qual o aumento da ventilação é desproporcional ao aumento da intensidade em testes incrementais (SVEDAHL e MACINTOSH, 2003). Surgiu da necessidade de se identificar transição fisiológica sem utilização de técnicas invasivas, apenas pela análise de gases expirados. Nesse sentido, o primeiro aumento na liberação de CO₂ observado em teste progressivo foi chamado de primeiro LV, enquanto que o segundo aumento percebido na liberação de CO₂ foi denominado segundo LV ou limiar de compensação respiratória (WASSERMAN *et al.*, 1973). Embora o conceito já esteja bem estabelecido e sua importância fisiológica bem determinada, poucos estudos buscaram investigar a relação entre a PC e o LV. Poole *et al.*, (1988) encontraram valores de PC muito acima da intensidade de LV em oito homens. Os pesquisadores encontraram PC e LV a 197W e 120W, respectivamente. Resultado semelhante foi observado por Talbert *et al.*, (1991). Avaliando 15 voluntários, os pesquisadores encontraram PC 16% acima do LV (171W *versus* 147W, respectivamente). Ambos os estudos utilizaram como parâmetro o primeiro aumento progressivo na liberação de CO₂. Da mesma forma, Dekerle *et al.*, (2003) notaram valores de LV consideravelmente mais baixos do que PC estudando 11 indivíduos saudáveis e bem treinados (VO₂máx 50,8 ml.kg⁻¹.min⁻¹). Entretanto, quando comparados os valores do segundo LV, não foram observadas diferenças significativas com a PC (286W *versus* 278W, respectivamente).

Em exercícios de corrida, um único estudo se propôs a comparar LV e PC de indivíduos treinados. Doze maratonistas foram avaliados quanto ao LV através de teste incremental e quanto a PC através de quatro testes de carga constante. A PC foi determinada em intensidade acima do LV para os maratonistas (FLORENCE e WEIR, 1997).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para compreensão dos fundamentos metodológicos que norteiam a pesquisa, serão expostos neste capítulo o tipo de pesquisa, os sujeitos investigados, o protocolo experimental contendo os testes utilizados, os instrumentos de pesquisa e a estatística utilizada na análise dos dados.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa é caracterizada como de campo do tipo descritiva de cunho exploratório. De acordo com Thomas e Nelson (2002), um estudo descritivo é baseado na premissa de que os problemas podem ser resolvidos e as práticas melhoradas por meio da observação, análises e descrições objetivas e completas. O caráter exploratório da pesquisa deve-se ao fato do pesquisador procurar a sua familiarização com o fenômeno e daí descobrir novas idéias e possivelmente auxiliar em pesquisas posteriores (CERVO e BERVIAN, 1983).

3.2 SUJEITOS DA PESQUISA

Participaram desta pesquisa oito homens (entre 20 e 34 anos de idade) fisicamente ativos, saudáveis e habituados à prática de testes de esforço máximo. Após tomarem conhecimento da metodologia proposta e concordarem em participar através da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, visitaram o laboratório em sete ocasiões, sempre 3 horas após a última refeição. Foi solicitado que evitassem o consumo de alimentos que continham cafeína em sua composição, bem como o uso de álcool e prática de exercícios físicos nas 48 horas precedentes a todos os testes. O intervalo mínimo entre uma visita e outra foi de 48 horas, sendo que a tolerância máxima de intervalo entre os testes foi de uma semana.

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina, registrado sob o protocolo N° 101/2010.

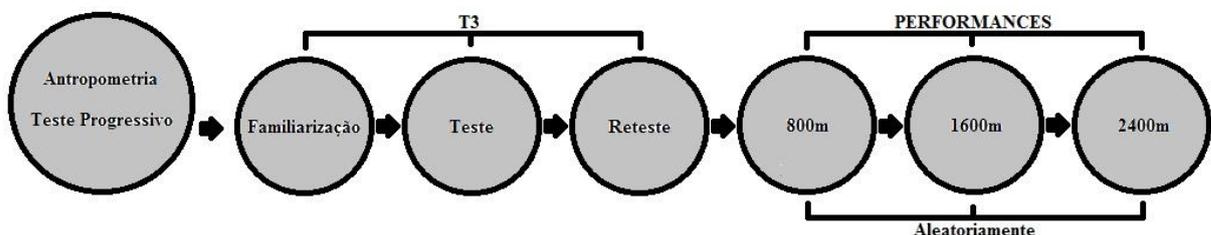
3.3 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Com exceção do protocolo incremental que foi realizado em esteira ergométrica, todos os demais testes foram realizados na primeira raia de uma pista emborrachada de atletismo com 200 metros da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (UDESC / CEFID).

Os participantes do estudo compareceram ao laboratório em sete ocasiões, conforme detalhamento que segue:

- Visita 1: Avaliação antropométrica e teste progressivo em esteira;
- Visita 2, 3 e 4: Três testes de 3 minutos (familiarização, teste e reteste)
- Visita 5, 6 e 7: Testes máximos de *performance* em distâncias de 800, 1600 e 2400m (em ordem aleatória);

Figura 5: Design experimental do estudo



Todos os testes de campo ocorreram entre as 9h e às 17h com o objetivo de garantir luminosidade natural e uniforme para o trabalho dos cronometristas. Além disso, nenhum

teste de campo ocorreu em dias chuvosos, evitando a realização de testes com pista molhada, que poderia acarretar em diminuição do desempenho e risco de acidentes.

3.3.1 Teste progressivo e avaliação antropométrica

Para caracterização dos sujeitos da pesquisa foram coletados antes dos testes físicos os dados de idade, massa corporal (MC) e estatura, utilizados posteriormente para o cálculo do índice de massa corporal (IMC). Após avaliação antropométrica, foi realizado um teste progressivo em esteira iniciando com intensidade de $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ e incrementos de intensidade de $0,5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada minuto, até a exaustão voluntária. A esteira foi mantida a 1% de inclinação em todos os testes e os sujeitos receberam encorajamento verbal durante os estágios finais. Os critérios utilizados para considerar o teste válido como máximo foram: a) frequência cardíaca (10% da predita, conforme determinada pela equação: $FC - \text{idade}$) e; b) quociente respiratório (acima de 1,0 nos estágios finais do teste) (TAYLOR *et al.*, 1955; LACOUR *et al.*, 1991). As medidas extraídas do teste progressivo foram:

a) O consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) e a intensidade correspondente ($i\text{VO}_{2\text{máx}}$): A maior média (intervalos de 15 segundos) de consumo de oxigênio observada ao longo do teste incremental e expressa em $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ e a velocidade correspondente expressa em $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

b) A intensidade do primeiro limiar ventilatório (VT_1): a menor carga onde a relação VE/VO_2 exibe um incremento sistemático sem acompanhamento de aumento semelhante na relação VE/VCO_2 (WASSERMAN *et al.*, 1973).

c) A intensidade do segundo limiar ventilatório (VT_2): a menor carga onde a relação VE/VO_2 exibe um incremento sistemático acompanhado de aumento sistemático na relação VE/VCO_2 (WASSERMAN e MCLLROY, 1964).

3.3.2 Teste único de 3 minutos (T3)

Após aquecimento padronizado de 5 minutos em intensidade moderada (abaixo do LV_1), os sujeitos foram instruídos a aguardar em repouso mais 5 minutos até que se iniciou o protocolo de 3 minutos. A principal orientação fornecida durante o teste era para que os avaliados permanecessem correndo o tempo todo na maior velocidade que suportassem, evitando as estratégias de corrida. De forma a preservar a característica máxima a todo o momento, os sujeitos foram encorajados e incentivados verbalmente a permanecerem correndo sempre na maior velocidade possível, mesmo sem terem ciência sobre o tempo restante para conclusão do teste. O teste encerrou ao apito do avaliador.

Além da utilização de um relógio GPS junto ao sujeito avaliado, dois cronometristas (um oficial e um suplente) posicionados no centro do campo – de onde teriam visão privilegiada e uniforme de todos os cones – tiveram a função de acionar os *Laps* de seus cronômetros cada vez que os avaliados cruzavam as marcas de 20 metros. A cronometragem válida foi sempre a do cronometrista oficial, exceto quando apresentado algum problema, recorrendo no caso aos dados extraídos do cronometrista suplente. O relógio GPS e os registros de tempo a cada 20 metros permitiram extração dos seguintes dados do teste:

- **Pico de velocidade:** Sendo este a maior média de velocidade obtida nos trechos de 20 metros ao longo de todo o teste, obtido em $m.s^{-1}$ e convertido em $km.h^{-1}$ através da equação (Equação 1):

$$V (km.h^{-1}) = V (m.s^{-1}) * 3,6$$

Onde:

V = Velocidade;

Os picos de velocidade extraídos através de cronometragem manual são chamados de PV_{3min} (Familiarização, teste e reteste). Os picos de velocidade extraídos por aparelho de GPS são chamados de PV_{GPS} (teste e reteste).

- **A distância total percorrida:** Quando o teste não se encerrou nas marcações de 20 metros, o cálculo da distância foi feito através da seguinte equação (Equação 2):

$$A + \left(\frac{20 * (180 - B)}{C} \right)$$

Onde:

A = A distância da penúltima marcação completa alcançada, em metros;

B = O tempo total do teste até a última marcação completa, em segundos;

C = A média de tempo (s) que o avaliado leva para percorrer as distâncias de 20 metros nos 30 segundos finais do teste.

As distâncias extraídas através de cronometragem manual são chamadas de D_{3min} (Familiarização, teste e reteste). As distâncias extraídas por aparelho de GPS são chamadas de D_{GPS} (teste e reteste).

- **A média de velocidade dos últimos 30 segundos:** Obtida através da média aritmética simples das velocidades obtidas em metros por segundo e convertidas em quilômetros por hora através da Equação 1, exposta anteriormente.

As médias de velocidade dos últimos 30 segundos extraídas através de cronometragem manual são chamadas de V_{3min} (Familiarização, teste e reteste). As médias de velocidade dos últimos 30 segundos extraídas por aparelho de GPS são chamadas de V_{GPS} (teste e reteste).

3.3.3 Determinação da velocidade crítica

A determinação da VC foi realizada através da realização de três testes de *performance* máxima em diferentes distâncias pré-fixadas: 800m, 1600m e 2400m (em ordem aleatória, definidas através de sorteio). As distâncias foram escolhidas para garantir duração entre 2 e 15 minutos em todos os três testes conforme orientação de Hill (1993). O tempo de duração dos testes foi registrado através de um único cronometrista posicionado ao lado do ponto de largada. Posteriormente, os tempos foram utilizados para o cálculo da VC, através do modelo linear trabalho/tempo conforme Figura 3 (MONOD e SCHERRER, 1965).

3.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para facilitar a compreensão e também em função de tomarmos algumas medidas com mais de um instrumento, foi feita a opção por descrever os instrumentos utilizados em função do modo como foram empregados. Assim, este capítulo descreverá os locais de teste, os instrumentos utilizados para cronometragem e registro de velocidade de corrida e por final, os instrumentos utilizados para caracterizar a amostra.

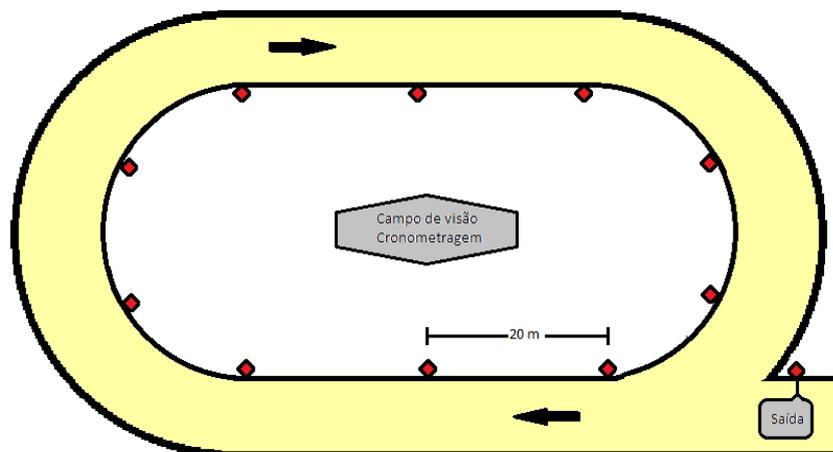
3.4.1 Descrição dos locais de testes

O protocolo progressivo foi realizado em esteira de marca INBRASPORT Super Atl[®] mantida a 1 % de inclinação para todos os testes. A sala de testes foi mantida em condições padrão de umidade e temperatura (~60% e ~20°, respectivamente).

Os testes de campo foram realizados na primeira raia de uma pista de atletismo emborrachada, com 200 metros de comprimento. Os testes de *performance* em distâncias fixas ocorreram em sentido anti horário e sem nenhuma preparação específica, apenas limpeza e desobstrução da raia utilizada. Para o T3 a pista foi demarcada a cada 20 metros com cones. Além disso, um recuo foi utilizado com o objetivo de aumentar a reta inicial em mais 20m.

Este recuo foi utilizado apenas no início do teste e tem como objetivo aumentar o tamanho da reta de saída, diminuindo as chances de perda de velocidade no início do teste em função da curva acentuada – peculiar em pistas de atletismo desse tamanho. Em função do espaço destinado ao recuo, os T3 foram realizados em sentido horário. Maiores detalhes sobre a pista e sua preparação para o T3 podem ser observados na Figura 6

Figura 6: Pista utilizada nos testes de campo e esquema montado para realização do T3



3.4.2 Instrumentos de cronometragem e determinação da velocidade de corrida

Dois cronômetros e um relógio GPS foram utilizados nos testes de campo para determinação das velocidades médias ao longo do T3. Para os testes de *performance* apenas um cronometro manual foi utilizado.

O Relógio GPS Garmin *Forerunner 305*[®] foi utilizado apenas no teste e reteste do T3 para registro da variação da distância percorrida a cada segundo, permitindo identificação da velocidade em $m \cdot s^{-1}$ a cada segundo (1Hz) e ao longo de todo o teste.

Dois frequencímetros Polar RS800[®] foram utilizados – apenas como cronometro registrador de *Laps* – por dois cronometristas estrategicamente posicionados no centro do campo em todos os T3 (Figura 6). O posicionamento dos cronometristas foi determinado de

forma que permitissem visão uniforme dos cones que demarcam a pista a cada 20 metros. Os *Laps* foram acionados cada vez que os sujeitos avaliados cruzarem os cones e os registros de *Laps* foram importados para software Polar Pro Trainer 5[®], posteriormente transportados para Excel 2007[®] para que se possa calcular a velocidade média a cada 20 metros dos três T3. O cronômetro do freqüencímetro foi o mesmo utilizado nos três testes de *performance* para determinação da VC, no qual houve registro apenas o tempo final de cada distância (800m, 1600m e 2400m).

3.4.3 Instrumentos utilizados para caracterização dos sujeitos

Os dados de massa corporal e estatura foram coletados respectivamente através de balança digital de marca Toledo 2096PP[®] com 0,1kg de precisão e Estadiometro Sanny[®] com 0,1cm de precisão. Os dados foram expressos com uma casa decimal e utilizados para cálculo de IMC.

O analisador de gases Quark PFT Ergo[®] (Cosmed, Itália) foi utilizado para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) no teste progressivo em esteira. O VO₂máx, foi mensurado respiração a respiração durante todo o protocolo a partir do gás expirado, sendo os dados reduzidos às médias de 15 segundos. Foi considerado como máximo o maior valor de 15 segundos obtido durante todo o teste, expresso em ml.kg⁻¹.min⁻¹. Para considerarmos que, durante o teste, os indivíduos atingiram o VO₂max, foram adotados os critérios propostos por Taylor *et al.*, (1955) e Lacour *et al.*, (1991).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Estatística descritiva foi utilizada para descrição dos dados, expondo-os em média e desvio padrão. Após verificação de normalidade dos dados através do testes de Shapiro Wilk,

foi utilizada estatística inferencial, com testes de comparação de média, correlação e erro de medida, conforme segue:

A reprodutibilidade do T3 e a necessidade de familiarização foram verificadas através de ANOVA de medidas repetidas entre as medidas de $V_{3\min}$, $D_{3\min}$ e $PV_{3\min}$ da familiarização, do teste e do reteste. Os mesmos dados foram testados quanto ao Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI), complementado pelo Erro Típico de Medida expresso como coeficiente de variação (CV).

A capacidade do T3 em medir a VC foi testada através de teste-t pareado, correlação parcial de Pearson e Erro típico de medida. As análises foram feitas através do pareamento das medidas de $V_{3\min}$ (teste), VC e VT_2 . A opção pela análise em pares se justifica por uma tentativa de aumentar a sensibilidade da estatística, em função do pequeno número de sujeitos analisados e também em função de estarmos testando uma igualdade ao invés de uma diferença.

A precisão do dispositivo de GPS foi testada em dois níveis, sempre através da comparação aos pares e através de teste não paramétrico de Wilcoxon em função do pequeno número de sujeitos. Em um primeiro nível, testando a reprodutibilidade do aparelho de GPS, foram comparados os dados de V_{GPS} , D_{GPS} e PV_{GPS} do teste e do reteste. Os dados foram testados também quanto ao coeficiente de correlação intraclasse e erro típico de medida. A segunda medida, referente à precisão do dispositivo de GPS, foi realizada em nível de confiabilidade da medida, através da comparação dos dados com seus pares obtidos via cronometragem manual. Assim, foram comparados $V_{3\min}$ com V_{GPS} , $D_{3\min}$ com D_{GPS} e $PV_{3\min}$ com PV_{GPS} . Os dados também foram testados quanto ao ICC e Erro Típico de Medida.

Os *softwares* utilizados na análise dos dados foram o MS Excel 2007[®], o SPSS 17.0[®] e o Medcalc 11.4.4[®]. Para todo o estudo foi considerado nível de significância de 95%.

4. RESULTADOS

Os dados que caracterizam os sujeitos do estudo estão descritos na Tabela 1. Através da análise do tamanho do desvio padrão em relação à média, pode se observar relativa homogeneidade do grupo em relação a praticamente todos os dados que os descrevem, exceto idade. A Tabela 2 mostra a descrição absoluta e relativa (com base na iVO_2 máx) das variáveis fisiológicas extraídas do teste incremental e as velocidades críticas dos sujeitos determinadas através do modelo distância/tempo (VC) e do modelo de teste único de corrida (V_{3min}). O tempo para realização das performances de 800m, 1600m e 2400m foram 2min e 41s, 6min e 4s e 9min e 58s, respectivamente.

Tabela 1: Caracterização dos sujeitos do estudo.

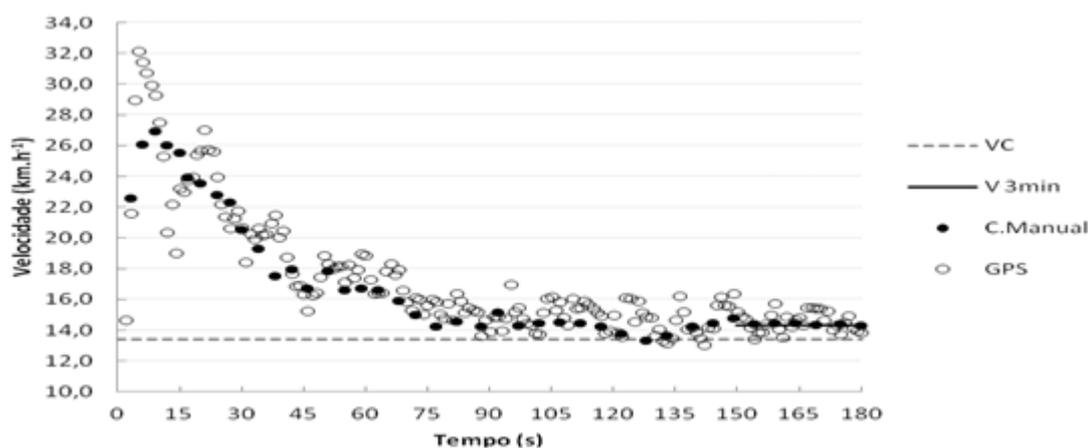
Sujeito	Idade (anos)	Estatura (m)	MC (kg)	IMC (m.kg ²)	VO ₂ máx (ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹)
1	32	1,80	72	22,2	60
2	22	1,72	74,5	25,2	53,9
3	25	1,71	75,1	25,7	54,6
4	34	1,71	87,7	30	57,2
5	33	1,78	76,4	24,1	51
6	24	1,78	73,9	23,3	61,4
7	20	1,79	72,3	22,6	54,1
8	22	1,68	70,5	25	50
M	27	1,70	75,3	24,8	55,3
DP	6	0,1	5,4	2,5	4

Tabela 2: Dados de desempenho expressos em valores absolutos e relativos (% da iVO_2 máx).

Sujeito	iVO_2 máx ($km.h^{-1}$)	VT_1 ($km.h^{-1}$)	VT_2 ($km.h^{-1}$)	VC ($km.h^{-1}$)	V_{3min} ($km.h^{-1}$)
1	16,3	12,1 (74%)	13,6 (83%)	14,4 (88%)	15 (92%)
2	15,5	11 (71%)	13,1 (84%)	12,4 (80%)	12,5 (81%)
3	15,5	11,5 (74%)	14,2 (91%)	10,1 (65%)	11,9 (81%)
4	16,8	11,5 (68%)	13,6 (81%)	14,6 (87%)	15,3 (91%)
5	16,8	12,4 (74%)	14,4 (86%)	14,9 (86%)	15,5 (92%)
6	17,9	14,1 (79%)	15,7 (88%)	15,6 (87%)	15,7 (88%)
7	16,1	11,5 (72%)	13,6 (85%)	12,1 (75%)	14,7 (91%)
8	16,5	12,5 (76%)	14,2 (86%)	13,1 (79%)	13,6 (82%)
M	16,4	12,1 (74%)	14,1 (86%)	13,4 (81%)	14,3* (87%)*
DP	0,8	1 (4%)	0,8 (3%)	1,8 (8%)	1,4 (5%)

* $p < 0,05$ em relação à VC

Através da tabela 2 e da Figura 7 também é possível observar que o modelo de teste único de corrida superestimou a VC dos indivíduos investigados ($p = 0,02$) na comparação direta e também quando analisados os percentuais em relação a iVO_2 máx. Não foram identificadas diferenças significativas quando as comparações tiveram como referência o VT_2 . Correlação parcial de Pearson e o Erro típico de medida (identificado como coeficiente de variação) entre as medidas da VC e V_{3min} indicam um $r = 0,88$ e um $CV = 7,6\%$, respectivamente.

Figura 7: Velocidade média (Manual e GPS) ao longo do T3 comparado com a VC.

O desempenho dos sujeitos em todos os testes de 3 minutos pode ser observado na Tabela 3. Na comparação entre os três testes, ANOVA de medidas repetidas não identificou diferença significativa entre os dados, da mesma forma que o coeficiente de correlação intraclasse indica boa reprodutibilidade para todas as medidas. O resultado de ANOVA e ICC para as distâncias percorridas são $p = 0,26$ e $r = 0,96$; entre os picos de velocidade são $p = 0,91$ e $r = 0,87$ e entre as velocidades médias nos últimos 30 segundos são $p = 0,80$ e $r = 0,96$. Além disso, baixos coeficientes de variação podem ser observados nas medidas de $V_{3\text{min}}$ (4,4% e 3,4% entre familiarização e teste e entre teste e reteste, respectivamente) e $D_{3\text{min}}$ (2,3 e 2,4 entre familiarização e teste e entre teste e reteste, respectivamente). Os coeficientes de variação entre os PV entre familiarização e teste foi de 6,2% e entre teste e reteste foi de 8,4%.

Tabela 3: Média e desvio padrão do desempenho dos sujeitos nos testes de 3 minutos.

T3	PV_{3min} e GPS (km.h⁻¹)	D_{3min} e GPS (m)	V_{3min} e GPS (km.h⁻¹)
Manual (n=8)			
Familiarização	28,1 ± 2,3	824 ± 48	14,2 ± 1,3
Teste	28,4 ± 2,5	837 ± 62	14,3 ± 1,4
Reteste	28,3 ± 3,2	839 ± 62	14,2 ± 1,7
GPS (n=6)			
Teste	32,3 ± 2,5*	853 ± 42*	14,4 ± 1,2
Reteste	31,6 ± 3,5	844 ± 66	14,5 ± 2

* $p < 0,05$ em relação ao teste com cronometragem manual

A tabela 4 apresenta o resultado da estatística para os dados do GPS na comparação entre os dois métodos de cronometragem (confiabilidade) e entre o teste e o reteste, ambos cronometrados via aparelho de GPS (reprodutibilidade). Através da comparação entre o teste e o reteste é possível notar que o dispositivo apresenta boa reprodutibilidade. No entanto, a comparação com os dados da cronometragem manual apontam para boa confiabilidade somente na medida da V_{GPS} , sendo que para D_{GPS} e PV_{GPS} os dados diferiram

significativamente em alguns casos, além de sempre apresentarem altos coeficientes de variação.

Tabela 4: Estatísticas quanto a reprodutibilidade e confiabilidade do GPS.

Comparação	Wilcoxon (p)	ICC (r)	Erro típico de medida (CV)
Reprodutibilidade			
V _{GPS} (teste x reteste)	0,68	0,93	2,6%
D _{GPS} (teste x reteste)	0,84	0,91	4,5%
PV _{GPS} (teste x reteste)	0,56	0,73	6,7%
Confiabilidade no teste:			
V _{GPS} X V _{3min}	0,38	0,91	4,8%
D _{GPS} X D _{3min}	0,03*	0,95	3,5%
PV _{GPS} X PV _{3min}	0,01*	0,84	11,5%
Confiabilidade no reteste			
V _{GPS} X V _{3min}	0,84	0,96	5,1%
D _{GPS} X D _{3min}	0,56	0,82	6,3%
PV _{GPS} X PV _{3min}	0,03*	0,75	9,5%

ICC = Coeficiente de Correlação Intraclasse; CV = Coeficiente de Variação; *p < 0,05.

5 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados no estudo serão neste capítulo discutidos com a literatura específica, sendo os temas divididos em dois pontos. Primeiro será discutido a questão da reprodutibilidade e da familiarização do teste de 3 minutos bem como a precisão do dispositivo de GPS em mensurar o teste. Por último, discutiremos sobre a validade do T3 em mensurar a VC.

5.1 REPRODUTIBILIDADE, NECESSIDADE DE FAMILIARIZAÇÃO DO T3 E PRECISÃO DO GPS

A capacidade de um teste em apresentar coerência nas medidas é considerada uma das mais importantes questões a se observar no desenvolvimento de um teste e pode ser analisada através da medida da reprodutibilidade (RINNE *et al.*, 2001). Várias ferramentas estatísticas foram utilizadas para que pudéssemos ter segurança quanto a capacidade do T3 em medir de forma confiável e reprodutiva as velocidades e as distâncias percorridas no T3. Conforme foi possível observar na Tabela 3, os dados indicam não haver diferença entre as medidas da familiarização, do teste e do reteste. Para aumentar a confiabilidade dos resultados encontrados foi realizado teste de correlação intraclasse. Também chamado de coeficiente de reprodutibilidade, este índice tem grande poder para identificar o quão reprodutivo é uma medida, sendo 1 o valor máximo (mais reprodutivo possível) enquanto 0 (zero) o valor mínimo (nenhuma reprodutibilidade). Os coeficientes de correlação intraclasse observados nas medidas de distância percorrida ($r = 0,96$), pico de velocidade ($r = 0,87$) e velocidade média nos últimos 30 segundos ($r = 0,96$) indicam boa reprodutibilidade nos dados de cronometragem manual do T3. Os coeficientes de variação identificados para os PV estão no limite do que pode ser considerado bom, mas podem indicar a pequena sensibilidade do

equipamento de medida e do avaliador em registrar os *laps* no momento certo. Os coeficientes de variação reforçam a informação e não indicam diferenças no desempenho dos sujeitos entre familiarização e teste e entre teste e reteste, sugerindo que não houve efeito de aprendizado ou treinamento ao repetir o teste por três vezes. Assim, a despeito do pequeno número de sujeitos investigados e da interferência que isso pode ter no poder estatístico, parece seguro afirmar que o teste de 3 minutos é reprodutivo e não carece de familiarização.

Em relação à análise de precisão do aparelho de GPS, foram realizadas investigações em duas etapas. Primeiro o GPS foi testado quanto à confiabilidade das medidas, através da comparação com os dados obtidos via cronometragem manual. Em um segundo momento, testado quanto à reprodutibilidade, através da comparação das medidas extraídas do próprio aparelho no teste e no reteste.

A análise dos resultados não nos permite concluir com segurança se o dispositivo de GPS é ou não confiável quando comparado com a cronometragem manual. Na tabela 3 é possível perceber que as médias de V_{GPS} são parecidas entre as duas cronometragens, não sendo possível identificar diferença significativa ($p = 0,38$). Por outro lado, o PV_{GPS} difere significativamente entre as cronometragens no teste ($p = 0,03$) e, embora estatisticamente não seja possível identificar diferença, parece claro que há uma tendência em diferir também quanto ao reteste ($p = 0,06$), estando a falta de comprovação estatística provavelmente associada ao pequeno número de sujeitos avaliados ($n = 6$) e ao poder do teste estatístico. A distância percorrida ao longo do T3 também apresenta resultados contraditórios entre ambas as cronometragens. Enquanto no teste a distância percorrida tenha se apresentado significativamente maior no dispositivo GPS ($p = 0,03$), este fato não se repete no reteste ($p = 0,56$) conforme seria esperado. Isso indica que o erro não é sistemático, podendo ocorrer em função da recepção do satélite, que pode ser influenciada por alterações climáticas.

Na literatura científica atual não são muitos os estudos que se propuseram a medir a confiabilidade de dispositivos GPS. No entanto, as investigações encontradas parecem dar suporte aos achados deste estudo. Jennings *et al.*, (2010) testaram diferentes deslocamentos e velocidades com 20 jogadores de futebol profissional na Austrália e puderam perceber que, conforme a velocidade de deslocamento aumenta, a confiabilidade dos dados do GPS diminuem. De forma semelhante, Coutts e Duffield (2010), ao submeter dois sujeitos moderadamente treinados a uma série de exercícios repetidos portando seis diferentes dispositivos de GPS, definiram a precisão e a confiabilidade dos aparelhos como aceitável e alertam para a falta de confiabilidade na medida da velocidade em atividades de alta intensidade. Confirmando a precisão dos aparelhos em velocidades inferiores, Macleod *et al.*, (2009) encontraram valores idênticos na determinação da velocidade médias de deslocamento de nove indivíduos correndo a $7\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Os pesquisadores não buscaram investigar essa relação em intensidades maiores. Em conclusão, parece evidente que o estado da arte atual tenha declarado como confiável o sistema de posicionamento global para mensuração da velocidade de corrida apenas em intensidades relativamente menores. O fato pode explicar os motivos de termos identificado intensidades semelhantes entre os dois sistemas de monitoramento apenas para a V_{GPS} , enquanto o PV_{GPS} se mostrou consideravelmente diferente.

Por outro lado alguns estudos são contundentes em afirmar que o sistema de posicionamento global tem alta precisão na mensuração das distâncias percorridas. É o exemplo de Macleod *et al.*, (2009) ao submeter nove indivíduos a percorrem uma distância conhecida de 6818 metros, identificando no GPS uma diferença de apenas 3 metros. Em outro estudo, Petersen *et al.*, (2009) testaram dispositivos de GPS com o objetivo de encontrar um meio confiável para mensurar as distâncias percorridas em jogos de críquete. Os pesquisadores encontraram aceitável confiabilidade em distâncias maiores de 600 metros,

sendo que quanto maior a distância maior a precisão. Parece, portanto, que os dados extraídos do T3 entram em conflito com a literatura científica ao indicar que a distância percorrida não foi mensurada de forma confiável pelo GPS. No entanto, o fato das velocidades mais altas interferirem na precisão dos aparelhos de GPS pode explicar também a diferença encontrada entre as medidas de distância percorrida. Neste sentido, Gray *et al.*, (2010) investigaram a confiabilidade de diversos aparelhos de GPS dentro de uma única distância em diferentes intensidades de deslocamento. Os resultados mostraram que as maiores velocidades trouxeram prejuízos na mensuração de um trecho de 200m, sendo nos casos de *sprint* o percurso identificado pelo dispositivo como sendo de 180m. Fica claro, portanto, que embora a distância percorrida no teste de 3 minutos não seja tão pequena a ponto de trazer prejuízos na determinação do GPS, a característica de altas velocidades no momento inicial do teste provavelmente trouxe complicações e interferiu na determinação da distância. Como as velocidades altas não são suportadas por muito tempo, essa variação na determinação da distância total pode ser pequena a ponto de interferir ou não, conforme podemos observar com o teste e o reteste.

O segundo ponto a ser considerado na investigação sobre a precisão do GPS diz respeito à sua reprodutibilidade. Na comparação entre os dados extraídos no teste e no reteste não encontramos diferença significativa entre os picos de velocidade ($p = 0,44$), entre as distâncias percorridas ($p = 0,84$) e entre as médias de velocidade nos últimos 30 segundos ($p = 0,69$). A reprodutibilidade dos dados fica ainda mais evidente ao analisarmos os coeficientes de correlação intraclass e os coeficientes de variação para as medidas de V_{GPS} , D_{GPS} e PV_{GPS} (Tabela 4). Raros são os estudos que se propuseram a analisar a validade teste-reteste de dispositivos GPS. No único que encontramos, Barbero-Alvarez *et al.*, (2010) mostraram um baixo coeficiente de variação para o pico de velocidade de 21 estudantes e 12

jovens jogadores de futebol, em testes com *sprints* repetidos (sete tiros de 30m com 30s de recuperação ativa entre eles).

Em conclusão, embora haja evidência de reprodutibilidade, a observação dos dados coletados em comparação com a literatura científica atual não nos dá segurança em afirmar que o aparelho de GPS possa ser usado indiscriminadamente na mensuração do T3, sendo ele confiável apenas na medida da velocidade nos momentos finais do teste. Parece claro que as velocidades altas impostas pela característica do teste causaram problemas na determinação tanto do pico de velocidade quanto da distância percorrida, sendo estas medidas pouco confiáveis.

5.2 VALIDADE DO T3 EM DETERMINAR A VC

Este é o primeiro estudo que busca investigar a validade do teste único de 3 minutos de corrida para determinação da velocidade crítica. Embora o modelo possa ser considerado válido para cicloergômetro (VANHATALO *et al.*, 2007, VANHATALO *et al.*, 2008), nossa hipótese de validade também para corrida em pista não foi confirmada.

A observação do comportamento da velocidade desempenhada pelos sujeitos ao longo do T3 (Figura 7) indica o pico de velocidade sendo identificado entre o 5º e o 10º segundo do teste, com imediato declínio gradual da velocidade até a metade do teste (90s), quando parece haver uma estabilização da velocidade até o final dos 180s. Pela limitação dos equipamentos destinados a mensuração da velocidade de corrida nos momentos iniciais do teste, não nos dedicamos a investigar a cinética da velocidade ao longo do tempo, bem como não realizamos comparações com o componente anaeróbio do modelo convencional (CTA). O fato não nos impede de observar um comportamento semelhante ao demonstrado por Vanhatalo *et al.*, (2007) que também identificaram pico de potência ocorrendo entre o 5º e o 10º s, com estabilização no terço final do teste de 3 minutos em cicloergômetro. Em relação ao pico de

velocidade, os dados também estão de acordo com a literatura. Gatin e Lawson (1994) identificaram pico de potência entre o 5^o e o 10^o s em teste de característica semelhante com 90s de duração. A justificativa para o pico e subsequente declínio em tão curto tempo parece estar apoiada nos estoques iniciais de ATP e na contribuição do sistema ATP-CP na produção de energia. Bangsbo (1998) indica que mais de 90% da energia utilizada nos instantes iniciais do exercício na máxima intensidade provém do sistema ATP-CP, com o restante da energia sendo fornecida pelo metabolismo glicolítico. Com 5 segundos de duração, a contribuição do sistema ATP-CP cai para menos de 70% com o sistema glicolítico assumindo quase que a totalidade do restante.

Spencer e Gatin (2001) investigaram a interação entre os sistemas energéticos (aeróbio e anaeróbio) em provas de 200, 400, 800 e 1500m realizadas com corredores altamente especializados e encontraram dados parecidos com os de Bangsbo (1998). Segundo os autores, 80% da demanda energética para percorrer 10s em velocidade de referência para provas de 200 metros está apoiada no metabolismo anaeróbio. Por sua vez, a estabilização da velocidade nos momentos finais do T3 também condiz com a literatura específica. No estudo de Spencer e Gatin (2001) o metabolismo aeróbio exerce primordial participação no suporte da demanda energética após 30 segundos em uma prova de 400 metros. É importante observar que o referido estudo foi realizado com especialistas em corrida de 400 metros e foi permitido aos avaliados utilizar o ritmo ótimo de corrida para a prova em questão, sendo que no T3 a recomendação era correr sempre na máxima velocidade. Tanto no estudo de Bangsbo (1998) quanto nos dados de Spencer e Gatin (2001) o metabolismo aeróbio predomina sobre os demais (ATP-CP e Glicolítico) após a 60s de prova. O fato parece explicar a característica de estabilização da intensidade do meio para o final do teste único em pedalada (VANHATALO *et al.*, 2007) e corrida. No entanto, embora bioenergeticamente os achados pareçam apontar para uma equivalência, a média de velocidade nos 30 segundos finais do teste de 3 minutos de

corrida foi $0,9 \text{ km.h}^{-1}$ maior do que a VC determinada através do modelo distância/tempo, diferente do que puderam encontrar Vanhatalo *et al.*, (2007).

Além da relevância estatística da informação – levando em conta as dificuldades de se identificar diferenças estatísticas quando o tamanho da amostra é reduzido – os 6,7% de incremento na carga de VC parecem refletir também em importante significado fisiológico. Brickley *et al.*, (2002) encontraram tempo de exaustão na intensidade de PC próximo a 30 minutos com sete ciclistas treinados. Além disso, apesar de não terem alcançado o $\text{VO}_2\text{máx}$, os ciclistas demonstraram significativo aumento no VO_2 , na [La] e na FC o longo do tempo no teste. Quando o exercício ocorre em intensidade pouco acima da PC (5%), alguns dados têm apresentado FC, VO_2 e [La] semelhantes aos valores máximos encontrados em teste incremental, a despeito de um tempo de exaustão bem menor (13,6 minutos) (Blondel *et al.*, 2001). Como evidência adicional, Hill *et al.*, (2002) compararam o VO_2 na PC e em exercício 4,7% acima da PC e encontraram o $\text{VO}_2\text{máx}$ sendo atingido somente no teste de maior intensidade. É importante considerar que nas duas intensidades avaliadas no estudo de Hill *et al.*, (2002), praticamente todos os sujeitos permaneceram 25 minutos se exercitando, sendo que o teste era interrompido nesse momento, impedindo comparação entre os tempos de exaustão. Outro dado de Billat *et al.*, (1998) indica que em atividades de corrida 5% acima da VC, corredores de alto nível especialistas em longas distâncias permaneceram apenas 17 (± 4) min. em atividade, sem alcançar o $\text{VO}_2\text{máx}$, mas com considerável [La] e FC muito próxima à máxima. O fato de não observarmos o $\text{VO}_2\text{máx}$ sendo atingido no estudo de Billat *et al.*, (1998) é, provavelmente, atribuído às características dos sujeitos participantes da pesquisa, uma vez que em outras investigações sobre esforços nessa intensidade o consumo máximo normalmente é alcançado através do componente lento (POOLE *et al.*, 1990; BLONDEL *et al.*, 2001, HILL *et al.*, 2002).

Dentre as alternativas que encontramos para tentar compreender tais discrepâncias entre os achados estão as limitações do modelo convencional de determinação da VC. Tais modelos estão estabelecidos na literatura científica desde 1969, quando Monod e Scherrer (1969) encontraram uma relação hiperbólica entre a carga de trabalho e o tempo até a exaustão. Desde então, modelos matemáticos são utilizados para determinação da carga de trabalho que, teoricamente, poderia ser mantida indefinidamente sem surgimento de fadiga. Os dados matemáticos utilizados para o referido cálculo podem prover de dois tipos diferentes de testes: Os testes de *performance* e os testes de tempo de exaustão. Na comparação entre esses dois métodos, diversos estudos já foram publicados evidenciando uma maior reprodutibilidade dos testes de *performance* em relação aos testes até a exaustão. Laursen *et al.*, (2007) encontraram coeficientes de variação em torno de 13,2% e 15% em testes de tempo de exaustão com indivíduos treinados correndo na velocidade de referência para provas de 1500 metros e 5000 metros, respectivamente. Os altos coeficientes encontrados contrastam com coeficientes de variação em torno de 3,3% e 2% com os mesmos sujeitos correndo no menor tempo possível provas de distâncias fixas de 1500 metros e 5000 metros, respectivamente. Adicionalmente, Billat *et al.*, (1994) submeteram oito indivíduos moderadamente treinados a testes até a exaustão na intensidade do consumo máximo de oxigênio, encontrando coeficientes de variação em 17%. Outro estudo, de Nicholson e Sleivert (2001) reforçam a vantagem dos testes de *performance*, observando coeficientes de variação em 3,7% no tempo para realização de provas de 10km. Os dados justificam nossa escolha por testes de *performance* em distâncias fixas. No entanto, é importante observar que a grande maioria dos estudos que investigaram a reprodutibilidade dos testes consideraram em sua amostra indivíduos treinados ou moderadamente treinados, sempre com experiência na realização de provas de média e longa distância. Em nosso estudo, os indivíduos selecionados não têm a mesma característica, principalmente no que diz respeito à experiência em manter

um ritmo ótimo de trabalho para cumprir as distâncias fixadas no menor tempo possível. Pudemos observar principalmente no decorrer das provas mais longas (1600 metros e 2400 metros) uma variação considerável de ritmo que provavelmente prejudicou o tempo para realização das respectivas provas, tendo por conseqüência uma determinação de VC abaixo daquela que reflete a realidade. Este é um dos motivos que pode explicar o fato da V_{3min} ter, a princípio, superestimado a VC em contraste com os achados de Vanhatalo *et al.*, (2007). No estudo original com o teste de 3 minutos em cicloergômetro, embora a PC tenha sido determinada através de testes de tempo de exaustão (menor reprodutibilidade em relação aos testes de *performance*), mais da metade (6 de 10) dos sujeitos investigados eram ciclistas de competição com experiência em manter ritmos ótimos de trabalho, conferindo maior precisão na determinação da PC média do grupo. É possível, portanto, que a inexperiência dos sujeitos em percorrer distâncias pré-fixadas tenha influenciado na determinação da VC, estando o valor encontrado abaixo do verdadeiro e daquele identificado no teste de 3 minutos.

Uma evidência que reforça nossa teoria está no fato de que o VT_2 dos sujeitos não difere significativamente da VC e da V_{3min} . Poucos estudos são encontrados comparando a VC com o VT_2 , mas parece haver evidências satisfatórias de que a PC seja determinada em intensidade superior. Okudan e Gökbel (2006) avaliaram 30 homens não treinados quanto ao segundo limiar ventilatório e quanto à potência crítica determinada pelo modelo trabalho/tempo (três cargas). Os pesquisadores observaram uma relação entre as medidas, mas a PC superestimou o VT_2 . Em contraste, Dekerle *et al.*, (2003) não encontram diferença significativa entre VC e VT_2 . Neste estudo, entretanto, os indivíduos investigados eram ciclistas bem treinados. O fato evidencia uma limitação dos modelos convencionais de determinação da VC: Independente do modelo escolhido e do tipo de teste selecionado (*performance* ou tempo de exaustão), é importante que os indivíduos avaliados tenham experiência em correr/pedalar nas distâncias que serão percorridas (ou no tempo em que

permanecerão em atividade). Além da evidência apoiada na comparação com o VT_2 , há ainda um segundo indício apoiado no percentual da intensidade do consumo máximo de oxigênio. Dados de Smith e Jones (2001) indicam que, na corrida, a VC é identificada a 89% da intensidade do VO_2 máx. Em nossos dados, encontramos a VC identificada a 81% da iVO_2 máx, bem abaixo do valor de referência e significativamente mais baixo do que quando comparado ao valor da V_{3min} , que ficou em 87% (Tabela 2). É importante ressaltar que o protocolo selecionado no teste progressivo (incremento de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) pode ter resultado em uma determinação de iVO_2 max acima daquela que melhor reflete a potência aeróbia dos sujeitos, diminuindo a diferença entre as intensidades (iVO_2 máx e VC). Uma das limitações do nosso estudo está em não termos colocado os sujeitos para se exercitar em testes de carga constante na V_{3min} . Tal estratégia poderia nos trazer informações importantes a respeito do comportamento de algumas variáveis fisiológicas, bem como o tempo até a exaustão na referida intensidade, permitindo comparações interessantes e uma maior possibilidade de identificarmos quais das intensidades está mais próxima da verdadeira VC dos sujeitos.

Existem, portanto, indícios de que limitações na determinação da velocidade crítica estejam causando as diferenças identificadas entre os dois modelos propostos. No entanto, não nos parece prudente ignorar as diferentes características percebidas entre o ciclismo – modalidade na qual o modelo de teste único se mostrou satisfatório – e a corrida. Apesar de muitas diferenças já bem estabelecidas na literatura (MILLET *et al.*, 2009), algumas chamam atenção por terem grande potencial em explicar os motivos de o modelo ser válido para o ciclismo e não para a corrida em campo. Entre eles estão o tipo de contração muscular observadas em ambos os esportes, a maior dependência de fatores neuromusculares associados à corrida em altas velocidades e a maior pressão intramuscular identificada no ciclismo em relação à corrida.

No estudo de Vanhatalo *et al.*, (2007) foi descrito que os sujeitos, ao alcançarem o pico de potência durante o teste de 3 minutos de pedalada, chegaram à cadência de 141 rotações por minuto. Transformando esse dado podemos chegar ao resultado de 2,35 rotações a cada segundo. Tal fato, embora não exclua a possibilidade de haver contrações concêntricas repetidas, evidenciam o pouco tempo hábil para que ocorra um relaxamento completo da musculatura, tornando a atividade de pedalar em altas velocidades semelhantes às atividades de características isométricas. Fato reforçado por Patterson e Moreno (1990), que já haviam descrito anteriormente as características isométricas das contrações musculares no ciclismo. Estudos utilizando eletromiografia foram capazes de identificar que durante a contração dinâmica (concêntrica e excêntrica) de 88 a 90% da capacidade de unidades motoras são recrutadas, enquanto em atividades de contração isométrica esse número sobe significativamente para 95,2% (BABAULT *et al.*, 2001). Sendo o recrutamento de unidades motoras diretamente proporcional à quantidade de fibras musculares recrutadas, fica fácil hipotetizar que no teste de 3 minutos de pedalada os indivíduos foram capazes de recrutar um maior número de fibras musculares durante as velocidades mais altas do teste (quando a característica isométrica da atividade se torna ainda mais evidente), causando um maior recrutamento das fibras de contração rápida e conseqüentemente um maior estresse no metabolismo anaeróbio do que quando comparado ao teste de 3 minutos de corrida. Portanto, o maior recrutamento muscular em função das características isométricas da pedalada pode ter contribuído para um maior desgaste do metabolismo anaeróbio no início do teste, fazendo com que a atividade nos últimos 30 segundos do teste de 3 minutos fosse suportada quase que em sua totalidade pelo metabolismo aeróbio (coincidindo com o conceito de potência crítica). Por outro lado, na corrida, o recrutamento muscular significativamente menor proveniente da contração dinâmica pode ter poupado algumas fibras musculares no início do teste,

permitindo uma maior contribuição do sistema anaeróbio nos momentos finais do teste, resultando em uma velocidade média nos últimos 30 segundos acima da VC.

Outra questão que nos chama atenção para essa elevada cadência identificada no estudo de Vanhatalo *et al.*, (2007) é que ela parece não diferir da cadência máxima encontrada em outros estudos realizados com ciclistas muito bem treinados e especializados em provas de velocidade (CALBET *et al.*, 2003; VANHATALO *et al.*, 2008). Dados de sujeitos ativos identificaram cadência pico ainda maior (150 rpm) (BURNLEY *et al.*, 2006). Em adição, Vanhatalo *et al.*, (2008) explicitaram o fato de que o treinamento intervalado de alta intensidade de 4 semanas, embora tenha refletido em mudanças no pico de potência do teste de 3 minutos em cicloergômetro de indivíduos habituados a altas intensidades, não provocou nenhuma melhora na cadência dos mesmos. Os dados sugerem que em cicloergômetro a velocidade (representada pela cadência) não é tão dependente de adaptações impostas pelo treinamento, incluindo adaptações fisiológicas, neuromusculares e biomecânicas. Por outro lado, a velocidade desempenhada pelos nossos sujeitos no T3 ficou evidentemente mais baixa do que a de especialistas em provas de curta duração, sendo a média de tempo do grupo para percorrer os primeiros 100m do T3 de 14,4s. Em comparação com o estudo de Spencer e Gatin (2001), especialistas percorreram 200m em 22,3s, enquanto os nossos sujeitos realizaram o mesmo trajeto em tempo 37% acima (30,5 s). O baixo desempenho dos indivíduos avaliados nos 100m e nos 200m não surpreende, uma vez que não se tratam de especialistas nesse tipo de prova, no entanto, deixam claro que a máxima velocidade desempenhada na corrida de não atletas provavelmente não reflete o máximo aproveitamento dos sistemas fisiológicos, estando limitado por outros fatores, possivelmente neuromusculares, fazendo com que o metabolismo seja poupado nos momentos iniciais do teste, refletindo em uma velocidade maior nos últimos instantes. Essa característica pôde também ser evidenciada no estudo Calbet *et al.*, (2003) os quais demonstraram que ciclistas

de *endurance* puderam aumentar a sua contribuição anaeróbia durante o teste de *Wingate* quando realizado em hipóxia severa, fato que não ocorreu para os ciclistas de velocidade. É interessante destacar que neste mesmo estudo os ciclistas de *endurance* apresentaram uma menor cadência quando comparado aos velocistas reforçando a relação entre as adaptações neuromusculares e a quantidade de utilização do metabolismo anaeróbio. A menor dependência de adaptações neuromusculares específicas para atingir altas velocidades de contração durante o ciclismo em cicloergômetro (i.e. cadência de pedalada próximas a 140rpm) pode trazer ainda outra consequência elucidativa no que tange às diferenças entre os testes em cicloergômetro e corrida em pista. Atividades em altas intensidades e curta duração têm como consequência acúmulo de íons H^+ que podem acarretar em diminuição da acidose intramuscular (BOGDANIS *et al.*, 1998). Por sua vez, a diminuição da acidose parece contribuir consideravelmente para um menor desenvolvimento de força (SPRIET *et al.*, 1987) e velocidade (ALLEN *et al.*, 1995). Da mesma forma que atingir uma dada velocidade de pedalada relativamente alta em cicloergômetro (e.g. 140 rpm) não parece ser influenciada por questões neuromusculares, parece evidente concluir que o prejuízo maior recai sobre a velocidade de corrida e conseqüente manutenção de equilíbrio e coordenação, resultando em um desempenho máximo abaixo daquele que poderia ser realizado se a atividade fosse dependente somente de questões bioenergéticas.

Além disso, parece que em altas intensidades de esforço ocorre um considerável aumento da pressão intramuscular durante o ciclismo (CLARYS *et al.*, 1988). Esse aumento da pressão intramuscular tem sido associado a uma parcial oclusão da artéria femoral, causando uma redução do fluxo sanguíneo (EDWARDS *et al.*, 1972). Como consequência, Carter *et al.*, (2000) hipotetizaram uma menor oferta de oxigênio para a musculatura ativa em decorrência dessa alta pressão intramuscular, resultando numa maior ativação das fibras de contração rápida. O aumento da pressão intramuscular também ocorre na corrida, mas em

decorrência da fase aérea da passada há momentos de relaxamento que permitem uma redução momentânea dessa pressão intramuscular (BALLARD *et al.*, 1998). Parece, portanto, que este mecanismo de oclusão de fluxo é maior no ciclismo (CARTER *et al.*, 2000), o que pode ter resultado numa maior ativação das fibras de contração rápida no início do teste de 3 minutos de pedalada, conseqüentemente poupando menos o metabolismo anaeróbio e chegando ao final do teste com a demanda energética suportada pela totalidade do metabolismo aeróbio. De fato, uma cinética do VO_2 mais lenta tem sido encontrada no ciclismo comparado com a corrida (CARTER *et al.*, 2000; HILL *et al.*, 2003; CAPUTO e DENADAI, 2006), o que ressalta uma ativação mais lenta do metabolismo aeróbio e, conseqüentemente, uma maior contribuição do metabolismo anaeróbio durante o ciclismo. Por outro lado, na corrida onde a pressão intramuscular é menor, essa rápida ativação do metabolismo aeróbio faz com que este assuma a demanda energética antes que grande parte do metabolismo anaeróbio tenha sido depletado, levando a intensidade para valores acima da VC.

6. CONCLUSÃO

Os dados extraídos do teste único de três minutos de corrida apresentam boa reprodutibilidade principalmente no que diz respeito a medida da distância percorrida e da média de velocidade nos segundos finais do teste. O uso de tecnologia mais avançada na mensuração dos picos de velocidade pode trazer informações mais precisas quanto à reprodutibilidade do teste nos instantes iniciais. Além de boa reprodutibilidade, todos os dados apontam também para que a familiarização possa ser descartada. No entanto, por ser um teste novo e pouco explorado, sugerimos cautela neste descarte. Futuras pesquisas que pretendem fazer uso do teste poderão, dessa forma, realizar apenas duas repetições do mesmo com relativa segurança e eficácia. O aparelho de GPS também apresentou boa reprodutibilidade e precisão nas medidas da velocidade média no final do teste de três minutos. Entretanto, as altas velocidades atingidas nos momentos iniciais do T3 comprometem o uso do dispositivo quanto à determinação dos picos de velocidade e das distâncias percorridas.

Embora o comportamento da velocidade desempenhada ao longo do tempo no teste único de corrida tenha sido semelhante à do teste em cicloergômetro, os dados indicam que para indivíduos ativos sem experiência em correr distâncias pré-determinadas o teste de 3 minutos de corrida superestimou a medida em 6,7%. O fato sugere cautela na utilização do T3 como modelo para determinação da VC, podendo ser empregado como índice de capacidade aeróbia em função das altas correlações observadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, D.G.; WESTERBLAD, H.; LÄNNERGRÉN, J. The role of intracellular acidosis in muscle fatigue. **Adv Exp Med Biol.** v.384 p.57-68, 1995.
- ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J.R. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev.* v. 22 p. 435-476, 1994.
- BABAULT, N.; POUSSON, M.; BALLAY, Y.; HOECKE, J.V. Activation of human quadriceps femoris during isometric, concentric, and eccentric contractions. **J Appl Physiol.** v.91 p.2628-2634, 2001.
- BALDARI C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Med Sci Sports Exerc.** v.32 n.10 p. 1798-1802, 2000.
- BALLARD, R.E.; WATENPAUGH, D.E., BREIT, G.A. MURTHY, G.; HOLLEY, D.C.; HARGENS, A.R. Leg intramuscular pressures during locomotion in humans. **J Appl Physiol.** v.84 n.6 p.1976-1981, 1998.
- BANGSBO, J. Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. **Med Sci Sports Exerc.** v.30 n.1 p.47-52, 1998.
- BARBERO-ALVAREZ, J.C.; COUTTS, A.; GRANDA, J.; BARBERO-ALVAREZ, V.; CASTAGNA, C. The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. **J Sci Med Sport.** v.13 n.2 p.232-235, 2010.
- BEAVER, W., WASSERMAN, K., WHIPP, B. J.. Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. **J. Appl. Physiol.** v. 59 p.1936-1940, 1985.
- BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S. P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Med. Sci. Sports Exerc.** v.28 n.2 p.241-246, 1996.
- BILLAT, V.; RENOUX, J.C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. Reproducibility of running time to exhaustion at VO_2 max in subelite runners. **Med Sci Sports Exerc.** v.26 n.2 p.254-257, 1994.
- BILLAT, V.; BINSSE, V.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. High level runners are able to maintain a vo_2 steady-state below vo_2 max in an all-out run over their critical velocity. **Archives of Physiology and Biochemistry.** v.106 n.1 p.38-45, 1998.
- BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet.** v.8 n.1 p.307-310, 1986.
- BLONDEL, N.; BERTHOIN, S.; BILLAT, V.; LENSEL, G. Relationship Between Run Times to Exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of vVO_2 max and Velocity Expressed Relatively to Critical Velocity and Maximal Velocity. **Int J Sports Med.** v.22 p.27-33, 2001.

- BOGDANIS, G.C.; NEVILL, M.E.; LAKOMY, H.K.; BOOBIS, L.H. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. **Acta Physiol Scand**. v.163 n.3 p.261-272, 1998.
- BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C.A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **Eur J Appl Physiol**. v.88 p.146–151, 2002.
- BROOKS, G. A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Med. Sci. Sports Exerc**. v.17 n.1 p.22-31, 1985.
- 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, 2008.
- 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, 2006.
- CALBET, J.A.L.; DE PAZ, J.A.; GARATACHEA, N.; CABEZA DE VACA, S.; CHAVARREN, J. Anaerobic energy provision does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclists. **J Appl Physiol**. v.94 p.668–676, 2003.
- CARITÁ, R.A.C.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Maximal lactate steady state and critical power in well-trained cyclists. **Rev Bras Med Esporte**. v.15 n.5 p.370-373, 2009.
- CARTER, H.; JONES, A.M.; BARSTOW, T.W.; BURNLEY, M.; WILLIAMS, C.A.; DOUST, J.H. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. **J Appl Physiol**. n.89 p.899–907, 2000.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.
- CLARYS, J.P.; CABRI, J.; GREGOR, R.J. The muscle activity paradox during circular rhythmic leg movements. **J Sports Sci**. n.6 p.229–237, 1988.
- CLINGELEFFER, A., MCNAUGHTON, L.R., DAVOREN, B. The use of critical power as a determinant for establishing the onset of blood lactate accumulation. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. v.68 n.2 p.182-187, 1994.
- CONCONI, F., BORSETTO, C., ZIGLIO, P.G., DROGUETTI, P., CODEGA, L.. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **J. Appl. Physiol**. v.4 p.869-873, 1982.
- COUTTS, A.J.; DUFFIELD, R. Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. **J Sci Med Sport**. v.13 n.1 p.133-135, 2010.
- DE VRIES, H.A.; TICHY, M.W.; HOUSH, T.J.; SMYTH, K.D.; TICHY, A.M.; HOUSH, D.J. A method for estimating physical working capacity at the fatigue threshold (PWC_{FT}). **Ergonomics**. v.30 n.8 p.1195-1204, 1987.
- DEKERLE, J., BARON, B., DUPONT, L., VANVELCENAHAR, J., PELAYO, P. Maximal lactate *steady-state*, respiratory compensation threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**. v.89 p.281-288, 2003.

DEKERLE, J., PELAYO, P., CLIPET, B., DEPRETZ, S., LEFEVRE, T., SIDNEY, M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate *steady-state*. **Int J Sports Med**. v.26 n.7 p.524-530, 2005.

DENADAI, B. S.; GOMIDE, E. B. G.; GRECO, C. C. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19 n.2 p.364-368, 2005.

DENADAI, B.S.; ORTIZ, M.J.; STELLA, S.; MELLO, M.T. Validade da velocidade crítica para a determinação dos efeitos do treinamento no limiar anaeróbio em corredores de endurance. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. v.3 n.1 p.16-23, 2003.

EDWARDS, R.H.; HILL, D.K.; JONES, D.A. Effect of fatigue on the time course of relaxation from isometric contractions of skeletal muscle in man. **J Physiol**. v.227 n.2 p.26-27, 1972.

ERIKSSON, B.O.; GOLLNICK, P.D.; SALTIN, B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. **Acta Paediatr Scand**. v.87 p.485-497, 1973.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports Med**. v.39 n.6 p.469-490, 2009.

FLORENCE, S.; WEIR, J.P. Relationship of critical velocity to marathon running performance. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. v.75 n.3 p.274-278, 1997.

FRANCEIS JR, J.T.; QUINN, T.J. AMANN, M. Defining Intensity Domains from the End Power of a 3-min All-out Cycling. **Med Sci Sports Exercise**. v.42 n.9 p.1769-1775, 2010.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exerc Sport Sci Rev**. v.24 p.35-70, 1996.

GASTIN, P.B.; LAWSON, D.L. Influence of training status on maximal accumulated oxygen deficit during all-out exercise. **Eur J Appl Physiol**. v.69 p.321-330, 1994.

GRAY, A.J.; JENKINS, D.; ANDREWS, M.H.; TAAFFE, D.R.; GLOVER, M.L. Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. **J Sports Sci**. v.28 n.12 p.1319-1325, 2010.

GRECO, C.C.; 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**. v.9 n.1 p.2-8, 2003.

HECK, H., MADER, A., HESS, G., MÜCKE, S., MÜLLER, R., HOLLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **Int. J. Sports Med**. v.6 p.117-130, 1985.

HILL, A.V., LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. **Q. J. Med**. v.16 P.135-171. 1923.

HILL, D. W.; POOLE, D.C.; SMITH, J. C. The relationship between power and the time to achieve $\dot{V}O_2$ max. **Med. Sci. Sports Exerc.** v.34 n.4 p.709–714, 2002.

HILL, D.W. The critical power concept. A review. **Sports Med.** v.16 n.4 p.237-254, 1993;

HOLLMANN, W. 42 Years Ago - Development of the Concepts of Ventilatory and Lactate Threshold. **Sports Medicine.** v.31 n.5 p.315-320, 2001.

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.23-25, 1984.

INBAR, O.; BAR-OR, O.; SKINNER, J.S. **The Wingate Anaerobic Test.** Human Kinetics, Champaign, 1996.

IVY, J.L., COSTILL, D. L., VAN HANDEL, P. J., ESSIG, D. A., LOWER, R. W.. Alteration in the lactate threshold with changes in substrate availability. **Int. J. Sports Med.** v.2 n.3 p.139-142, 1981.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.61 n.3-4 p.278-283, 1990.

JENNINGS, D.; CORMACK, S.; COUTTS, A.J.; BOYD, L.; AUGHEY, R.J. The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. **Int J Sports Physiol Perform.** v.5 n.3 p.328-341, 2010.

KINDERMANN, W., SIMON G., KEUL J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **Eur. J. App. Physiol.** v.42 p.25-34, 1979.

KOLBE, T.; DENNIS, S.C.; SELLEY, E.; NOAKES, T.D.; LAMBERT, M.I. The relationship between critical power and running performance. **J Sports Sci.** v.13 n.3 p.265-269. 1995.

LACOUR, J.R.; PADILLA-MAGUNACELAYA, S.; CHATARD, J.C.; ARSAC, L.; BARTHÉLÉMY, J.C. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. **Eur J Appl Physiol.** v.62 p.77-82, 1991.

LAURSEN, P.B.; FRANCIS, G.T.; ABBISS, C.R.; NEWTON, M.J.; NOSAKA, K. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. **Med Sci Sports Exerc.** v.39 n.8 p.1374-1379, 2007.

LOAT, C. E. R.; RHODES, E. C. Relationship between the lactate and ventilatory thresholds during prolonged exercise. **Sports Med.** v.15 n.2 p.104-115, 1993.

MACLEOD, H.; MORRIS, J.; NEVILL, A.; SUNDERLAND, C. The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. **J Sports Sci.** v.27 n.2 p.121-128, 2009.

MADER, A. Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** v.31 n.1 p.1-19, 1991.

- MADER, A.; LIESEN, H.; HECK, H.; PHILIPPI, H.; SCHÜRCH, P. M.; HOLLMANN, W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. **Sport. Sportmed.** v.27 n.4 p.80-88, 1976.
- MARTIN, L.; WHYTE, G.P. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. **Int. J. Sports Med.** v.21 p.366-368, 2000.
- MCLELLAN, T.M.; CHEUNG, K.S. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Med Sci Sports Exerc.** v.24 n.5 p.543-550, 1992.
- MILLET, G.P.; VLECK, V.E.; BENTLEY, D.J. Physiological differences between cycling and running: lessons from triathletes. **Sports Med.** v.39 n.3 p.179-206, 2009.
- MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics.** v.8 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.
- NAKAMURA, F.Y.; BRUNETTO, A.F.; HIRAI, D.M.; ROSEGUINI, B.T.; KOKUBUN, E. O limiar de esforço percebido (LEP) corresponde à potência crítica e a um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio. **Rev Bras Med Esporte.** v.11 n.3 p.197-202, 2005.
- NICHOLSON, R.M.; SLEIVERT, G.G. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. **Med Sci Sports Exerc.** v.33 n.2 p.339-342, 2001.
- OKUDAN, N.; GÖKBEL, H. The ventilatory anaerobic threshold is related to, but is lower than, the critical power, but does not explain exercise tolerance at this workrate. **J Sports Med Phys Fitness.** v.46 n.1 p.15-19, 2006
- PATTERSON, R.P.; MORENO, M.I. Bicycle pedalling forces as a function of pedalling rate and power output. **Med Sci Sports Exerc.** v.22 n.4 p.512-516, 1990.
- PEPPER, M.L.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O. The accuracy of the critical velocity test for predicting time to exhaustion during treadmill running. **Int J Sports Med.** v.13 n.2 p.121-124, 1992.
- PETERSEN, C.; PYNE, D.; PORTUS, M.; DAWSON, B. Validity and reliability of GPS units to monitor cricket-specific movement patterns. **Int J Sports Physiol Perform.** v.4 n.3 p.381-393, 2009
- POOLE, D.C.; WARD, S.A.; GARDNER, G.; WHIPP, B.J. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics.** v.31 p.1265-1279, 1988
- 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** v.59 p.421-429, 1990.
- PRINGLE, J.S.M.; JONES, A.M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **Eur J Appl Physiol.** v.88 p.214-226, 2002.

RINNE, M.B.; PASANEN, M.E.; MIILUNPALO, S.I.; OJA, P. Test-retest reproducibility and inter-rater reliability of a motor skill test battery for adults. **Int J Sports Med.** v.22 n.3 p.192-200, 2001.

SILVA, L.G.M.; PACHECO, M.E.; CAMPBELL, C.S.G.; BALDISSERA, V.S.H.G. Comparação entre protocolos diretos e indiretos de avaliação da aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos. **Rev Bras Med Esporte.** v.11 n.4 p.219-223, 2005.

SKINNER, J. S.; McLELLAN, T. H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Res. Quart. Exerc. Sport.** v.51 n.1 p.234-248, 1980.

SMITH, C.G.; JONES, A.M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **Eur J Appl Physiol.** v.85 n.1-2 p.19-26, 2001.

SPENCER, M.R.; GASTIN, P.B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. **Med Sci Sports Exerc.** v.33 n.1 p.157-162, 2001.

SPRIET, L.L.; SÖDERLUND, K.; BERGSTRÖM, M.; HULTMAN, E. Skeletal muscle glycogenolysis, glycolysis, and pH during electrical stimulation in men. **J Appl Physiol.** v.62 n.2 p.616-621, 1987.

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

TALBERT, S.M.; SMITH, J.C.; SCARBOROUGH, P.A.; HILL, D.W. Relationships between the power asymptote and indices of anaerobic and aerobic power. **Med Sci Sports Exerc.** v.23 n.4 p.s.27, 1991.

TANAKA, H. Predicting running velocity at blood lactate threshold from running performance tests in adolescents boys. **Eur J Appl Physiol.**; v.55 n.344-348, 1986.

TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. **J Appl Physiol.** v.8 p.73-80, 1955.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

TOUBEKIS, A.G.; TSAMI, A.P.; TOKMAKIDIS, S.P. Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. **Int. J. Sports Med.** v.27 p.117-123, 2006.

VANDEWALLE, H.; VAUTIER, J.F.; KACHOURI, M.; LE CHEVALIER, J.M.; MONOD, H. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept: a review. **J Sports Med Phys Fitness.** n.37 p.89-102, 1997.

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.1693-1699, 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.548-555, 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.255-263, 2009.

VAUTIER, J.F.; VANDEWALLE, H.; ARABI, H.; MONOD, H. Critical power as an endurance index. **Appl Ergon**. v.26 n.2 p.117-121, 1995.

WAKAYOSHI, K.; D'ACQUISTO, L.J.; CAPPAERT, J.M.; TROUP, J.P. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. **Int J Sports Med**. v.16 n.1 p.19-23, 1995.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; HARADA, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. v.66 n.1 p.90-95, 1993.

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.367-371, 1992.

WASSERMAN, K.; McLLORY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **Am J Cardiol**, v.14 p.844-852, 1964.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J. Appl. Physiol**. v.35 p.236-243, 1973.

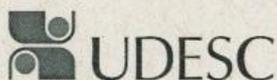
WELTMAN, A.; SNEAD D.; STEIN P.; SEIP R.; SCHURRER R.; RUTT R.; WELTMAN J. Reability and validity of continuous incremental treadmill protocol for determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations and VO₂max. **Int. J. Sports Med**. v.11 n.1 p.26-32, 1990.

WHIPP, B.J.; HUNTSMAN, D.J.; STONER, N.; LAMARRA, N.; WASSERMAN, K. A constant which determines the duration of tolerance to high-intensity work (abstract). **Fed. Proc**. v.41 p.1591, 1982.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer do CEP	67
--------------------------------	----

ANEXO A – Parecer do CEP



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
GABINETE DO REITOR
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

Florianópolis, 20 de agosto 2010

Nº. de Referência: 101/2010

A(o) Pesquisador(a),
Prof. Fabrizio Caputo

Analizamos o projeto de pesquisa intitulado “**Determinação da velocidade crítica através de um teste único de 3 minutos**” enviado previamente por V. S.^ª. Desta forma, comunicamos que o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos tem como resultado à **Aprovação** do referido projeto.

Este Comitê de Ética em Pesquisa segue as Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – Resolução CNS 196/96, criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Gostaríamos de salientar que quaisquer alterações do procedimento e metodologia que houver durante a realização do projeto em questão e, que envolva os indivíduos participantes, deverá ser informado imediatamente ao Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos.

Duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido deverão ser assinadas pelo indivíduo pesquisado ou seu representante legal. Uma cópia deverá ser entregue ao indivíduo pesquisado e a outra deverá ser mantida pelos pesquisadores por um período de até cinco anos, sob sigilo.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Rudney da Silva
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – UDESC