

Ricardo Dantas de Lucas

**TESTE MÁXIMO DE 3 MINUTOS EM CICLO-ERGÔMETRO
ISOCINÉTICO: ANÁLISE DE REPRODUTIBILIDADE E
RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM DUAS CADÊNCIAS DE
PEDALADA**

Tese submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Educação Física da
Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de Doutor em
Educação Física
Orientador: Prof. Dr. Benedito Sérgio
Denadai

Florianópolis
2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

de Lucas, Ricardo Dantas
TESTE MÁXIMO DE 3 MINUTOS EM CICLO-ERGÔMETRO ISOCINÉTICO
[tese] : ANÁLISE DE REPRODUTIBILIDADE E RESPOSTAS
FISIOLÓGICAS EM DUAS CADÊNCIAS DE PEDALADA / Ricardo Dantas
de Lucas ; orientador, Benedito Sérgio Denadai Denadai -
Florianópolis, SC, 2012.
100 p. ; 21cm

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Desportos. Programa de Pós-Graduação em
Educação Física.

Inclui referências

1. Educação Física. 2. ciclismo. 3. isocinético. 4.
potência crítica. I. Denadai, Benedito Sérgio Denadai. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Educação Física. III. Título.

Ricardo Dantas de Lucas

TESTE MÁXIMO DE 3 MINUTOS EM CICLO-ERGÔMETRO
ISOCINÉTICO: ANÁLISE DE REPRODUTIBILIDADE E RESPOSTAS
FISIOLÓGICAS EM DUAS CADÊNCIAS DE PEDALADA

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Florianópolis, 10 de dezembro de 2012.



Prof. Dr. Fernando Diefenthaler

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai

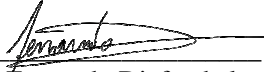
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



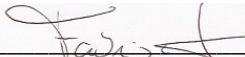
Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Fernando Diefenthaler

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Fabrizio Caputo

Universidade do Estado de Santa Catarina



Prof. Dr. Emerson Franchini

Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família, que proporcionou as oportunidades necessárias para que eu pudesse chegar a este momento tão importante de minha vida. Em especial, à minha parceira e esposa, Patricia e nosso pequeno João, que toparam o desafio de mudar totalmente de vida, cidade, etc, e me apoiaram durante toda esta etapa. Não posso deixar de citar a Dra. Maria Antônia Dantas Rabelo, minha mãe e fonte de inspiradora acadêmica desde meus primeiros anos de vida.

Ao meu *grande* orientador Denadai, sem palavras, exemplo de pessoa e pesquisador, que sempre inspirou seus orientandos. À Camila, que auxiliou desde o início no desenvolvimento do desenho experimental do estudo e em todas as etapas subsequentes.

Ao grande amigo Luiz Guilherme pela apoio inicial na ilha, e todo empenho para que o curso de pós-graduação em Educação Física da UFSC se tornasse referência em pesquisa. Juntamente agradeço aos familiares Guglielmo, Alcyane e Guilhermino !

Ao amigo Rio-Clarense Renato “Bola” Caritá, que além de fazer parte da amostra, auxiliou enormemente nas coletadas de dados do presente estudo.

Aos amigos Fabrizio & Mariana (+Caião e mestre Shifu) pelo acolhimento inicial na ilha e pela amizade dentro e fora das pesquisas.

Ao amigo Kristopher, pelo apoio inicial e pelas boas conversas ao longo destes 4 anos.

Ao amigo Vitor Costa, pelas parcerias e conversas sobre o ciclismo nestes últimos anos.

Ao amigo Luis Antônio, pelas conversas de todas as horas e suporte no tratamento de dados utilizando o MatLab.

Ao amigo e atual coordenador da pós-graduação, Fernandão, pelo apoio de sempre e também pelo suporte matemático no tratamento de dados utilizando o MatLab.

Aos colegas *overseas*, *Jeanne Dekerle* por fazer parte deste projeto de pesquisa; *Carl Paton*, pelos ensinamentos e apoio na estadia na Nova Zelândia e *Veronica Vleck* pela amizade de uma década.

Aquerida Dona Rose, pela cafeína de todas as tardes e pelo auxílio nos assuntos aleatórios.

Aos demais amigos e amigas que conquistei ao longo destes 4 anos no LAEF, cada um de vocês tiveram uma participação especial na minha formação de Doutor: Fran, Naia, Talita, Fábila, Elisa, Patricia,

Priscila, Marília, Adri, Carminatti, Jolmerson, Juliano, PC, Andy, Lucas, Ortiz, Guaxupé, Fábio, Doré, Leandro e Thiagos.

Aos amigos da BIOMECC: Diogo, Juliano, Rodrigo, Joscelito, Baiano, Aline, Tati, Dani, Camila e Adri.

Aos amigos da natação, Leandro, Osni, Ledoux e Moro.

A todos os amigos e colegas do CEFID, incluindo ex-alunos e ex-orientandos. Em especial aos amigos do LAPEDH.

Aos sujeitos que foram voluntários neste estudo. Sem vocês este estudo não teria conteúdo.

Aos atletas (e amigos) que presto assessoria, todos vocês são fontes de inspira o para que me mantenha treinando e estudando.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

“Na história da humanidade (e dos animais também) aqueles que aprenderam a colaborar e improvisar foram os que prevaleceram”

(Charles Darwin, 1859)

RESUMO

A partir da relação entre cargas de trabalho e os seus respectivos tempos de exaustão pode-se estabelecer parâmetros relacionados tanto à capacidade aeróbia (potência crítica), como à capacidade anaeróbia. Recentemente foi proposto na literatura, um teste máximo (*all-out*) com 3 minutos de duração (3MT) em ciclo-ergometro, a fim de estabelecer os mesmos parâmetros obtidos pelo conceito “clássico” da potência crítica, e adicionalmente mensurar também o consumo máximo de O_2 ($\dot{V}O_{2max}$). O objetivo deste estudo, foi analisar a reprodutibilidade dos parâmetros mecânicos e também do $\dot{V}O_{2pico}$ obtidos do 3MT em um ciclo-ergometro isocinético, utilizando duas cadências de pedalada (60rpm e 100rpm). Um segundo objetivo foi comparar as respostas obtidas no 3MT entre as duas cadências analisadas. A validade do $\dot{V}O_{2pico}$ também foi analisada. Participaram deste estudo 14 indivíduos saudáveis e fisicamente ativos ($27,1 \pm 4,5$ anos de idade; $174,8 \pm 5,5$ cm e $77,7 \pm 9,6$ kg) que realizaram os seguintes testes: um teste incremental de rampa e quatro 3MT em ciclismo isocinético (dois a 60rpm e dois a 100rpm, randomizados). A partir destes testes foram determinados os seguintes índices: potência pico (PP), potência média (MP), potência média dos últimos 30 s, ou potência final (EP), índice de fadiga (IF), trabalho realizado acima da EP (W_{EP}), trabalho total (W_{total}) e o $\dot{V}O_{2pico}$. Para análise de reprodutibilidade foram utilizados: a análise de variância *two-way* (testes *versus* cadência) de medidas repetidas, teste *post hoc* de *Bonferroni*, o teste de correlação intraclasse (ICC), além do erro típico de medida (ETM). Para comparação entre as cadências, foram utilizados: a análise de variância *one-way* de medidas repetidas, o teste *t de Student* para amostras pareadas, e o coeficiente de correlação de *Pearson*. Foi adotado um nível de significância de 5%. Todos os índices analisados não apresentaram diferença significativa entre o teste e o reteste para cada cadência. O $\dot{V}O_{2pico}$ obtido nos 3MT foi altamente reprodutível (ICC > 0,97 e ETM < 3,2%) e não apresentou diferença com o obtido no teste incremental ($p < 0,05$). Dentre os parâmetros mecânicos, a MP juntamente com o W_{total} foram os índices que apresentaram melhor reprodutibilidade (ICC > 0,97 e ETM < 3%) para ambas as cadências, seguidas da EP (ICC > 0,91 e ETM < 6%), IF (ICC > 0,80 e ETM < 4%), PP (ICC > 0,81 e ETM < 10%), e W_{EP} (ICC > 0,79 e ETM < 10,5%). Além disto foi encontrada diferença significativa entre as cadências ($p < 0,05$), para todos os índices mecânicos, com exceção da

W_{EP} . Conclui-se que o tanto o perfil de potência como o $\dot{V}O_{2pico}$ obtido no 3MT isocinético são altamente reprodutíveis, nas cadências de 60 e 100 rpm. Além disto, o $\dot{V}O_{2pico}$ é uma medida válida quando obtida no 3MT isocinético. Mais pesquisas são necessárias para determinar a validade e consequentemente o significado fisiológico, em especial da EP e do W_{EP} , obtidos em diferentes cadências.

Palavras-chave: ciclismo, teste, fadiga, isocinético, cadência, $\dot{V}O_{2max}$.

ABSTRACT

From the relationship between work-rates and times to exhaustion it can be determine parameters related to both aerobic (i.e. critical power) and anaerobic capacity. Recently, it was proposed in literature, an all-out cycling test, lasting 3 minutes (3MT), in order to determine the same parameters found by the classical concept of critical power, and also measure the maximal O₂ consumption ($\dot{V}O_{2\max}$). The aim of this study was to analyze the reliability of mechanical parameters and $\dot{V}O_{2\max}$ derived from a 3MT isokinetic cycling, during two cadences (60rpm e 100rpm). Further, it was analyzed the cadence effects on responses derived from 3MT isokinetic. The validity of the 3MT $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ was also tested. Fourteen healthy and active male subjects (27.1 ± 4.5 years; 174.8 ± 5.5 cm and 77.7 ± 9.6 kg) completed an incremental ramp testing (GXT) and four randomized 3MT (two at 60-rpm and two at 100-rpm). The following parameters were analyzed: peak power (PP), mean power (MP), end power (EP), fatigue index (FI), work performed above EP (W_{EP}), total work (W_{total}) and $\dot{V}O_{2\text{peak}}$. Reliability analyses were conducted by: ANOVA two-way (trials vs. cadences) with repeated measure, post hoc test of *Bonferroni*, intra class coefficient of correlation (ICC), and typical error of measurement (TEM). To compare between-cadence effect it was used: ANOVA one-way with repeated measure, paired t-test and Pearson's coefficient of correlation. No difference was found for all variables between test-retest. The $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ derived from 3MT showed high reliability (ICC > 0.97 and TEM < 3.2%) and did not show differences with GXT $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (p < 0.05). Regarding mechanical parameters, the MP together with W_{total} were the most reliable indices (ICC > 0.97 and ETM < 3%), following by EP (ICC > 0.91 and ETM < 6%), IF (ICC > 0.80 and ETM < 4%), PP (ICC > 0.81 and ETM < 10%), and W_{EP} (ICC > 0.79 and ETM < 10.5%). Furthermore it was found a significant difference between cadences, for all mechanical indices, excepting W_{EP} . In conclusion, both power profile and $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ are highly reliable, in cadences of 60-rpm and 100-rpm. Furthermore the $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ is a valid measure when derived from isokinetic 3MT. More researches are necessary to determine the validity and therefore the physiological meaning, especially of EP and W_{EP} , derived from different cadences.

Key-words: Cycling, testing, fatigue, isokinetic, cadence, $\dot{V}O_{2\max}$.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Exemplos representativos da plotagem de Bland-Altman para análise de concordância entre duas medidas.....28
- Figura 2.** Modelo esquemático da relação força-velocidade e potência-velocidade.....30
- Figura 3.** Resposta média do $\dot{V}O_2$ (valores agrupados para cada cadência) durante o teste máximo de 3-min realizado a 60- e 100-rpm (valores médios de 5-s).....55
- Figura 4.** Correlação obtida entre a potência final (EP) obtida em cada uma das cadências (60 rpm e 100 rpm).....59
- Figura 5.** Perfil médio da potência do teste máximo de 3-min, em ambas as cadências (valores agrupados para cada cadência).....60
- Figura 6.** Ganhos de VO_2 ($ml \cdot min^{-1} \cdot W^{-1}$) obtidos no teste máximo de 3-min. realizados com cadências de 60-rpm e 100-rpm.....63
- Figura 7.** Modelo de regressão linear, obtido entre os valores médios referentes à potência final (EP) e ao $\dot{V}O_{2max}$, a partir dos resultados de 13 diferentes estudos conduzidos na literatura, utilizando o teste máximo de 3-min no modo linear.....64

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores médios e desvio padrão (DP) das variáveis máximas e submáximas derivadas do teste incremental máximo.....53
- Tabela 2.** Valores médios \pm DP do $\dot{V}O_2$ pico, com os índices de reprodutibilidade teste-reteste a partir dos testes de 3-min isocinético nas cadências de 60 e 100 rpm.....54
- Tabela 3.** Valores médios \pm DP da potência, trabalho feito acima da EP e índice de fadiga (média-1s) com os índices de reprodutibilidade teste-reteste a partir dos testes de 3-min isocinético nas cadências de 60 e 100 rpm.....57
- Tabela 4.** Valores médios \pm DP da potência, trabalho feito acima da EP e índice de fadiga para cada cadência (média do teste-reteste) a partir dos testes de 3-min isocinético, suas correlações e o tamanho do efeito.58
- Tabela 5.** Trabalho médio realizado (kJ) em diferentes intervalos de tempo (s) em cada cadência, suas correlações e o tamanho do efeito (ES).....61
- Tabela 6.** Valores médios \pm desvio padrão das variáveis fisiológicas máximas obtidas em cada cadência (média do teste-reteste), assim como o coeficiente de correlação.....58
- Tabela 7.** Valores médios \pm desvio padrão do ganho total de $\dot{V}O_2$, ganho associado ao componente lento (CL) e tempo para atingimento do $\dot{V}O_2$ pico para cada cadência, assim como os seus coeficientes de correlação.....63
- Tabela 8.** Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros obtidos por meio da análise da cinética do $\dot{V}O_2$ obtidas para cada cadência (média do teste-reteste), assim como os seus coeficientes de correlação.....64
- Tabela 9.** Magnitude dos parâmetros analisados no teste de 3-min encontrados pelos diferentes estudos publicados.....65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Amplitude
ATP	Trifosfato de adenosina
bpm	Batimentos cardíacos por minuto
Ca ²⁺	Prótons de cálcio
CV	Coefficiente de variação
CL	Componente lento
cm	Centímetros
CO ₂	Dióxido de carbono
CrP	Creatina fosfato
<i>dif.a-vO₂</i>	Diferença arterio-venosa de oxigênio
DP	Desvio padrão
ETM	Erro típico de medida
EP	Potência final
ES	<i>Effect size</i> (Magnitude do efeito)
FC	Frequência cardíaca
FCmax	Frequência cardíaca máxima
GET	<i>Gas Exchange threshold</i> (Limiar de trocas gasosas)
H ⁺	Prótons de hidrogênio
Hz	Hertz
IC	Intervalo de confiança
ICC	Coefficiente de correlação intraclasse
IF	Índice de fadiga
$\dot{V}O_{2max}$ oxigênio	Intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio
J	Joule
kg	Quilograma
kJ	Quilojoule
[LAC]	Concentração de lactato
LC	Limites de concordância
LL	Limiar de lactato
LV	Limiar ventilatório
L.min ⁻¹	Litros por minuto
MLSS	Máxima fase estável de lactato
min	Minutos
mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹	Mililitros de oxigênio consumido por minuto relativo a massa corporal
mmol.L ⁻¹	Concentração de lactato em milimolares por litro de sangue

n	Tamanho amostral
O ₂	Oxigênio
P	Potência
PC	Potência crítica
P _i	Fosfato inorgânico
PP	Potência pico
QR	Razão de trocas gasosas ($\dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2$)
MP	Potência média
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
W	Trabalho realizado
W'	Reserva de trabalho anaeróbio
W _{total}	Trabalho total
W _{EP}	Trabalho realizado acima da potência final
t _{lim}	Tempo de exaustão
V _{opt}	Velocidade ótima
\dot{V}_E	Ventilação pulmonar
$\dot{V}_{E\max}$	Ventilação pulmonar máxima
$\dot{V}O_2$	Consumo de oxigênio
$\dot{V}O_{2\max}$	Consumo máximo de oxigênio
W	Watts
$\Delta[\text{Lac}]$	Delta de lactato

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1 OBJETIVOS.....	21
1.1.1. Objetivo geral.....	21
1.1.2 Objetivos específicos.....	21
1.2 JUSTIFICATIVA.....	22
1.3 HIPÓTESES.....	23
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	23
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1 ANÁLISES DE REPRODUTIBILIDADE DE MEDIDAS NAS CIÊNCIAS DO ESPORTE.....	25
2.1.1 Reprodutibilidade relativa e absoluta.....	26
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA CRUVA POTÊNCIA-VELOCIDADE NO CICLISMO.....	28
2.3 TESTES MÁXIMOS (<i>ALL-OUT</i>) EM CICLO-ERGÔMETRO.....	30
2.4 CONCEITO DA POTÊNCIA CRÍTICA.....	33
2.4.1 Respostas fisiológicas na potência crítica.....	35
2.4.2 Teste de 3 min para determinação da PC.....	37
2.5. TESTES <i>ALL-OUT</i> NO MODO ISOCINÉTICO.....	40
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
3.1 SUJEITOS.....	43
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	43
3.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	44
3.4. PROTOCOLO DE AVALIAÇÕES.....	45
3.4.1. Teste de rampa.....	45
3.4.2. Testes <i>all-out</i> de 3 minutos (3MT).....	46
3.5. ANÁLISE DOS DADOS DE POTÊNCIA MECÂNICA.....	48
3.6. ANÁLISE DA CINÉTICA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO.....	49
3.7. ANÁLISE DO GANHO DE $\dot{V}O_2$	49
3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	50
4. RESULTADOS.....	53
4.1. VALORES MÁXIMOS DO TESTE INCREMENTAL.....	53
4.2. VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE DOS VALORES DE $\dot{V}O_2$ PICO NOS TESTES DE 3 MIN.....	54
4.3. REPRODUTIBILIDADE DOS PARÂMETROS MECÂNICOS DO TESTE DE 3 MIN ISOCINÉTICO.....	55
4.4. COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS MECÂNICAS ENTRE AS CADÊNCIAS.....	58

4.5. COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS ENTRE AS CADÊNCIAS.....	62
5. DISCUSSÃO.....	69
5.1. REPRODUTIBILIDADE DOS PARÂMETROS MECÂNICOS DERIVADOS DO 3MT.....	69
5.2. VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE DOS VALORES DE $\dot{V}O_2$ PICO NO 3MT.....	72
5.3. COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS MECÂNICOS E FISIOLÓGICOS ENTRE AS CADÊNCIAS.....	73
6. CONCLUSÃO.....	85
REFERÊNCIAS.....	87
APÊNDICE A: Termo de consentimento livre e esclarecido.....	101
APÊNDICE B – Características individuais dos voluntários da amostra.....	105

1. INTRODUÇÃO

A mensuração e avaliação de diferentes índices funcionais aeróbios têm despertado grande interesse na comunidade científica nas últimas décadas, a fim de promover o diagnóstico e auxílio na prescrição do treinamento para indivíduos em diferentes estados de treinamento. Além disto, as respostas fisiológicas associadas a estes índices têm sido amplamente estudadas, a fim de caracterizar a contribuição dos sistemas energéticos, assim como relacionar com o tempo de sustentação (exaustão) em determinadas intensidades relativas de exercício (MORTON, 2006; POOLE, 2009).

Dentre estes índices, devemos destacar o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$), que demarca o máximo potencial de funcionamento dos mecanismos de transferência energética aeróbia; a máxima intensidade aeróbia (i.e. velocidade ou potência em que o $\dot{V}O_{2max}$ é atingido); a intensidade de máximo equilíbrio entre a produção e remoção de lactato sanguíneo, conhecida por diferentes terminologias (e.g. limiar anaeróbio, ponto de início de acúmulo do lactato sanguíneo, máxima fase estável de lactato), que juntamente com a potência crítica (PC), demarcam um funcionamento submáximo do metabolismo energético aeróbio.

A PC vem sendo utilizada como um interessante modelo de estudo na fisiologia do exercício, por representar uma intensidade que ajuda a entender alguns mecanismos de fadiga e tolerância ao exercício aeróbio (MORITANI et al., 1981; HILL, 1993; JONES et al., 2010). Além disto, este índice funcional aeróbio tem sido utilizado para demarcar a divisão dos domínios de intensidade de exercício pesado e severo (POOLE et al., 1988). Atualmente existe um corpo robusto de publicações demonstrando que a PC e a máxima fase estável de lactato (MLSS), embora sejam altamente correlacionadas, representem intensidades relativas diferentes, sendo a PC ligeiramente superior à MLSS (SMITH; JONES, 2001; DE LUCAS et al., 2002; DEKERLE et al., 2003; DEKERLE et al., 2009; CARITÁ et al., 2009).

Um fato interessante do modelo de determinação da PC, por meio da relação hiperbólica entre a potência externa e seu respectivo tempo máximo de esforço, é o esgotamento da capacidade de trabalho anaeróbia (CTA ou W'), fato este que se desencadeia continuamente quando se exercita em intensidades acima da PC até a exaustão (WALSH, 2000).

Tradicionalmente a determinação da PC requer uma série de repetições de exercícios até a exaustão, com durações entre 2 e 15 min (ou performances dependendo do modelo utilizado), e com períodos de recuperação suficiente entre eles (MORITANI, 1981; HILL, 1993).

Barker et al. (2006) verificaram a influência da cadência de pedalada na determinação da PC e encontraram diferentes valores quando se determinou este índice utilizando cadências de 60 e 100 rpm durante o teste incremental e também nas cargas preditivas. Neste estudo foi encontrado um valor maior da PC para a cadência de 60 rpm ($207 \pm 53W$) comparado a 100 rpm ($189 \pm 50W$). Entretanto, interessantemente, os valores de $\dot{V}O_2$ foram estatisticamente iguais, quando os sujeitos pedalarão nas respectivas PC obtidas em cada cadência. Assim, este estudo demonstrou que embora a potência externa correspondente à PC obtida em cada cadência foi diferente, metabolicamente elas representavam a mesma intensidade.

Nos últimos anos vêm surgindo uma nova perspectiva de determinação da PC, por meio de um teste de esforço máximo (*all-out*) de 3-min de duração (BURNLEY et al., 2006; DEKERLE et al., 2008). Este teste foi concebido no pressuposto de que se solicitarmos e esgotarmos as reservas anaeróbias o quanto antes possível, o sistema aeróbio irá assumir a predominância de reposição de ATP e, conseqüentemente a carga de trabalho realizada será próxima à PC (VANHANTALO et al., 2007a). Utilizando-se o modo linear do cicloergômetro (ou seja, cadência dependente), diversos estudos já demonstraram que o teste de 3-min (3MT) é reprodutível (BURNLEY et al., 2006; JOHNSON et al., 2011) e válido para estimar a PC (VANHANTALO et al., 2007a,b). Entretanto, no modo linear a resistência pode ser “ótima” para a obtenção da potência pico, mas poderá ser “sub-ótima” a medida que a fadiga se instala e/ou ocorra a depleção da W' durante o teste. Isto ocorre em função da relação potência-velocidade da musculatura envolvida no ciclismo. Utilizando-se o modo isocinético esta possível limitação não ocorre, uma vez que a cadência é mantida fixa durante todo o teste. Porém, ainda não há estudos que tenham analisado a reprodutibilidade e validade do teste de 3MT no modo isocinético. Por sua vez, também não foram encontrados estudos que verificaram a possível influência da cadência sobre a PC neste modo de teste (3 min *all-out*).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a reprodutibilidade dos parâmetros mecânicos e fisiológicos, obtidos no teste de 3MT, em ciclo-ergômetro isocinético, usando duas cadências diferentes (60 e 100 rpm).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar a reprodutibilidade do 3MT isocinético, entre as cadências de pedalada (60 e 100rpm) dos seguintes parâmetros: a) potência pico; b) potência média; c) potência final; d) trabalho total; e) trabalho realizado acima da potência final f) índice de fadiga e; g) consumo de oxigênio pico.
- Comparar e correlacionar os parâmetros descritos acima entre as cadências.
- Determinar e comparar o trabalho realizado, em intervalos de 30s, entre as duas cadências utilizadas;
- Determinar e comparar o decaimento da potência, entre as duas cadências utilizadas;
- Analisar e comparar as respostas da cinética do $\dot{V}O_2$, obtidas no 3MT entre as duas cadências;
- Analisar e comparar as respostas do ganho de $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_2$ /potência), obtidas no 3MT entre as duas cadências;
- Verificar a validade do 3MT isocinético para determinar o $\dot{V}O_{2max}$ (obtido no teste de rampa).

1.2 JUSTIFICATIVA

Com a padronização do 3MT para derivação da PC, novas perspectivas relacionadas à tolerância ao exercício vêm sendo debatidas (DEKERLE et al., 2008; JONES et al., 2010), já que em um único teste parece ser possível obter dois importantes índices funcionais aeróbios (PC e $\dot{V}O_2\text{max}$), assim como um parâmetro anaeróbio (i.e. W'), por meio de um modo singular de exercício (POOLE, 2009).

Desde o seu princípio, este teste de característica *all-out* (ou seja, máximo sem estratégia de ritmo), vem sendo conduzido de forma semelhante ao tradicional teste de Wingate, ou seja, se pedala contra uma resistência fixa (menor do que a utilizada no Wingate) e a potência mecânica gerada é dependente da cadência de pedalada (BURNLEY et al., 2006). Assim, os sujeitos realizam o teste com uma ampla variação de cadência de pedalada e conseqüentemente diferentes frequências de contrações musculares, se considerarmos o início e o final do teste. Recentemente, Dekerle et al. (2008) publicaram uma revisão de literatura, a respeito deste “novo” teste e chamaram a atenção para a sua aplicação utilizando o modo isocinético, recurso disponível em alguns ciclo-ergômetros existentes no mercado (p. ex., Lode Excalibur e SRM). Uma das críticas destes autores em relação ao modelo tradicional no qual este teste foi validado, é em relação às possíveis diferenças de resistência imposta no ergômetro, para se obter a potência pico e para se obter outros parâmetros relacionados ao final do teste. Em outras palavras, uma resistência pode ser “ótima” para se obter a potência pico e ser “sub-ótima” para se obter a potência final. Além disto, a resistência que se utiliza neste tipo de teste (especificamente no ciclo-ergômetro da marca Lode) é calculada a partir de uma potência estimada próxima ao segundo limiar metabólico (i.e. $\Delta 50\%$ - 50% da diferença entre o limiar de lactato ou ventilatório e o $\dot{V}O_2\text{max}$) e a cadência preferida do sujeito, podendo assim induzir a fadiga de forma que este atinja uma potência final, previamente desejada.

Poucos estudos verificaram a reprodutibilidade dos índices de desempenho e também fisiológicos obtidos em testes *all-out* com duração superior a 30 s, realizado de forma isocinética. Para nosso conhecimento, apenas Dekerle et al. (2006) verificaram este aspecto em um teste com 90 s de duração, utilizando o modo isocinético em uma cadência de aproximadamente 93 rpm. Adicionalmente, Hopkins et al. (2001) sugeriram que uma menor reprodutibilidade pode ser encontrada quando se aumenta a velocidade de ergômetros isocinéticos.

Adicionalmente, o controle da cadência de pedalada durante o 3MT, pode enriquecer o conhecimento sobre as relações fisiológicas envolvidas neste tipo de esforço, uma vez que se podem esperar diferenças, por exemplo, na potência pico obtida com diferentes cadências (SARGEANT, 1994; BARON et al. 1999; SARGEANT, 2007), e também nas respostas obtidas até a potência final.

1.4 HIPÓTESES

H1: Em todos os parâmetros mecânicos analisados será detectada uma boa reprodutibilidade (médias iguais, alta correlação e baixa variabilidade intra-individual) em ambas as cadências analisadas (60 e 100 rpm);

H2: Maiores escores de reprodutibilidade serão observados para a cadência de 60rpm comparado aos obtidos na cadência de 100rpm;

H3: A PP obtida no teste com 100 rpm será maior do que a obtida no teste com 60rpm de cadência;

H4: O IF observada no teste de 100rpm será maior do que no teste a 60 rpm;

H5: A EP obtida no teste com 60 rpm será maior do que a obtida no teste com 100 rpm de cadência;

H6: O $\dot{V}O_2\text{max}$ derivado do 3MT, em ambas as cadências analisadas, não apresentará diferença em relação ao $\dot{V}O_2\text{max}$ obtido no teste de rampa.

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo avaliou 14 sujeitos do sexo masculino, com idade entre 20-35 anos, estudantes de Educação Física, fisicamente ativos, mas não treinados na modalidade de ciclismo, e que aceitaram o convite para participar voluntariamente do estudo. A realização dos testes e retestes em cada cadência foram realizadas de forma aleatória, por meio de sorteio, totalizando quatro testes *all-out* de 3-min. Os sujeitos não receberam informações sobre os resultados das variáveis dependentes dos testes, enquanto não completaram todos os procedimentos experimentais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ANÁLISE DE REPRODUTIBILIDADE DE MEDIDAS NAS CIÊNCIAS DO ESPORTE

A reprodutibilidade, repetibilidade ou ainda a confiabilidade de medidas nas ciências do esporte e do exercício apresenta importante implicação prática, dado que indica as variações biológicas (ruídos) e técnicas (erros) esperadas em um determinado protocolo ou teste (HOPKINS, 2000). De fato, quando analisamos a concordância entre duas medidas obtidas a partir de um mesmo teste (i.e. teste e reteste), estamos buscamos informações sobre as possíveis variações decorrentes das duas (ou mais) diferentes ocasiões. Estas possíveis variações podem ocorrer em função de diferentes aspectos, sendo alguns intrínsecos ao sujeito (motivação, aspecto nutricional, fadiga etc) e outros extrínsecos (equipamentos, critérios de medida etc).

Os critérios estatísticos empregados para realizar a análise de reprodutibilidade/confiabilidade apresentam diferentes formas de apreciação e assim certas divergências na literatura têm sido observadas, especialmente após a publicação de duas revisões extensas sobre o assunto (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000).

Ambos os autores supracitados concordam que a maioria dos estudos de reprodutibilidade até o final da década de 1990 nas Ciências do Esporte, estabelecia o grau de reprodutibilidade de medidas entre teste-reteste simplesmente a partir da comparação das médias (i.e. teste *t* pareado) e da análise de correlação (i.e. normalmente coeficiente de Pearson). A adoção destes critérios para se estabelecer o grau de reprodutibilidade entre duas medidas (teste-reteste) demonstra apenas parte da repetibilidade entre duas medidas, sendo chamada pelos autores de reprodutibilidade relativa. Além disto, têm-se questionado também o emprego do coeficiente de correlação de Pearson, neste tipo de análise, uma vez que o coeficiente de correlação intra-classe (ICC) é apontado como a melhor forma de detectar o grau de consistência entre dois pares de medidas (WEIR, 2005). Segundo este autor, a principal limitação (mas não única) que o coeficiente de Pearson apresenta é que o mesmo não detecta um possível erro sistemático entre as medidas. Por sua vez, o ICC é dependente da magnitude da variabilidade inter-sujeitos, o que o torna mais atraente em estudos que objetivam analisar a reprodutibilidade relativa de medidas.

Além disto, Atkinson e Nevill (1998) e também Hopkins (2000), sugeriram o emprego de outras análises para detectar o grau de

reprodutibilidade absoluta entre medidas, ou seja, o grau de variabilidade intra-individual.

2.1.1. Reprodutibilidade relativa e absoluta

Como descrito anteriormente, a análise de repetibilidade de uma medida obtida entre um teste e um reteste, por meio da verificação do grau de associação (ou seja correlação) entre elas, têm sido denominada de reprodutibilidade relativa (BRUTON et al., 2000). A grande maioria de publicações da década de 80 e 90, que examinaram a reprodutibilidade em modelos de estudo teste-reteste, utilizaram este tipo de análise para assumir uma boa repetibilidade de uma medida (ATKINSON; NEVILL, 1998).

Assim, os autores assumem que embora as médias de um teste e o reteste, possam não apresentarem diferença significativa e serem altamente correlacionadas, este tipo de análise não considera a variabilidade intra-individual da amostra, dado que normalmente esta última faz uma análise a partir do *ranking* das medidas, desconsiderando qualquer magnitude intra-individual. A partir deste contexto, Bland-Altman (1986) propuseram uma forma de analisar o erro médio (*bias*), assim como um intervalo de concordância entre duas medidas repetidas. É importante destacar que este método inicialmente foi proposto para detectar a concordância entre dois diferentes testes (protocolos), podendo ser usado também para detectar a concordância de medidas entre um teste-reteste. Desta forma, os autores propuseram uma plotagem gráfica, que recebeu o nome dos autores, para representar o erro médio e o intervalo de 95% de concordância, a partir da diferença individual entre as medidas no eixo Y e a média individual das medidas no eixo X. Assim, ambos os eixos recebem a unidade da medida em questão, sendo que no eixo Y a escala apresenta valores negativos e positivos, sendo o valor zero considerado como a igualdade absoluta das medidas. Os valores individuais ficam dispersos no gráfico, sendo possível uma visualização do erro individual entre os dois testes, sendo que o erro médio (chamado de viés ou *bias*) é representado por uma linha contínua e os limites de concordância de 95% são representados por linhas pontilhadas. Os limites de concordância (LC) proposto por Bland-Altman são obtidos por meio da multiplicação do desvio padrão obtido entre as diferenças das medidas, multiplicado por 1,96. Desta forma, este valor é somado e subtraído do viés, tendo assim os limites superior e inferior de concordância. A interpretação prática desta análise é que se um “novo” indivíduo for fazer os dois testes (neste caso teste-

reteste), existe 95% de chance de ele estar contido dentro destes limites de medida. Desta forma, os limites de concordância estabelecidos por Bland-Altman representam uma margem de erro a partir da variabilidade intra-individual de uma amostra. Embora este método de análise de reprodutibilidade absoluta venha sendo utilizado por diferentes estudos de reprodutibilidade nas ciências do esporte, Hopkins (2000) apresenta uma série de argumentos se opondo ao método. O principal argumento apresentado pelo autor é baixo n amostral utilizado pela grande maioria dos estudos que recorrem a este recurso para análise da reprodutibilidade. Hopkins (2000) afirma que o cálculo do LC95% e sua respectiva interpretação prática é altamente dependente do número de indivíduos. Desta forma, este autor sugeriu o cálculo do erro típico de medida (ETM), que também representa a variabilidade intra-individual de duas medidas, porém independentemente do tamanho da amostra. A relação entre o LC95% e o ETM é estreita, uma vez que o ETM é obtido também pelo desvio padrão da diferença entre as medidas, porém ao invés de ser multiplicado por 1,96 (como é feito para o LC95%), o mesmo é dividido pela raiz quadrada do algarismo 2. Esta medida de reprodutibilidade tem sido cada vez mais utilizada nos estudos das ciências do esporte (HOPKINS et al., 2009).

Em ambos os casos, pode-se expressar os índices na mesma unidade da medida ou de forma percentual, o que por sua vez, facilita a comparação entre estudos. No caso do ETM, é comum a utilização da forma percentual, expressa como coeficiente de variação (CV).

Independente da análise utilizada para verificação da variabilidade intra-individual (reprodutibilidade absoluta), outra questão importante quando se analisa a concordância entre duas medidas, é a verificação do tipo de erro associado às medidas. No exemplo dado na Figura 1A, podemos notar que os valores estão dispersos na área de plotagem de forma aleatória, ou seja, caso seja feita uma análise de regressão linear verificaremos que a inclinação da reta não é diferente do zero (linha horizontal). Este tipo de erro é chamado de aleatório ou homocedástico. A partir deste tipo de análise, pode-se construir os LC95% da forma clássica, ou seja horizontal e paralelos (BLAND; ALTMAN, 1999; LUDBROOK, 2010).

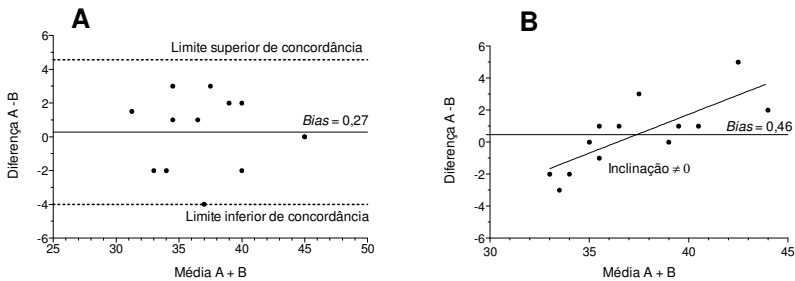


Figura 1. Exemplos representativos da plotagem de Bland-Altman para análise de concordância entre duas medidas. Painei A= Representa dados com erro homocedásticos, e os respectivos bias (linha contínua) e os limites de concordância de 95% (linhas tracejadas); Painei B= Representa dados com erro heterocedástico. A linha horizontal representa o bias médio, e a linha inclinada representa a reta de regressão linear identificando o erro não constante.

Por outro lado, se observarmos a Figura 1B, verificaremos que a inclinação da reta de regressão é significativamente diferente do zero, mostrando uma tendência de aumento do erro, conforme aumenta a magnitude da variável (média) em questão, mesmo com um valor de *bias* médio baixo. Para este tipo de erro sistemático, se dá o nome de heterocedasticidade (BRUTON et al., 2000). Bland e Altman (1999) e Ludbrook (2010), sugerem que neste caso, deve-se proceder de forma diferente ao LC95% tradicionalmente utilizado. O autor sugere que neste caso, os valores devem ser logaritmicamente transformados a fim de tornar o erro aleatório. Caso a heterocedasticidade continue mesmo com os dados transformados, o autor sugere que sejam construídos os LC95% na mesma forma em que ocorre o erro, ou seja, inclinados, ou mesmo em forma de V em alguns casos (LUDBROOK, 2010).

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA CURVA POTÊNCIA-VELOCIDADE NO CICLISMO

A capacidade máxima do músculo humano gerar força e/ou potência de curta duração desempenha um papel importante em muitos esportes e também na atividade diária. Para medir a potência máxima de curta duração gerada por um indivíduo é necessário avaliar a relação entre a força e a velocidade de contração, resultando assim na produção de diferentes potências mecânicas. Desta forma pode-se construir a

curva denominada como força-velocidade ou ainda potência-velocidade (SARGEANT et al., 1981; BARON et al., 1999).

A curva força-velocidade, tal como o nome indica, é resultante da relação entre a força (ou torque) produzida por um músculo e a velocidade em que uma dada carga pode ser deslocada por esta força (HILL, 1938; BIGLAND; LIPPOLD, 1954). Assim, quanto maior for a velocidade de execução de uma contração concêntrica, menor será a força produzida, ou que quanto maior a força aplicada, mais lenta será a realização do movimento. Esta relação entre a força e a velocidade pode ser explicada pela teoria das pontes cruzadas de Huxley (HUXLEY, 1957), segundo a qual a velocidade necessária para o acoplamento da miofibrilas está diretamente relacionado à capacidade de produção de força pelo músculo durante uma contração isométrica, ou seja a força máxima absoluta produzida ocorre quando não há movimento (velocidade igual a zero). Conforme iniciamos uma contração isotônica, vamos reduzindo exponencialmente a capacidade de produzir força (ou tensão) muscular conforme se aumenta a velocidade do movimento (Figura 2A). Inicialmente este fenômeno foi descrito por Fenn e Marsh (1935) a partir de estudos com fibras musculares isoladas de sapo, e confirmado posteriormente em um estudo publicado por Hill (1938). Posteriormente, esta mesma relação foi demonstrada em exercícios de flexão e extensão para pequenos grupos musculares (WILKIE, 1950), grandes grupos musculares (PERRINE; EDGERTON, 1978), exercícios de agachamento (RAHMANI et al. 2001), e durante o ciclismo (SARGEANT, 1981; VANDEWALLE et al., 1987).

Assim, a capacidade máxima de gerar potência com os membros inferiores durante o ciclismo começou a ser melhor estudada com o desenvolvimento de ciclo-ergômetros isocinéticos (SARGEANT et al. 1981; McCARTNEY et al. 1983, 1985; JONES et al., 1985; ZOLADZ et al., 2000). Atualmente é amplamente conhecida que a relação potência-cadência de pedalada apresenta um comportamento de parábola (Figura 2), com o ápice da curva correspondendo à potência pico (PP) e a cadência ótima permitindo o atingimento desta PP. Diferentes estudos têm relatado a cadência ótima de pedalada variando entre 110 e 120 rpm para jovens adultos sadios (BARON et al., 1999; ZOLADZ et al., 2000; SARGEANT, 2007). Além disso, Bellene Sargeant (1991) propuseram um modelo de dois compartimentos, no qual a relação entre a produção de potência e a velocidade, para as fibras musculares do tipo I e II são apresentadas de forma independente, tendo assim diferentes velocidades ótimas e consequentemente PP (Figura 2B). Desta forma, a soma dos dois tipos de fibras, ou seja a musculatura

composta por porções similares de fibras rápidas e lenta produz a cadência ótima em torno de 120 rpm. Segundo os autores, as diferentes proporções de fibras rápidas e lentas nos seres humanos, explica a variação individual da cadência ótima relatada na literatura (i.e. 100-140 rpm).

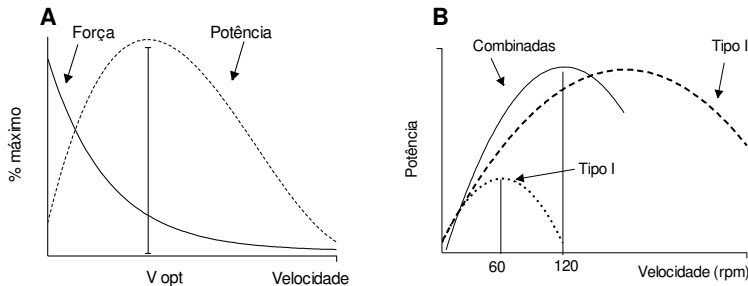


Figura 2. Modelo esquemático da relação força-velocidade e potência-velocidade (Painel A). O painel B representa as diferentes curvas potência-velocidade para cada tipo de fibra muscular (linhas tracejadas) e para o músculo todo (linha contínua) com igual proporção de fibras tipo I e II. V_{opt} é a velocidade ótima para atingir a potência pico. Adaptados de Sargeant (2007).

2.3. TESTES MÁXIMOS (*ALL-OUT*) EM CICLO-ERGÔMETRO

Os testes de esforço máximo sem estratégia de ritmo são denominados na língua inglesa de *all-out* e tem como principais exemplos, os *sprints* de curta duração utilizados para medir a curva potência-velocidade (SARGEANT, 1994) e também o teste anaeróbio de Wingate (FRANCHINI, 2002). O teste de Wingate (30 s de duração) foi o precursor neste tipo de esforço, surgindo na década de 1970 com intuito de mensurar a potência anaeróbia alática e a capacidade glicolítica. Smith e Hill (1991) estimaram por meio de medidas de $\dot{V}O_2$, que 56% da energia é proveniente do sistema glicolítico, 28% do sistema anaeróbio alático e os restantes 16% proveniente do sistema aeróbio. De fato, Beneke et al. (2002) determinaram por meio de análises mais cuidadosas da relação entre o $\dot{V}O_2$ e a eficiência mecânica em diferentes momentos do teste de Wingate, um percentual de 80% proveniente dos metabolismos anaeróbios.

A partir do Wingate, outros modelos de teste *all-out* surgiram a fim medir tanto o desempenho anaeróbio quanto aeróbio (MEDBO; TABATA, 1989). A ativação dos metabolismos anaeróbio/aeróbio nos

esforços *all-out*, começou a ser melhor investigada a partir dos estudos de Whitters et al. (1993), Gastin et al. (1994) e Gastin et al. (1995), o qual verificaram em testes de 30, 45, 60, 70 e 90s as contribuições relativas de cada sistema energético. Gastin et al. (1995) constataram que a duração de 90s, para testes de natureza *all-out* é o limite superior para testar e assim quantificar a capacidade anaeróbia. Tradicionalmente, tanto o teste Wingate, assim como a maioria dos estudos citados acima, conduziram os testes em ciclo-ergômetros de frenagem mecânica, em que se fixa uma resistência para pedalar e a potência se torna dependente da cadência em que o sujeito desenvolve durante o exercício. Por outro lado, a “popularização” de ciclo-ergômetros eletromagnéticos com sistemas de frenagem variados, permitiu análises utilizando o modo isocinético de pedalada (BARON et al 1999), o qual se estipula e fixa uma cadência (rotações por minuto – rpm) e o ciclo-ergômetro controla a carga de acordo com a força imposta no sistema, a fim de manter a cadência pré-selecionada. Como descrito anteriormente, o modo isocinético do ciclo-ergômetros tem sido utilizado tradicionalmente para mensurar a cadência “ótima” em que se produz PP (geralmente entre 6 e 10 s de esforço máximo), por meio dos testes que geram a curva potência-velocidade (SARGEANT et al., 1994; BARON et al., 1999; ZOLADZ et al., 2000). Recentemente, este modo isocinético tem sido explorado também para realização de testes com durações de 30 s (WIEDEMANN e BOSQUET, 2010; TOMAS et al., 2010), 60 s (GASTIN et al., 1995) e 90 s (BRICKLEY et al., 2007; DEKERLE et al., 2009), como será melhor discutido em um capítulo a parte.

A fim de comparar o déficit acumulado de O₂ (AOD), Gastin et al. (1995) analisaram diferentes testes de carga constante e também *all-out*, utilizando o modo isocinético e não-isocinético (isoinercial). Neste estudo os autores compararam testes de carga constante até a exaustão (110% e 125% do $\dot{V}O_2\text{max}$), com 2 testes *all-out*, sendo um realizado no modo isocinético (90 rpm) e outro no modo isoinercial. Este último foi conduzido com variação da resistência durante 90s (1° 30s = 9,5% da massa corporal; 2° 30s = 7,5%; 3° 30s = 5,5%). O teste isocinético teve duração média de 62s, uma vez que este teste foi conduzido até a potência cair abaixo de 95% da potência do $\dot{V}O_2\text{max}$. Já o teste com carga constante de 110% do $\dot{V}O_2\text{max}$ teve duração média de 186s. Mesmo considerando as diferentes durações dos testes analisados, o AOD foi similar entre os testes *all-out* e de carga constante. Entretanto, é importante destacar que a taxa de utilização dos

sistemas aeróbio e anaeróbio entre os testes foi diferente, dado este apresentado pelos autores por meio da análise da captação e déficit de O_2 , dos primeiros 30s de cada teste. Embora exista uma grande discussão sobre a validade de se medir o AOD em exercícios supra-máximos, dado que supostamente a eficiência muscular é alterada em intensidades acima do $\dot{V}O_2$ max e também com mudanças na cadência, este (GASTIN et al., 1995) e outros estudos (MEDBO; TABATA, 1989; CAREY et al., 2003) abriram perspectivas para estudos futuros utilizando modelos de exercício *all-out* em durações superiores àquela em que a demanda é predominantemente anaeróbia.

Assim, a análise conjunta da resposta do $\dot{V}O_2$ e da potência produzida em testes *all-out*, pode contribuir no entendimento da complexa integração entre os sistemas energéticos e também no recrutamento de tipos de fibras musculares (SARGEANT, 2007; VANHATALO et al., 2011). Assim, não só o AOD, mas também a taxa de decaimento da potência durante os testes *all-out* em conjunto com a análise da cinética do $\dot{V}O_2$, podem ser ferramentas valiosas para o entendimento e comparação de testes utilizando diferentes modelos e modos de exercício.

Williams et al. (2005) conduziram um estudo pioneiro com a ideia de determinar parâmetros aeróbios a partir de um teste *all-out*. Neste estudo, foi comparado o $\dot{V}O_2$ obtido em um teste de 90 s com o obtido em um teste incremental de rampa em adolescentes de ambos os gêneros. Os autores concluíram que com o teste de 90 s *all-out* é possível se estabelecer os valores máximos de $\dot{V}O_2$.

De fato, Whithers et al. (1993) já haviam demonstrado que em testes com duração superior a 60 s, o metabolismo anaeróbio (déficit de O_2) apresenta um platô, representando então uma forte participação aeróbia. Neste estudo os autores compararam o AOD durante testes com 45, 60, 75 e 90s. Gastin (2001) estimou que em exercícios máximos, um tempo aproximado de 75 s representa o limite máximo para se assumir a predominância energética anaeróbia.

Baseado no pressuposto destes estudos, nos últimos 8 anos, diferentes estudos abriram uma nova perspectiva para o entendimento dos limites funcionais dos sistemas energéticos por meio do teste *all-out* de 3 min, que busca identificar a potência crítica em um único teste (POOLE et al., 2009).

2.4. CONCEITO DA POTÊNCIA CRÍTICA

A relação entre a carga de trabalho e o tempo de exaustão para exercícios de alta intensidade foi inicialmente documentada por Hill (1927) e posteriormente caracterizada por Monod e Scherer (1965), como uma função linear entre o trabalho realizado e o tempo de exaustão em uma variedade de cargas, utilizando pequenos grupos musculares. Nesta relação, o coeficiente angular da função matemática foi denominado de potência crítica (PC), e se especulou representar uma intensidade de exercício que poderia ser mantida sem exaustão por um tempo prolongado. Entretanto, somente em 1981, Moritani e colaboradores estenderam este conceito ao exercício realizado em cicloergômetro, desta forma caracterizando uma demanda energética do “corpo todo”. Estes autores modelaram a PC de duas formas, incluindo a anteriormente descrita por Monod e Scherer (1965) e também por uma função hiperbólica entre a potência e o tempo de exaustão a partir de 5 diferentes cargas de trabalho. Nesta função hiperbólica, a PC foi derivada da assíntota da reta e o intercepto do eixo y, constituiu um segundo parâmetro denominado de capacidade de trabalho anaeróbia (W'). A W' representou então uma reserva de trabalho, a qual poderia-se supor ser a quantidade máxima de trabalho realizável acima da PC. Tradicionalmente, considera-se que a W' represente a contribuição energética finita proveniente da fosfocreatina e glicogênio muscular, juntamente com o O_2 estocado nos músculos durante exercício realizados acima da PC (MORITANI et al. 1981; HILL, 1993)

Em função da interpretação teórica, sustentada por conceitos matemáticos, a PC foi caracterizada inicialmente como sendo uma intensidade a qual um indivíduo pudesse se exercitar por “um tempo muito longo sem o aparecimento de fadiga” (MONOD; SCHERER, 1965; MORITANI et al., 1981).

Um conceito fundamental envolvido na modelagem da capacidade de trabalho pelo tempo de exaustão é a presunção de que o sistema orgânico é composto por dois compartimentos de suprimento da demanda energética, o aeróbio e o anaeróbio (MORTON, 2006). Segundo este autor, o índice do fornecimento aeróbio de energia é ilimitado em capacidade, mas limitado quanto à taxa de fornecimento, tendo a PC como parâmetro limite, e sendo o tempo de exaustão em intensidades de exercício até a PC relativamente prolongado. Em intensidades acima da PC, a participação aeróbia se estabilizaria demandando cada vez mais a participação anaeróbia, que por sua vez, é considerada limitada em sua capacidade e ilimitada em sua taxa de

fornecimento, sendo delimitada pela W' (HILL, 1993; MORTON, 2006).

No campo da aplicação prática, alguns estudos têm sugerido que a PC possa ser uma forma indireta de identificação da MLSS (WAKAIOSHI et al., 1993; BURNLEY et al. 2006), assumindo que a PC seria uma intensidade em que existiria equilíbrio fisiológico, com estabilidade dos principais parâmetros metabólicos e respiratórios, tais como [Lac], pH, $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}E$, como demonstrado por JenkinseQuigley (1990) e também Poole et al. (1988 e 1990).

Tradicionalmente a MLSS é determinada de forma direta por meio de uma série de exercícios de intensidade constante, com duração de pelo menos 30 minutos, e é definida como a maior intensidade em que não ocorra aumento $> 1\text{mM}$ do lactato sanguíneo entre o 10º e o 30º minuto (BENEKE; VON DUVILLARD, 1996).

Atualmente, existe um corpo robusto de publicações demonstrando que a PC e a MLSS, embora sejam altamente correlacionadas, representem intensidades relativas diferentes, sendo a PC ligeiramente superior à MLSS (SMITH; JONES, 2001; PRINGLE; JONES, 2002; BRICKLEY et al. 2002; DE LUCAS et al., 2002; DEKERLE et al., 2003; DENADAI et al., 2005; DEKERLE et al., 2009; CARITÁ et al., 2009).

Pringlee Jones (2002) estudaram indivíduos ativos e encontraram valores de PC ($242 \pm 25\text{W}$) significativamente superiores à carga correspondente à MLSS ($222 \pm 23\text{W}$). Da mesma forma, Dekerle et al (2003) encontraram valores significativamente menores (-8,5%) para MLSS ($239 \pm 21\text{W}$) quando comparado à PC ($278 \pm 22\text{W}$), mas em indivíduos treinados. Mais recentemente, Caritá et al. (2009) demonstraram também em um grupo de ciclista bem treinados, que a PC ($313 \pm 32\text{W}$) foi significativamente maior que a MLSS ($287 \pm 37\text{W}$), representando uma diferença percentual de 9,5%. Dekerle et al. (2005) e Dekerle et al. (2009) analisaram na natação a mesma tendência de superestimação da velocidade crítica (VC) em relação a MLSS.

É interessante ressaltar por meio dos resultados destes estudos, que embora os dois índices não representem a mesma intensidade fisiológica, foi encontrada uma alta correlação entre a PC e a MLSS ($r > 0,89$).

Assim, atualmente, a PC têm sido bastante criticada como um método indireto para estimar a MLSS, uma vez que estas realmente não representam a mesma intensidade metabólica.

2.4.1. Respostas fisiológicas na Potência Crítica

As respostas fisiológicas decorrente de um exercício conduzido na PC, vêm sendo investigadas desde o final da década de 1980 (POOLE et al., 1988; POOLE et al., 1990; HOUSH et al., 1991), e atualmente sabe-se que a exaustão nesta intensidade ocorre em torno de 20 a 40 min (BRICKLEY et al. 2002; de LUCAS et al., 2002; CARITA et al., 2009; BULL et al., 2009).

Housh et al. (1991) verificaram algumas respostas fisiológicas quando se exercita na PC até a exaustão. Os autores encontraram valores de $\dot{V}O_2$, FC e lactato, no momento da exaustão que foram próximos aos valores máximos observados durante o teste de rampa para determinar o $\dot{V}O_{2max}$. Desta forma, este e outros estudos subsequentes verificaram que a PC não representa uma intensidade de estabilidade da maioria das variáveis fisiológicas, como já sustentado por estudos citados anteriormente.

Em outros dois estudos realizados com intuito de investigar as respostas metabólicas desta intensidade foram conduzidos por Poole et al. (1988) e Poole et al. (1990), em que se observou que na intensidade associada à PC, o $\dot{V}O_2$ tende a uma estabilidade em aproximadamente 75% do $\dot{V}O_{2max}$. Somente quando a intensidade foi aumentada em 8 a 11% da PC (16 a 23W), o $\dot{V}O_{2max}$ foi atingido (Poole et al., 1988). Em outro estudo conduzido em corredores, Hill e Ferguson (1999) compararam a VC obtida tradicionalmente por meio do tempo de exaustão em determinadas velocidades, com a VC obtida através do tempo de atingimento do $\dot{V}O_{2max}$ nas intensidades selecionadas (VC'). Como os valores de VC e de VC' foram estatisticamente similares, Hill e Ferguson (1999) concluíram que a VC seja realmente o limite inferior do domínio severo, embora não tenham testado diretamente o efeito fisiológico desta intensidade sobre a cinética do $\dot{V}O_2$. Em 2002, dois grupos de pesquisadores publicaram estudos com objetivos semelhantes, mas com resultados e conclusões um pouco distintas, em relação à PC como possível limite da intensidade do domínio severo. Hill, Poole e Smith (2002) concluíram com base em um estudo conduzido em indivíduos não-atletas, que as intensidades logo acima da PC realmente demarcam o limite inferior do domínio severo. Neste estudo os autores observaram o comportamento do $\dot{V}O_2$ na PC e acima desta (+10W ou ~ 4,7% acima da PC) durante 25min de exercício. Embora o $\dot{V}O_2$ final

obtido na PC tenha sido estatisticamente menor do que o $\dot{V}O_2\text{max}$ obtido no teste incremental, o $\dot{V}O_2$ da intensidade PC+10W não foi diferente. Por sua vez, o valor médio do $\dot{V}O_2$ na PC foi estatisticamente igual ao valor da PC+10W. Ainda neste estudo foi encontrado valores similares para a PC e a PC' (este índice é obtido por meio da relação entre cargas de trabalho e tempo de atingimento do $\dot{V}O_2\text{max}$, ao invés de utilizar o tempo de fadiga), concordando com o estudo de Hill e Ferguson (1999). Já Brickley et al. (2002), utilizando indivíduos treinados, observaram que na intensidade de exercício associada à PC (~80% $\dot{V}O_2\text{max}$), o $\dot{V}O_2$ se eleva até aproximadamente 91% do seu valor máximo, levando à exaustão em 29 min (valor médio). Com base principalmente nestes dois últimos estudos, pode ser sugerido que a intensidade mínima na qual o $\dot{V}O_2\text{max}$ pode ser atingido, está situada acima da PC, podendo ser dependente, entre outros fatores, do estado de treinamento aeróbio. Caputo (2006) demonstrou que em indivíduos não-treinados, a PC está situada em um percentual menor da potência do $\dot{V}O_2\text{max}$, do que indivíduos treinados (não treinados = $63 \pm 9\%$; ciclistas = $86 \pm 2\%$). Desta forma, estes resultados sugerem que as adaptações do treinamento modificam a relação entre a PC e o $\dot{V}O_2\text{max}$, podendo desta forma interferir na menor intensidade de esforço em que é possível atingir o $\dot{V}O_2\text{max}$.

De qualquer forma, hoje existe um corpo de conhecimento relativamente grande que concorda em afirmar que durante exercícios submáximos, é necessário se exercitar logo acima (5-10%) da PC, para realmente conduzir o $\dot{V}O_2$ aos seus valores máximos (JONES et al., 2010; DE LUCAS et al., 2012b). Assim, de acordo com o modelo teórico (MORTON, 2006), a PC têm sido considerada como uma intensidade a qual nosso sistema energético aeróbio apresenta uma contribuição exclusiva, porém os estoques anaeróbios são continuamente utilizados para ressintetizar parte do ATP necessário, em intensidades acima da PC.

Nesta última década, uma nova forma de determinação da PC vem se tornando cada vez mais popular, uma vez que em apenas um único teste, se consegue a determinação deste índice aeróbio (JONES et al., 2010). Por meio do teste de um esforço máximo (*all-out*), que foi inicialmente proposto com duração de 90 s (CARTER et al. 2005; BRICKLEY et al. 2007) e posteriormente padronizado com a duração de 180 s (BURNLEY et al. 2006; VANTAHALO et al. 2007a), têm se

conseguido obter a PC por meio da média de potência gerada nos últimos 30 s do teste. Os conceitos gerais e as perspectivas deste teste estão apresentadas nos tópicos subsequentes.

2.4.2. Teste de 3 min para determinação da PC

Em 2006, Burnley e colaboradores publicaram o primeiro estudo propondo o teste *all-out* de 3-min de duração (180s) em cicloergômetro, como uma forma alternativa de determinação de parâmetros aeróbios a anaeróbios de desempenho. Para tal, os autores assumiram a potência média gerada nos últimos 30s como representativa da máxima fase estável de lactato (chamada originalmente de *end-power* – EP). É importante destacar que neste estudo inicial, os autores assumiam uma igualdade entre a PC e a MLSS, fato este que foi discutido anteriormente nesta revisão de literatura.

Posteriormente, os mesmos autores validaram a EP obtida neste mesmo teste para determinar a PC, e não mais a MLSS (VANHATALO et al., 2007a; FRANCIS et al., 2000). Assim, este teste passou a ser pesquisado especificamente pelo mesmo grupo de pesquisadores, com uma série de publicações demonstrando a robustez da EP, frente a diferentes manipulações (VANHATALO et al., 2007b; VANHATALO et al., 2008; VANHATALO; JONES, 2008; VANHATALO; JONES, 2009). Outro aspecto importante de se destacar neste teste, é a obtenção da W' , que neste caso se calcula a partir do trabalho realizado nas cargas acima da EP. Desta forma, este índice que representa a reserva anaeróbio total, têm apresentado particular interesse nos estudos acima citados, dado que parece ser influenciável por manipulações como a realização prévia de sprints (VANHATALO; JONES, 2008), a cadência e a potência pico obtidos no início do teste (VANHATALO et al., 2007b).

Para que um teste seja considerado adequado e aplicável, o mesmo tem que passar inicialmente por um processo de análise de reprodutibilidade e, posteriormente, confirmada sua boa repetibilidade, um processo de validação das medidas obtidas. Assim, no estudo inicial publicado por Burnley et al. (2006), foi verificada uma boa reprodutibilidade e também evidências de validade deste teste de 3 min, para identificar uma potência que representasse o sistema aeróbio. Estes autores mensuraram a EP em dois testes e verificaram não existir diferença entre as médias obtidas (256 ± 48 vs. 257 ± 55 W), assim como encontraram um alto coeficiente de correlação entre elas ($r=0,99$). Complementando os resultados de reprodutibilidade, os autores

encontraram um erro típico de medida de 3% (~ 7 W) entre o teste e reteste. Estas mesmas análises foram realizadas em relação ao $\dot{V}O_2$ pico obtido em um teste incremental de rampa até exaustão e nos testes de 3 min. Da mesma forma, que observado para EP, não foram observadas diferenças significativas entre o $\dot{V}O_2$ pico obtido no teste incremental (3,84 L/min) e nos dois testes de 3min (3,77 e 3,78 L/min respectivamente). Ainda neste estudo, os autores submeteram os sujeitos a dois testes de carga constante para verificar as respostas fisiológicas durante 30 min (ou até a exaustão) em duas intensidades: 15W abaixo da EP e 15W acima da EP. Quando os indivíduos pedalaram abaixo da EP, ocorreu estabilidade da [Lac], do $\dot{V}O_2$ e os 30min de exercício foram completados. Entretanto quando se exercitaram 15W acima foi encontrada uma exaustão anterior aos 30min ($\sim 12,75$ min) e aumento contínuo da [Lac] e atingimento do $\dot{V}O_2$ pico no momento da exaustão. Assim os autores concluíram que a EP obtida no teste de 3 min, é reprodutível e parece representar bem um demarcador dos domínios pesado e severo. Posteriormente, Vanhatalo et al. (2007) compararam o EP com a PC derivada a partir de testes de exaustão (modelo linear potência *versus* 1/tempo) e não encontraram diferenças entre estes dois índices (287 ± 55 W e 285 ± 55 W, respectivamente). Neste estudo também foi analisado a W' obtida no teste de 3 min e na determinação tradicional da PC, mais uma vez não encontrando diferença entre os dois índices ($15,0 \pm 4,7$ kJ versus $16,0 \pm 3,8$ kJ). Assim, com estes resultados ficou demonstrado que no teste *all-out* de 3 min, a capacidade anaeróbia de trabalho é completamente esgotada, tornando o EP igual à PC.

Um fato importante de se destacar é o modo no qual este teste tem sido conduzido na maioria dos estudos publicados (ver tabela 9). Dentre os modos de funcionamento do ciclo-ergômetro Holandês da marca Lode (modelo Excalibur), o modo chamado de linear deixa a cadência livre, e a partir de uma resistência pré-selecionada, calcula a potência gerada pelo sujeito. Este modo é similar ao realizado no ciclo-ergômetro mecânico como a Monark (PATON; HOPKINS, 2001). Assim, a resistência no ergômetro Lode é chamado de fator linear (*linear factor*) e é calculado a partir de uma potência e de uma cadência por meio da seguinte equação: Fator Linear = potência/ cadência². Praticamente em todos os estudos conduzidos pelo grupo que difundiu este tipo de teste com o ergômetro Lode (BURNLEY et al., 2006; VANHATALO et al. 2007; VANHATALO et al. 2008), este fator linear

foi calculado a partir da potência correspondente ao delta 50% (50% da diferença entre o $\dot{V}O_{2max}$ e o $\dot{V}O_2$ do limiar de lactato ou ventilatório) e a cadência preferida, sendo ambos derivados de um teste incremental em rampa. O motivo pelo qual estas variáveis são utilizadas, é justificado pelos autores (BURNLEY et al., 2006) para que conduza os sujeitos a terminarem o teste em uma potência próxima a do delta 50% e da cadência preferida. Para verificar o efeito da cadência nos parâmetros deste teste, Vanhatalo et al. (2007) manipularam a cadência utilizada para definir a resistência do teste, utilizando 3 condições: cadência preferida, cadência preferida - 10rpm e cadência preferida + 10rpm. Assim, a cadência máxima atingida no início do teste (136 ± 10 rpm; 155 ± 12 rpm) e conseqüentemente a potência pico (793 ± 141 W; 645 ± 122 W) foram significativamente diferentes entre resistência calculada com a cadência inferior e superior, respectivamente. Foram observadas diferenças estatísticas também na potência final do teste de 3 min entre as duas condições (251 ± 38 W versus 244 ± 41 W).

Embora este modo de funcionamento do teste tem sido demonstrado ser robusto a uma série de manipulações no início do teste (VANHATALO et al. 2007; VANHATALO e JONES, 2009) e também sensível ao treinamento aeróbio (VANHATALO et al. 2008), Dekerle et al. (2008) destacam a possibilidade deste teste ser conduzido em cadências fixas (modo isocinético) dado que, normalmente existe uma grande diferença na cadência entre o início e final do teste, fato este que implica em diferentes eficiências na contração e recrutamento muscular. Assim, o conhecimento sobre as possíveis implicações e aplicações da utilização deste teste no modo isocinético ainda é escasso na literatura. Carter et al. (2005), Dekerle et al. (2006), Brickley et al. (2007) e Dekerle et al. (2009), aplicaram o conceito do teste *all-out* no modo isocinético, porém com durações de 90s, uma vez que diversos estudos haviam demonstrado que em aproximadamente 60-75s, os estoques anaeróbios são depletados, implicando em geração de potência compatível com o fornecimento de energia aeróbia. Assim, os autores supracitados acreditaram que com o esgotamento da W' , a PC poderia ser encontrada nos últimos 10 s do teste.

2.5. TESTES *ALL-OUT* NO MODO ISOCINÉTICO

Tradicionalmente o modo isocinético tem sido utilizado na maioria dos ciclo-ergômetros disponíveis no mercado, para avaliar a curva força-velocidade por meio de *sprints* curtos com duração entre 6 e 10 s (BARON et al., 1999).

Gastin et al. (1995) utilizaram este modo de controle da cadência para realizar um teste *all-out* com duração individualizada, sendo o teste interrompido quando os sujeitos gerassem potências correspondentes a ~ 95% da potência do $\dot{V}O_2\text{max}$. Neste estudo, o teste durou em média 62 s e teve por objetivo medir apenas o déficit de O_2 , comparando-o com outros tipos de testes (com diferentes durações e características de intensidade).

Mais uma vez é importante relatar que somente na última década, os testes *all-out*, e especificamente utilizando o modo isocinético começaram a ser utilizados para fins de avaliação de parâmetros aeróbios (WILLIAMS et al., 2005; CARTER et al., 2005; BRICKLEY et al. 2007; DEKERLE et al., 2008).

Carter et al. (2005) conduziram um estudo pioneiro com um teste *all-out* de 90s no modo isocinético do ciclo-ergometro SRM (*SchobererRadMesstechnik*), com o objetivo de comparar as respostas de cinética de $\dot{V}O_2$ e a potência mecânica entre adultos e jovens (~ 14 anos). Os autores hipotetizaram e confirmaram que o alcance do $\dot{V}O_2\text{max}$ neste tipo de exercício seria mais evidente nas crianças, dado que, notadamente, apresentam uma cinética do $\dot{V}O_2$ mais acelerada do que adultos (WILLIAMS et al. 2001).

Dekerle et al. (2006) verificaram a boa reprodutibilidade do teste de 90 s isocinético, com cadência ~ 93 rpm. Os autores demonstraram particular interesse nos parâmetros de potência pico (PP), potência média (MP), potência final (EP – média dos últimos 10 s), e também do índice de fadiga (IF). Os resultados indicaram que o teste é robusto para analisar a MP, EP e o IF. Entretanto, quando se analisou a potência pico atingida, foi encontrada uma diferença significativa entre o teste e reteste, sendo maior no segundo teste.

Embora o estudo de Dekerle et al. (2006) apresentou evidências de reprodutibilidade de determinados parâmetros, com o uso do modo isocinético em teste de 90 s, na literatura parece não existir informações sobre a reprodutibilidade de testes *all-out* com duração superior (por ex. 3 min), assim como utilizando diferentes cadências.

Recentemente, Sperlich et al. (2011) publicaram um estudo em que foi utilizado o modo isocinético para realizar o teste de 3 min *all-*

out, com uma cadência de 120 rpm. Neste estudo, os autores justificam a utilização desta cadência a partir de dados que demonstram ser a cadência “ótima” ou próxima da ótima para se produzir a potência pico. Entretanto, os autores não reportaram, nem apresentaram dados que possam validar o modo nem a cadência selecionada para quantificar a potência final (EP) do teste de 3 min. Embora existam hipóteses e evidências de que quanto maior a potência pico atingida em um teste isocinético (McCARTNEY et al., 1983; BEELEN e SARGEANT, 1991), maior o índice de fadiga gerado em testes *all-out* de 25-30 s, não está claro ainda na literatura se uma maior potência pico atingida, pode interferir também na potência final do teste de 3 min. McCartney et al. (1983) demonstraram que ambos, a potência pico e a taxa de fadiga foram maiores com o aumento da cadência de pedalada durante um teste de 30 s máximo comparando as cadências de 60, 100 e 140 rpm. Similar a estes achados, Beelen e Sargeant (1991) encontraram valores de potência pico e índice de fadiga significativamente maiores a 120 rpm quando comparado a 60 rpm, em um teste de 25s.

A relação entre a potência pico atingida e taxa de fadiga no ciclismo isocinético, foi o alvo de um recente e interessante estudo publicado por Tomas et al (2010). Neste estudo, os autores levantaram as seguintes questões: 1) a maior fadiga observada nos estudos acima citados foi influência da maior potência pico inicial? 2) esta maior fadiga está associada com a cadência por si só, ou com a velocidade linear do pedal (produto do tamanho do pedivela e da cadência) também? Segundo os autores a cadência (velocidade de pedalada) por si só, limita o tempo disponível para a excitação e relaxamento muscular, enquanto a velocidade linear do pedal está relacionada com a velocidade de encurtamento do músculo. Assim, os autores delinearam um modelo de estudo em que se manipulou o tamanho do pedivela (120 e 220 mm) e conseqüentemente ambas a cadência e a velocidade do pedal, a fim de dissociar os fatores de velocidade da pedalada e do pedal, durante um teste de 30 s no modo isocinético. Desta forma, os sujeitos produziam uma mesma potência pico, com diferentes cadências e velocidades de pedal. O principal achado deste estudo foi a maior relação entre a fadiga com a cadência do que da fadiga com a velocidade linear do pedal, sugerindo que o tempo disponível para a excitação e o relaxamento muscular é o principal fator associado a fadiga observada quando se atinge cadências maiores no início do teste.

Como já descrito acima, Vanhantalo et al. (2007b) manipularam a resistência imposta no teste realizado no modo linear do ciclo-ergômetro Lode, alterando desta forma a cadência máxima

atingida no início do teste (136 ± 10 rpm; 155 ± 12 rpm) e consequentemente a potência pico (793 ± 141 W; 645 ± 122 W). Além da diferença observada na EP, um outro fato importante encontrado neste estudo, foi a diferença significativa observada nos valores da W' (trabalho realizado acima da EP), fato que foi influenciado pela queda mais acentuada da potência com a cadência de 136 rpm, a qual foi a que se atingiu a maior potência pico.

Assim, a utilização do modo isocinético durante o teste de 3 min, a fim de comparar diferentes cadências parece ser promissor não só para determinar a PC, mas também para auxiliar a compreender as relações entre o desenvolvimento de fadiga e o esgotamento das reservas anaeróbias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 SUJEITOS

Foram estudados 14 indivíduos do gênero masculino, com idade variando entre 20 e 35 anos, fisicamente ativos, não fumantes e que não faziam uso regular de qualquer tipo de medicamento. A seleção dos sujeitos foi realizada de forma intencional, sendo convidados alunos do curso de graduação e pós-graduação da Instituição na qual se desenvolveu a pesquisa.

Os sujeitos foram informados textual e verbalmente sobre os objetivos e os procedimentos deste estudo, durante a primeira visita, na qual assinaram um termo de consentimento (Apêndice 1). Nesta mesma visita, foi conduzida uma avaliação antropométrica e o sujeito respondeu a um questionário sobre seus hábitos de atividades diárias. Foram considerados ativos os indivíduos que relataram ter participado de alguma forma de atividade física nos últimos 6 meses por um período maior do que 20 minutos por dia e com frequência de pelo menos três vezes por semana (CASPERSEN et al., 2000). Os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina, sob número 2188/452725.

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Todos os testes foram conduzidos em um ciclo-ergômetro da marca Lode (modelo Excalibur Sport, Lode® BV, Groningen, Holanda). Cada sujeito visitou o laboratório em 5 ocasiões diferentes, separadas por no mínimo 48 horas, uma vez que em cada visita foi exigido um teste de esforço máximo. Os sujeitos foram instruídos a não realizarem atividade física extenuante nas 24 horas que precediam cada visita ao laboratório. Os mesmos foram instruídos também a manterem uma dieta o mais próxima possível antes de cada teste, assim como evitar ingestão de bebidas alcoólicas e/ou cafeinadas nas 24 horas que precediam cada teste.

Na primeira visita ao laboratório foi conduzido um teste incremental de rampa, assim como a familiarização ao modo isocinético por meio de 2 *sprints* máximos de 15s, sendo um em cada cadência selecionada (60 e 100-rpm). Durante o teste de rampa, os sujeitos foram instruídos a manterem a cadência de pedalada constante, sendo usada a cadência preferida de cada sujeito.

Nas quatro visitas subsequentes ao laboratório, foram realizados os testes *all-out* de 3-min, sendo dois a 60-rpm e os outros dois a 100-rpm. A seleção e a ordem das cadências foram realizadas

pelo pesquisador, de forma randômica, sem interferência da escolha do sujeito.

Com exceção do teste incremental, todos os testes foram realizados com um aquecimento prévio de 3 min a 50 W, mais 5 min na carga do limiar ventilatório (método e critério descritos em 3.4.1.), utilizando a cadência preferida. Após este aquecimento, os sujeitos permaneciam parados por 5 min. Em seguida, foi iniciado o teste com 3 min pedalando com uma carga de 20W e mantendo a cadência específica de cada teste, para somente então realizarem os testes *all-out* de 3 min no modo isocinético. Os sujeitos foram instruídos a permanecerem sentados e o encorajamento verbal foi dado durante todo o teste. Durante o teste de 3 min, os sujeitos receberam informação do tempo somente no minuto 2. Este procedimento foi adotado a fim de evitar a desistência do sujeito neste último minuto do teste.

3.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Um ciclo-ergômetro eletromagnético da marca Lode® (modelo Excalibur Sport, Groningen, Holanda), foi utilizado em todos os testes. Os ajustes de altura do selim, altura do guidon, e a distância entre o selim e o guidon foram realizados na primeira visita, de acordo com o conforto de cada sujeito e prontamente registrados. Caso o sujeito solicitasse mudanças durante o início do primeiro teste, o ergômetro era prontamente modificado afim de atender ao conforto do sujeito. Ao final do primeiro teste, estas mesmas medidas foram reproduzidas em todos os testes subsequentes.

Durante todos os testes acima mencionados, os sujeitos respiraram em uma máscara da marca Hans Rudolph®, conectada a um analisador de gases, com medidas respiração a respiração, também da marca Cosmed® (modelo Quark CPET, Roma, Itália). A calibração do equipamento foi realizada de acordo com as recomendações do fabricante antes de cada teste e consistiu em: 1) calibração do ar ambiente; 2) calibração dos gases (O_2 e CO_2) a partir de uma concentração conhecida de gases (16% de O_2 e 5% de CO_2); 3) calibração da turbina por meio de uma seringa com volume de ar de 3L (Cosmed®, Roma, Itália). Após a realização das calibrações e de inserir os dados do sujeito no *software* Cosmed®, as variáveis cardiorrespiratórias foram adquiridas continuamente, registradas e gravadas a cada respiração. Cada teste foi exportado a partir do *software* Cosmed®, e foram tratados no programa Excel, sendo alinhados com o

tempo em que ocorreu o teste de 3-min, para análise conjunta da potência mecânica e das variáveis cardiorrespiratórias.

Amostras de sangue capilar (25 μ l) obtidos no lóbulo da orelha foram coletados nos minutos 1, 3 e 5, após o final de cada teste, utilizando tubos capilares heparinizados e estocados em tubos do tipo *Eppendorf* contendo 50 μ l fluoreto de sódio. O lactato sanguíneo foi analisado por meio de um analisador eletroenzimático da marca Yellow Spring® (modelo YSI 2300 Stat Plus, Yellow Springs, OH, EUA). O equipamento mencionado para estas análises era automaticamente calibrado a cada 8 amostras, com uma solução de padrão duplo (5,64mM).

3.4. PROTOCOLO DE AVALIAÇÕES

3.4.1. Teste de Rampa

O teste de rampa foi conduzido no ciclo-ergômetro, utilizando o modo hiperbólico, no qual a potência se torna independente da cadência de pedalada. O teste foi iniciado com uma carga de 20W, a qual permaneceu constante por 4 min. Após este período, era iniciado o teste incremental de rampa, com uma taxa de 1W a cada 3s (representando 20W por min), até a exaustão voluntária. Os sujeitos foram instruídos a pedalarem em suas cadências preferidas (79,0 \pm 6,3 rpm). O teste foi interrompido quando houvesse uma queda maior do que 10-rpm em relação à cadência preferida e mesmo com encorajamento verbal, não conseguiam aumentar a cadência. Os sujeitos pedalarão vestindo uma máscara de rosto que era por sua vez conectada ao sistema de coleta e análise do ar respirado, com medidas respiração a respiração.

No teste incremental de rampa foram obtidos os seguintes índices:

- a) Potência máxima (P_{max});
- b) Consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$);
- c) Potência do VO_{2max} ($i\dot{V}O_{2max}$);
- d) Produção de dióxido de carbono máxima ($\dot{V}CO_{2max}$);
- e) Ventilação pulmonar máxima ($\dot{V}E_{max}$);
- f) Frequência cardíaca máxima (FC_{max});
- g) Razão de trocas gasosas máxima (QR_{max});
- h) Lactato sanguíneo pico (LAC_{pico})

O $\dot{V}O_{2\max}$, $\dot{V}CO_{2\max}$, $\dot{V}E_{\max}$, e QR_{\max} foram obtidos a partir do maior valor médio de 30s, enquanto a FC_{\max} foi identificada a partir do maior valor médio de 5s. A potência correspondente ao $\dot{V}O_{2\max}$ foi identificada como a menor potência em que o $\dot{V}O_{2\max}$ foi atingido. O critério de platô utilizado foi um aumento inferior a $150 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, mesmo com a progressão das cargas. O LAC_{pico} foi considerado como o maior valor obtido entre o final do teste e nos minutos 1 e 3 de recuperação.

A partir das medidas respiratórias do teste de rampa, também foi identificado para cada sujeito, o limiar de trocas gasosas (GET), que foi utilizado posteriormente para controlar a intensidade do aquecimento dos testes subsequentes. O GET foi identificado por 2 avaliadores independentes por meio da quebra de linearidade entre os aumentos do $\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}O_2$, método este conhecido como *V-slope* (Beaver et al., 1986). Caso não houvesse concordância entre os avaliadores, foi solicitada a inspeção visual de um terceiro avaliador ou foi utilizado um segundo método que consistiu em verificar um aumento do $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ sem aumento concomitante do $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$. Apenas 3 sujeitos apresentaram discordância na detecção do GET, sendo identificados por meio da verificação dos equivalentes ventilatórios.

A partir dos valores de $\dot{V}O_2$ no GET e do $\dot{V}O_{2\max}$, foi estabelecido também a intensidade referente ao delta 50% ($50\%\Delta$), ou seja a metade da diferença entre o $\dot{V}O_{2\max}$ e o $\dot{V}O_2$ do GET (ROSTON et al., 1987; LANSLEY et al. 2011). A partir do valor de $\dot{V}O_2$ do $50\%\Delta$, foi obtido também o valor correspondente de potência, por meio da regressão potência- $\dot{V}O_2$, obtida no teste de rampa.

3.4.2. Testes *all-out* de 3 minutos (3MT)

Após, no mínimo 48 horas, os sujeitos realizaram a segunda visita que foi semelhante às demais visitas, como descrito abaixo.

Na visitas 2 a 4, os sujeitos iniciaram com um aquecimento de 3 min a 50 W e em seguida mais 5 min na carga correspondente ao GET, determinado no teste incremental de rampa. Este aquecimento foi utilizado a fim de minimizar um possível impacto sobre a capacidade anaeróbia (W'), como sugerido por Burnley et al. (2006) e Francis et al. (2011). Após o aquecimento, os sujeitos permaneciam sentados na bicicleta por mais 5min, sem pedalar, momento em que a sistema de

aquisição de dados cardiorrespiratórios foi conectado ao sujeito. Em seguida, o ciclo-ergômetro foi ajustado no modo isocinético (60 ou 100-rpm) e o sujeito pedalava por 3min com carga de 20W (*baseline*) mas com a cadência específica do teste. Faltando 5s para o término deste período de *baseline*, o pesquisador iniciava uma contagem regressiva e no comando “vai” o sujeito iniciava o teste de 3-min. Os sujeitos foram instruídos a realizarem o máximo esforço desde o início, a fim de evitar qualquer estratégia de ritmo (*pacing*). A partir do início do teste, todas as informações (tempo remanescente, potência, $\dot{V}O_2$ e FC) foram ocultadas do sujeito. O único *feedback* de tempo foi fornecido no 2º minuto completo do teste. Um forte encorajamento verbal foi proporcionado aos sujeitos durante todos os testes a fim de estimular a manutenção do esforço máximo e evitar desistências durante o período do teste.

Amostras de sangue coletadas no lóbulo da orelha foram obtidas após cada teste (LAC_{final}), e nos minutos 1, 3 e 5, a fim de determinar a concentração pico de lactato (LAC_{pico}).

Ao todo cada sujeito realizou dois testes com cadência de 60 rpm e dois com cadência de 100 rpm. A ordem dos testes foi randomizada pelo pesquisador, por meio de sorteio realizado a cada visita.

A partir do 3MT foram obtidos os seguintes índices derivados da potência gerada no ergômetro:

- a) Potência pico (PP);
- b) Potência média (MP);
- c) Potência final (*end power* - EP);
- d) Trabalho total (W_{total});
- e) Trabalho realizado acima do EP (W_{EP});
- f) Trabalho realizado em intervalos de 30s;
- g) Constante de tempo do decaimento da potência (τ).

O critério utilizado para obter cada índice está descrito na seção 3.5. Complementando, foram obtidos os seguintes índices derivados das respostas fisiológicas:

- a) Consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_{2pico}$);
- b) Produção de dióxido de carbono pico ($\dot{V}CO_{2pico}$);
- c) Ventilação pulmonar máxima ($\dot{V}E_{max}$);
- d) Frequência cardíaca máxima (FC_{max});
- e) Razão de trocas gasosas máxima (QR_{max});

- f) Lactato sanguíneo final (LAC_{final});
- f) Lactato sanguíneo pico (LAC_{pico})

O $\dot{V}O_{2pico}$, $\dot{V}CO_{2pico}$, $\dot{V}E_{max}$, e QR_{max} foram obtidos a partir do maior valor médio de 30s, enquanto a FC_{pico} foi identificada a partir do maior valor médio de 5s. O LAC_{pico} foi considerado como o maior valor obtido nos primeiros 5 minutos de recuperação após o 3MT.

3.5. ANÁLISE DOS DADOS DE POTÊNCIA MECÂNICA

Todos os dados obtidos no *software* Lode® LEM foram exportados para o programa Microsoft Excel®, onde foram inicialmente tratados. A frequência de aquisição e registro de potência do sistema Lode LEM é de 5Hz. Desta forma, os dados brutos de potência foram reduzidos à médias de 1s, por meio do *software* Matlab® 7.1 (MathWorks Inc., Natick, MA, USA). A partir dos dados filtrados foram determinados os índices mecânicos de cada teste.

A PP foi definida como a maior potência gerada dentro de 1s. A MP foi determinada como a potência média gerada ao longo dos 180s, enquanto a EP foi obtida por meio da média dos últimos 30s do teste. O trabalho total foi estimado por meio do cálculo da área abaixo da curva de potência (integral). Por sua vez, a W_{EP} foi calculada como a área abaixo da curva de potência e acima da EP. Por fim, o trabalho realizado a cada 30s, foi calculado obtendo os seguintes intervalos de tempo: 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 e 120-150s.

A fim de complementar as análises e comparações entre as cadências, cada curva de potência foi ajustada por meio de uma função de primeira ordem, não linear (decaimento em uma fase), como representado abaixo:

$$P(t) = Platô + (Po - Platô) \cdot e^{-(\tau \cdot t)} \quad (1)$$

Onde o $P(t)$ é a potência no tempo t ; Po é a potência que intercepta o eixo y quando o eixo x é igual a zero; $Platô$ é a assíntota da potência e τ (τ) é a constante de tempo (definida como o tempo requerido para atingir 63% do decaimento total). Os valores considerados *outliers* foram removidos da análise pelo próprio *software* (critério de $\pm 3DP$), a fim de melhorar a relação sinal/ruído demonstrando a característica fundamental da curvatura. Estes referidos *outliers* foram especialmente presentes nos primeiros segundos do teste, próximo do atingimento da potência pico.

Todas as análises de decaimento, assim como as figuras e cálculos de área, foram realizadas utilizando o *softwarePrism*® 5.0 (GraphPad Software Inc, San Diego, USA).

3.6. ANÁLISE DA CINÉTICA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO

Para a análise da cinética de aumento no $\dot{V}O_2$ (fase 2) durante os testes realizados em cada cadência, os dados cardiorrespiratórios brutos, foram previamente tratados por meio de médias estacionárias de 1s, seguido de um “alisamento da curva” por meio de médias móveis a cada 3 valores. O alinhamento e a interpolação dos valores das duas transições de cada cadência foram realizados, a fim de obter maior robustez no ajuste e consequentemente nos parâmetros da cinética. Os primeiros 20s do teste, referentes à fase1 (denominada de “cardio-dinâmica”) foram removidos das análises. Assim, a resposta do $\dot{V}O_2$ foi ajustada por meio de uma função de primeira ordem, mono-exponencial, fixando o tempo no zero (ou seja, sem ‘*time delay*’), por meio do modelo de regressão não linear (GraphPad Software Inc, San Diego, USA), usando a seguinte equação:

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}O_{2,base} + A \cdot (1 - e^{-(t/\tau)}) \quad (2)$$

Onde o $\dot{V}O_2(t)$ é o consumo de oxigênio no tempo t ; $\dot{V}O_{2,base}$ é o consumo de oxigênio antes do início do 3MT; A é a amplitude no consumo de oxigênio ($\dot{V}O_{2,assimptota} - \dot{V}O_{2,base}$) e o τ (tau) é a constante de tempo (definida como o tempo requerido para atingir 63% da A).

3.7. ANÁLISE DO GANHO DE $\dot{V}O_2$

Para a análise dos ganhos do $\dot{V}O_2$ ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{W}^{-1}$), os dados do consumo de oxigênio e da potência foram alinhados em intervalos médios de 5s (para esta análise foi utilizado o valor médio do teste-reteste). Desta forma, o ganho de $\dot{V}O_2$ foi calculado para cada conjunto de dados de 5s, sendo o $\dot{V}O_2$ ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$) dividido pela potência gerada (W) (Equação 3). Ambos os valores de $\dot{V}O_2$ e potência foram corrigidos pelos valores de base, sendo considerado para o $\dot{V}O_2$ a média do último minuto anterior ao início do 3MT, e para potência o valor de 20W

utilizado como *baseline*. Desta forma, para cada intervalo de 5s a seguinte equação foi empregada:

$$\text{Ganho } \dot{V}O_2 = (\dot{V}O_2 - \dot{V}O_{2,base}) / (P - 20W) \quad (3)$$

O ganho total foi estabelecido como o maior valor obtido ao longo dos 3-min. Por outro lado, o ganho associado ao “componente lento” (ganho CL), foi calculado pela diferença entre o ganho total e o ganho no momento em que o $\dot{V}O_{2,pico}$ foi obtido. O atingimento do $\dot{V}O_{2,pico}$ foi localizado na planilha de valores (média de 5s), sendo esta analisada por inspeção visual a fim detectar o primeiro valor de $\dot{V}O_2$, que estivesse dentro do valor médio dos 5 testes (rampa + 4 testes 3MT) – 1 erro típico de medida (ETM) (CAPUTO E DENADAI, 2008).

3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados estão apresentados como média \pm desvio padrão (DP). Em alguns casos também estão apresentados os intervalos de confiança de 95% (IC95%). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para verificar a heterocedasticidade dos dados entre o teste e o reteste em cada cadência, inicialmente foi obtida a plotagem de *Bland-Altman* (diferença vs. média), seguida de uma regressão linear dos valores dispersos na plotagem. Assim, foi verificado se a inclinação da reta diferia significativamente da linha do zero no eixo y (LUDBROOK, 2010). Quando não detectada diferença significativa entre a linha de regressão e o zero, os dados foram considerados homocedásticos, ou seja, apresentam erro distribuído de forma aleatória.

Para verificar a reprodutibilidade dos índices obtidos nos testes de 3-min, foram realizados os seguintes procedimentos estatísticos: 1) Análise de variância (ANOVA) *Two-Way* (cadência x teste) com medidas repetidas, para testar a interação entre as cadências e os testes, assim como a diferença entre as médias; 2) Coeficiente de correlação intra-classe (ICC), para testar o grau de associação entre o teste e reteste de cada cadência; 3) Erro típico de medida (ETM), para verificar o erro intra-individual entre o teste-reteste. O ETM também é apresentado de forma percentual ou seja, o seu coeficiente de variação (CV).

Os limites de concordância de Bland-Altman (95%LC) foram calculados para comparar o $\dot{V}O_{2,pico}$ derivado do teste incremental com os derivados do 3MT.

A comparação dos índices obtidos por meio da cinética de $\dot{V}O_2$ (teste e reteste agrupados para cada cadência) e também dos ganhos de $\dot{V}O_2$, entre as cadências foi realizado por meio do teste *t-student* pareado. Adicionalmente, o grau de associação entre estas variáveis foi realizado por meio do coeficiente de correlação de Pearson.

O tamanho do efeito (ES) também foi calculado para incrementar as comparações entre as cadências, de algumas variáveis. O seguinte critério de classificação da magnitude da diferença foi utilizado (COHEN, 1988): <0,1 trivial; 0,1-0,3 trivial a pequeno; 0,3-0,5 pequeno; 0,5-0,7 pequeno a moderado; 0,7-1,1 moderado; 1,1-1,3 moderado a grande; 1,3-1,9 grande; 1,9-2,1 grande a muito grande; e >2,1, muito grande.

Os respostas fisiológicas máximas ($\dot{V}O_2$, FC, $\dot{V}E$ e lactato) obtidas durante teste de 3-min também foram comparadas com as variáveis obtidas no teste incremental de rampa. Para tais comparações foi utilizada a ANOVA *One-Way* com teste *post hoc* de *Bonferroni*. Todas as análises estatísticas foram realizadas considerando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. VALORES MÁXIMOS DO TESTE INCREMENTAL

Os parâmetros fisiológicos máximos e submáximos obtidos no teste incremental foram utilizados para caracterizar a aptidão aeróbia da amostra. Na Tabela 1, estão apresentados os principais índices obtidos no teste de rampa.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão (DP) das variáveis máximas e submáximas derivadas do teste incremental máximo (n=14).

Variáveis	Média	DP	Mínimo	Máximo
P_{\max} (W)	318	50	250	417
$i\dot{V}O_{2\max}$ (W)	300	47	230	370
$\dot{V}O_{2\max}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	45,8	8,2	36,4	62,0
$\dot{V}O_{2\max}$ (mL.min ⁻¹)	3515	680	2601	5150
$\dot{V}E_{\max}$ (L.min ⁻¹)	146,4	38,0	80,3	206,0
FC _{max} (bpm)	188	7	170	201
QR _{max}	1,25	0,09	1,09	1,44
LAC _{pico} (mM)	9,4	2,7	5,0	14,4
LV (W)	169	38	110	240
$\dot{V}O_2$ - LV (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	2194	680	1480	3820
LV (% $\dot{V}O_{2\max}$)	61,4	7,4	51,4	74,2
50%Δ (W)	232	38	175	315
$\dot{V}O_2$ - 50%Δ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	2858	657	2103	4450
50%Δ (% $\dot{V}O_{2\max}$)	80,9	3,8	74,1	86,8

P_{\max} = potência máxima; $i\dot{V}O_{2\max}$ = intensidade do $\dot{V}O_{2\max}$; $\dot{V}E_{\max}$ = ventilação pulmonar máxima; FC_{max}= frequência cardíaca máxima; QR_{max}= razão de trocas gasosas máxima; LAC_{pico}= lactato sanguíneo pico; LV = limiar ventilatório; 50% Δ= 50% da diferença entre o LV e o $\dot{V}O_{2\max}$.

4.2. VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE DOS VALORES DE $\dot{V}O_2$ PICO NOS TESTES DE 3-MIN.

Os valores de $\dot{V}O_2$ analisados nos testes de 3-min foram obtidos a partir de 12 sujeitos. Dois sujeitos apresentaram problemas durante a aquisição de dados, relacionados ao software do equipamento, sendo desta forma, descartados da análise final.

Os valores de $\dot{V}O_2$ pico do teste-reteste mensurados para cada cadência não apresentaram heterocedasticidade, ou seja, o erro observado entre as medidas foi randômico.

Os valores de $\dot{V}O_2$ pico obtidos nos testes de 3-min não foram significativamente diferentes do teste incremental ($3515 \pm 680 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$), para ambas as cadências (60-rpm: $3499 \pm 650 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e $3600 \pm 666 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$; $F_{2,10} = 2.61$, $p = 0.09$ e 100-rpm: $3525 \pm 647 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e $3552 \pm 658 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$; $F_{2,10} = 0.74$, $p = 0.48$). Desta forma, os pares de valores em cada cadência foram agrupados e calculados assim, os limites de concordância (95%LC) de Bland-Altman entre o $\dot{V}O_2$ pico do incremental com o $\dot{V}O_2$ pico de cada cadência. Os valores de bias $\pm 95\%$ LC para os 60 rpm e 100 rpm foram respectivamente, $10 \pm 191 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e $41 \pm 330 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$.

A Tabela 2 apresenta os valores de reprodutibilidade do $\dot{V}O_2$ pico para cada cadência analisada. Pode-se verificar a excelente reprodutibilidade obtida por esta variável, quando observados os valores de erro típico e coeficiente de correlação intra-idade.

Tabela 2. Valores médios \pm DP do $\dot{V}O_2$ pico, com os índices de reprodutibilidade teste-reteste a partir dos testes de 3-min isocinético nas cadências de 60 e 100 rpm. (n=12)

		Teste 1	Teste 2	ETM	CV	ICC (95%IC)
					(%)	
60 rpm	$\dot{V}O_2$ pico (mL.min-1)	3499 \pm 650	3600 \pm 666	112,9	3,2	0,97 (0,90-0,99)
100 rpm	$\dot{V}O_2$ pico (mL.min-1)	3525 \pm 647	3552 \pm 658	79,7	2,2	0,99 (0,97-1,0)

ETM = erro típico; CV= coeficiente de variação; ICC = coeficiente de correlação intra-idade; 95%IC. = Intervalo de confiança de 95%.

A variabilidade do $\dot{V}O_2$ pico entre os testes de 3-min para cada cadência (Tabela 2) foi similar à variabilidade entre o $\dot{V}O_2$ pico obtido no teste incremental e o $\dot{V}O_2$ pico obtido em cada teste de 3-min (60-rpm, Teste 1: ICC=0,95, ETM= 4,1%; 60-rpm, Teste 2: ICC= 0,96, ETM= 3,7%; 100-rpm Teste 1: ICC= 0,96, ETM= 3,9%; 100rpm Teste 2: ICC = 0,97, ETM= 3,0%).

A Figura 3 apresenta a resposta média do $\dot{V}O_2$ em cada cadência, sendo que os dados estão agrupados (teste-reteste) para cada cadência.

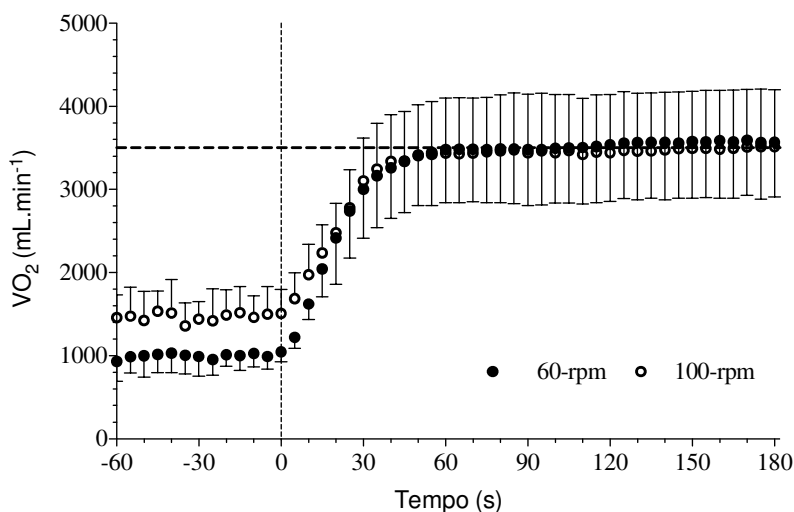


Figura 3. Resposta média do $\dot{V}O_2$ (valores agrupados para cada cadência) durante o teste máximo de 3-min realizado a 60- e 100-rpm (valores médios de 5s). As barras de erro representam 1 DP. A linha tracejada vertical indica o início do teste, enquanto a linha horizontal indica o $\dot{V}O_2$ médio dos sujeitos obtido no teste incremental. n=12.

4.3. REPRODUTIBILIDADE DOS PARÂMETROS MECÂNICOS DO TESTE DE 3-MIN ISOCINÉTICO

Não foram observados erros sistemáticos (ou seja, heterocedasticidade) nos dados provenientes do teste-reteste de 3-min,

para todas as variáveis analisadas (PP, MP, EP, W_{total} , W_{EP} , IF) em ambas as cadências.

A Tabela 3 apresenta os valores médios \pm DP para todos os parâmetros mecânicos obtidos a partir dos testes de 3-min isocinético, assim como os índices de reprodutibilidade empregados no estudo.

Os valores de teste-reteste de todas as variáveis analisadas não foram diferentes dentro de cada cadência. Adicionalmente, o ICC encontrado para a potência final, assim como para potência média e trabalho total foram acima de 0,90 para ambas as cadências ($p < 0.001$), enquanto o erro típico foi de aproximadamente 6% para a potência final e 3% para a potência média e trabalho total, demonstrando a alta reprodutibilidade absoluta em ambas as cadências.

A PP apresentou índices de reprodutibilidade absoluta, inferiores às EP e MP, embora possam ser considerados aceitáveis dependendo do critério utilizado ($ETM < 10\%$ e $ICC > 0.80$). Da mesma forma, o W_{EP} apresentou índices de reprodutibilidade semelhantes a este último, demonstrando serem os índices menos reprodutíveis do que os demais apresentados na Tabela 3.

A análise de reprodutibilidade do τ de decaimento da potência (obtido no ajuste mono-exponencial de decaimento) apresentou razoável confiabilidade para ambas as cadências (60-rpm: $ICC = 0,94$; $ETM = 15,1\%$ e 100-rpm: $ICC = 0,63$; $ETM = 11,9\%$). Por fim, a análise de reprodutibilidade do trabalho realizado nos seis diferentes intervalos de 30s demonstrou valores de ICC variando entre 0,78 e 0,94, e erro típico entre 4,1% e 7,1%

Tabela 3. Valores médios \pm DP da potência, trabalho feito acima da EP e índice de fadiga (média-1s) com os índices de reprodutibilidade teste-reteste a partir dos testes de 3-min isocinético nas cadências de 60 e 100 rpm. (n=14)

		Teste 1	Teste 2	ETM	CV (%)	ICC (95%IC)
60 rpm	PP (W)	694 \pm 150	683 \pm 146	59,7	8,7	0,84 (0,57-0,95)
	MP (W)	283 \pm 47	288 \pm 46	7,0	2,4	0,98 (0,94-0,99)
	EP (W)	197 \pm 39	200 \pm 38	11,2	5,7	0,91 (0,74-0,97)
	W _{EP} (kJ)	16,3 \pm 4,1	17,0 \pm 4,7	1,8	10,6	0,84 (0,57-0,95)
	W _{total} (kJ)	50,2 \pm 8,7	50,9 \pm 8,4	1,2	2,4	0,98 (0,94-0,99)
	IF (%)	69,8 \pm 6,5	69,6 \pm 5,7	3,1	4,2	0,80 (0,49-0,91)
	Tau (s)	55,2 \pm 33,7	53,8 \pm 32,5	8,2	15,1	0,94 (0,82-0,98)
100 rpm	PP (W)	904 \pm 226	870 \pm 186	88,7	10,0	0,81 (0,51-0,93)
	MP (W)	249 \pm 43	246 \pm 43	7,8	3,1	0,97 (0,91-0,99)
	EP (W)	160 \pm 44	162 \pm 41	9,2	5,9	0,95 (0,85-0,98)
	W _{EP} (kJ)	17,4 \pm 2,9	16,1 \pm 2,8	1,3	7,9	0,79 (0,46-0,93)
	W _{total} (kJ)	43,1 \pm 6,5	42,2 \pm 6,2	1,5	3,2	0,96 (0,93-0,99)
	IF (%)	82,3 \pm 5,0	81,1 \pm 5,3	1,6	2,6	0,90 (0,72-0,95)
	Tau (s)	25 \pm 5,2	26,7 \pm 4,9	3,1	11,9	0,63 (0,17-0,83)

PP= potência pico; MP = potência média; EP= potência final; W_{EP} = trabalho feito acima da EP; W_{total}= trabalho total realizado; IF = índice de fadiga; Tau = constante de tempo de decaimento da potência; ETM = erro típico; CV= coeficiente de variação; ICC = coeficiente de correlação intra-classe; 95%IC. = Intervalo de confiança de 95%.

4.4. COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS MECÂNICAS ENTRE AS CADÊNCIAS

Por meio da análise de variância (ANOVA *two-way*), não foi verificada interação significativa entre a cadência e os testes (teste-reteste). Entretanto, pôde-se constatar diferenças significantes (*maineffect*) entre quase todas variáveis mecânicas (PP [$F_{1,52}=17,04$; $p=0,0001$], MP [$F_{1,52}=10,08$; $p=0,002$], EP [$F_{1,52}=11,96$; $p=0,001$], W_{total} [$F_{1,52}=17,90$; $p<0,0001$] e IF [$F_{1,52}=42,12$; $p<0,0001$]), exceto para o W_{EP} [$F_{1,52}=0,01$; $p=0,92$], quando comparado os valores produzidos nas cadências de 60-rpm e 100-rpm.

A partir desta análise, os resultados do teste e reteste foram agrupados para cada cadência, a fim de comparar e correlacionar as variáveis obtidas em cada cadência. A Tabela 4 apresenta os valores médios para cada cadência, assim como suas associações e também o tamanho do efeito. Apenas a MP, a EP, assim como o W_{EP} e o W_{total} foram significativamente correlacionados entre as cadências.

Tabela 4. Valores médios \pm DP da potência, trabalho feito acima da EP e índice de fadiga para cada cadência (média do teste-reteste) a partir dos testes de 3-min isocinético, suas correlações e o tamanho do efeito (ES). n=14

	60-rpm	100-rpm	r	ES	Descritor do ES
PP (W)	688 \pm 136	887 \pm 190*	0,07	1,22	Moderado a Grande
MP (W)	285 \pm 44	248 \pm 40*	0,78*	0,87	Moderado
EP (W)	198 \pm 36	161 \pm 40*	0,76*	0,98	Moderado
W_{EP} (kJ)	16,7 \pm 4,2	16,8 \pm 2,7	0,65*	0,02	Trivial
W_{total} (kJ)	51,7 \pm 8,7	43,6 \pm 6,6*	0,97*	3,95	Muito grande
IF (%)	69,7 \pm 5,7	81,7 \pm 5,0*	0,37	2,25	Muito grande
<i>Tau</i> (s)	52,4 \pm 25,3	25,9 \pm 4,6*	0,42	1,77	Grande

PP= potência pico; MP = potência média; EP= potência final; W_{EP} = trabalho feito acima da EP; W_{total} = trabalho total realizado; IF = índice de fadiga; *Tau* = constante de tempo de decaimento da potência; r= coeficiente de correlação de Pearson; ES= tamanho do efeito. * $p< 0,01$

Além disso, pode-se observar, que a PP e o IF foram maiores nos testes de 100-rpm, enquanto o W_{total} , a MP e a EP foram significativamente maiores nos testes de 60-rpm. O cálculo do tamanho do efeito confirma as diferenças observadas entre as duas cadências estudadas.

A EP obtida a 60-rpm correspondeu em média a 62% da P_{max} obtida no incremental, enquanto a EP obtida a 100-rpm representou apenas 50% da P_{max} . Por sua vez, a PP obtida nos testes de 60- e 100-rpm corresponderam, respectivamente, a 218% e 286% da P_{max} do incremental. Além disto, a EP obtida em cada uma das cadências foram significativamente correlacionadas (Figura 4).

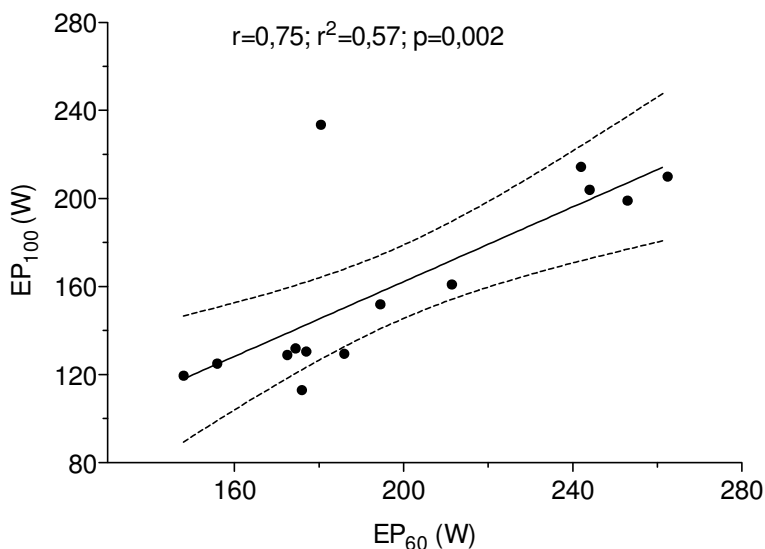


Figura 4. Correlação entre a potência final (EP) obtida em cada uma das cadências (60 rpm e 100 rpm).

Seguindo a tendência observada nos valores máximos, médio e final de potência, o perfil da potência obtido em ambas as cadências analisadas apresentou comportamento diferente como pode ser observado na Figura 5.

Por meio da análise de um ajuste exponencial de decaimento da potência, foi verificada a constante de tempo (τ) de decaimento,

apresentando diferença significativa entre as cadências (Tabela 4). O τ médio de decaimento do 60-rpm foi maior ($52,4 \pm 25,3$ s) do que o 100-rpm ($25,9 \pm 4,6$ s), mostrando uma queda significativamente mais acentuada para a maior cadência estudada. Uma correlação fraca e não-significante ($r=0,42$) foi observada entre o τ obtido nas duas cadências.

Um fato interessante observado no presente estudo, foi que embora o perfil geral da potência apresenta nítida diferença entre as duas cadências analisadas, a área total calculada acima do EP, a qual denota o W_{EP} , apresentaram a mesma magnitude em ambas as cadências ($p>0,05$).

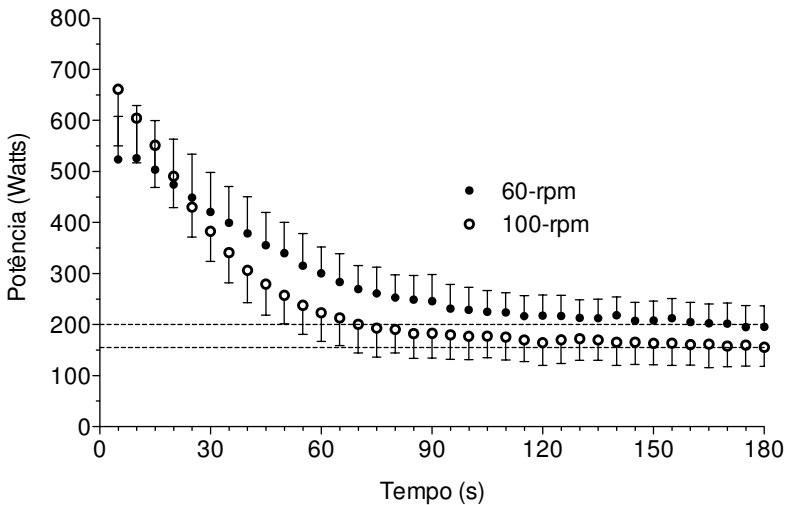


Figura 5. Perfil médio da potência do teste máximo de 3-min, em ambas as cadências (valores agrupados para cada cadência). Os valores de potência estão apresentados como médias de 5s. As barras de erro representam 1 desvio padrão. As linhas tracejadas representam o valor da potência final ($n=14$).

Adicionalmente, também foi calculado o trabalho realizado em diferentes intervalos de tempo (fracionados a cada 30 s) a fim de comparar o efeito da cadência ao longo do tempo. A Tabela 5 apresenta os valores médios encontrados para ambas as cadências, assim como os valores de correlação e tamanho do efeito (ES). A ANOVA *two-way* demonstrou uma significativa interação ($F_{5,156}= 5,42$; $p<0,001$) entre a cadência e o tempo, assim como efeito principal para o tempo ($F_{5,156}=$

171; $p < 0,001$) e para cadência ($F_{1,156} = 34,8$; $p < 0,001$). A análise *post-hoc* para as cadências revelou não existir diferença no trabalho realizado nos primeiros 30 s, assim como no último minuto de cada teste. Entretanto, nos intervalos 30-60s, 60-90s, 90-120s, foram encontradas diferenças significantes no trabalho realizado (Tabela 5). Os valores do ES reforçam de forma complementar, as diferenças encontradas pela estatística ‘tradicional’, ou seja, baseada no *p*-valor.

Tabela 5. Trabalho (W) médio realizado (kJ) em diferentes intervalos de tempo (s) em cada cadência, suas correlações e o tamanho do efeito (ES). (n=14)

Tempo (s)	W (kJ) 60-rpm	W (kJ) 100-rpm	r	ES	Descritor do ES
0-30	13,9 ± 2,4 ^a	15,0 ± 1,7 ^a	0,84	0,53	Pequeno a Moderado
30-60	10,2 ± 1,9 ^b	7,7 ± 1,4 ^{b**}	0,83	1,49	Grande
60-90	7,6 ± 1,4 ^c	5,4 ± 1,2 ^{**}	0,91	1,65	Grande
90-120	6,5 ± 1,2	4,9 ± 1,1 [*]	0,91	1,18	Moderado a Grande
120-150	6,2 ± 1,0	4,8 ± 1,2	0,96	1,07	Moderado
150-180	5,8 ± 1,1	4,5 ± 1,1	0,96	1,01	Moderado
Total	51,7 ± 8,7	43,6 ± 6,6	0,97	3,96	Muito Grande

W = trabalho mecânico;

Post-hoc entre as cadências: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Post-Hoc entre os tempos: ^{a,b,c} denotam diferenças entre si e com os demais intervalos.

Quando foi comparado o trabalho dentro de cada cadência (*post-hoc* para a cadência) ao longo do tempo, pode-se constatar diferenças significantes entre os três primeiros intervalos de 30 s (metade do teste) com posterior igualdade do trabalho no teste de 60-rpm, enquanto para os 100-rpm, existiu diferença significativa apenas entre os dois primeiros intervalos, ou seja, o primeiro minuto (Tabela 5). Isto denota uma queda na geração de trabalho/potência, mais acentuada no início do teste de 100-rpm, quando comparado ao 60-rpm.

4.5. COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS ENTRE AS CADÊNCIAS

Para realizar tais comparações, os valores obtidos em cada cadência foram agrupados e calculados como média do teste-reteste.

Nenhuma resposta fisiológica analisada apresentou diferença significativa entre as cadências ($p > 0,05$). A Tabela 6 apresenta os valores médios obtidos em cada cadência, assim como suas correlações. Todas as variáveis foram significativamente correlacionadas entre os testes realizados com cadências diferentes. As menores correlações observadas foram para o LAC_{pos} , LAC_{pico} e para o QR_{max} .

Com exceção do $\dot{V}O_{2pico}$, FC_{max} e do LAC_{final} todas as outras variáveis listadas na Tabela 6, foram significativamente maiores do que valores obtidos no teste incremental, quando comparadas pela ANOVA *oneway*.

Tabela 6. Valores médios \pm desvio padrão das variáveis fisiológicas máximas obtidas em cada cadência (média do teste-reteste), assim como o coeficiente de correlação. $n = 12$

	60-rpm	100-rpm	r
$\dot{V}O_{2pico}(mL.kg^{-1}.min^{-1})$	45,3 \pm 8,3	45,6 \pm 7,5	0,96**
$\dot{V}O_{2pico} (mL.min^{-1})$	3508 \pm 661	3539 \pm 653	0,95**
$\dot{V}CO_{2pico} (mL.min^{-1})$	4840 \pm 699	4997 \pm 722	0,95**
QR_{max}	1,38 \pm 0,10	1,42 \pm 0,09	0,76*
$VE_{max}(L.min^{-1})$	173 \pm 25	169 \pm 127	0,95**
$FC_{max}(bpm)$	184 \pm 9	185 \pm 8	0,88**
$LAC_{final}(mM)$	10,4 \pm 2,3	10,4 \pm 2,7	0,67*
$LAC_{pico}(mM)$	14,2 \pm 1,7	13,7 \pm 2,0	0,69*

* $p \leq 0,01$; ** $p < 0,0001$

As análises do ganho de $\dot{V}O_2$ demonstraram não haver diferenças significantes tanto para o ganho total, quanto para o ganho do componente lento (Tabela 7; Figura 6). Apenas uma correlação fraca ($r=0,61$), porém significativa ($p=0,03$) foi detectada entre o ganho total calculado para as duas cadências.

O ETM médio para o $\dot{V}O_{2pico}$ (obtidos nos 5 testes) foi de 129 \pm 17 $mL.min^{-1}$. A partir deste critério, também não foi encontrada diferença significativa no tempo de atingimento do $\dot{V}O_{2pico}$, entre as

duas cadências (100-rpm = $58,3 \pm 22,9$ s; 60 rpm = $51,3 \pm 18,5$ s; $p=0,41$).

Tabela 7. Valores médios \pm desvio padrão do ganho total de $\dot{V}O_2$, ganho associado ao componente lento (CL) e tempo para atingimento do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ para cada cadência, assim como os seus coeficientes de correlação. $n=12$

	60-rpm	100-rpm	p-valor	r
Ganho Total ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$)	$15,2 \pm 2,7$	$15,5 \pm 3,0$	0,65	0,61*
Ganho CL ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$)	$6,2 \pm 1,9$	$6,7 \pm 3,0$	0,56	0,29
Tempo para $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (s)	$58,3 \pm 22,9$	$51,3 \pm 18,5$	0,30	0,41

* $p<0,05$

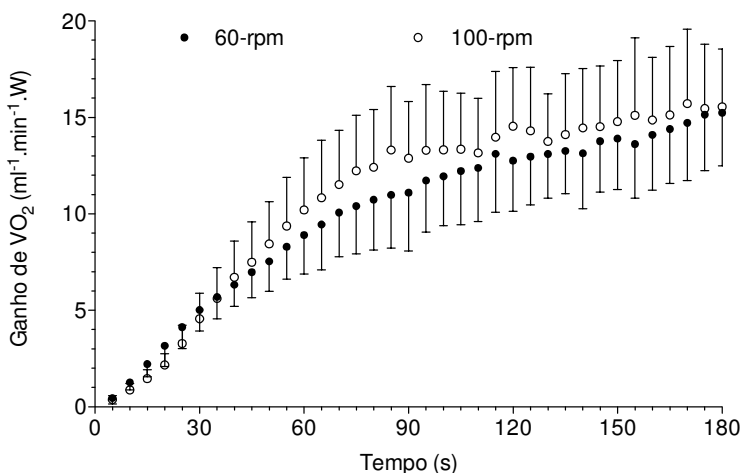


Figura 6. Ganhos de $\dot{V}O_2$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$) obtidos no teste máximo de 3-min. realizados com cadências de 60-rpm e 100-rpm. Os valores estão apresentados como médias de 5s.

Por meio de análise matemática da cinética do $\dot{V}O_2$, ajustados por uma equação mono-exponencial, pode-se observar na Tabela 8, que não houveram diferenças significantes entre a constante de tempo obtida nas duas cadências, assim como na assíntota (platô) da regressão. Por

outro lado, foram detectadas diferenças no $\dot{V}O_2$ de base, e consequentemente na amplitude da resposta.

Tabela 8. Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros obtidos por meio da análise da cinética do $\dot{V}O_2$ obtidas para cada cadência (média do teste-reteste), assim como os seus coeficientes de correlação. n=12

	60-rpm	100-rpm	r
$\dot{V}O_2$ base (mL.min ⁻¹)	989 \pm 143	1415 \pm 283*	0,71 [#]
A (mL.min ⁻¹)	2552 \pm 589	2069 \pm 611*	0,92 [#]
Tau (s)	20,8 \pm 5,4	19,3 \pm 6,1	0,77 [#]
Platô (mL.min ⁻¹)	3541 \pm 672	3485 \pm 699	0,97 [#]

$\dot{V}O_2$ base = consumo de oxigênio de base; A= amplitude da resposta; Tau= constante de tempo para atingir 63% da resposta total;* p<0,001; # p<0,01

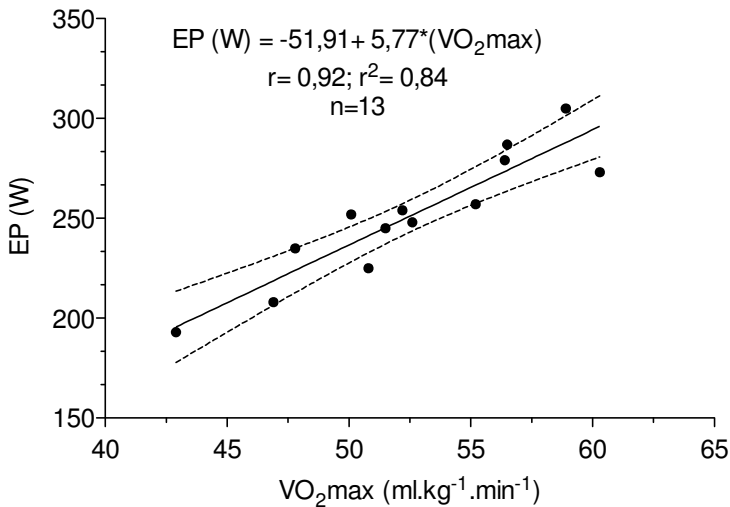


Figura 7. Modelo de regressão linear, obtido entre os valores médios referentes à potência final (EP) e ao $\dot{V}O_{2max}$, a partir dos resultados de 13 diferentes estudos conduzidos na literatura, utilizando o teste máximo de 3-min no modo linear.

Tabela 9. Magnitude dos parâmetros analisados no teste de 3-min encontrados pelos diferentes estudos publicados.

Referência Análise	Participantes	Ergômetro utilizado	Modo do ergômetro	Resistência	$P_{\max}^{\#}$ (W)	PP (W)	EP (W)	W_{EP} (kJ)
Burnley et al. (2006) Reprodutibilidade	11 Ativos $\dot{V}O_{2\max}$ = 55,2 ml/kg/min	Lode	Linear	50% Δ /Cpref ²	368W	764W	257W	14,3kJ
Vanhatalo et al. (2007a) Cad + <i>pacing</i>	9 Ativos $\dot{V}O_{2\max}$ = 52,2 ml/kg/min	Lode	Linear	50% Δ /Cpref ² 50% Δ /Cpref+10 ² 50% Δ /Cpref-10 ²	364W	C = 723W Cad+10 = 645W Cad-10 = 793W	C = 254W Cad+10 = 244W Cad-10 = 251W	C = 14,2kJ Cad+10 = 12,9kJ Cad-10 = 16,2kJ
Vanhatalo et al. (2007) Validade	10 Ativos $\dot{V}O_{2\max}$ = 56,5 ml/kg/min	Lode	Linear	50% Δ /Cpref ²	407W	758W	287W	15,0kJ
Vanhatalo et al. (2008) Sensibilidade	9 Ativos $\dot{V}O_{2\max}$ = 50,8 ml/kg/min	Lode	Linear	50% Δ /Cpref ²	346W	707W	225W	16,7kJ
Vanhatalo et al. (2010) Alcalose	8 Ativos $\dot{V}O_{2\max}$ = 52,6	Lode	Linear	50% Δ /Cpref ²	380W	765W	248W	18,2kJ

Vanhatalo e Jones (2009) <i>Sprint</i> prévio	7 Ativos $\dot{V}O_2\text{max} = 47,8$ ml/kg/min	Lode	Linear	$50\%\Delta/C\text{pref}^2$	357W	815W	235W	20,8kJ
Vanhatalo e Jones (2009) <i>Creatina</i>	7 Ativos $\dot{V}O_2\text{max} = 50,1$ ml/kg/min	Lode	Linear	$50\%\Delta/C\text{pref}^2$	374W	845W	252W	19,4kJ
Vanhatalo et al. (2011) <i>Comp. lento</i>	8 Ativos $\dot{V}O_2\text{max} = 51,5$ ml/kg/min	Lode	Linear	$50\%\Delta/C\text{pref}^2$	381W	824W	245W	18,9kJ
Johnson et al. (2012) <i>Reprodutibilidade</i>	11 Ativos $\dot{V}O_2\text{max} = 46,9$ ml/kg/min	Lode	Linear	$50\%\Delta/C\text{pref}^2$	252W	NR	206W	9,6kJ
Francis et al. (2011) <i>Validade Ciclistas</i>	14 Ciclistas treinados $\dot{V}O_2\text{max} = 60,3$ ml/kg/min	Ciclo-simulador Wind9202	Livre	<i>Wind Load</i>	288W**	~ 800W	273W	NR

McClave et al. (2011) Ciclistas	21 Ciclistas treinados $\dot{V}O_{2max}$ = 58,9 ml/kg/min	Ciclo- simulador Computrainer	Livre	Fixa no 50% Δ	386W*	738W	305W	NR
Barker et al. (2011) Adolescentes	8 jovens (14-15 anos) $\dot{V}O_{2max}$ = 48,3 ml/kg/min	Lode	Linear	50% Δ /Cpref ²	232W	492W	146W	10,6kJ
Simpson et al. (2012) Exercício prévio	7 Ativos $\dot{V}O_{2max}$ = 56,4 ml/kg/min	Lode	Linear	50% Δ /Cpref ²	392W	791W	279W	16,3kJ
Bergstrom et al. (2012) Uso da Monark	12 Ativos $\dot{V}O_{2max}$ = 42,9 ml/kg/min	Quinton Monark	Linear Mecânica	50% Δ /Cpref ² 3,5 e 4,5% MC	225W	NR	193W 3,5% = 173W 4,5% = 186W	10,9kJ 8,3kJ 9,8kJ
Sperlich et al. (2011) Validade Ciclistas	18 Ciclistas treinados $\dot{V}O_{2max}$ = 63,2 ml/kg/min	SRM	Isocinético	120-rpm	420W	980W	312W	NR

Presente estudo	14 Ativos					(60)=		(60)=
Reprodutibilidade no Isocinético	$\dot{V}O_2$ max = 45 ml/kg/min	Lode	Isocinético	60-rpm e 100-rpm	318W	688W (100)= 887W	(60)= 198W (100)= 161W	16,7kJ (100)= 16,8kJ

C= controle

C_{pref} = cadência preferida

Cad+10=

Cad-10=

* a potência foi determinada em protocolo incremental com estágio de 50W a cada 2 min.

** a potência foi determinada em protocolo incremental com aumento de 25W a cada 4 min.

potência máxima medida em teste de rampa, com taxas de aumento variando entre 20 e 30W.min⁻¹

5. DISCUSSÃO

5.1. REPRODUTIBILIDADE DOS PARÂMETROS MECÂNICOS DERIVADOS DO 3MT

Para nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo que analisou a reprodutibilidade do perfil da potência e também das respostas fisiológicas, durante o teste máximo de 3-min (3MT), utilizando o ciclismo isocinético em duas cadências diferentes. Em relação aos parâmetros mecânicos e também às respostas fisiológicas, nossos resultados demonstraram que o 3MT é robusto e reprodutível quando realizado nas cadências de 60- e 100-rpm. Os escores de reprodutibilidade foram similares entre as duas cadências, não confirmando assim uma das hipóteses, em que seria observado melhor reprodutibilidade para cadência de 60 rpm, comparado ao 100 rpm, como sugerido por Hopkins et al. (2001). Considerando os parâmetros mecânicos, em ambas as cadências, a PP e a W_{EP} apresentaram menores escores de reprodutibilidade absoluta (i.e. ETM) e relativa (i.e. ICC), quando comparadas à MP, EP e IF. Nossos resultados estão de acordo com Dekerle et al. (2006), que reportaram uma boa reprodutibilidade da EP e da MP, mas menor reprodutibilidade para o PP quando analisaram um teste *all-out* de 90s em ciclismo isocinético. Entretanto, neste estudo somente uma cadência foi utilizada (~93-rpm), a qual foi escolhida pelos sujeitos durante o teste incremental.

O 3MT foi originalmente proposto como um teste único, a fim de estimar a PC por meio da EP (BURNLEY et al. 2006; VANHATALO et al., 2007a). Desta forma, a reprodutibilidade da EP derivada do 3MT “convencional” foi investigada por dois diferentes estudos (BURNLEY et al., 2006; JOHNSON et al., 2012). Burnley et al. (2006) encontraram uma alta reprodutibilidade deste índice, com valores de ICC igual a 0,99, e ETM de 7W ou 3%. Estes resultados foram confirmados parcialmente pelo estudo recentemente publicado por Johnson et al. (2012), que encontraram ICC de 0,93 e ETM de 6,7% para a EP, usando o mesmo ergômetro e os mesmos procedimentos de Burnley et al. (2006). O presente estudo encontrou valores de reprodutibilidade da EP para ambas as cadências (ICC>0,9 e ETM< 6%) compatíveis com os estudos acima citados. Assim, nossos resultados suportam o uso do teste de ciclismo isocinético máximo para determinar a EP com boa confiança em cadências alta e baixa. Entretanto, é importante notar que a manipulação da cadência alterou significativamente os parâmetros mecânicos (Tabela 3, Figura 2),

especialmente a EP, sendo esta maior para a cadência de 60 rpm (Tabela 4). Este resultado está de acordo com os resultados encontrados por Carnevale e Gaesser (1991) e também Barker et al. (2006), que encontraram uma PC significativamente menor no 100 rpm comparado aos 60-rpm. Estes resultados serão discutidos de forma mais aprofundada posteriormente.

O modo isocinético de ciclismo tem sido comumente utilizado para mensurar a PP durante *sprints* máximos (*all-out*) com duração entre 6 e 30 s (BARON et al., 1999; DAVIES e SANDSTROM, 1989; JONES et al., 1985; McCARTNEY et al., 1985). Como demonstrado por diferentes estudos, a relação entre a velocidade de contração (designada pela cadência no ciclismo) e a potência gerada apresenta uma curva em forma de U-invertido, sendo que a cadência ótima para atingir a maior potência no ciclismo está situada entre 110 e 120-rpm (SARGEANT et al., 1981; ZOLADZ et al., 2000; SARGEANT, 2007). Considerando este índice, o presente estudo encontrou uma reprodutibilidade aceitável para ambas as cadências, dado que não houve diferença entre as médias do teste-reteste, e o ICC variou entre 0,80 e 0,84. O CV associado ao ETM variou entre 8,7 e 10% para os 60- e 100-rpm respectivamente (Tabela 2). Diferente dos achados de Dekerle et al. (2006), nossos resultados não apresentaram diferença entre as médias, tão pouco, erro sistemático (heterocedasticidade) para esta variável, entre o teste e o reteste. A familiarização dos sujeitos com o procedimento do *sprint* inicial pode explicar tal diferença entre os estudos. No presente estudo, os sujeitos foram familiarizados com o procedimento de dois *sprints* de 15s no modo isocinético. Estudos anteriores já haviam demonstrado que a PP apresenta boa reprodutibilidade após a realização de um primeiro teste de familiarização, especialmente durante a realização do Wingate (BAROR, 1987; BARFIELD et al., 2002; COLEMAN et al., 2005), mas também em testes de 6 s de duração (MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2007). Após o procedimento de familiarização, Coleman et al. (2005) encontraram ETM de 4,5% e ICC de 0,93, analisando ciclistas treinados durante o Wingate. Da mesma forma, Mendez-Villanueva et al. (2007) analisaram ciclistas treinados e encontraram baixa variação intra-individual (ETM < 3%) entre a PP medida durante *sprints* de 6s. Não foram encontrados estudos de reprodutibilidade da PP mensurada em ergômetro isocinético usando diferentes cadências. Da mesma forma, não foram encontradas informações sobre a reprodutibilidade deste índice nos estudos que analisaram o 3MT, tais como o estudo de Burnley et al. (2006) e Johnson et al. (2012). Por outro lado, a

magnitude da PP encontrada no presente estudo (100-rpm ~ 900W e 60-rpm ~ 700W) está de acordo com os achados de Dekerle et al. (2006) (93-rpm ~ 850W), assumindo a curva potência-velocidade (SARGEANT, 2007).

A MP, juntamente com o W_{total} do 3MT foram os índices que apresentaram melhor reprodutibilidade relativa (ICC= 0,97-0,98) e absoluta (ETM= 2,5-3%), para ambas as cadências. Novamente, estes índices não têm despertado interesse na análise de reprodutibilidade, nos estudos que previamente analisaram o 3MT tradicional. Por outro lado, Weinstein et al. (1998) relataram um ICC de 0,98 para a MP gerada no teste de Wingate, e Dekerle et al. (2006) encontraram ICC de 0,99 quando analisaram o teste de 90s. Desta forma, este parâmetro médio de performance parece ser altamente reprodutível independentemente da duração do teste *all-out*.

Poucos estudos têm reportado a reprodutibilidade da W_{EP} , tanto no modo tradicional como no modo isocinético dos testes máximos de 90s ou 3-min. Para nosso conhecimento, apenas o estudo de Johnson et al. (2011) relatou escores de reprodutibilidade deste índice, apresentando ICC de 0,87 e ETM de ~20%, quando realizado o 3MT no modo tradicional. Por outro lado, a presente investigação encontrou valores de ICC e ETM de 0,84 e ~8% para a cadência de 100 rpm e 0,79 e ~10% para os 60 rpm, respectivamente. Estes achados sugerem que o modo isocinético fornece uma medida mais robusta e confiável da W_{EP} , comparado ao modo linear.

Em relação ao IF, Vandewalle et al. (1987) sugeriram que este não apresenta boa confiabilidade quando obtido em testes de curta duração com característica anaeróbia. Nenhum estudo que analisou o 3MT convencional reportou a reprodutibilidade deste índice previamente. Entretanto, Dekerle et al. (2006) observaram uma excelente reprodutibilidade relativa (ICC=0,96) quando analisaram o teste *all-out* de 90s, no modo isocinético. No presente estudo, também foi observado uma boa reprodutibilidade do IF (Tabela 3), observados tanto pelas correlações teste-reteste (ICC entre 0,80 e 0,90) como pelo ETM expresso de forma percentual (2-4%). De forma complementar, no presente estudo, as curvas de potência foram modeladas a partir de um ajuste de decaimento mono-exponencial e forneceram o valor da constante de tempo do decaimento da potência (*tau*) que também apresentaram razoável confiabilidade para ambas as cadências (60-rpm: ICC= 0,94; ETM= 15,1% ; 100-rpm: ICC= 0,63; ETM= 11,9%). Assim, pode-se assumir a partir do presente estudo que o 3MT isocinético é

confiável para quantificar os diferentes parâmetros mecânicos derivados do teste, pelo menos dentro da faixa das cadências analisadas.

5.2. VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE DOS VALORES DE $\dot{V}O_2$ PICO NO 3MT

Um segundo objetivo do presente estudo foi determinar a reprodutibilidade e a validade do $\dot{V}O_2$ pico obtidos no 3MT isocinético. Os pares de valores de $\dot{V}O_2$ pico demonstraram ser altamente reprodutíveis (ICC > 0,95 e ETM < 4%) para ambas as cadências, confirmando uma das hipóteses do estudo. Uma limitação dos estudos que haviam analisado previamente a reprodutibilidade dos parâmetros obtidos no 3MT tradicional, foi não relatarem a reprodutibilidade dos valores de $\dot{V}O_2$ pico (BURNLEY et al., 2006; JOHNSON et al., 2012). Por outro lado, a análise da validade do $\dot{V}O_2$ pico obtido no 3MT, foi realizada em ambos os estudos acima citados, e também por Sperlich et al. (2011). Burnley et al (2006) observaram não haver diferença entre este índice funcional aeróbio quando comparados os valores obtidos no teste incremental com o 3MT. Além disto, os autores encontraram uma alta correlação entre os pares de valores ($r=0,96$) e relataram limites de concordância (intervalo de 95%) obtidos pela análise de Bland-Altman na magnitude de $\pm 500 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. No presente estudo, também não foram observadas diferenças entre os valores de $\dot{V}O_2$ pico obtidos no incremental comparado aos obtidos no 3MT em ambas as cadências, com valores de correlação de 0,99 e 0,97 para os 60 e 100 rpm respectivamente. Complementando esta informação, uma baixa variabilidade intra-individual foi observada, tanto pela análise de Bland-Altman (95%LC = $191 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e $\pm 330 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, para os 60 e 100 rpm respectivamente), como pelo ETM ($72 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ou 2% e $114 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ou 3,2%, para os 60 e 100 rpm respectivamente). Estes resultados contrastam com o observado pelo estudo de Sperlich et al. (2011). Embora estes autores também não tenham encontrado diferenças entre as médias, foi observada uma alta variabilidade intra-individual do $\dot{V}O_2$ pico quando comparado o teste incremental com o 3MT realizado no modo isocinético a 120-rpm, em ciclistas treinados. É interessante notar que este é o único estudo encontrado na literatura, conduzido até então com o 3MT no modo isocinético. Por meio da análise de concordância de Bland-Altman, estes autores encontraram 95%LC de \pm

1184 ml.min⁻¹ para o $\dot{V}O_{2pico}$, sugerindo que o 3MT não é válido para determinar o $\dot{V}O_{2pico}$ em ciclistas treinados.

Recentemente, Johnson et al. (2011) também verificaram a validade do 3MT tradicional para verificar o $\dot{V}O_{2max}$, e usaram assim um exercício de carga constante para verificação do verdadeiro valor do $\dot{V}O_{2max}$. Desta forma, os autores apresentam comparações de variabilidade da medida entre o “verdadeiro” $\dot{V}O_{2max}$ com aqueles obtidos no 3MT. Os autores relataram escores de confiabilidade entre estas medidas variando entre 0,94-0,97 para o ICC e 5,5-6,7% para o ETM, confirmando a boa confiabilidade do 3MT para determinar o $\dot{V}O_{2max}$. Desta forma, somente o estudo de Sperlich et al. (2011) apresentou evidências da falta de validade do 3MT para mensurar o $\dot{V}O_{2max}$. Esta divergência entre o referido estudo e os demais, incluindo o presente estudo, pode estar relacionada a fatores como a diferença de equipamentos utilizados, o modelo do teste e as características dos sujeitos analisados. De qualquer forma, até o presente momento existe um maior número de evidências que confirmam a validade do 3MT para medir o $\dot{V}O_{2max}$, do que a falta da mesma.

5.3. COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS MECÂNICOS E FISIOLÓGICOS ENTRE AS CADÊNCIAS

Um terceiro objetivo da presente investigação foi comparar as respostas mecânicas e fisiológicas do 3MT realizados com duas cadências diferentes, no modo isocinético. Dentro deste contexto, o principal resultado do presente estudo, foi que a EP parece ser cadência dependente, quando esta é obtida por meio do 3MT isocinético, confirmando mais uma das hipóteses do estudo. De fato, esta característica já havia sido demonstrada por estudos que analisaram a relação potência-tempo, a fim de identificar a PC por meio de cargas preditivas (CARNEVALE; GAESSER, 1991; HILL et al., 1995; BARKER et al., 2006). Assim, os resultados do presente estudo reforçam os achados de Carnevale e Gaesser (1991) e Barker et al. (2006), uma vez que os mesmos usaram cadências de 60- e 100-rpm no modelo tradicional de determinar a PC. Carnevale e Gaesser (1991) encontraram valores de PC ~15% superiores nos 60-rpm ($235 \pm 8W$), comparado aos 100-rpm ($204 \pm 11W$), enquanto Barker et al. (2006) encontraram valores ~ 10% superiores nos 60-rpm ($207 \pm 53W$),

comparado aos 100-rpm ($189 \pm 50W$). Entretanto, é importante ressaltar que neste último estudo, os autores verificaram a resposta do $\dot{V}O_2$ durante exercícios de carga constante nas respectivas cargas da PC e cadências, e observaram que existe um efeito compensatório da menor PC obtida nos 100 rpm em relação à maior frequência de movimento que conduz a valores similares entre as diferentes PC realizadas com as suas respectivas cadências. No presente estudo a EP obtida nas duas cadências apresentou diferença percentual ainda maior (22%) do que o encontrado pelos estudos acima citados. Entretanto, os valores da EP do presente estudo, foram significativamente correlacionados ($r=0,75$; $p=0,002$). Infelizmente, não verificamos as respostas fisiológicas em ambas as EP (e cadências) em exercícios de carga constante, como foi realizado por Barker et al. (2006).

Para nosso conhecimento, apenas um estudo manipulou o 3MT convencional, a fim de gerar impacto sobre a cadência do teste. Vanhatalo et al. (2007b) manipularam a resistência (fator linear) do 3MT a fim de verificar o impacto sobre as variáveis obtidas no teste. Como o modo linear do ergômetro Lode, utiliza a relação entre uma potência, dividida por uma cadência ao quadrado para o cálculo do fator de resistência, os autores calcularam três fatores de resistência, sendo um usando a cadência preferida, e os outros dois com 10 rpm abaixo e 10 rpm acima da cadência preferida, respectivamente. Quando a resistência foi reduzida a fim de induzir maior cadência durante o teste, a EP também foi significativamente reduzida ($244 \pm 41W$; -4%) comparada ao controle realizado com o fator da cadência preferida ($254 \pm 40W$). De fato, tanto a cadência pico (155 rpm vs 148 rpm) quanto a cadência final (95 rpm vs 88 rpm) foram significativamente maiores no teste o qual se obteve menor EP.

Uma das limitações do presente estudo foi não ter mensurado a PC por meio dos testes de cargas preditivas com as mesmas cadências, a fim de comparar ambos os modelos nos mesmos sujeitos, ou ainda ter determinado a EP utilizando o 3MT convencional. Assim, a magnitude da EP obtida no presente estudo, pode ser questionada em relação à sua validade em identificar a PC. Utilizando o modelo convencional do 3MT, Vanhatalo et al. (2007a) demonstraram a boa validade da EP a fim de identificar a PC ($287 \pm 55W$ e $287 \pm 56W$, respectivamente; $r=0,99$, $95\%LC = \pm 12W$). Entretanto, a validade da EP tem sido questionada por outros estudos mais recentes, especialmente em ciclistas treinados (FRANCIS et al., 2010; SPERLICH et al., 2011; McCLAVE et al., 2011). Em todos os estudos acima citados, foram utilizados

diferentes ergômetros para identificar a EP, assim como diferentes critérios para assumir a validade deste índice. Por exemplo, tanto no estudo de Francis et al. (2010), como no estudo de McClave et al. (2011), foram utilizados um ciclo-simulador acoplado à bicicleta do ciclista para realizar o 3MT, ao invés de ciclo-ergômetros em que se fixa uma resistência, enquanto no estudo de Sperlich et al. (2011) foi utilizado um ergômetro isocinético. McClave et al. (2011) verificaram o tempo de exaustão na EP e encontraram um tempo médio de 14,8 min, com variação entre 4,7 e 31,4 min. Comparando com o tempo de exaustão na PC obtido em outros estudos (variação de 18-60min), os autores assumiram a falta de validade na identificação da EP em ciclistas. Um achado interessante deste estudo foi a significativa correlação entre a diferença da PP para EP, com o tempo de sustentação na EP ($r=0,65$). Por outro lado, Sperlich et al. (2011) compararam a EP com a potência da MLSS, afim de determinar validade do primeiro. Uma alta correlação entre os dois índices foi encontrada ($r=0,93$), embora a EP ($312 \pm 45W$) tenha superestimado a MLSS ($258 \pm 32W$) também em ciclistas treinados. Além disto, foi observado um erro sistemático (heterocedasticidade) entre as duas variáveis, apontando para uma maior diferença entre elas, quanto maior a carga da MLSS, ou seja quanto maior a capacidade aeróbia dos sujeitos. Embora este resultado seja interessante, deve-se ter cautela para interpretá-los, dado que é amplamente conhecido que a MLSS determinada em exercício contínuo, não representa a mesma intensidade de exercício que a PC (PRINGLE e JONES, 2002; DEKERLE et al., 2003; DENADAI et al., 2005; DEKERLE et al. 2009; CARITÁ et al., 2009; DE LUCAS et al., 2012a). Além disso, os autores utilizaram o 3MT no modo isocinético com uma cadência de 120 rpm, cadência esta que pode ser questionada a qual PC corresponde, já que, tanto os resultados do presente estudo, como os estudos de Carnevale e Gaesser (1991) e Barker et al. (2006) apontam para diferenças entre a PC determinada com cadências diferentes. Assim, as diferenças encontradas entre os estudos podem ser explicadas em parte, pelos diferentes ergômetros (i.e. Lode versus SRM) utilizados nos estudos (Tabela 9).

Assumindo os resultados do presente estudo, pode-se supor que a cadência de 120 rpm usada no 3MT tende a produzir valores ainda menores do que o 100 rpm. Para nosso conhecimento, este é o único estudo que verificou a EP utilizando o modelo isocinético, e infelizmente faltam outros índices para uma comparação direta entre este e o presente estudo. Entretanto, a fim de gerar comparações diretas entre a EP obtida no estudo de Sperlich et al. (2011) e no presente

estudo, foi realizada uma regressão linear entre a média do $\dot{V}O_2\text{max}$ e a média da EP obtida em 13 diferentes estudos publicados na literatura com o modo linear do 3MT. Uma excelente correlação foi observada entre estas duas variáveis ($r= 0,91$; $r^2= 0,84$), gerando então uma equação ($EP= - 51,91 + 5,77*\dot{V}O_2\text{max}$) capaz de prever a EP média, a partir do valor médio do $\dot{V}O_2\text{max}$ da amostra. Surpreendentemente, a partir desta equação os valores da EP estimados para a amostra de Sperlich et al. (2011) correspondem exatamente ao valor encontrado pelos autores com a cadência de 120 rpm (313W pelo modelo e 312W reportado). Para nossa amostra, o valor predito pela equação foi de 212W, valor ainda maior do que os 198W de média observado para os 60 rpm, ou para os 161W obtido no 100 rpm. A partir desta análise, é possível supor que os dados da EP dos referidos autores, obtida por meio de um teste conduzido com uma maior cadência do que a nossa, produziu valores dentro do predito, caso tivesse sido utilizado o modo linear do 3MT. Por outro lado, nossos resultados demonstram que ambas as cadências utilizadas tenderam a subestimar a EP predita no modelo convencional. Assim, mais estudos são necessários para se entender melhor a relação entre o modelo isocinético do 3MT com o modelo linear.

Outro índice bastante estudado no 3MT é a área abaixo da curva potência e acima da EP, denominada de W_{EP} , que é um análogo da W' obtida na modelagem tradicional da PC (JONES et al., 2010). Vanhatalo et al. (2007b) demonstraram que a W_{EP} obtido no modo linear também é sensível às manipulações da cadência, no cálculo do fator de resistência. Desta forma, tanto a cadência máxima como a cadência final atingida nos testes, bem como a W_{EP} foram alteradas em consequência desta manipulação.

No presente estudo, a W_{EP} não foi alterada pela manipulação da cadência (60-rpm $\sim 16,6 \pm 4,4\text{kJ}$; 100-rpm $\sim 16,7 \pm 2,8\text{kJ}$; $p>0,05$), concordando com estudos que tinham previamente demonstrado este resultado, usando a modelagem tradicional de determinação da PC com cadências de 60- e 100-rpm (CARNEVALE; GAESSER, 1991; BARKER et al., 2006). Assim, estes resultados sugerem que embora exista diferença entre o perfil de potência gerada entre as cadências analisadas (Figura 2), a capacidade de trabalho acima da EP não é modificada.

O significado fisiológico da W_{EP} , ou W' na modelagem tradicional entre potência-tempo tem sido estudado por diferentes modelos de intervenção (MORITANI et al., 1981; MIURA et al., 2000;

VANHATALO e JONES, 2009) e se atribui a este índice a característica de representar uma reserva da capacidade anaeróbia. Inicialmente foi hipotetizado que este índice representasse um armazenamento finito de energia proveniente dos estoques de fosfagênicos, glicogênio e oximioglobina (MORITANI et al., 1981). Entretanto é cada vez mais aceito que a magnitude da W' pode ser determinada também pelo acúmulo (em limites críticos) de metabólitos indutores da fadiga, por exemplo, íons H^+ , fosfatos inorgânicos e K^+ extracelular (FITTS, 1994), enquanto a fosfocreatina (CrP) e o glicogênio são simultaneamente reduzidos (Jones et al., 2010). Por sua vez, estudos recentes têm sugerido que a depleção de CrP é mais importante do que a redução de glicogênio muscular na determinação da magnitude da W_{EP} durante o 3MT tradicional (VANHATALO e JONES, 2009; SIMPSON et al., 2012). Vanhatalo e Jones (2009) demonstraram que a realização de um *sprint* de 30s previamente (2min ou 15min) ao teste de 3-min gerou impacto sobre o W_{EP} apenas quando a recuperação dos fosfagênicos foi incompleta, ou seja, quando o 3MT foi realizado 2min após o *sprint*. Neste mesmo estudo, a EP não foi alterada com a realização do *sprint* prévio, sugerindo que mesmo com a magnitude alterada da W_{EP} no início do teste de 3-min, a PC não sobre impacto. Em outro estudo, Simpson et al. (2012) analisaram o efeito de exercícios prévios realizados nos diferentes domínios sobre o desempenho do 3MT. O modelo do estudo compreendeu exercícios prévios de 6min a 80% do GET (moderado), 6min nos 50% (pesado) e ainda dois exercícios no domínio severo (2 e 4min em uma carga que conduziria a exaustão em ~ 8min). A W_{EP} foi significativamente reduzida apenas nos dois modelos de exercício prévio no domínio severo, sugerindo que a W' somente foi utilizada nas condições de exercício prévio acima da PC. Além disso, em ambos os estudos acima citados, o W_{total} também foi significativamente reduzido nas mesmas condições de exercício prévio (redução média de 10%). No presente estudo, embora a W_{EP} não tenha sido significativamente alterada pela manipulação da cadência no 3MT, foi observada uma redução significativa (15%) na produção de trabalho total quando o 3MT foi conduzido a 100-rpm. De qualquer forma, a W_{EP} obtida no modelo isocinético do 3MT parece independer da cadência escolhida.

Por outro lado, no modelo do presente estudo, foi verificada uma maior PP nos 100-rpm comparado ao 60-rpm. Este resultado era esperado, visto que em função da relação potência-velocidade, a cadência de 100 rpm esta mais próxima da cadência ótima (~110-120 rpm) para atingir a maior PP (SARGEANT, 1994, SARGEANT, 2007),

do que os 60 rpm. Na teoria, os testes *all-out*, não permitem estratégias de ritmo (*pacing*), ou seja, deve-se aplicar a máxima potência/torque desde os primeiros segundos e permanecer se exercitando ao máximo durante o decorrer do teste. Recentemente, Wittekind et al. (2011) questionaram a possibilidade de existir estratégias de *pacing* durante esforços *all-out* com durações superiores à poucos segundos. Os autores levantaram a hipótese de que possa existir uma tele-antecipação, comandada pelo sistema nervoso central, o qual induz o sujeito a não aplicar a máxima potência quando se conhece a duração do teste e por sua vez, maior seria a estratégia de dosar o esforço, quanto maior a duração. Para verificar esta hipótese, os autores analisaram o perfil da potência gerada (com especial atenção à PP) em 4 testes *all-out*, com durações de 5s, 15s, 30s e 45s. Os testes foram conduzidos em um cicloergômetro de frenagem mecânica (i.e. Monark) com a carga equivalente a 7,5% da massa corporal, a mesma utilizada no teste de Wingate. De fato, os autores confirmaram a hipótese, uma vez que a PP foi significativamente maior nos testes com durações de 5 e 15s (~1021W e 1004W, respectivamente), comparado aos testes com maior duração (30s ~ 961W; 45s ~ 902W). Assim, os autores concluíram que existe uma estratégia de *pacing* nos testes com duração superior à 15s, questionando assim, a real característica *all-out* dos testes com duração superior a esta e conseqüentemente a validade da PP. Para o teste com duração de 3-min (i.e. 3MT), o qual se baseia no esgotamento da capacidade anaeróbia, este fato pode ter uma importante implicação. Entretanto, não podemos desconsiderar que o modo em que o teste é conduzido possa ter alguma interferência nos resultados encontrados por Wittekind et al. (2011), haja visto que nos testes conduzidos no “modo” Wingate, a PP é diretamente relacionado à cadência máxima atingida (i.e. aceleração inicial), enquanto no modo isocinético de ciclismo, a PP é dependente do torque aplicado para uma cadência fixa, sem necessariamente ser alterada pela aceleração inicial (BARON et al. 1999; PATON e HOPKINS, 2001). Por outro lado, quando o 3MT é conduzido no modo linear (cadência dependente), a carga imposta neste modo é equivalente a 4,5% da massa corporal, como demonstrado recentemente por Bergstrom et al. (2012), ao invés dos 7,5% utilizado por Wittekind et al. (2011). Estas diferenças na carga imposta ao *sprint* também pode ter alguma consequência no resultado do referido estudo. De qualquer forma, a possibilidade de existir ou não uma estratégia antecipatória na distribuição da potência deve ser melhor investigada, afim de entender o possível impacto sobre a validade da EP nos diferentes modos em que o 3MT pode ser conduzido.

Por outro lado, a relação entre a cadência, a PP e a fadiga têm sido alvo de diversos estudos com ciclismo isocinético (McCARTNEY et al., 1983; JONES et al., 1985; BEELEN e SARGEANT, 1991; SARGEANT, 1994; ZOLADZ et al., 2000; TOMAS et al., 2010). McCartney et al. (1983) conduziram um dos estudos pioneiros a demonstrar que a PP e a IF aumentam durante testes máximos de 30 s, conforme se aumenta a cadência (60 rpm, 100 rpm e 140 rpm). Da mesma forma, Beelen e Sargeant (1991) encontraram maior PP e IF para a cadência de 120 rpm comparado a 60 rpm. Desta forma, estes estudos têm demonstrado que a fadiga ocorre mais rapidamente nas maiores cadências durante testes máximos de 30s, fato também observado no presente estudo. O IF para os 100 rpm e 60 rpm, foram de ~ 80 e 70% respectivamente. Adicionalmente, foi calculado o *tau* de decaimento por meio de uma regressão não linear, obtendo valores médios de ~ 26s para os 100 rpm e o dobro para os 60 rpm (~ 52s). Além disto, uma análise realizada a partir do trabalho realizado a cada intervalo de 30s demonstrou não existir diferença entre as cadências no trabalho realizado durante os primeiros 30s, porém a partir deste período até os 120s a produção de trabalho foi estatisticamente menor nos 100 rpm em cada um dos intervalos de 30s. No último minuto do teste (intervalos 120-150 e 150-180s) novamente não foram identificadas diferenças entre o trabalho realizado em ambas as cadências. Por outro lado, quando se analisou o efeito dentro de cada cadência, observou-se um redução significativa do trabalho entre os dois primeiros intervalos (i.e. 0-30 e 30-60s) no 3MT realizado a 100 rpm, sendo que a partir de 1 min do teste, o trabalho passou a ser estatisticamente igual. Esta mesma análise nos 60 rpm mostrou que o trabalho passou a ser igual somente a partir dos 90s, demonstrando um maior decaimento na produção do trabalho.

Os mecanismos envolvidos na maior fadiga associada à maior cadência nos testes *all-out* têm sido investigados por diferentes abordagens (BUNDLE et al., 2006; CAIRNS et al., 2005; FARINA et al., 2004; SAMOZINO et al., 2007; TOMAS et al., 2010; ZOLADZ et al., 2000). Em interessante modelo de estudo, Tomas et al. (2010) analisaram dois testes isocinéticos de 30s, a fim de responder as seguintes questões: 1) a maior fadiga observada nos estudos acima citados foi influenciada pela maior potência pico inicial? 2) esta maior fadiga está associada com a cadência por si só, ou com a velocidade linear do pedal (produto do tamanho do pedivela e da cadência) também? Segundo os autores, a cadência (velocidade de pedalada) por si só, limita o tempo disponível para a excitação e relaxamento muscular,

enquanto a velocidade linear do pedal está relacionada com a velocidade de encurtamento do músculo. Assim, os autores delinearão um modelo de estudo em que se manipulou o tamanho do pedivela (120 e 220 mm) e, conseqüentemente, ambas a cadência e a velocidade do pedal, afim de dissociar os fatores de velocidade da pedalada e do pedal, durante um teste de 30s no modo isocinético. Desta forma, os sujeitos produziam uma mesma PP, com diferentes cadências e velocidades de pedal. O principal achado deste estudo foi a maior relação entre a fadiga com a cadência do que da fadiga com a velocidade linear do pedal, sugerindo que o tempo disponível para a excitação e o relaxamento muscular é o principal fator associado à fadiga observada quando se pedala com cadências maiores, conduzindo a um maior número de contrações. Portanto, o maior número de rotações atribuído à maior cadência, para mesma unidade de tempo, pode ser o principal responsável pelo maior IF observado (TOMAS et al., 2010). No modelo do presente estudo, a cadência de 100 rpm (1,66 Hz) acumulou 298 rotações do pedal, contra 180 rotações acumuladas no teste realizado a 60 rpm (1Hz). Assim, pedalando a 100 rpm, um ciclo completo ocorria a cada 0,6s, sendo aproximadamente 0,3s para cada fase da pedalada. Já na cadência de 60 rpm, cada ciclo ocorria em 1s, sendo aproximadamente 0,5s para cada fase. Este aumento de 60% no tempo para cada contração observada na menor cadência pode explicar em parte, a menor fadiga atribuída a esta cadência (TOMAS et al., 2010).

Os mecanismos celulares envolvidos na fadiga durante exercícios máximos são complexos e multifatoriais (McKENNA e HARGREAVES, 2008; FITTS, 2008; DEBOLD, 2012). Do ponto de vista molecular, as elevadas concentrações intramusculares de metabólitos (e.g. lactato, Pi) e íons (e.g. H⁺ e Ca²⁺) em conjunto com reduções no conteúdo de ATP e CrP, parecem interferir na atividade enzimática muscular, na liberação e reabsorção de Ca²⁺ pelo retículo sarcoplasmático, e também na excitabilidade da membrana celular (McKENNA, 1992; ALLEN e WESTERBLAD, 2001; ALLEN et al., 2008; DEBOLD, 2012). Entretanto é importante ressaltar que a maior parte dos estudos citados, foram conduzidos por meio de análises de músculo(s) isolado(s), fato que isola apenas o efeito da fadiga periférica (ALLEN et al., 2008), mas por outro lado dificulta a interpretação para os diferentes tipos de exercícios, considerando diferentes durações e intensidades. Dentre os principais mecanismos envolvidos na fadiga durante exercícios de alta intensidade, pode-se destacar o papel do íon Ca²⁺ extra- e intra-mitochondrial (SZABADKAI e DUCHEN, 2008). Enquanto o Ca²⁺ apresenta uma função imprescindível no processo de

contração muscular no momento em que é liberado do retículo sarcoplasmático, o mesmo necessita ser reabsorvido novamente para dentro do retículo sarcoplasmático, a fim de promover o relaxamento da fibra muscular. Quando isto não ocorre, seja em função de patologias ou do exercício de alta intensidade, o Ca^{2+} acumulado no citosol celular passa a ser “tamponado” pela mitocôndria (WERTH e THAYER, 1994; SZABADKAI e DUCHEN, 2008), fato este que pode causar um processo de “intoxicação” prejudicando o fornecimento energético oxidativo, ou até mesmo causando a morte celular (DUCHEN, 2000).

No contexto do presente estudo, pode-se especular que em função do menor tempo disponível para a processo contração-relaxamento envolvido no 3MT realizado com cadência de 100 rpm, um maior acúmulo de Ca^{2+} pode ter ocorrido na fase inicial do teste, explicando em parte a maior fadiga envolvida nesta cadência, assim como, considerando o tamponamento mitocondrial de Ca^{2+} , uma menor geração de potência associada ao metabolismo aeróbio (i.e. menor EP). Esta possível perda de eficiência energética aeróbia, ocorrida durante exercícios de alta intensidade, têm sido associada a um maior consumo de O_2 muscular, levando a um $\dot{V}\text{O}_2$ pulmonar aumentado, fato que têm-se denominado de “imagem espelho” do componente lento do $\dot{V}\text{O}_2$ (JONES et al., 2011). Este $\dot{V}\text{O}_2$ aumentado estaria principalmente relacionado ao processo de “recuperação” celular, incluindo o restabelecimento da capacidade depotencial de ação relacionado à bomba Na^+/K^+ , e também ao bombeamento de Ca^{2+} para o retículo sarcoplasmático (VANHATALO et al., 2011; JONES et al., 2011). Estes mecanismos têm desafiado a visão clássica dos mecanismos envolvidos no componente lento do $\dot{V}\text{O}_2$, que foi atribuído por alguns anos principalmente ao recrutamento adicional de fibras durante o decorrer de exercícios no domínio pesado e severo (CANNON et al., 2011; JONES et al., 2010). De fato, este possível mecanismo foi primeiramente demonstrado pelos estudos de Zoladz et al. (2008) e Hepple et al. (2010), os quais demonstraram a partir de um modelo de estudo utilizando fibras isoladas de cães e rãs respectivamente, que partir de estimulação elétrica com intuito de manter um consumo de O_2 máximo da fibra, existia uma perda gradual de tensão muscular. Recentemente, Vanhatalo et al. (2011) verificaram um efeito similar analisando o ganho de O_2 durante o 3MT realizado no modelo tradicional. Os autores encontraram o atingimento (e posterior manutenção) do $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ após ~72s, enquanto a potência continuava a

decair. A partir dos cálculos do ganho de $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_{2max} - \dot{V}O_{2base}$ /potência-potência de base), os autores encontraram um ganho atribuído ao “componente lento”, na magnitude de $4,2 \pm 2,2 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$. No presente estudo, este mesmo cálculo foi realizado para cada cadência, e encontramos valores de $6,2 \pm 1,9 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$ para o 60 rpm e $6,7 \pm 3,0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$ para o 100 rpm ($p>0,05$). O tempo de atingimento do $\dot{V}O_{2pico}$, também não apresentou diferença entre os dois modelos de cadência utilizados, porém foram substancialmente menores ($\sim 58\text{s}$ e 51s para os 60 e 100 rpm respectivamente), do que o estudo de Vanhatalo et al. (2011). Da mesma forma o ganho total encontrado no presente estudo para ambas as cadências ($\sim 15 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$) foi maior do que o relatado pelo estudo dos referidos autores ($\sim 12 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$). Estes resultados apontam para um custo ainda maior de O_2 , no modelo de teste 3MT isocinético, comparado ao 3MT convencional, embora não possa ser descartada as diferenças entre as amostras. Os mecanismos envolvidos nestas possíveis diferenças entre os testes merecem mais investigações futuras. De fato, a análise conjunta da resposta do $\dot{V}O_2$ e da potência produzida no 3MT, pode contribuir no entendimento da complexa integração entre os sistemas energéticos e também no recrutamento de tipos de fibras musculares, como sugerido por Sargeant (2007).

Por outro lado, a resposta do $\dot{V}O_2$ durante exercícios com características *all-out* também vêm merecendo atenção de diferentes estudos (TOMAS et al., 2005; WILLIAMS et al., 2006; BRICKLEY et al., 2007; VANHATALO et al., 2008; VANHATALO et al., 2009; HANON e TOMAS, 2011). Recentemente, Tomas et al. (2005) e Hanon & Tomas (2011) verificaram que em corridas de 400m, 800m e 1500m, o $\dot{V}O_2$ tende a diminuir após a metade da prova, mesmo com velocidades mantidas ainda acima da $i\dot{V}O_2$. É importante ressaltar que especialmente nas provas de 400m e 800m, os atletas iniciam a prova com características similares ao modelo *all-out* de exercício, dado que nos primeiros 100-200m os atletas atingem a velocidade pico e posteriormente ocorre uma redução da velocidade de corrida (TOMAS et al., 2005). Os autores especularam que o processo de fadiga, associada à acidose metabólica, pode ter prejudicado a respiração mitocondrial, ocasionando assim a redução na velocidade de corrida e consequentemente no $\dot{V}O_2$. Este comportamento não têm sido relatado nos estudos que analisaram o 3MT previamente (BURNLEY et al., 2006; VANHATALO et al., 2007b; VANHATALO e JONES, 2009),

assim como no presente estudo, os quais encontraram manutenção do $\dot{V}O_2$ após o atingimento do valor máximo.

Desta forma, no presente estudo, a resposta do $\dot{V}O_2$ foi modelada por meio de uma função mono-exponencial, seguindo os mesmos procedimentos adotados pelos estudos de Vanhatalo et al. (2007b) e Vanhatalo e Jones (2009), afim de caracterizar e comparar a constante de tempo (*tau*) entre as duas cadências. Não foram encontradas diferenças no valor do *tau* entre as duas cadências analisadas, sugerindo que a resposta temporal do $\dot{V}O_2$ pulmonar independe da cadência escolhida para o 3MT, mesmo com o $\dot{V}O_2$ de base sendo significativamente superior na condição de 100 rpm (Tabela 8). A constante de tempo na ordem de ~ 20s foi observada no presente estudo, enquanto Vanhatalo et al. (2007b) haviam verificado um valor de ~23s no 3MT convencional. Neste mesmo estudo, não foram verificadas diferenças significantes quando foi manipulado o perfil da cadência durante os testes, corroborando em parte os resultados do presente estudo. Entretanto, ainda neste mesmo estudo, os autores encontraram um valor do *tau* (~ 33s) significativamente maior, quando os primeiros 30s de dois 3MT foram realizados com cargas constantes (*pacing*) referentes a 100% e 130% da potência aeróbia máxima, respectivamente.

Por outro lado, Vanhatalo e Jones (2009) encontraram aceleração da cinética do $\dot{V}O_2$, quando foi realizado um *sprint* de 30s previamente ao 3MT. Os autores relataram valores médios de *tau* na ordem de 18s para a situação controle, 11s quando *sprint* foi realizado 2 min antes do 3MT ($p < 0,05$) e 16s quando o *sprint* foi realizado 15 min antes ($p > 0,05$). Assim, os autores sugerem que a depleção e conseqüentemente a reposição parcial de CrP muscular no início do teste precedido pelo *sprint* (apenas 2 min antes) pode ser responsável pela cinética de $\dot{V}O_2$ mais rápida observada no estudo (ROSSITER et al., 2002). Desta forma, a constante de tempo da resposta do $\dot{V}O_2$ frente ao 3MT parece variar dependendo da condição imposta ao teste, sendo que na situação padrão do teste (*all-out* desde o início), o *tau* parece apresentar valores próximo a 20s.

Em relação às demais respostas fisiológicas mensuradas no presente estudo, também não foram encontradas diferenças significantes entre as cadências e as mesmas foram significativamente correlacionadas (Tabela 6). Os valores médios de lactato sanguíneo obtidos ao final do 3MT tanto para a cadência de 60 rpm ($10,4 \pm 2,3$ mM), quanto para o

100 rpm ($10,4 \pm 2,7$ mM), não foram significativamente diferentes do que o encontrado no final do teste incremental ($9,4 \pm 2,5$ mM). Quando comparados aos valores relatados na literatura, estes valores do 3MT foram similares aos encontrados por Burnley et al. (2006; $11 \pm 2,0$ mM), Vanhatalo et al. (2007a; $10,2 \pm 2,2$ mM) e Vanhatalo et al. (2009; $9,7 \pm 1,9$ mM). Assim, o modo em que o 3MT é realizado (linear versus isocinético), parece não modificar os valores do LAC_{final} . Por outro lado, o LAC_{pico} que foi obtido após 5 min ao término do teste, apresentou valores significativamente maiores (Tabela 6) comparados ao teste incremental, e também com o LAC_{final} . Para nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que relatou valores de LAC_{pico} , ao invés somente do LAC_{final} .

Todos os outros parâmetros cardiorrespiratórios analisados, com exceção do $\dot{V}O_{2pico}$ e da FC_{max} , também atingiram valores máximos significativamente maiores no 3MT comparado aos obtidos no teste incremental (Tabela 1; Tabela 6). Especial atenção deve ser dada à $\dot{V}E$ pulmonar máxima, assim como à produção de CO_2 máxima (e consequentemente o QR_{max}), que em função da alta demanda energética durante todo o teste, refletem bem o estresse induzido ao metabolismo neste tipo de teste. A partir deste contexto, sugere-se cautela quanto ao uso deste teste para avaliar pessoas com potencial comprometimento cardiorrespiratório.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que o tanto o perfil de potência, como o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtidos no 3MT isocinético são altamente reprodutíveis, nas cadências de 60 e 100 rpm.

A resposta da cinética do $\dot{V}O_2$ diante do 3MT, assim como o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtido no 3MT parecem não serem alterados em função da cadência utilizada. Além disto, o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtido no 3MT fornece uma medida válida do $\dot{V}O_{2\text{max}}$ obtido no teste incremental.

O W_{EP} foi a única variável em que não foi modificada em função da cadência utilizada no 3MT isocinético. Enquanto a PP e o IF foram maiores no teste conduzido a 100rpm, a MP, W_{total} e EP foram maiores no 60 rpm. Mais pesquisas são necessárias para determinar a validade e, conseqüentemente, o significado fisiológico, em especial da EP e do W_{EP} , obtidos em diferentes cadências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, D.G.; WESTERBLAD, H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. **Journal of Physiology**, v.536, p.657–665, 2001.

ALLEN, D.G.; LAMB, G.D.; WESTERBLAD, H. Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. **Physiological Reviews**, v.88, p.287–332, 2008.

ATKINSON, G.; NEVILL, A.M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. **Sports Medicine**, v.26, n.4, p.217-238, 1998.

BARKER, T.; POOLE, D.C.; NOBLE, L.M.; BARSTOW, T.J. Human critical power–oxygen uptake relationship at different pedalling frequencies. **Experimental Physiology**, 91, 621–632, 2006.

BARFIELD, J.P; SELLS, P. D.; ROWE, D. A.; HANNIGAN-DOWNS, K. Practice Effect of the Wingate Anaerobic Test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.16, n.3, p.472-473, 2002.

BARON, R.; BACH, N.; PETCHNIG, R.; TSCHAN, H.; SMEKAL, G.; POKAN, R. Measurement of maximal power output in isokinetic and non-isokinetic cycling. A comparison of two methods. **International Journal of Sports Medicine**, v.20, p.532-537, 1999.

BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test: an update on methodology, reliability and validity. **Sports Medicine**. v.4, p.381-394, 1987.

BEAVER, W.L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **Journal of Applied Physiology**, v.60, p.2020–2027, 1986.

BEELEN, A.; SARGEANT, A.J. Effect of fatigue on maximal power output at different contraction velocities in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.71, p.2332–2337, 1991.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.28, p.241-246, 1996.

BENEKE, R.; POLLMANN, C. ; BLEIF, I ; LEITHAUSER, R.M.; HUTLER, M. How anaerobic is the Wingate anaerobic test for humans? **European Journal of Applied Physiology**, v.87, p.388–392, 2002.

BERGSTROM, H.C.; HOUSH, T.J.; ZUNIGA, J.M.; CAMIC, C.L.; TRAYLOR, D.A.; SCHMIDT, R.J.; JOHNSON, G.O. A new single work bout test ton estimate critical power and anaerobic work capacity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.26, p.3, p.656–663, 2012.

BIGLAND, B; LIPOLD, C.J. The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles. **Journal of Physiology**, v. 123, p. 214-224, 1954.

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, i., p.307-310,1986.

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Measuring agreement in method comparison studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v.8, n.2, p.135-160,1999.

BRICKLEY G, DOUST J, WILLIAMS CA. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **European Journal of Applied Physiology**. v.88, p.146-151, 2002.

BRICKLEY, G.; DEKERLE, J.; HAMMOND, A.J.; PRINGLE, J.; CARTER, H. Assessment of maximal aerobic power and critical power in a single 90-s isokinetic all-out cycling test. **International Journal of Sports Medicine** v.28, p.414-419, 2007.

BRUTON, A.; CONWAY, J.H.; HOLGATE, S.T. Reliability: what is it, and how is it measured? **Physioterapy**. v.86, n.2, p.94-99, 2000.

BULL AJ, HOUSH TI, JOHNSON GO, PERRY SR. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, p.526-30, 2000.

BUNDLE, M.W.; ERNST, C.L.; BELLIZZI, M.J.; WRIGHT, S.; WEYAND. P.G. A metabolic basis for impaired muscle force

production and neuromuscular compensation during sprint cycling. **American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology** v.291, p.R1457–R1464, 2006.

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

CAIRNS, S.P.; KNICKER, A.J.; THOMPSON, M.W.; SJØGAARD, G. Evaluation of models used to study neuromuscular fatigue. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.33, n.1, p.9–16, 2005.

CANNON, D.T.; WHITE, A.C.; ANDRIANO, M.F.; KOLKHORST, F.W.; ROSSITER, H.B. Skeletal muscle fatigue precedes the slow component of oxygen uptake kinetics during exercise in humans. **Journal of Physiology**, v.589, p.727–39, 2011.

CASPERSEN, C.J.; PEREIRA, M.A.; CURRAN, K.M. Changes in physical activity patterns in the United States, by sex and cross-sectional age. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, n. 9, p.1601-1609, 2000.

CAREY, D.G.; RICHARDSON, M.T. Can aerobic and anaerobic power be measured in a 60-second maximal test? **Journal of Sports Science and Medicine** v.2, p.151-157, 2003.

CARTER, H.; DEKERLE, J.; BRICKLEY, G.; WILLIAMS, C.A. Physiological responses to 90 s all out isokinetic sprint cycling in boys and men. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.4, p.437-445, 2005.

CAPUTO, F. **Determinação da maior intensidade de esforço onde o consumo máximo de oxigênio é atingido durante o ciclismo: influência do estado e especificidade do treinamento aeróbico**. Tese (Doutorado em Ciências da Motricidade Humana), Rio Claro (SP): Universidade Estadual Paulista, 2006.

CAPUTO, F.; DENADAI, B.S. The highest intensity and the shortest duration permitting attainment of maximal oxygen uptake during

cycling: effects of different methods and aerobic fitness level. **European Journal of Applied Physiology**, v.103, p.47–57, 2008.

CARITÁ, R.A.C.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Máxima fase estável de lactato e potência crítica em ciclistas bem treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.15, p.370-373, 2009.

CARNEVALE, T.J.; GAESSER, G.A. Effects of pedalling speed on the power-duration relationship for high-intensity exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v.23, p.242-246, 1991.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 567 p, 1988.

COLEMAN, D. A.; WILES, J. D.; NUNN, M.; SMITH, M. F. Reliability of sprint test indices in well-trained cyclists. **International Journal of Sports Medicine**. v.26, n.5, p.383-387, 2005.

CURRIER DP. **Elements of Research in Physical Therapy** (3^a ed.). Baltimore: Williams and Wilkins; 330 p., 1990.

DAVIES, C.T.M.; SANDSTROM, E.R. Maximal mechanical power output and capacity of cyclists and young adults. **European Journal of Applied Physiology**, v.58, p.838-844, 1989.

DEBOLD, E. P. Recent Insights into the Molecular Basis of Muscular Fatigue. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v.44, n.8, p.1440–1452, 2012.

DEKERLE, J.; BARON, B; DUPONT, L; VANVELCENAHER, J; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **European Journal of Applied Physiology**, v.89, p. 281-288, 2003.

DEKERLE, J.; HAMMOND, A.; BRICKLEY, G.; PRINGLE, J.; CARTER, H. Reproducibility of variables derived from a 90 s all-out effort isokinetic cycling test. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v.46, p.388-394, 2006.

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

DEKERLE, J.; WILLIAMS, C.; McGAWLEY, K. CARTER, H. Critical power is not attained at the end of an isokinetic 90-second all-out test in children. **Journal of Sports Sciences**, v.27, n.4, p.379-385, 2009.

DENADAI, BS; GOMIDE, E.B.G; GRECCO, CC. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. **Journal of Strength Conditioning Research**, v.19, p.364–368, 2005.

DENADAI, B.S.; RUAS, V.D.A.; FIGUEIRA, T.R. Maximal lactate steady state concentration independent of pedal cadence in active individuals. **European Journal of Applied Physiology**, v.96, p.477-480, 2006.

DE LUCAS, R.D.; CAPUTO, F.; MANCINI, E.C.; DENADAI, B.S. The validity of critical speed determined from track cycling for identification of the maximal lactate steady state. **Biology of Sports**. v.19, p.239-249, 2002.

DE LUCAS, R.D; DITTRICH, N.; JUNIOR, R.B.; DE SOUZA, K. M.; GUGLIELMO, L. G. A. Is the critical running speed related to the intermittent maximal lactate steady state? **Journal of Sports Science and Medicine** v.11, p.89-94, 2012a.

DE LUCAS, R.D; DE SOUZA, K. M.; COSTA, V.P.; GROSSL, T.; GUGLIELMO, L. G. A. Time to exhaustion at and above critical power in trained cyclists: the relationship between heavy and severe intensity domains. **Science & Sports** *in press*, 2012b.

DI PRAMPERO, P.E. The concept of critical velocity: a brief analysis. **European Journal of Applied Physiology** v.80, p.62–164, 1999.

DUCHEN, M.R. Mitochondria and calcium: from cell signalling to cell death. **Journal of Physiology** v.529,n.1, p.57-68, 2000.

GASTIN, P.B.; COSTILL, D.L.; LAWSON, D.L.; KRZEMINSKI, K.; MCCONELL, G.K. Accumulated oxygen deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.27,n.2, p.255-263, 1995.

GASTIN, P.B.; LAWSON, D.L. Variable Resistance to all-out test to Generate Accumulated Oxygen Deficit and Predict Anaerobic Capacity. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v.69, n.4, p.331-336, 1994.

GAESSER, G.A.; POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Science Review**, v.24, p.35-71, 1996.

FARINA, D.; MACALUSO, A.; FERGUSON, R.A.; DE VITO, G. Effect of power, pedal rate, and force on average muscle fiber conduction velocity during cycling. **Journal of Applied Physiology**, v.97, p.2035-2041, 2004.

FENN, W. O.; MARSH, B.S. Muscular force at different speeds of shortening. **Journal of Physiology**, v.85, p.277-297,1935.

FITTS, R.H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v.74, p.49-94, 1994.

FITTS, R.H. The cross-bridge cycle and skeletal muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v.104, p.551-558, 2008.

FRANCIS, J.T.; QUINN, T.J.; AMANN, M.; LAROCHE, D.P. Defining intensity domains from the end power of a 3-min all-out cycling test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.42, n.9, p.1769-1775, 2010.

FRANCHINI, E. Teste anaeróbio de Wingate: conceitos e aplicação. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v.1, n.1, p.11-27, 2002.

HANON, C.; THOMAS, C. Effects of optimal pacing strategies for 400-800-, and 1500-m races on the VO_2 response. **Journal of Sports Sciences**, v.29, n.9, p. 905-912, 2011.

HEPPLE, R.T.; HOWLETT, R.A.; KINDIG, C.A.; STARY, C.M.; HOGAN, M.C. The O₂ cost of the tension-time integral in isolated single myocytes during fatigue. **American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.298, p.R983–988, 2010.

HILL A.V. **Muscular Movement in Man**. New York: McGraw-Hill;104 p., 1927.

HILL A.V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. **Proceedings of Royal Society of London, Series B: Biological Sciences**, v.126:136–95, 1938.

HILL, D.W. The critical power concept. **Sports Medicine**, v.16, p.237–254,1993.

HILL, D.W.; SMITH, J.C.; LEUSCHEL, J.L.; CHASTEEN, S.D.; MILLER, S.A. Effect of pedal cadence on parameters of the hyperbolic power-time relationship. **International Journal of Sports Medicine**, v.16, p.82-87, 1995.

HILL, D.W.; FERGUSON, S. A physiological description of critical velocity. **European Journal of Applied Physiology**, v.79, p.290-293, 1999.

HILL, D.W.; POOLE, D.C.; SMITH, J.C. The relationship between power and the time to achieve VO₂max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, p.709-714, 2002.

HOUSH, D.J.; JOHNSON, G.O.; MCDOWELL, S.L. Physiological responses at the fatigue threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.12, p. 305-308, 1991.

HOUSH, D.J.; HOUSH, T.J.; BAUGE, S.M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.61, p.406-409, 1990.

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

HOPKINS, W.G.; SCHABORT, E.J.; HAWLEY, J.A. Reliability of power in physical performance tests. **Sports Medicine**. v.31, p.211-234, 2001.

HOPKINS, W.G.; MARSHALL, S.W.; BATTERHAM, A.M.; HANIN, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v.41, n.1, p.3-12, 2009.

HUXLEY, A.F. Muscle structure and theories of contraction. **Progress in Biophysics and Biophysical Chemistry** v.7, p.255-318, 1957.

JENKINS, D.G.; QUIGLEY, B.M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **European Journal of Applied Physiology** v.61, p.278–283, 1990.

JONES, N.L.; McCARTNEY, N.; GRAHAM, T.; SPIRIET, L.L.; KOPWALCHUK, J.M.; HEIGENHAUSER, G.J.F.; SUTTON, J.R. Muscle performance and metabolism in maximal isokinetic cycling at slow and fast speeds. **Journal of Applied Physiology** v.59, p.132-136, 1985.

JONES, A. M.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M.; MORTON, R. H.; POOLE, D. Critical Power: implications for determination of VO_2 max and exercise tolerance. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v.42, n.10, p.1876-1890, 2010.

JONES, A.M.; GRASSI, B.; CHRISTENSEN, P.M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J.; POOLE, D.C. Slow Component of VO_2 Kinetics: Mechanistic Bases and Practical Applications. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.43, n.11, p.2046-2062, 2011.

JOHNSON, T.M.; SEXTON, P.J.; PLACEK, A.M.; MURRAY, S.R.; PETTITT, R.W. Reliability analysis of the 3-min all-out exercise test for cycle ergometry. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.43, n.12, p.2375–2380, 2011.

LANSLEY, K. E.; DIMENNA, F. J.; BAILEY, S. J.; JONES, A. M. A 'New' method to normalise exercise intensity. **International Journal of Sports Medicine**, v.32, p.535-541, 2011.

LUDBOOK, J. Confidence in Altman–Bland plots: A critical review of the method of differences. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v.37, p.143–149, 2010.

YAMAMOTO, M.; KANEHISA, H. Dynamics of anaerobic and aerobic energy supplies during sustained high intensity exercise on cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, v.71, p.320–325, 1995.

PATON, C.D.; HOPKINS, W.G. Tests of Cycling Performance. **Sports Medicine**, v.31, n.7, p.489–496, 2001.

PERRINE, J.J.; EDGERTON, V.R. Muscle force/velocity and power/velocity relationships under isokinetic loading. **Medicine and Science in Sports**, v.10, p.159–166, 1978.

POOLE, D.C.; WARD, S.A.; GARDNER, G.W.; WHIPP, B.J. A 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. **European Journal of Applied Physiology**, v.59, p.421–429, 1990.

POOLE, D.C. Resolving the determinants of high-intensity exercise performance. **Experimental Physiology**, v.94, n.2, p.197–198, 2009.

PRINGLE, J.S.; JONES, A.M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **European Journal of Applied Physiology**, v.88, p.214–226, 2002.

SARGEANT, A.J.; GREIG, C.A.; VOLLESTAD, N.K. Maximum leg force and power output during short-term dynamic exercise. **Journal of Applied Physiology**. v.51, p.1175–1182, 1981.

SARGEANT, A.J. Human power output and muscle fatigue. **International Journal of Sports Medicine**. v.15, p.116–121, 1994.

SARGEANT, A. J. Structural and functional determinants of human muscle power. **Experimental Physiology**, v.92, n.2, p.323–331, 2007.

SAMOZINO, P.; HORVAIS, N.; HINTZY, F. Why does power output decrease at high pedaling rates during sprint cycling? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.39, n.4, p.680–687, 2007.

SPERLICH, B.; HAEGELE, M.; THISSEN, A.; MESTER, J.; HOLMBERG, H.C. Are peak oxygen uptake and power output at maximal lactate steady state obtained from a 3-min all-out cycle test? **International Journal of Sports Medicine**, v.32, n.6, p.433-437, 2011.

SMITH, J.C.; HILL, D.W. Contribution of energy systems during a Wingate power test. **British Journal of Sports Medicine**, v.25, n.4, p.196-199, 1991.

SZABADKAI, G.; DUCHEN, M.R. Mitochondria: The Hub of Cellular Ca²⁺ Signaling. **Physiology**, v.23, p.84–94, 2008

McCARTNEY, N.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; SARGEANT, A. J.; JONES, N. L. A constant velocity ergometer for the study of dynamic muscle function. **Journal of Applied Physiology**, v.55, p.212-217, 1983.

McCARTNEY, N.; OBMINSKI, G.; HEIGENHAUSER, G. J. Torque velocity relationship in isokinetic cycling exercise. **Journal of Applied Physiology** v.58, p.1459–1462, 1985.

McCLAVE, S.A.; LEBLANC, M.; HAWKINS, S.A. Sustainability of critical power determined by a 3-minute all-out test in elite cyclists. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, n.11, p.3093–3098, 2011.

McKENNA, M.J. The roles of ionic processes in muscular fatigue during intense exercise. **Sports Medicine** v.13, p.134-145, 1992.

McKENNA MJ.; HARGREAVES, M. Resolving fatigue mechanisms determining exercise performance: integrative physiology at its finest! **Journal of Applied Physiology**, v.104, p.286-287, 2008.

MEDBO, J.; TABATA, I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short lasting exhausting bicycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.67, p.1881-1886, 1989.

MEDBO, J.; TABATA, I. Anaerobic energy release in working muscle during 30 to 3 minute of exhausting bicycling. **Journal of Applied Physiology**, v.75, p.1654-1660, 1993.

MENDEZ-VILLANUEVA, A.; BISHOP, D., HAMER P. Reproducibility of a 6-s maximal cycling sprint test. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.10,n.5,p.323-326, 2007.

MIURA A.; SATO, H; SATO, H.; WHIPP, B.J.; FUKUBA, Y. The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry. **Ergonomics**, v.3, p.133-41, 2000.

MORITANI, T.; NAGATA, A; DE VRIES, HA; MURO, M. Critical power as a measure of critical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v.24, p.339- 350, 1981.

MORTON, R.H. The critical power and related whole-body bioenergetic model. **European Journal of Applied Physiology**, v.96, p.339-354, 2006.

MONOD H, SCHERRER J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v.8, p.329-38, 1965.

RAHMANI, A.; VIALE, F.; DALLEAU, G.; LACOUR, J.R. Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.84, p.227-232, 2001.

ROSSITER, H.B.; WARD, S.A.; KOWALCHUK, J.M.; HOWE, F.A.; GRIFFITHS, J.R.; WHIPP, B.J. Dynamic asymmetry of phosphocreatine concentration and O₂ uptake between the on- and off-transients of moderate- and high-intensity exercise in humans. **Journal of Physiology**, v.541, p.991–1002, 2002.

ROSTON, W.L.; WHIPP, B.J.; DAVIS, J.A.; CUNNINGHAM, D.A.; EFFROS, R.M.; WASSERMAN, K. Oxygen uptake kinetics and lactate concentration during exercise in humans. **The American Review of Respiratory Disease**, v.135, p. 1080-1084, 1987.

THOMAS, C.; HANON, C.; PERREY, S.; LE CHEVALIER, J.M.;

COUTURIER, A.; VANDEWALLE, H. Oxygen uptake response to an 800-m running race. **International Journal of Sports Medicine**, v.26, p.268–273, 2005.

TOMAS, A.; ROSS, E.Z.; MARTON, J.C. Fatigue during maximal sprint cycling: unique role of cumulative contraction cycles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.42, n.7, p.1364-69, 2010.

VANDEWALLE, H.; PÉRES, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. **Sports Medicine**, v.4, n.4, p.268-289, 1987.

VANHATALO, A.; DOUST, J.H.; BURNLEY, M. Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v.39, p.548–555, 2007a.

VANHATALO, A.; DOUST, J.H.; BURNLEY, M. Robustness of a 3 min all-out cycling test to manipulations of power profile and cadence in humans. **Experimental Physiology** v.93, 3p.83–390, 2007b.

VANHATALO, A.; DOUST, J.H.; BURNLEY, M. A 3-min all-out cycling test is sensitive to a change in critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v.40, p.1693–1699, 2008.

VANHATALO, A.; JONES, A.M. Influence of prior sprint exercise on the parameters of the ‘all-out critical power test’ in men. **Experimental Physiology** v.94, p.255-263, 2008.

VANHATALO, A.; JONES, A.M. Influence of creatine supplementation on the parameters of the all-out critical power test. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v7, p.9-17, 2009.

VANHATALO, A.; MCNAUGHTON, L. R.; SIEGLER, J.; JONES, A.M. Effect of induced alkalosis on the power–duration relationship for ‘all-out’ exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v.42, p. 563–570, 2010.

VANHATALO, A.; POOLE, D.; DIMENA, F.J.; BAILEY, S.J.; JONES, A.M. Muscle fiber recruitment and the slow component of O₂ uptake: constant vs. all-out sprint exercise. **American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.300, p.R700-R707, 2011.

WALSH, M.L. Whole body fatigue and critical power: A physiological interpretation. **Sports Medicine**, v.29, p. 153-166, 2000.

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? **European Journal of Applied Physiology**, v.66, p.90-95, 1993

WEINSTEIN, YITZHAK; BEDIZ, CEM; DOTAN, RAFFY; FALK, BAREKET Reliability of peak-lactate, heart rate, and plasma volume following the Wingate test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, n.9, p.1456-1460, 1998.

WEIR, J.P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.1, p.231-240, 2005.

WERTH, J.L.; THAYER, S.A. Mitochondria buffer physiological calcium loads in cultured rat dorsal root ganglion neurons. **Journal of Neuroscience**, v.14, p.348-356, 1994.

WILLIAMS, C.A.; CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J. Oxygen uptake kinetics during treadmill running in children and adults. **Journal of Applied Physiology**, v.90, p.1700-1706, 2001.

WILLIAMS, C.A.; RATEL, S.; ARMSTRONG, N. Achievement of peak VO_2 during 90-s maximal intensity cycle sprint in adolescents. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.30, p.157-171, 2005.

WILLIAMS, C.A.; DOUST, J.H.; HAMMOND, A. Power output and VO_2 responses during 30 s maximal isokinetic cycle sprints at different cadences in comparison to the Wingate test. **Isokinetics and Exercise Science** v.14 p.327-333, 2006.

WITHERS, R.T.; SHERMAN, W.M.; CLARK, D.G.; ESSELBACH, P.C.; NOLAN, S.R.; MACKAY, M.H. Muscle metabolism during 30, 60 and 90s of maximal cycling on an air-braked ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, v.63, p.354-62, 1991.

WITHERS, R.T.; VANDERPLOEG, G.; FINN, J.P. Oxygen deficits incurred during 45, 60, 75 and 90-s maximal cycling on an air-braked ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, v.67, n.1, p.85-191, 1993.

WIEDEMANN, M.S.; BOSQUET, L. Anaerobic work capacity derived from isokinetic and isoinertial cycling. **International Journal of Sports Medicine**, v.31, p.89-94, 2010.

WILKIE, D.R. The relation between force and velocity in human muscle. **Journal of Physiology**, v.110, p.249-280, 1950.

WITTEKIND, A.L.; MICKLEWRIGHT, D.; BENEKE, R. Teleoanticipation in all-out short-duration cycling. **British Journal of Sports Medicine**, v.45, n.114-119, 2011.

ZOLADZ, J. A.; RADEMAKER, A.C.H.J.; SARGEANT, A.J. Human muscle power generating capability during cycling at different pedalling rates. **Experimental Physiology** v.85, n.1, p.117-124, 2000.

ZOLADZ, J.A.; GLADDEN, L.B.; HOGAN, M.C.; NIECKARZ, Z.; GRASSI, B. Progressive recruitment of muscle fibers is not necessary for the slow component of VO_2 kinetics. **Journal of Applied Physiology**, v.105, p.575-580, 2008.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **RESPOSTAS DO TESTE MÁXIMO DE TRÊS MINUTOS EM CICLO-ERGÔMETRO ISOCINÉTICO: COMPARAÇÃO ENTRE DUAS CADÊNCIAS DE PEDALADA**. Sua participação não é obrigatória, não haverá nenhuma forma de compensação financeira, não haverá nenhum custo para você e a qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento.

Com sua adesão ao estudo, você deverá estar disponível para a pesquisa, em cinco diferentes ocasiões, com pelo menos 48 horas de diferença entre cada uma das visitas ao laboratório. Todas as coletas de dados serão realizadas no Laboratório de Esforço Físico (LAEF) na Universidade Federal de Santa Catarina. Na primeira visita, serão apresentados os procedimentos gerais de cada teste. Ainda nesta primeira visita, será conduzido um teste de esforço na bicicleta ergométrica, iniciando-o com uma carga bem leve (20 W) e o aumento de carga será contínuo e gradual, durante o qual serão mensuradas variáveis cardiorrespiratórias. Para tais medidas, você será conectado a um sistema que consiste em uma máscara de face, estando esta ligada ao sistema de análise de gases respirados. Este teste consistirá em pedalar com uma cadência fixa (~75-85 rpm) até a exaustão voluntária. Ao término do teste, assim como nos minutos 3 e 5 serão coletadas pequenas amostras (25µl) de sangue do lóbulo da orelha. Neste teste serão determinados índices funcionais aeróbios, incluindo o seu consumo máximo de O₂ (VO₂max), a sua frequência cardíaca máxima (FCmax), a potência máxima atingida, assim como o seu Limiar Ventilatório. Após aproximadamente 20min do término deste teste, você será convidado a realizar uma “familiarização” com o modo de pedalar (isocinético) dos testes dos dias subsequentes. Esta familiarização consistirá em 2 *sprints* máximos com 15 seg de duração, sendo cada um em uma cadência controlada (60 e 100 rpm respectivamente).

Nos testes subsequentes (teste 2 a 4), serão realizados os testes máximos de 3 min de duração. Antes de cada teste, será realizado um aquecimento de 5min de duração, seguido de 5 min de repouso. Após este período, o ergômetro será colocado no modo isocinético e você iniciará a pedalada por 3min aplicando o mínimo de força para manter a cadência selecionada (serão sorteadas as cadências de 60 ou 100 rpm em cada visita). Faltando 10 seg para completar os 3min iniciais, o pesquisador iniciará uma contagem regressiva que até o comando de

“vai”. Neste momento você deverá realizar o máximo de esforço para tentar acelerar o pedal, sendo que o ergômetro irá lhe frear para manter uma mesma cadência de pedalada durante todo o teste. Você será verbalmente encorajado, durante os 3 min para se manter pedalando com o máximo de esforço possível. Ao todo você deverá completar dois testes em cada cadência, de forma aleatória. Nestes testes você irá vestir uma máscara de face anatômica, para coleta do ar respirado e uma cinta peitoral para monitorar sua frequência cardíaca. Ao final do teste, assim como nos minutos 3, 5, 7 e 9 de recuperação, serão obtidas pequenas amostras do lóbulo de sua orelha para determinar a concentração de lactato sanguíneo.

Os riscos relacionados com a sua participação referem-se a algum possível desconforto gerado pelo esforço máximo dos testes, e às coletas de sangue capilarizado, que serão realizadas, no lóbulo da orelha por meio de materiais descartáveis. O desconforto se resume à picada da agulha, não requerendo nenhum cuidado especial posterior. O material biológico retirado (sangue) será destinado para análises de lactato sanguíneo exclusivamente.

Para participar deste estudo você deve estar apto para realizar exercícios físicos de alta intensidade. Da mesma forma, deve estar ciente que existe a possibilidade de apresentar náuseas e vômito em decorrência do esforço, após a realização dos testes.

Quanto aos benefícios e vantagens em participar deste estudo, você estará contribuindo de forma única para o desenvolvimento da ciência, dando possibilidade a novas descobertas e o avanço das pesquisas, bem como, tomará conhecimento de sua capacidade funcional aeróbia.

As informações obtidas através desta pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. Agradecemos a vossa participação e colaboração.

CONTATOS:

Prof. Ms. Ricardo Dantas de Lucas (Pesquisador responsável)

e-mail: tridantas@hotmail.com

Prof. Dr. Luiz Guilherme AntonacciGuglielmo (Coordenador do LAEF)

e-mail: luizguilherme@cds.ufsc.br

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em mim. Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento. Desta forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Nome por extenso _____

Assinatura _____

Florianópolis, ____/____/____ .

Prof. Dr. Luiz Guilherme AntonacciGuglielmo (Coordenador do laboratório)

Prof. Ms. Ricardo Dantas de Lucas (Pesquisador responsável)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

CERTIFICADO Nº 2188

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, instituído pela PORTARIA N.º 584/GR.99 de 04 de novembro de 1999, com base nas normas para a constituição e funcionamento do CEPSH, considerando o contido no Regimento Interno do CEPSH, **CERTIFICA** que os procedimentos que envolvem seres humanos no projeto de pesquisa abaixo especificado estão de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP.

APROVADO

PROCESSO: 2188

FR: 452725

TÍTULO: RESPOSTAS DO TESTE MÁXIMO DE TRÊS MINUTOS EM CICLO-ERGÔMETRO ISOCINÉTICO: COMPARAÇÃO ENTRE DUAS CADÊNCIAS DE PEDALADA

AUTOR: Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo, Ricardo Dantas de Lucas

FLORIANÓPOLIS, 17 de Outubro de 2011.

Coordenador do CEPSH UFSC

APÊNDICE B – Características individuais dos voluntários da amostra.

Sujeitos	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa Corporal (kg)	Potência máxima (W)	VO ₂ pico (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	FCmax (bpm)
1	21	179	80,0	354	43,2	190
2	30	175	72,5	370	59,4	185
3	25	171	77,7	270	45,0	193
4	29	169	69,4	267	51,0	187
5	34	170	83,0	360	62,0	183
6	22	180,5	63,5	263	51,8	193
7	34	182	92,5	417	41,0	184
8	28	183	95,7	294	36,4	198
9	22	173	79,0	300	37,2	193
10	30	167	64,7	256	40,2	186
11	21	169	67,2	287	42,2	188
12	31	181	80,8	311	36,6	170
13	26	177	83,1	380	51,0	201
14	26	171	78,0	280	43,9	184