

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

ANÁLISE DA ATIVIDADE MUSCULAR E CONSUMO DE OXIGÊNIO
NO CICLISMO DENTRO E FORA DA ÁGUA

Rodrigo Gustavo da Silva Carvalho

BELO HORIZONTE
2008

Rodrigo Gustavo da Silva Carvalho

ANÁLISE DA ATIVIDADE MUSCULAR E CONSUMO DE OXIGÊNIO
NO CICLISMO DENTRO E FORA DA ÁGUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.
Área de Concentração: Treinamento Esportivo

Orientador: Prof. Dr. Leszek Antoni Szmuchrowski
Co-orientador: Prof. Dr. Hans-Joachim Karl Menzel
Universidade Federal de Minas Gerais

BELO HORIZONTE
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
2008

C331a Carvalho, Rodrigo Gustavo da Silva
2008 Análise da atividade muscular e consumo de oxigênio no ciclismo dentro e fora da água. [manuscrito] / Rodrigo Gustavo da Silva Carvalho. – 2008.
109 f., enc.:il.

Orientador: Prof. Dr. Leszek Antoni Szmuchrowski
Co-Orientador: Prof. Dr. Hans-Joachim Karl Menzel

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 88 - 96

1. Consumo de oxigênio – Teses. 2. Ciclismo – Teses. 3. Eletromiografia - Teses. 4. Exercícios físicos aquáticos - Teses. 5. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos - Teses. 6. Biomecânica – Teses. I. Szmuchrowski, Leszek Antoni. II. Menzel, Hans-Joachim Karl. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 612:796

Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte



Dissertação intitulada "Análise da atividade muscular e consumo de oxigênio no ciclismo dentro e fora da água", de autoria do mestrando Rodrigo Gustavo da Silva Carvalho, defendida em 29 de agosto de 2008, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, e submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Leszek Antoni Szmuchowski
Departamento de Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Hans-Joachim Menzel
Departamento de Esportes
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Jefferson Rosa Cardoso
Departamento de Fisioterapia
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Sérgio Teixeira da Fonseca
Departamento de Fisioterapia
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 29 de agosto de 2008

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Luiz e Lázara,

por serem pais brilhantes.

*“Bons pais dão presentes, pais brilhantes dão seu próprio ser;
Bons pais nutrem o corpo, pais brilhantes nutrem a personalidade;
Bons pais corrigem erros, pais brilhantes ensinam a pensar;
Bons pais preparam os filhos para os aplausos,
pais brilhantes preparam os filhos para os fracassos;
Bons pais conversam, pais brilhantes dialogam como amigos;
Bons pais dão informações, pais brilhantes contam histórias;
Bons pais dão oportunidades, pais brilhantes nunca desistem.”*

Pais Brilhantes - Professores Fascinantes – Augusto Cury

A minha irmã, Renata,

por todo apoio e fazer-me acreditar que todo
o esforço sempre vale a pena.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela presença constante em especial nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador Prof. **Dr. Leszek Antoni Szmuchowski** pela orientação, pela confiança em meu trabalho, por toda a dedicação para a realização deste estudo, pelas oportunidades que jamais poderia imaginá-las ou vivê-las, pelo estímulo e desafios impostos. E ao longo destes anos de dedicação ao laboratório foi-se construindo uma verdadeira amizade. **DZIĘKUJĘ!**

Ao meu co-orientador Prof. **Dr. Hans-Joachim Karl Menzel** pela oportunidade e confiança em minha pessoa.

À Profa. **Ms. Silvia Ribeiro Santos Araújo**, pela ajuda, pela paciência, pelo incentivo nas horas difíceis, pelos esclarecimentos de muitas dúvidas, e principalmente pela amizade, que prezo muito.

Ao Departamento de Fisioterapia da UFMG, em especial, a Profa. **Dra. Lígia de Loiola Cisneros**, pela liberação da piscina terapêutica para a coleta de dados e pela simpatia como pessoa. Devo muito a você!

Ao Prof. **Dr. Jefferson Rosa Cardoso** e Prof. **Dr. César Ferreira Amorim**, pela ajuda e contribuição quanto à eletromiografia aquática.

Aos meus **pais e familiares** que mesmo longe apoiaram e acreditaram nesta minha caminhada.

A uma pessoa ímpar, **Jacielle Carolina Ferreira**, que não mediu esforços para ajudar em todos os momentos deste estudo (elaboração do projeto, coleta, análise dos dados e discussão), pela disposição, pelo empenho, e nos momentos difíceis com toda sua serenidade uma palavra de incentivo e conforto, sem falar no tanto que aprendi. Construí uma amizade para sempre.

Aos amigos (alunos de graduação) **Raquel Farina, André Carleone, Helder Figueiredo, Luis Henrique Perácio** pela grandiosa ajuda durante as coletas de dados, pelos momentos de descontração. Valeu! Sem vocês esse trabalho não existiria!

Aos membros do Laboratório de Avaliação da Carga (LAC), em especial a **Giuliana Vasconcelos** (pela ajuda na estatística), **Thiago Moreira, João Soldati** e da divertidíssima, porém competentíssima **Fernanda Reis**.

A todos os **voluntários** que participaram do estudo, pela disponibilidade e paciência. Minha sincera gratidão.

Ao amigo **Daniel Coelho** pela importante ajuda quando comecei a freqüentar o LAC.

Aos meus **colegas de Mestrado**, pelo convívio e enriquecimento de novos conhecimentos.

Aos membros do Laboratório de Biomecânica, em especial **Juliana, Cristiane, Elder e Gustavo**.

Aos membros do Laboratório de Fisiologia do Exercício, em especial ao **Luciano Antonacci e Maria Aparecida Vasconcelos** (técnica do LAFISE).

Aos funcionários **Ézio, Josete** (secretária do CENESP) por toda a ajuda.

Ao funcionário responsável pela piscina **José Antônio**, pela paciência e presteza em manter a piscina sempre em condições para o estudo.

Aos professores do Mestrado, em especial ao Prof. **Dr. Nilo Resende** pelas correções e ajustes do projeto durante a disciplina Seminários de Dissertação.

Ao apoio e amizade de **Iwona Szmuchrowska e Anderson**.

Ao **Ministério dos Esportes** e a **CAPES** por toda ajuda financeira.

A todos os **membros da banca**, titulares e suplentes, pelos comentários e sugestões no intuito de melhorar este trabalho.

*“Bons professores são eloqüentes,
professores fascinantes conhecem o funcionamento da mente;*

*Bons professores possuem metodologia,
professores fascinantes possuem sensibilidade;*

*Bons professores educam a inteligência lógica,
professores fascinantes educam a emoção;*

*Bons professores usam a memória como depósito de informações,
professores fascinantes usam-na como suporte da arte de pensar;*

*Bons professores são mestres temporários,
professores fascinantes são mestres inesquecíveis;*

*Bons professores corrigem comportamentos,
professores fascinantes resolvem conflitos em sala de aula;*

*Bons professores educam para uma profissão,
professores fascinantes educam para a vida.”*

Pais Brilhantes – Professores Fascinantes, Augusto Cury.

RESUMO

Exercícios realizados na água, como ciclismo aquático, têm sido utilizados como um método alternativo para o treinamento esportivo e a reabilitação. No entanto, há pouca informação sobre características biomecânicas do ciclismo aquático. Informações a esse respeito são importantes para um melhor entendimento deste exercício. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi analisar e comparar a atividade muscular e o consumo de oxigênio no ciclismo realizado dentro e fora da água. A amostra foi composta por 15 homens saudáveis (25,07±5,31 anos; 72,5±6,10 kg; 1,74±0,03 m). Eles realizaram testes de capacidade aeróbia nos cicloergômetros estacionários terrestre (CET) e aquático (CEA). Foi mensurado o consumo de oxigênio de exercícios submáximos constantes em ambos cicloergômetros e, por último, foi registrada a ativação muscular dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e isquiossurais (IS) para os mesmos exercícios submáximos realizados anteriormente. O ciclismo aquático foi realizado com imersão até o manúbrio com temperatura da água em torno de 32 °C. A análise dos dados foi realizada no programa SPSS 15.0 e foi considerado um nível de significância estatística de 5% (valor- α =0,05). Os resultados revelaram que houve diferença significativa no consumo máximo de oxigênio entre o CET e o CEA, sendo maior no CET do que no CEA (3,96±0,36 L.min⁻¹ e 3,51±0,47 L.min⁻¹, respectivamente; $p < 0,05$). A potência no CEA foi estimada pelo consumo de oxigênio dos exercícios submáximos realizados em ambos cicloergômetros. Não houve diferença significativa entre a condição CET a 40 rpm com 40 W e CEA a 40 rpm (0,871±0,078 L.min⁻¹ e 0,884±0,077 L.min⁻¹, respectivamente; $p = 0,980$) e entre a condição CET a 50 rpm com 100 W e CEA a 50 rpm (1,454±0,052 L.min⁻¹ e 1,384±0,141 L.min⁻¹, respectivamente; $p = 0,177$). A atividade muscular foi comparada entre os exercícios submáximos dos cicloergômetros para as mesmas potências e cadências. Os resultados mostraram que somente houve diferença significativa entre as atividades musculares do RF para a cadência 40 rpm ($p = 0,046$), não houve diferenças para os demais músculos (VL e IS). Conclui-se que, o ambiente aquático interfere no consumo máximo de oxigênio. Através do consumo de oxigênio foi possível determinar a potência dos exercícios submáximos realizados

no CEA e a ativação muscular foi igual para uma mesma potência entre o CET e o CEA, exceto para o RF para a cadência de 40 rpm.

Palavras-chave: eletromiografia, ciclismo, consumo de oxigênio, imersão.

ABSTRACT

Exercises in the water, as water cycling, have been used as an alternative way for sports training and rehabilitation. However, there is few information about the biomechanical characteristics of water cycling. This information is important for a better understanding of the effects of water exercises. Thus, the purposes of this study were to analyze and to compare the muscular activity and oxygen consumption in the cycling performed inside and outside the water. The sample was composed of 15 healthy men ($25,07 \pm 5,31$ years, $72,5 \pm 6,10$ kg, $1,74 \pm 0,03$ m). They performed tests of aerobic capacity in cycle ergometry stationary on land (CEL) and in water (CEW). Oxygen consumption was measured by submaximal constant exercises in both cycle ergometry and, finally, the muscle activation of the muscles rectus femoralis (RF), vastus lateralis (VL) and hamstring (HM) was recorded for the same exercises submaximal performed. The water cycling was performed with immersion until the manubrium and water temperature around $32\text{ }^{\circ}\text{C}$. The data were analyzed using SPSS 15.0 and the significance level for all statistical tests was set at 5% (α -value = 0,05). The results showed that there was significant difference in maximum oxygen consumption between CEL and CEW, being higher in the CEL than in the CEW ($3,96 \pm 0,36\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ and $3,51 \pm 0,47\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, respectively, $p < 0,05$). The power in the CEW was estimated by oxygen consumption of the submaximal exercises performed in both cycle ergometry. There was no significant difference between the condition CEL at 40 rpm with 40 W and CEW at 40 rpm ($0,871 \pm 0,078\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ and $0,884 \pm 0,077\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, respectively, $p = 0,980$) and between the condition CEL at 50 rpm with 100 W and CEW at 50 rpm ($1,454 \pm 0,052\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ and $1,384 \pm 0,141\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, respectively, $p = 0,177$). The muscular activity was compared between the submaximal exercises for both cycle ergometry for the same powers. The results showed that there was significant difference between the muscles activities of the RF at the cadence of 40 rpm ($p = 0,046$) and there were no differences for the other muscles (VL and HM). It was concluded that the aquatic environment influences maximum oxygen consumption. Through the oxygen consumption was possible to determine the power of the exercises performed in submaximal CEW and muscle activation in CEL and CEW was equal when compared at the same power, except for the RF to the cadence of 40 rpm.

Keywords: electromyography, cycling, oxygen consumption, immersion.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Representação da atividade muscular de adultos saudáveis durante o ciclo de pedalada.	24
FIGURA 2 Cinética do VO_2 em exercícios com carga constante e em diferentes intensidades.	29
FIGURA 3 Adaptações fisiológicas para aumentar o VO_2 que ocorrem durante o exercício.	31
FIGURA 4 Cicloergômetros adaptados ao ambiente aquático.	32
FIGURA 5 Eletrodos.	52
FIGURA 6 Protocolo do estudo e fluxograma de participação dos voluntários no estudo.	53
FIGURA 7 Ambiente das coletas dos testes de consumo de máximo e submáximo de oxigênio em cicloergômetro estacionário terrestre.	57
FIGURA 8 Ambiente das coletas dos testes de consumo de máximo e submáximo de oxigênio em cicloergômetro estacionário aquático.	58
FIGURA 9 Protocolo do teste de capacidade aeróbia no cicloergômetro estacionário aquático.	59
FIGURA 10 Protocolo utilizado para mensuração do consumo submáximo de oxigênio no CET a 40 e 50 rpm.	60
FIGURA 11 Coleta da EMGS em ambos os cicloergômetros.	63
FIGURA 12 Ilustração da posição do pedal antes do ponto de 0º do ciclo de pedalada, para início da coleta com eletromiografia.	63
FIGURA 13 Protocolo dos estágios para a coleta de eletromiografia em ambos os cicloergômetros.	64
FIGURA 14 Registro eletromiográfico demonstra o padrão de ativação muscular.	64
FIGURA 15 Representação esquemática da atividade muscular durante o ciclo de pedalada em relação ao ângulo do pé de vela.	75

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Fatores sistêmicos que pode interferir no VO_2	30
QUADRO 2 Resumos dos protocolos experimentais utilizados dos estudos consultados.	36
QUADRO 3 Determinação do local do eletrodo.	62

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Tipos de atividades físicas realizadas pelos participantes.	69
GRÁFICO 2 Dispersão das medidas de VO_2 versus Cadência (rpm).	72
GRÁFICO 3 Médias ($\pm DP$) da RMS do músculo reto femoral durante o ciclo de pedalada no CET em diferentes potências.	77
GRÁFICO 4 Médias ($\pm DP$) da RMS do músculo vasto lateral durante o ciclo de pedalada no CET em diferentes potências.	78
GRÁFICO 5 Médias ($\pm DP$) da RMS do músculo isquiossurais durante o ciclo de pedalada no CET em diferentes potências.	78
GRÁFICO 6 Médias ($\pm DP$) da RMS dos músculos (RF: reto femoral; VL: vasto lateral e IS: isquiossurais) durante o ciclo de pedalada no CEA em diferentes cadências (40 e 50 rpm).	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Características Antropométricas da Amostra.	68
TABELA 2 Frequência Cardíaca e Cadência dos Participantes Incluídos no Estudo.	69
TABELA 3 Médias e DP das Condições Ambientais nas Coletas de Consumo de Oxigênio.	70
TABELA 4 Variáveis dos Testes de Capacidade Aeróbia.	71
TABELA 5 Coeficiente de Correlação de <i>Pearson</i> entre o VO_2 e Cadência.	72
TABELA 6 Modelo Final da Regressão Linear, Quadrática e Exponencial.	73
TABELA 7 Médias e DP das Variáveis das Mensurações em Exercícios Submáximos.	74
TABELA 8 Médias e DP da Duração do Ciclo de Pedalada.	75
TABELA 9 Médias e DP da Ativação Muscular.	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\Delta a-v O_2$ = diferença arteriovenosa de oxigênio

ACSM = *American College of Sports Medicine*

BF = bíceps femoral

bpm = batimento por minuto

CEA = cicloergômetro estacionário aquático

CENESP = Centro de Excelência Esportiva

CET = cicloergômetro estacionário terrestre

CIVM = contração isométrica voluntária máxima

DC = débito cardíaco

EEFFTO = Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

EMG = eletromiografia

Ex. = exemplo

FC = frequência cardíaca

FC_{máx} = frequência cardíaca máxima

GAS = gastrocnêmio

GM = glúteo máximo

IMC = índice de massa corporal

IPAQ = Questionário Internacional de Atividade Física

IS = isquiossurais

ISEK = *International Society of Electrophysiology and Kinesiology*

mV = miliVolt

O₂ = oxigênio

PSE = percepção subjetiva do esforço

PSEa = percepção subjetiva do esforço adaptada

R = quociente respiratório

RF = reto femoral

RMS (*Root Mean Square*) = raiz quadrada da média dos quadrados

rpm = rotações por minuto

EMGS = eletromiografia de superfície

SENIAM = *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasives Assessment of Muscles*

SM = semimenbranoso

SO = sóleo

ST = semitendinoso

TA = tibial anterior

T_A = temperatura da água

T_S = temperatura seca

UFMG = Universidade Federal de Minas Gerais

URA = umidade relativa do ar

VL = vasto lateral

VM = vasto medial

VO₂ = consumo de oxigênio

VO_{2máx} = consumo máximo de oxigênio

VS = volume sistólico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 Biomecânica do Ciclismo	21
1.2 Princípios Físicos da Água	25
1.3 Consumo de Oxigênio	27
1.3.1 Consumo Máximo de Oxigênio	27
1.3.2 Consumo de Oxigênio em Exercício Submáximo Constante	28
1.3.3 Fatores que Interferem no Consumo de Oxigênio	29
1.3.4 Consumo de Oxigênio em Ciclismo Terrestre e Aquático	31
1.4 Eletromiografia (EMG)	37
1.4.1 História da EMG	37
1.4.2 Definição	38
1.4.3 Campos de Aplicações da EMG	38
1.4.4 EMG em Ambiente Aquático	39
1.5 Justificativa	44
1.6 Objetivos do Estudo	44
1.6.1 Objetivo Geral	44
1.6.2 Objetivos Específicos	44
1.7 Hipóteses do Estudo	45
2 METODOLOGIA	47
2.1 Delineamento do Estudo	47
2.2 Cuidados Éticos	47
2.3 Local de Realização	47
2.4 Amostra	47
2.4.1 Critérios de Inclusão e Exclusão	48
2.5 Instrumentos de Medidas	48
2.5.1 Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)	48
2.5.2 Antropômetro	49
2.5.3 Balança	49
2.5.4 Adipômetro	49
2.5.5 Escala de Percepção Subjetiva de Esforço - PSE	49
2.5.6 Monitor de Frequência Cardíaca	49
2.5.7 Metrônomo	50
2.5.8 Cronômetro	50
2.5.9 Cicloergômetro Estacionário Terrestre e Aquático	50
2.5.10 Espirômetro	50
2.5.11 Eletromiógrafo	51
2.5.12 Termômetros	52
2.6 Procedimentos	52
2.6.1 Teste de Limiar de Esforço	54
2.6.2 Consumo de Oxigênio (VO_2)	55
2.6.3 Registro Eletromiográfico	61
2.7 Análise Estatística	66
3 RESULTADOS	68
3.1 Caracterização da Amostra	68
3.2 Condições do Ambiente de Coleta	69
3.3 Testes de Capacidade Aeróbia	70
3.3.1 Análise de Regressão Simples	71
3.4 Consumo de Oxigênio (VO_2) dos Exercícios Submáximos	73

3.5 Atividade Muscular Durante o Ciclo de Pedalada	74
4 DISCUSSÃO	80
4.1 Testes de Capacidade Aeróbia	81
4.2 Determinação da Potência no Cicloergômetro Estacionário Aquático	83
4.3 Atividade Muscular	84
4.4 Considerações Finais	86
5 CONCLUSÃO	87
6 REFERÊNCIAS	88
7 APÊNDICES	97
8 ANEXOS	105

1 INTRODUÇÃO

Exercícios aquáticos é um modo popular de condicionamento físico e de reabilitação, a este tipo de exercício tem sido creditada a melhora dos sistemas muscular e cardiorespiratório, redução do estresse musculoesquelético, redução da dor, aumento da flexibilidade, aumento da estabilização durante a marcha e melhora do bem estar psicológico (DOLBOW *et al.*, 2008). Os exercícios aquáticos podem ser substituídos pelos terrestres, sendo ambos potencialmente benéficos para indivíduos susceptíveis a lesões (SILVERS *et al.*, 2007).

Os princípios físicos do ambiente aquático podem causar alterações fisiológicas (DOLBOW *et al.*, 2008) e no padrão de movimento (MASUMOTO *et al.*, 2004; BARELA *et al.*, 2006).

O ciclismo é uma forma de exercício popular na promoção da saúde e na reabilitação. O ciclismo aquático é uma modalidade que pode ser interessante para a reabilitação e para a promoção da saúde também, porém ainda é pouco estudado. A maioria dos estudos sobre o ciclismo aquático tem verificado as respostas cardiorespiratórias (ALMELING *et al.*, 2006; CHRISTIE *et al.*, 1990; SHELDAHL *et al.*, 1984; CONNELLY *et al.*, 1990) e no estudo de Szmuchrowski *et al.* (2004) verificou-se o padrão de movimento. Muitas pesquisas avaliaram a atividade muscular enquanto os indivíduos realizaram exercícios dentro da água (RAINOLDI *et al.*, 2004; VENEZIANO *et al.*, 2006; PÖYHÖNEN *et al.*, 1999; 2001a; 2001b; SUGAJIMA *et al.*, 1996; MIYOSHI *et al.*, 2006; 2004; 2005; MASUMOTO *et al.*, 2004; 2005; 2007a; 2007b; KANEDA *et al.*, 2007; CHEVUTSCHI *et al.*, 2007; BARELA *et al.*, 2006, BARELA e DUARTE, in press; KELLY *et al.*, 2000; MÜLLER *et al.*, 2005; CLARYS, 1985; ROUARD e CLARYS, 1995; CATY *et al.*, 2007; SZMUCHROWSKI, *et al.*, 2004), tais estudos mostraram diferenças tanto no padrão de movimento quanto nas respostas fisiológicas. Assim, dependendo das condições o indivíduo, um dos meios pode ser mais benéfico para a reabilitação quanto e a promoção da saúde.

A investigação da biomecânica do ciclismo aquático pode ser importante pelas seguintes razões: na prevenção de lesões, no melhor uso para a reabilitação, na melhora do desempenho de atletas e desenvolvimento de melhores técnicas de pedaladas para os ciclistas em competições.

Diante desse contexto, o problema levantado nesse trabalho aborda a melhor compreensão do ciclismo aquático e com isso verificar as possibilidades de aplicação na área do esporte e da reabilitação. Então, a proposta desse trabalho foi comparar as respostas cardiorespiratórias e da ativação muscular entre os exercícios de ciclismo dentro e fora da água, para verificar suas semelhanças e diferenças e o que seria importante para aplicação tanto no esporte quanto na reabilitação, além de propor uma equação de predição de cálculo indireto do consumo de oxigênio para uma avaliação mais prática da capacidade aeróbia de indivíduos, e com isso possibilitar a prescrição da intensidade do exercício de uma maneira mais correta para o cicloergômetro estacionário aquático.

1.1 Biomecânica do Ciclismo

O ciclismo é uma forma popular de exercício usada para o condicionamento aeróbio, para esporte competitivo e para a reabilitação. A bicicleta estacionária (cicloergômetro) é comumente utilizada para estes fins. Na reabilitação, o foco maior está no fornecimento de um ambiente seguro e adequado para a recuperação de lesões. Ao projetar um programa de reabilitação ou treinamento, tanto o fisioterapeuta quanto o educador físico devem ter conhecimento da lesão e do objetivo com o treinamento, assim como a compreensão da biomecânica do ciclismo para regular apropriadamente as cargas de treinamento sobre o paciente ou ciclista a fim de otimizar o programa de reabilitação ou treinamento esportivo (GREGOR, 2003; JOHNSTON, 2007).

Estudos sobre o ciclismo com adultos e crianças saudáveis têm mostrado que alguns fatores podem influenciar no padrão de movimento do ciclismo. Estes fatores incluem a posição do indivíduo sobre o cicloergômetro, a altura do selim, o comprimento do pé de vela, a posição do pé sobre o pedal, a cadência (rpm - rotações por minuto) e a carga de trabalho (resistência ou potência). Estes fatores podem ter efeitos significativos sobre a cinemática, a cinética, a ativação muscular e no gasto energético durante o ciclismo (GREGOR, 2003; JOHNSTON, 2007).

O uso de eletromiografia (EMG) em estudos de ciclismo tem o objetivo de melhor entender o padrão de ativação muscular durante o ciclo de pedalada. Segundo Gregor (2003), a maior parte dos estudos verificou a ativação dos

músculos monoarticulares e biarticulares, principalmente de flexores e extensores das articulações. Entretanto, há poucos estudos sobre músculos tais como: adutores, flexores do quadril (monoarticulares), tensor da fáscia lata e o sartório (GREGOR, 2003; JOHNSTON, 2007).

A comparação entre os estudos de EMG para determinação do início e do fim da ativação muscular durante o ciclo de pedalada também é difícil devido a diferenças de cadências e potências utilizadas pelos estudos. Apesar destas limitações, estudos com adultos saudáveis têm mostrado uma co-contração dos grupos musculares de membros inferiores, agonista e antagonista durante o ciclo de pedala, e também uma previsível atividade em músculos monoarticulares (GREGOR, 2003; JOHNSTON, 2007).

A altura do selim, a cadência, a carga de trabalho e o posicionamento do pé no pedal podem alterar a ativação muscular de membro inferior durante o ciclismo (GREGOR, 2003; GREGOR *et al.*, 1991). O aumento da cadência altera a atividade muscular significativamente mais ativos o músculo glúteo máximo, o vasto lateral, o semitendinoso, o semimenbranoso, o gastrocnêmio, o sóleo e o tibial anterior. Entretanto, para o reto femoral e bíceps femoral não foram identificadas diferenças significativas. Outra alteração observada é a mudança da fase de ativação de certos músculos durante o ciclo de pedalada (GREGOR, 2003). Foi concluído então que, com o aumento na carga de trabalho em cadência constante as magnitudes de EMG podem ser maiores, mas com o tempo de ativação relativamente inalterado (GREGOR, 2003).

Ryan e Gregor (1992), monitoraram o sinal EMG de 10 músculos do membro inferior de ciclistas com cadência (90 rpm) e carga de trabalho (250 W) constante. Foi relatado que os extensores monoarticulares de maior ativação muscular foram o glúteo máximo (GM), o sóleo (SO), o vasto lateral (VL) e o vasto medial (VM) durante a fase de energia (0° a 180° do ciclo de pedalada). Os flexores monoarticulares (tibial anterior - TA) mostram a maior atividade durante a fase de recuperação (180° a 360° do ciclo de pedalada). Os músculos biarticulares apresentaram uma variação maior do que os músculos monoarticulares, por exemplo, o reto femoral (RF), que atua tanto na extensão do joelho (fase de energia) como na flexão do quadril (fase de recuperação), sendo esta última com objetivo de preparação para a fase de energia subsequente. Os flexores (bíceps femoral - BF,

semitendinoso - ST e semimembranoso - SM) apresentaram maior atividade entre 0° a 180° (fase de energia).

Baum e Li (2003) verificaram a influência da cadência e da resistência na atividade muscular. Neste estudo os voluntários pedalarão em diferentes cadências e resistências sendo registrado simultaneamente a ativação de 7 músculos (GM, RF, BF, VL, TA, SO e gastrocnêmio - GAS). Com o aumento da cadência houve diminuição significativa da duração da atividade muscular do RF e aumento significativo do TA. Com o aumento da resistência houve diminuição significativa da duração da atividade muscular do VL e aumento significativo do SO. Em relação a atividade muscular com o aumento da cadência, houve diminuição significativa para os músculos RF e VL e aumento significativo do TA e GAS e com aumento da resistência houve aumento significativo na ativação do músculo BF (BAUM e LI, 2003). Estes autores concluíram que com a mudança da cadência e alteração da inércia da coxa afeta a atividade muscular e a coordenação do membro inferior durante a pedalada (BAUM e LI, 2003). No entanto, no estudo de Bieuzen *et al.* (2007) verificou-se um aumento significativo da ativação do VL em relação ao aumento da cadência.

Neptune *et al.* (1997) verificaram os efeitos da alteração da cadência (45, 60, 75, 90, 105 rpm) com potência constante (250 W) em relação à atividade muscular. Os autores relataram que com o aumento da cadência houve um aumento significativo da atividade muscular dos músculos BF, GAS, SM e VM, e uma diminuição significativa dos músculos GM e SO, enquanto a atividade muscular do RF e TA não tiveram diferenças significativas.

A Figura 1 apresenta um esquema da ativação muscular durante o ciclo de pedalada, com uma cadência de 75 rpm e carga de trabalho de 250 W em cicloergômetro estacionário (JOHNSTON, 2007).

Os efeitos da altura do assento na ativação muscular durante o ciclismo ainda são controversos, mas é geralmente aceito que a atividade muscular aumenta à medida que a altura do assento diminui (GREGOR, 2003).

Ao comparar o ciclismo com e sem cliques no pedal verificou-se que a atividade muscular aumenta significativamente nos músculos RF, BF e TA e uma menor ativação dos músculos vastos e SO quando os cliques eram utilizados. Embora o posicionamento do pé no pedal altere a atividade muscular, os dados apresentados pela literatura ainda são inconclusivos (GREGOR, 2003).

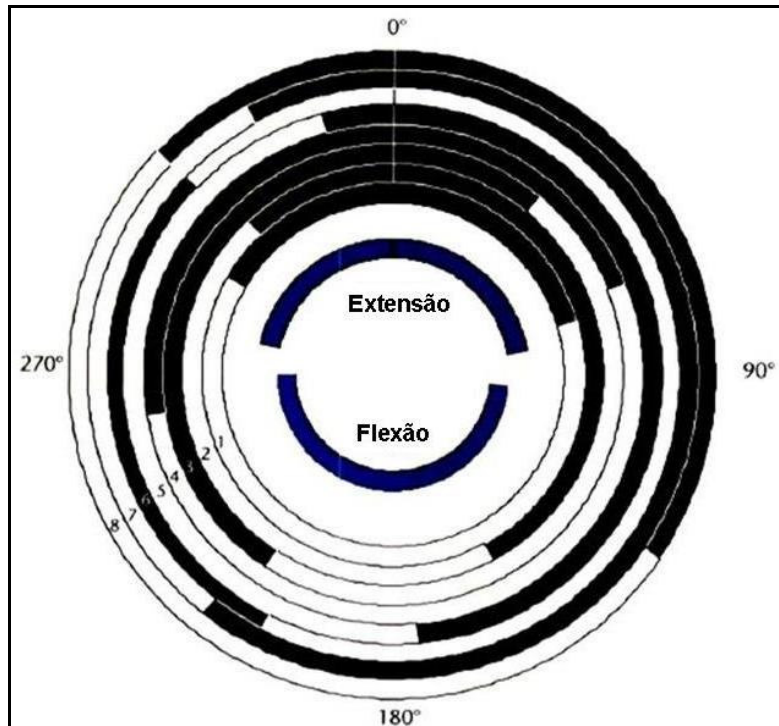


Figura 1: Representação da atividade muscular (em preto) de adultos saudáveis durante o ciclo de pedalada (0° a 360°) a 75 rpm e 250 W. 1 = glúteo máximo, 2 = bíceps femoral, 3 = reto femoral, 4 = vasto lateral, 5 = semimembranoso, 6 = tibial anterior, gastrocnêmio lateral e 8 = sóleo.

Fonte: JOHNSTON, 2007

A posição do corpo sobre o cicloergômetro pode alterar a ativação muscular. Savelberg *et al.* (2003) verificaram alterações quando os voluntários pedalaram em três posições diferentes (coluna ereta, coluna estendida a 20°, coluna flexionada a 20°). Em outro estudo foram achados alterações da atividade muscular ao comparar duas posições (sentado e em pé) durante o exercício de pedalar (DUC *et al.*, 2008). Ambos os estudos relatam que estas alterações são devidas à mudança na angulação das articulações.

Na revisão feita por Johnston (2007), são relatados outros fatores que podem influenciar no padrão de movimento do ciclismo: (1) alterações no comprimento no pé de vela podem alterar a potência produzida, (2) com o selim mais alto em relação à posição adequada pode-se aumentar o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), e (3) com o aumento da cadência há um aumento do momento do quadril, joelho e tornozelo e um decréscimo do momento de força no pedal.

Portanto, compreender o padrão de movimento do ciclismo torna-se importante para a prevenção de lesões, o uso na reabilitação, no desempenho de

atletas e no desenvolvimento de melhores técnicas de pedaladas (HULL e JORGE, 1985; HUG *et al.*, 2004; LI, 2004; JOHNSTON, 2007).

1.2 Princípios Físicos da Água

O ambiente aquático é cada vez mais utilizado para a (1) prática de atividade física, (2) treinamento esportivo e (3) reabilitação (HARRISON *et al.*, 1992; MASUMOTO *et al.*, 2007). Os princípios físicos da água agem sobre o corpo humano que causa alguns efeitos fisiológicos tanto em repouso quanto durante o exercício. Os estudos destas alterações fisiológicas no organismo em imersão são importantes para uma melhor prescrição de exercícios neste ambiente (RUOTI *et al.*, 2000).

Um corpo imerso na água recebe uma pressão que a água exerce sobre ele perpendicularmente e em toda a sua superfície imersa, chamada de Pressão Hidrostática que é definida como força por unidade de área. A maneira como esta pressão é transmitida em um fluido (no caso, água) é enunciada pelo princípio de Pascal. Conforme este princípio, a pressão de um fluido em um recipiente é transmitida sem qualquer alteração a todos os pontos do fluido e às paredes do recipiente. Sendo assim, se a pressão dentro de uma piscina for alterada pela ação de uma pessoa que movimentar em um de seus cantos, o aumento de pressão será o mesmo em todos os pontos da água da piscina. Esta pressão aumenta com a profundidade, e está diretamente relacionada à densidade do fluido (RUOTI *et al.*, 2000).

Durante a imersão, a pressão hidrostática age no corpo que altera os mecanismos hemodinâmicos e ventilatórios, por exemplo, aumento do retorno venoso, do volume de sangue torácico, diminuição da frequência cardíaca (FC) e aumento da pressão ao redor do tórax. Devido essas modificações, a capacidade vital é diminuída (BRÉCHAT *et al.*, 1999; RUOTI *et al.*, 2000).

Além da pressão hidrostática existente no ambiente aquático, há também a força de empuxo que atua sobre o corpo imerso. O empuxo é uma força com a mesma direção que a força peso (produto da massa de um corpo pela ação da gravidade), mas com sentido contrário, e enunciada como o princípio de Arquimedes. De acordo com este princípio, um corpo parcialmente ou totalmente

submerso na água experimentará uma força de empuxo para cima que é igual ao peso do volume de água deslocado por esse corpo (RUOTI *et al.*, 2000).

De acordo com a definição da força de empuxo, pode-se afirmar que a força total que atua sobre um corpo parado e imerso na água é a diferença entre o peso desse corpo e o empuxo. O resultado dessa diferença é o peso corporal aparente, não sendo, portanto, correto dizer que o peso do corpo diminui quando imerso na água. Na verdade, o que diminui é o peso corporal aparente. Um corpo irá afundar em um líquido quando a intensidade do empuxo for menor que a do seu peso. (RUOTI *et al.*, 2000). O peso aparente irá diminuir de acordo com a área corpórea submersa em um líquido. Então, na água pode-se controlar o peso (a carga) imposto às articulações de acordo com o nível de imersão (HARRISON *et al.*, 1992; RUOTI *et al.*, 2000).

Na água experimenta-se e se excuta diferentes forças do que as experimentadas no ambiente terrestre. Estas forças podem ser divididas entre as forças propulsivas e resistivas. As forças propulsivas são aquelas executadas pela musculatura do corpo para vencer a resistência oferecida pela água. As forças resistivas são divididas basicamente em três: a força frontal (que é à área de contato frontal do corpo ou objeto com a água); a força de fricção (é o atrito da pele com a água próxima a ela) e por último a força de arrasto (relacionada com o movimento do corpo ou objeto através da água que forma atrás do corpo uma região de baixa pressão, puxando-o para trás) (CAMPION, 2000; RUOTI *et al.*, 2000).

As forças resistivas ao movimento estão relacionadas à velocidade do movimento executado. Por exemplo, ao duplicar a velocidade, quadruplica-se a resistência ao movimento, logo será maior a possibilidade de ocorrência de fluxo turbulento que também é um componente de resistência (PHÖYHÖNEN *et al.*, 2001a; RUOTI *et al.*, 2000). Portanto exercícios realizados em ambiente aquático devido a estas forças de resistência propiciam um fortalecimento muscular e capacidade aeróbia; e por este meio instável também auxilia na melhora do equilíbrio e propriocepção (GEYTENBEEK, 2002).

A troca de calor do corpo humano com este meio é proporcional à intensidade da atividade física (exercícios) e à temperatura da piscina. A capacidade de troca de calor na água, condutividade térmica, é cerca de 25 vezes mais rápida do que a do ar. Os seres humanos tendem a elevar a temperatura interna (armazenar calor) do corpo em águas com temperaturas elevadas e a diminuir a temperatura interna

(perder calor) em águas com temperaturas mais baixas. Por isto, a temperatura da água é muito importante para a permanência confortável do ser humano na água e deve ser ajustada em função da intensidade do exercício, entretanto a temperatura ideal ou confortável pode variar para diferentes pessoas (SRAMEK *et al.*, 2000; RUOTI *et al.*, 2000).

1.3 Consumo de Oxigênio

1.3.1 Consumo Máximo de Oxigênio

O estudo do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) teve início com o trabalho de Hill e Lupton em 1923, assim tornou-se umas das principais variáveis no campo da fisiologia do exercício, frequentemente usada como critério para a classificação da capacidade funcional (aeróbia) do sistema cardiorespiratório dos indivíduos e para a prescrição de exercícios (HOWLEY *et al.*, 1995; ACSM, 1998; BASSETT JUNIOR e HOWLEY, 2000; YOON *et al.*, 2007; HOWLEY, 2007).

Na literatura os termos “consumo máximo de oxigênio”, “capacidade aeróbia máxima” e “potência máxima de oxigênio” são sinônimos, sendo definidos como taxa máxima de oxigênio absorvido e utilizado pelo corpo durante um exercício até a exaustão (LaFONTAINE *et al.*, 1981; HOWLEY *et al.*, 1995; BASSETT JUNIOR e HOWLEY, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002; McARDLE *et al.*, 2003; YOON *et al.*, 2007; HOWLEY, 2007).

Nos testes de $VO_{2m\acute{a}x}$ alguns critérios são estabelecidos para que o pico de VO_2 atingido ou encontrado seja considerado máximo. Os critérios são os seguintes: existência de um platô de VO_2 entre os minutos finais do teste (variação ≤ 150 mL.min⁻¹ de O_2), altos níveis de ácido láctico no sangue logo após o término do teste ($\geq 8,8$ mmol/L), elevado quociente respiratório ($R \geq 1,0$), frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) atingida no teste \geq a 90% da estimada (220-idade) e a percepção subjetiva do esforço (PSE) \geq a 18 (DUNCAN *et al.*, 1997; HOWLEY *et al.*, 1995). Entretanto, desses critérios para avaliar o pico de VO_2 como $VO_{2m\acute{a}x}$, o platô não tem sido demonstrado conclusivamente como válido, pois mais de 50% dos indivíduos saudáveis não apresentam um platô no $VO_{2m\acute{a}x}$ durante um teste máximo (HOWLEY

et al., 1995; BASSETT JUNIOR e HOWLEY, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002; HOWLEY, 2007).

Muitos fatores influenciam os valores do $VO_{2m\acute{a}x}$, dos quais os mais importantes são a modalidade do exercício (quantidade de massa muscular envolvida), a hereditariedade (responsável por 93% do $VO_{2m\acute{a}x}$), o estado de treinamento (responsável até 20% do $VO_{2m\acute{a}x}$), a composição corporal, o sexo (são menores em mulheres), a idade (diminuição após os 30 anos) (McARDLE *et al.*, 2003) e a imersão (DOLBOW *et al.*, 2008; ALMELING *et al.*, 2006).

1.3.2 Consumo de Oxigênio em Exercício Submáximo Constante

O estado estável é uma condição em que certas funções corporais atingem uma constância dinâmica durante um exercício em determinada intensidade submáxima. Desta forma, durante este exercício submáximo e intensidade constante, o consumo de oxigênio (VO_2) atingirá seu estado estável (ROBERGS e ROBERTS, 2002; McARDLE *et al.*, 2003).

O aumento do VO_2 que acompanha o aumento da intensidade do exercício é imediato, mas leva aproximadamente 3 minutos para atingir a sua estabilização. Entretanto, existe uma variação deste período que depende da magnitude do aumento e da capacidade física individual. Quanto maior o aumento da intensidade maior será o tempo para atingir o estado estável (FIG. 2). O indivíduo com capacidade cardiorespiratória elevada leva menos tempo para atingir o estado estável. (ROBERGS e ROBERTS, 2002; BURNLEY *et al.*, 2006). Portanto o VO_2 de um exercício submáximo em estado estável pode determinar a intensidade do mesmo (FIG. 2) (XU e RHODES, 1999; ROBERGS e ROBERTS, 2002; BURNLEY *et al.*, 2006;).

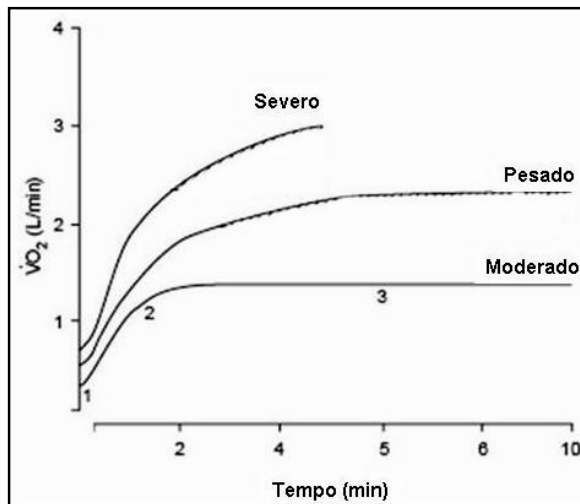


Figura 2: Cinética do VO₂ em exercícios com carga constante e em diferentes intensidades. Os números 1, 2 e 3 indicam as três fases da cinética do VO₂. Fase 1: aumento rápido do VO₂. Fase 2: representa um limiar dinâmico entre o VO₂ e a intensidade. Fase 3: é o nível do estado estável do VO₂. Fonte: adaptado de XU e RHODES, 1999.

1.3.3 Fatores que Interferem no Consumo de Oxigênio

A função sistêmica do sistema cardiovascular é baseada na regulação neural e humoral da FC e da contratilidade ventricular. Na periferia, o fluxo sanguíneo é determinado não somente pelo aumento do débito cardíaco (DC), mas também pela redistribuição do DC e pelos reguladores locais do fluxo sanguíneo. Os efeitos combinados da regulação local e central da função cardiovascular são importantes para o corpo aumentar a tolerância ao estresse fisiológico do exercício (ROBERGS e ROBERTS, 2002; McARDLE *et al.*, 2003).

O VO₂ é dependente do fluxo sanguíneo e da quantidade de oxigênio extraído do sangue (diferença arteriovenosa de oxigênio: $\Delta a-v O_2$). A equação de Fick (1) é usada para diferenciar os componentes responsáveis pelo aumento do VO₂ tanto em nível sistêmico, quanto em nível periférico. Na equação (1), o fluxo sanguíneo é representado pelo DC e a diferença entre a quantidade de oxigênio do sangue arterial em relação à quantidade no sangue venoso é representada pela $\Delta a-v O_2$. Portanto, na equação (2) o DC é decomposto em volume de sangue bombeado pelo coração a cada minuto, ou seja, é o produto do volume sistólico (VS) pela FC (2)

(BASSET JUNIOR e HOWLEY, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002; McARDLE *et al.*, 2003; HOWLEY, 2007).

$$VO_2 = DC \times \Delta a-v O_2 \quad (1)$$

$$VO_2 = (VS \times FC) \times \Delta a-v O_2 \quad (2)$$

Durante o exercício, os músculos esqueléticos em contração contribuem com mais do que 90% da demanda aumentada de VO_2 . Entretanto a resposta imediata do sistema cardiovascular em relação aos exercícios pode ser influenciada por diversos fatores. Os fatores sistêmicos, hormonais, neurais podem influenciar o DC e a $\Delta a-v O_2$, que interfere assim no VO_2 , principalmente no $VO_{2m\acute{a}x}$. Estão representados no Quadro 1 os fatores sistêmicos (BASSET JUNIOR e HOWLEY, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002; McARDLE *et al.*, 2003).

- Débito Cardíaco:	- Volume Sistólico
	- Frequência Cardíaca
	- Altitude
- Doenças Cardíacas	
- Sistema Pulmonar:	- Perfusão Pulmonar
	- Saturação do Sangue Arterial:
	- Doenças Pulmonares Obstrutivas Crônicas
- Capacidade de Transporte de Oxigênio	
- Limitações do Músculo Esquelético:	- Gradiente de Perfusão Periférica
	- Extração Celular de O_2

Quadro 1: Fatores sistêmicos que pode interferir no VO_2 .

Fonte: adaptado de BASSET JUNIOR e HOWLEY, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002; McARDLE *et al.*, 2003.

O VO_2 durante o exercício também pode ser influenciado por fatores neurais e hormonais. Durante o exercício há um aumento da atividade simpática devido ao aumento das catecolaminas (epinefrina e norepinefrina). As catecolaminas exibem efeitos excitatórios e inibitórios do sistema nervoso periférico assim como ações no sistema nervoso central. A função cardíaca está sujeita aos efeitos excitatórios das catecolaminas, que levam a um aumento da FC, da força de contração (contratilidade) e da pressão arterial. Os efeitos excitatórios também levam a um aumento da frequência respiratória e uma vasoconstrição em vísceras e na pele. Os efeitos inibitórios das catecolaminas, ao contrário, são exercidos nos vasos que

fornece sangue aos músculos esqueléticos, que ocorre uma vasodilatação. Na Figura 3 estão representadas as adaptações fisiológicas agudas que ocorrem durante o exercício que aumentam o VO_2 (ROBERGS e ROBERTS, 2002; McARDLE *et al.*, 2003).

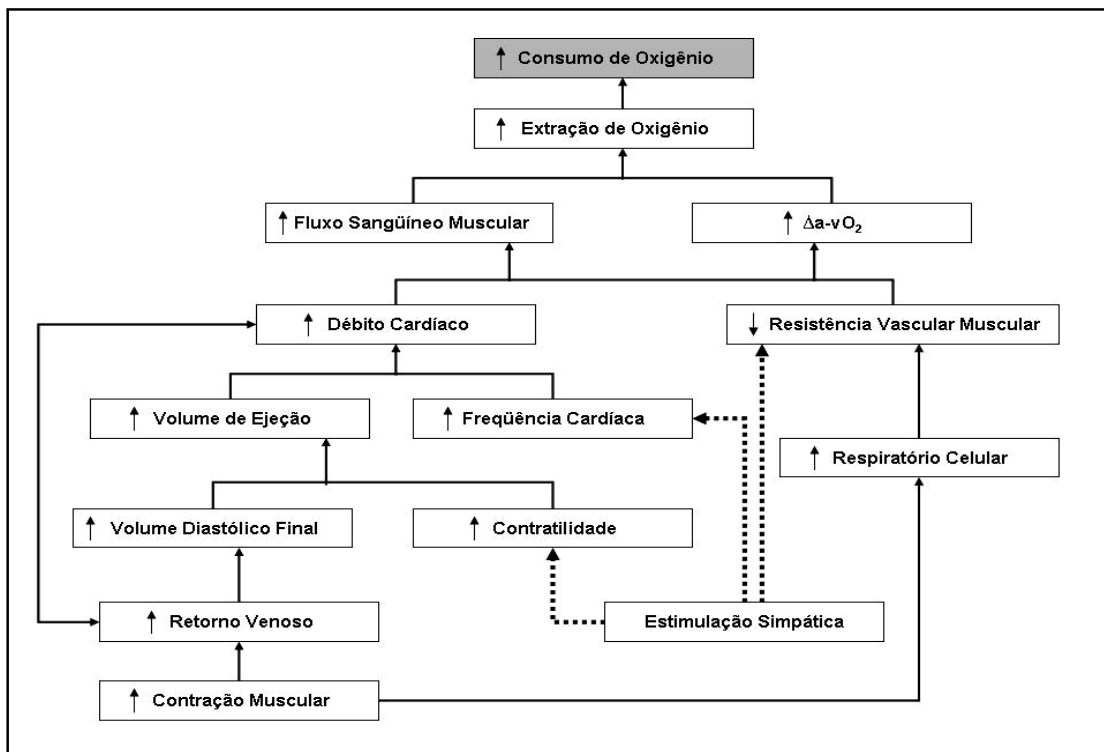


Figura 3: Adaptações fisiológicas para aumentar o VO_2 que ocorrem durante o exercício. Fonte: ROBERGS e ROBERTS, 2002.

1.3.4 Consumo de Oxigênio em Ciclismo Terrestre e Aquático

No caso da avaliação do desempenho e para o uso na reabilitação, a bicicleta é chamada de cicloergômetro, sendo na sua maioria, estacionária. Os cicloergômetros mensuram a potência desenvolvida pela pessoa que pedala contra alguma forma de carga resistiva. Nos cicloergômetros há diferentes tipos de sistemas de resistência, como frenagem mecânica, frenagem eletromagnética e resistência do ar (PATON e HOPKINS, 2001).

Os modelos de cicloergômetro estacionário terrestre (CET) de frenagem mecânica e eletromagnética foram adaptados ao meio aquático por alguns pesquisadores para comparações entre testes (COSTILL, 1971; SHAPIRO *et al.*, 1981; PARK *et al.*, 1999; BRÉCHAT *et al.*, 1999; ALMELING *et al.*, 2006) ou entre

treinamentos (AVELLINE *et al.*, 1983; SHELDAHL *et al.*, 1986) realizados dentro e fora do meio aquático. As modificações realizadas nos CET foram de dois tipos: (1) adaptar o sistema de frenagem mecânica ou eletromagnética (FIG. 4) (COSTILL, 1971; ALMELING *et al.*, 2006), (2) ou retirar o sistema de frenagem mecânica e com a utilização de material plástico fixado à roda com ângulo de 90° para gerar uma resistência por meio das forças de resistência do meio aquático (SHAPIRO *et al.*, 1981; PARK *et al.*, 1999). Atualmente existem cicloergômetros estacionários próprios para o ambiente aquático (CEA), utilizados em estudos (BRÉCHAT *et al.*, 1999) e em programas de atividade física.

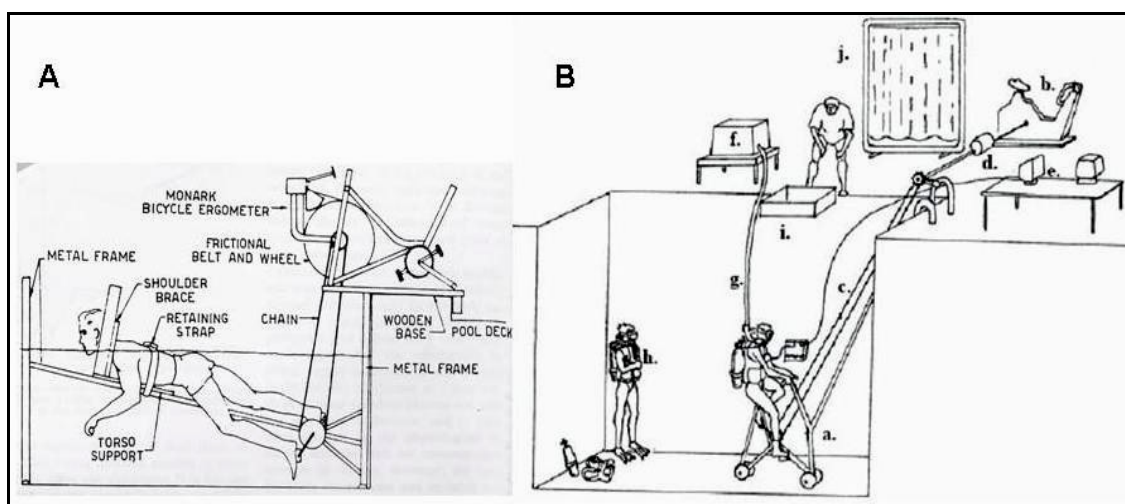


Figura 4: Cicloergômetros adaptados ao ambiente aquático: (A) utilizando a frenagem mecânica; (B) utilizando a frenagem eletromagnética.

Fonte: (A) COSTILL, 1971; (B) ALMELING *et al.*, 2006.

O VO_2 pode ser medido de duas formas tanto em testes máximos como em testes submáximos da forma direta (ex: analisador de gases) e indireta (equações de predição). As equações usadas para estimar o VO_2 ou o $VO_{2máx}$ utilizam variáveis isoladas ou combinadas como: a $FC_{máx}$ ou FC de recuperação, a carga máxima atingida (em Watts), o tempo de duração do teste e/ou a velocidade atingida (ROBERGS e ROBERTS, 2002; McARDLE *et al.*, 2003).

No estudo de Shapiro *et al.* (1981), eles utilizaram um cicloergômetro adaptado ao ambiente aquático, com estabilizadores retangulares fixados a roda (resistência frontal); e propuseram uma equação de predição de VO_2 levando em consideração a cadência (rpm) e o número de estabilizadores (coeficientes a e b) (3).

$$VO_2 (L.min^{-1}) = 0,250 + a.(rpm)^b \quad (3)$$

A seguir serão analisados estudos comparativos de exercícios realizados em ambiente terrestre e aquático com o objetivo de verificar a influência do meio nas respostas cardiorespiratórias, bem como o desempenho físico. São comparados exercícios de caminhada, corrida e ciclismo.

Almeling *et al.* (2006), analisaram o desempenho da capacidade aeróbia máxima realizada em cicloergômetro em ambiente aquático e terrestre e concluíram que o $VO_{2\text{máx}}$ e a potência final em meio aquático foram significativamente menores, enquanto a FC apresentou-se maior. Eles atribuíram que as forças resistivas do meio aquático pode ser um dos fatores limitantes do desempenho. E o aumento da FC foi devido ao aumento da pressão intratorácica que diminuiu o fluxo venoso central que reduz o débito cardíaco, do qual foi compensado pelo aumento da FC. Antes dos testes máximos foi realizada uma mensuração a 55 rpm no cicloergômetro aquático. A partir dos valores encontrados no teste submáximo foi predita a intensidade das forças resistivas do meio aquático como sendo 34 W.

No estudo realizado por Bréchat *et al.* (1999), eles analisaram o VO_2 em duas situações submáximas em cicloergômetro dentro e fora da água. Na primeira condição experimental, os voluntários pedalavam por 30 minutos a 60% do $VO_{2\text{máx}}$ (mensurado por teste em cicloergômetro na terra) em ambiente terrestre e aquático. Para manter o mesmo VO_2 a potência encontrada foi reduzida na água (69 ± 20 W), enquanto na terra foi maior (121 ± 32 W). E na segunda condição experimental eles pedalavam por 30 minutos em potência constante (122 W) nos dois ambientes. Foi encontrada uma diferença significativa entre os VO_2 , sendo maior na água ($2,86\pm 0,26$ L.min⁻¹) e menor na terra ($2,21\pm 0,30$ L.min⁻¹). Eles concluíram que para uma mesma potência o VO_2 foi maior na água devido à resistência da água ser maior do que a do ar, que influenciou assim os movimentos dos membros inferiores dentro da água que aumentou a intensidade do exercício.

Em outro estudo de exercício em estado estável, os voluntários tiveram que pedalar num cicloergômetro dentro e fora da água em potência crescente com duração de 6 minutos cada estágio até a exaustão, sendo o aumento de 50 W a cada estágio na condição terrestre e 25 W na condição aquática. Em experimento preliminar os autores verificaram que 25 W de potência a 60 rpm fora da água representa a intensidade gerada pelo movimento (pedalar) dos membros inferiores na água, por isso o aumento dentro da água foi menor. Os autores concluíram que o VO_2 aumentou linearmente com a intensidade do exercício com inclinação similar

entre os ambientes, e para o $VO_{2m\acute{a}x}$ também não foi encontrada diferença significativa. A FC também aumentou linearmente com o aumento da intensidade em ambas as condições, que permaneceu mais baixa na água do que em terra (PERINI *et al.*, 1998).

Alterações cardiorespiratórias foram estudadas por Park *et al.* (1999), tanto em repouso quanto em exercício de ciclismo aquático com água a uma temperatura termoneutra (34,5°C). Ao compararem os resultados após 30 minutos em repouso entre os ambientes, concluíram que houve um aumento significativo das seguintes variáveis durante a imersão: VS, DC, fração de ejeção, pressão arterial sistólica e diminuição da resistência vascular periférica. Durante o exercício de ciclismo realizado em ambos os ambientes com intensidades similares ($\sim 95 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$), concluíram que houve aumento significativo no DC, no VS e na FC no meio aquático. Apesar do aumento da pressão arterial sistólica não foi significativo durante os exercícios em ambos os meios, houve diminuição da resistência vascular periférica em ambos os exercícios, mas sendo significativa e menor na água.

Em estudos que verificaram o comportamento do VO_2 e da FC em exercícios realizados no cicloergômetro dentro e fora da água com intensidades máxima e submáxima, não foram encontradas diferenças significativas para os valores encontrados de VO_2 entre os meios em diferentes intensidades (máximo e submáximo) (CHRISTIE *et al.*, 1990; SHELDAHL *et al.*, 1984; CONNELLY *et al.*, 1990). No entanto a FC demonstrou semelhança entre os meios em intensidade submáxima mais moderadas, mas foi significativamente reduzida na água em altas intensidades e na intensidade máxima (CHRISTIE *et al.*, 1990; SHELDAHL *et al.*, 1984; CONNELLY *et al.*, 1990). Estes resultados foram atribuídos às alterações fisiológicas proporcionada pela imersão e concluíram que em meio aquático há um aumento do volume de sangue central que aumenta o VS e o DC durante intensidades moderadas. Outro fator é a redução da atividade neural simpática que tem um maior impacto na FC em intensidade altas, que diminui a FC em níveis intensos de exercícios dentro da água comparada ao realizado em ambiente terrestre na mesma intensidade. Christie *et al.* (1990), concluíram também que mesmo com o aumento significativo da oferta de O_2 durante a intensidade máxima do exercício realizado dentro da água, não houve elevação do $VO_{2m\acute{a}x}$, porque o O_2 adicional não é utilizado pelos músculos em exercício.

Connelly *et al.* (1990) concluíram que, com a redução da atividade simpática no meio aquático diminuem a FC, a contratilidade do coração (também devido à diminuição das catecolaminas) e aumenta a resistência vascular periférica podendo assim diminuir o fluxo sanguíneo e a oferta de O₂ aos músculos. Mas em compensação, durante a imersão, ocorre aumento do retorno venoso, do volume diastólico final, do volume de ejeção, do DC e do fluxo sanguíneo muscular. Entretanto, o VO₂ foi similar entre os exercícios realizados nos dois ambientes, enquanto a FC foi significativamente menor no ambiente aquático em altas intensidades.

Costill (1971) mensurou a FC e o VO₂ durante exercício realizado em cicloergômetro em cadência constante e com aumento progressivo da carga até o máximo suportado pelos voluntários, tanto em ambiente aquático quanto terrestre. Ele concluiu que houve um aumento significativo no VO₂ e da FC em ambiente aquático em relação ao terrestre em todas as condições de intensidades relatando que a resistência da água interfere diretamente na intensidade do exercício sendo a responsável por esses aumentos. Outro fator que pode ter influenciado para a ocorrência do aumento do VO₂ foi à temperatura da água ($\pm 25^{\circ}\text{C}$), devido a aumentar a demanda calórica para manter a temperatura corporal.

Shapiro *et al.* (1981), concluíram que ao aumentar a cadência de pedalada em cicloergômetro aquático aumenta o VO₂, e para uma mesma cadência (constante), mas com o aumento dos números de estabilizadores laterais fixados a roda do cicloergômetro que serviu como área de resistência também aumenta o VO₂. Em meio aquático o VO₂ é alterado diretamente pela temperatura da água. Em repouso, em água considera fria ($< 29^{\circ}\text{C}$), o VO₂ aumenta para manter a temperatura corporal, e em água considerada termoneutra (30 a 34°C) o VO₂ fica inalterado (SHELDAHL *et al.*, 1984; CHRISTIE *et al.*, 1990; COSTILL, 1971; BRÉCHAT *et al.*, 1999; PARK *et al.*, 1999; RUOTI *et al.*, 2000).

No Quadro 2 estão apresentados os resumos dos protocolos experimentais utilizados dos estudos consultados.

Autores	Amostra	Protocolo	Temperatura
ALMELING <i>et al.</i> , 2006	28 homens saudáveis	- Cicloergômetro - Imersão: submerso totalmente - Terrestre: aumento de 50W a cada 3 min - Aquático: aumento de 30W a cada 3 min	21 °C 27 °C
BRÉCHAT <i>et al.</i> , 1999	9 homens saudáveis	- Cicloergômetro - Imersão: até o processo xifóide - Protocolo: pedalar por 30 min em cada condição 1ª Condição: - Terrestre: 60% VO _{2máx} - Aquático: 60% VO _{2máx} 2ª Condição: - Terrestre: 122 W - Aquático: 122 W	25±2 °C 33±0,2 °C 25±2 °C 33±0,2 °C
PERINI <i>et al.</i> , 1998	7 homens	- Cicloergômetro - Imersão: até o queixo - Protocolo: carga progressiva até exaustão com duração de 6 min de cada estágio e em cada condição - Terrestre: 60rpm constante com aumento de 50 W - Aquático: 60rpm constante com aumento de 25 W	23±0,3 °C 30±0,5 °C
PARK <i>et al.</i> , 1999	10 homens saudáveis	- Cicloergômetro - Imersão: até o pescoço. - Protocolo: exercício submáximo e intensidade constante em cada condição - Terrestre: 30 min a ~95 W.m ⁻² - Aquático: 30 min a 60 rpm	26 °C 30 a 34,5 °C
SHELDAHL <i>et al.</i> , 1984	12 homens saudáveis	- Cicloergômetro - Imersão: até os ombros - Protocolo: (1) teste máximo: carga progressiva (50W inicial e aumento de 25W a cada 3 min) em cada condição anteriormente aos (2) testes submáximos: carga constante em cada condição - Terrestre: duas intensidades submáximas (1,2 l/min e 1,5 l/min). - Aquático: mesmas intensidades do terrestre	- 31±0,5 °C
CHRISTIE <i>et al.</i> , 1990	10 homens saudáveis	- Cicloergômetro - Imersão: até os ombros - Protocolo: teste de VO _{2máx} em cada ambiente (a cada 3 min foi aumentada a carga até a exaustão) - Terrestre: mantiveram a cadência entre 55 a 60rpm em cada estágio por 6 min em intensidades submáximas (40, 60 e 80 % do VO _{2máx}) e de 2 a 3 min na intensidade 100% do VO _{2máx} - Aquático: mantiveram a cadência entre 36 a 60rpm em cada estágio por 6 min em intensidades submáximas (40, 60 e 80 % do VO _{2máx}) e de 2 a 3 min na intensidade 100% do VO _{2máx}	26,2±0,4 °C 34 a 34,5 °C
CONNELLY <i>et al.</i> , 1990	9 homens saudáveis	- Cicloergômetro. - Imersão: até os ombros - Realizaram os mesmos protocolos do estudo acima (CHRISTIE <i>et al.</i> , 1990).	- mesmas temperaturas do estudo anterior

Autores	Amostra	Protocolo	Temperatura
COSTILL, 1971	10 homens saudáveis	- Cicloergômetro - Imersão: até os ombros - Protocolo: cadência constante (50 rpm) e carga progressiva (450, 600, 900 e > 1400 kpm/min) em cada ambiente - Terrestre: 5 min de cada estágio com 15 min de intervalo entre eles - Aquático: mesmo procedimento	23,5 a 24,2°C 24,6 a 25°C
SHAPIRO <i>et al.</i> , 1981	6 homens saudáveis	- Cicloergômetro Aquático - Protocolo: pedalar por 12 min para cada de velocidade (30, 40, 50 e 60 rpm) e número de estabilizadores (0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6) (servindo como área resistiva).	26 a 29°C

Quadro 2: Resumos dos protocolos experimentais utilizados dos estudos consultados.

1.4 Eletromiografia (EMG)

1.4.1 História da EMG

Em 1666, Francesco Redi foi o primeiro cientista a promulgar a dedução que os músculos geravam eletricidade, isto foi mais tarde observado também pelo Guichard Duverney em 1700, pelo Jallabert em 1750 e pelo Luigi Galvani em 1786, 1791 e 1792 (CLARYS e CABRI, 1993).

A eletromiografia de superfície (EMGS) surgiu nos anos 40, e os estudos iniciaram com movimento dinâmico. Em 1944, por exemplo, foi realizado um estudo com EMGS amplamente aceito sendo capaz de mensurar a atividade muscular associada aos movimentos do ombro. Fato que rapidamente envolveu a área clínica no início dos anos 50. Trinta anos mais tarde, a EMGS foi usada como técnica de *biofeedback* em avaliação e tratamento de dor lombar. A EMGS está em constante evolução, estudos são realizados para o desenvolvimento de novos protocolos de normalização e de equipamentos, como também em sua aplicação (CRAM, 2003).

Uma destas inovações sobre a EMG é a EMG subaquática, que consiste em estudar o sinal mioelétrico do músculo em condição imersa na água. O primeiro estudo que usou a EMG subaquática foi publicado por Ikai *et al.* em 1962 citado por Clarys e Cabri (1993), este estudo descreveu 15 padrões musculares durante a natação. A partir deste, outros estudos foram realizados tanto no sentido de desenvolvimento de protocolos e equipamentos (VENEZIANO *et al.*, 2006;

RAINOLDI *et al.*, 2004) quanto em sua aplicação (PÖYHÖNEN *et al.*, 1999; 2001a; 2002; MÜLLER *et al.*, 2005; BARELA *et al.*, 2006).

1.4.2 Definição

A EMG é um método de medição bastante utilizado pela biomecânica, principalmente na identificação do início da ativação muscular, na relação da força produzida pelo músculo e como índice de fadiga muscular (De LUCA, 1997). As seguintes definições de EMG baseiam-se na análise do sinal elétrico do músculo:

1) “Eletromiografia ou EMG é o estudo da função muscular através da análise do sinal elétrico que provém dos músculos” (BASMAJIAN e De LUCA, 1985).

2) EMG é a manifestação elétrica da contração muscular (HILLSTROM e TRIOLO, 1995).

3) A EMG é uma técnica experimental interessada no desenvolvimento, gravação e análise do sinal mioelétrico. Os sinais mioelétricos são fornecidos pela variação fisiológica da condição das membranas das fibras musculares (KONRAD, 2005).

1.4.3 Campos de Aplicações da EMG

A EMGS permite estudar, avaliar e controlar a função muscular através da investigação do sinal elétrico proveniente do músculo (BASMAJIAN e De LUCA, 1985). Os campos de aplicação da EMGS são multidisciplinares podendo ser usada na anatomia, na neurologia, na neurofisiologia, neurocirurgia, nas ciências dos esportes (biomecânica, aprendizagem motora, fisiologia do exercício), na medicina esportiva, na fisioterapia, na fisioterapia, na estimulação elétrica funcional, na ortopedia, na ergonomia, na fonoaudiologia, na odontologia, na psicologia e na bioengenharia (CLARYS e CABRI, 1993; MORITANI e YOSHITAKE, 1998). É um método que vem sendo usado nos últimos 50 anos (SODERBERG e KNUTSON, 2000), para avaliar a atividade muscular em diferentes aplicações como: (1) avaliação da função muscular antes e após exercícios e em procedimentos de fisioterapia, (2) fornecimento de *biofeedback* para pacientes, (3) fornecimento do tempo inicial, duração ou

estabilização da ativação das unidades motoras, (4) especificação do local trabalhado, (5) determinação da quantidade relativa da fadiga, (5) estimacão da força muscular (6) determinacão de disfunçōes ou anormalidades, (7) em ergonomia comparar posturas e movimentos funcionais (marcha), (8) em tratamentos fisioterapêuticos na observacão da recuperaçã de um determinado feixe muscular, (9) nos esportes determinar as situaçōes musculares de atletas e desportistas, (10) na engenharia, pode-se realizar experimentos com braços eletrônicos através da interpretaçã dos sinais EMGS, (11) na identificaçã da co-contraçã muscular (TÜRKER, 1993; HILLSTRON e TRIOLLO, 1995; SODERBERG e KNUTSON, 2000; De LUCA, 1997).

Nos últimos anos aumentou o interesse da fisiologia em EMGS para (1) avaliar a capacidade de resistêcia muscular, (2) para determinar os limiares anaeróbio e de lactato e (3) para determinar o limiar de fadiga muscular. A EMG intramuscular também tem sido empregada em muitos estudos para avaliaçã do recrutamento da unidade motora e modulaçã da taxa de descarga elétrica das unidades motoras. As análises do reflexo ou do potencial elétrico induzido tem recentemente ganhado popularidade. A análise do potencial evocado tem sido empregada em estudos objetivando verificar (1) excitabilidade da membrana muscular, (2) reflexo miotático e (3) excitabilidade do motoneurônio espinhal (MORITANI e YOSHITAKE, 1998).

1.4.4 EMG em Ambiente Aquático

A EMG aquática é amplamente usada em estudos científicos (RAINOLDI *et al.*, 2004), segundo Masumoto *et al.* (2007a) vários pesquisadores têm avaliado a atividade muscular enquanto indivíduos realizam exercícios na água. Tem sido reportado por esses pesquisadores sobre ativaçã muscular em diferentes exercícios realizados no ambiente aquático quanto à contraçã isométrica voluntária máxima e submáxima (RAINOLDI *et al.*, 2004; VENEZIANO *et al.*, 2006; ABBISS *et al.*, 2006; PÖYHÖNEN *et al.*, 1999; SUGAJIMA *et al.*, 1996; FUJISAWA *et al.*, 1998), durante a marcha (MIYOSHI *et al.*, 2006; 2004; 2005; SHONO *et al.*, 2007; MASUMOTO *et al.*, 2004; 2005; 2007a; 2007b; 2007c; KANEDA *et al.*, 2007; CHEVUTSCHI *et al.*, 2007; BARELA *et al.*, 2006, BARELA e DUARTE, 2006), em

exercícios dinâmicos de joelho (PÖYHÖNEN *et al.*, 2001a, 2001b), ombro (KELLY *et al.*, 2000), abdominal (MÜLLER *et al.*, 2005) e em esportes aquáticos como a natação (CLARYS, 1985; ROUARD e CLARYS, 1995; CATY *et al.*, 2007).

A quantificação da ativação muscular em imersão na aquisição de evidência científica tem sido o principal desafio da pesquisa no campo de exercícios aquáticos, devida a dificuldade na fixação dos eletrodos de superfície na pele, complexidade e sofisticação dos equipamentos necessários para transmitir e gravar os sinais de EMG dos indivíduos enquanto eles são imersos na água (MASUMOTO *et al.*, 2004).

Os procedimentos da EMG aquática segue as recomendações utilizadas quando a EMG é realizada em ambiente terrestre. Na literatura consultada verificou-se que os equipamentos utilizados para coleta dos eletromiogramas no meio aquático foram semelhantes aos equipamentos utilizados fora da água. Foram utilizados eletromiógrafos com aquisição através de cabos (Kelly *et al.*, 2000; CHEVUTSCHI *et al.*, 2007) ou por telemetria (MASUMOTO *et al.*, 2004; 2005; 2007a; PÖYHÖNEN *et al.*, 1999), eletrodos de superfície (RAINOLDI *et al.*, 2004; VENEZIANO *et al.*, 2006), eletrodos de fios (FUJISAWA *et al.*, 1998), eletrodos de agulha (SUGAJIMA *et al.*, 1996), eletrodos resistentes à água (MIYOSHI *et al.*, 2006; PÖYHÖNEN *et al.*, 1999, 2001a). A configuração do eletromiografo quanto à frequência de coleta, amplificação, filtros, conversor analógico/digital, bem como os procedimentos para análise e normalização do sinal eletromiográfico seguiram as normas estabelecidas pela ISEK e SENIAM. Além do procedimento padrão para a EMGS, outros procedimentos são realizados para a EMG aquática, como a proteção dos eletrodos e amplificadores com fita adesiva resistente a água (TEGADERM, SILVER TAPE) ou uso de silicone para vedação (RAINOLDI *et al.*, 2004; VENEZIANO *et al.*, 2006). Portanto, diferentes técnicas de registro da EMGS aquática são encontradas na literatura (RAINOLDI *et al.*, 2004). No intuito de padronização da EMGS aquática alguns estudos foram realizados para verificar os fatores que podem alterar o sinal eletromiográfico (RAINOLDI *et al.*, 2004; VENEZIANO *et al.*, 2006) e também a sua confiabilidade (ABBISS *et al.*, 2006; PÖYHÖNEN *et al.*, 1999).

Os músculos extensores (RF, VL e VM) do joelho foram estudados em ambientes terrestre e aquático em CIVM e submáxima. Os eletrodos neste estudo não tiveram uma proteção extra (PÖYHÖNEN *et al.*, 1999). Verificou-se que em ambiente aquático os sinais da EMGS foram significativamente menores em relação

ao ambiente terrestre. Entretanto, em ambos os ambientes e em diferentes condições das contrações isométricas, as medições tiveram alta reprodutibilidade (ICC: Coeficiente de correlação intraclasse de 0,95 a 0,99% e coeficiente de variação de 7,0 a 10,9%) (PÖYHÖNEN *et al.*, 1999).

Rainoldi *et al.* (2004), estudaram o músculo bíceps braquial em contrações isométricas em ambientes terrestre e aquático (com e sem proteção dos eletrodos). Não foi observada diferença significativa na amplitude do sinal eletromiográfico entre os ambientes, quando os eletrodos foram protegidos com uma fita adesiva resistente a água. Ao comparar o sinal EMG na condição com os eletrodos desprotegidos em ambiente aquático, verificaram que a água interferiu cerca de cinco vezes a impedância elétrica entre o eletrodo e a pele, assim ocorreu uma diminuição significativa da amplitude do sinal nesta condição em relação ao ambiente terrestre. Os autores então recomendam a utilização de algum tipo de proteção resistente à água sobre os eletrodos, propiciando assim um correto registro dos sinais.

Abbiss *et al.* (2006) estudaram a CIVM do VL em ambientes terrestre e aquático (com e sem proteção dos eletrodos com fita adesiva resistente a água), e concluíram que não houve diferenças significativas entre os ambientes. Também verificaram que as amplitudes dos sinais eletromiográficos mostraram alta confiabilidade tanto com os eletrodos protegidos (ICC: 0,93%) quanto desprotegidos (ICC: 0,95%). Neste estudo foram utilizados eletrodos resistentes à água. Veneziano *et al.* (2006), avaliaram a contração isométrica máxima do músculo abductor curto do polegar em dois ambientes (terrestre e aquático) com a utilização de eletrodos protegidos por fita adesiva resistente à água. Os autores observaram que não houve diferença significativa na amplitude dos sinais eletromiográficos entre os ambientes. Pode-se concluir que a proteção dos eletrodos com fita adesiva resistente à água é necessária, quando os eletrodos utilizados não forem eletrodos resistentes à água. Segundo Pöyhönen *et al.* (1999) a água pode diminuir o sinal de EMGS quando os eletrodos não são protegidos, essa interferência é um fator eletromecânico.

Outros estudos, apresentados a seguir, relatam que o ambiente aquático pode interferir na ativação muscular por outros fatores tais como a temperatura da água, as alterações neurofisiológicas e os princípios físicos da água.

Com a diminuição da temperatura do ambiente acarreta uma diminuição da temperatura muscular que ocorre um decréscimo da velocidade de condução da fibra muscular, assim altera-se o sinal de EMGS que diminui a sua amplitude

(MERLETTI *et al.*, 1984). Portanto, o ambiente aquático por ser um meio onde a transferência de calor é mais intensa, os estudos recomendam-se manter a temperatura da água a $\pm 33^{\circ}\text{C}$, este valor é similar à temperatura da pele que acarreta pouca influencia na temperatura intramuscular que é aproximadamente de 36°C , garantindo assim o registro da EMG sem interferência da temperatura (VENEZIANO *et al.*, 2006, PÖYHÖNEN *et al.*, 1999).

Algumas alterações neurofisiológicas podem contribuir para a diminuição da amplitude do sinal eletromiográfico em meio aquático. Estudos mostram que em ambiente aquático o empuxo propicia uma diminuição do peso aparente e a pressão hidrostática aumenta a ativação dos receptores de pressão, ambos os fatores contribuem com o decréscimo da ativação dos receptores proprioceptivos, assim diminuiu a ativação dos fusos musculares (EGAWA *et al.*, 2003; PÖYHÖNEN *et al.*, 1999).

Os princípios físicos da água podem diminuir a ativação muscular. Foi verificado em estudos, que a força empuxo pode facilitar o movimento, quando este é realizado no mesmo sentido do empuxo, assim ocorreu uma diminuição da amplitude do sinal eletromiográfico (SUGAJIMA *et al.*, 1996; KELLY *et al.*, 2000; FUJISAWA *et al.*, 1998).

Os músculos extensores e flexores do joelho foram estudados por Pöyhönen *et al.* (2001a, 2001b). Durante o movimento de flexão-extensão realizado em imersão, foi verificada uma diminuição da ativação muscular agonista e aumento da atividade do antagonista durante o movimento, devido ao fluxo da água estar na mesma direção facilita o movimento e causa uma atividade excêntrica ao mesmo tempo. Também foi observado que ao mudar de direção do exercício houve um aumento da atividade excêntrica, devido ao fluxo da água que neste caso age como uma adição à resistência ao movimento (PÖYHÖNEN *et al.*, 2001a). Em outro estudo (2001b) também com o movimento de flexão-extensão de joelho, os voluntários realizaram este exercício em duas condições: descalços e utilizando uma bota aquática (*Hydro Foot*) para aumentar a resistência frontal. Os autores verificaram resultados semelhantes aos do estudo anterior e observaram um aumento significativo na atividade muscular durante a realização do movimento quando foi utilizada uma bota (PÖYHÖNEN *et al.*, 2001b).

Szmuchrowski *et al.* (2004) compararam a ativação muscular dos músculos GAS, VL, IS e paravertebral entre o ciclismo realizado dentro e fora da água em uma

mesma intensidade controlada por meio da PSE. Os autores relataram que não houve diferenças significativas entre a atividade muscular para 50 e 65 rpm, exceto para o músculo vasto lateral a 65 rpm e para o paravertebral para ambas as cadências. Os autores concluíram que os princípios físicos da água podem interferir na ativação muscular durante o ciclismo dentro da água em relação ao ciclismo realizado em ambiente terrestre.

Müller *et al.* (2005), analisaram a atividade muscular dos músculos reto femoral, supra e infra abdominal e oblíquo externo durante abdominais realizados dentro e fora da água em duas velocidades, uma controlada e a outra máxima. Foi identificado que não houve diferenças significativas entre as atividades musculares (exceto para o reto femoral) em relação aos meios na mesma velocidade. Ao comparar o aumento da velocidade no mesmo meio, houve um aumento significativo da atividade muscular no meio aquático para todos os músculos estudados e em meio terrestre apenas para os músculos supra abdominal e reto femoral. Os autores concluíram que a variação da velocidade em meio aquático interfere na ativação muscular devido à resistência ao movimento em meio aquático ser proporcional ao quadrado da velocidade.

Os estudos que compararam a marcha dentro e fora da água concluíram que a ativação muscular durante a marcha em meio aquático é diferente em relação à marcha em meio terrestre. São relatadas duas razões principais para estas diferenças: diminuição aparente do peso corporal devido à força do empuxo e ao aumento da resistência ao movimento devido à força de resistência exercida pela água ao corpo humano (MIYOSHI *et al.*, 2006; 2004; 2005; SHONO *et al.*, 2007; MASUMOTO *et al.*, 2004; 2005; 2007a; 2007b; 2007c; KANEDA *et al.*, 2007; CHEVUTSCHI *et al.*, 2007; BARELA *et al.*, 2006, BARELA e DUARTE, 2006). Além da alteração da atividade muscular, outras alterações foram relatadas nestes estudos como: velocidade angular, cadência do passo, força de impacto, largura do passo e amplitude articular (MIYOSHI *et al.*, 2004; SHONO *et al.*, 2007; MASUMOTO *et al.*, 2005; 2007c; KANEDA *et al.*, 2007; CHEVUTSCHI *et al.*, 2007; BARELA *et al.*, 2006, BARELA e DUARTE, 2006).

No estudo desenvolvido por Masumoto *et al.* (2007c), comparou a caminhada dentro e fora da água em diferentes intensidades (lenta, moderada e rápida) quanto à atividade muscular. Eles concluíram que quanto maior a velocidade da caminhada dentro da água maior será a atividade muscular devido ao aumento

da resistência. Porém a atividade muscular encontrada dentro da água foi menor significativamente em relação à atividade realizada fora da água para uma mesma intensidade. A intensidade das caminhadas foi mensurada pelo VO_2 , sendo semelhantes para as intensidades moderada e rápida e menor significativamente em intensidade lenta. Portanto, as velocidades foram diferentes entre os meios. Na água foram consideradas $1,2 \text{ km.h}^{-1}$ (lenta), $1,8 \text{ km.h}^{-1}$ (moderada) e $2,4 \text{ km.h}^{-1}$ (rápida), e no ambiente terrestre foram $2,4 \text{ km.h}^{-1}$ (lenta), $3,6 \text{ km.h}^{-1}$ (moderada) e $4,8 \text{ km.h}^{-1}$ (rápida).

1.5 Justificativa

Esta pesquisa se justifica pela controvérsia dos resultados em relação às alterações fisiológicas entre o ciclismo dentro e fora da água apresentados pela literatura e pela importância de se verificar se o padrão de movimento é semelhante entre o ciclismo terrestre e aquático para uma mesma intensidade.

1.6 Objetivos do Estudo

1.6.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo analisar e comparar a atividade muscular e o consumo de oxigênio no ciclismo realizado dentro e fora da água.

1.6.2 Objetivos Específicos

1 – Comparar o consumo máximo de oxigênio dos mesmos indivíduos entre testes realizados em cicloergômetros dentro e fora da água e propor uma equação de predição para cálculo indireto do consumo máximo de oxigênio em cicloergômetro estacionário aquático.

2 – Identificar a potência no ciclismo dentro da água por meio da comparação do consumo de oxigênio de exercícios submáximos constantes entre os cicloergômetros estacionários terrestre e aquático.

3 - Comparar a ativação muscular dos músculos reto femoral, vasto lateral e isquiossurais, entre o ciclismo dentro e fora da água.

4 – Comparar a ativação muscular dos músculos reto femoral, vasto lateral e isquiossurais, registradas durante o ciclismo terrestre entre diferentes potências em uma mesma cadência.

5 – Comparar a ativação muscular dos músculos reto femoral, vasto lateral e isquiossurais, registradas durante o ciclismo aquático entre duas cadências (40 e 50 rpm).

1.7 Hipóteses do Estudo

H₀₁ – O ambiente aquático interfere diminuindo o consumo máximo de oxigênio no teste de capacidade aeróbia no cicloergômetro estacionário aquático comparado ao consumo máximo de oxigênio no teste de capacidade aeróbia no cicloergômetro estacionário terrestre.

H₀₂ – Existe associação entre velocidade (rpm) e consumo de oxigênio no cicloergômetro estacionário aquático.

H₀₃ – O consumo de oxigênio de um exercício submáximo constante para uma mesma potência é igual entre os cicloergômetros estacionários terrestre e aquático.

H₀₄ – A ativação muscular entre os ciclos de pedaladas realizadas nos cicloergômetros estacionários terrestre e aquático são iguais, para uma mesma potência.

H₀₅ – O aumento da potência interfere aumentando a ativação muscular durante o ciclo de pedalada no ciclismo realizado em ambiente terrestre.

H₀₆ – O aumento da cadência interfere aumentando a ativação muscular durante o ciclo de pedalada no ciclismo realizado dentro da água.

2 METODOLOGIA

2.1 Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo observacional do tipo transversal que analisa a atividade muscular e consumo de oxigênio no ciclismo dentro e fora da água.

2.2 Cuidados Éticos

O projeto deste estudo foi aprovado pelo Colegiado de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (parecer ANEXO A), e pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG através do parecer nº. ETIC 563/06 (ANEXO B). Os indivíduos selecionados receberam uma explicação detalhada dos procedimentos do estudo e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A), bem como o Consentimento do uso de imagem (APÊNDICE B).

2.3 Local de Realização

Os dados foram coletados no Laboratório de Avaliação da Carga do Centro de Excelência Esportiva (CENESP/EEFFTO/UFMG) e no Laboratório de Hidroterapia do Departamento de Fisioterapia (EEFFTO/UFMG), Belo Horizonte - MG, entre os meses de julho a outubro de 2007.

2.4 Amostra

Para o cálculo do tamanho da amostra foi utilizada a equação do Teste t Pareado ($N = (Z_{\alpha})^2 \times (DP)^2 / (d)^2$; N = tamanho da amostra; Z_{α} = valor da curva normal padrão que limita o erro tipo alfa ($Z_{\alpha} = 1,96$); DP = desvio padrão da variável;

d = diferença maior entre as médias ($d = 10$)), sendo considerado somente o erro alfa (JEKEL *et al.*, 2002). O desvio padrão da variável foi extraído de um estudo piloto (SZMUCHROWSKI *et al.*, 2004). Assim, calculou-se o tamanho da amostra como igual a 14 indivíduos.

Os participantes foram recrutados a partir de contatos pessoais dos pesquisadores e através de cartazes divulgados nas dependências da EEEFTO/UFMG.

2.4.1 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão dos participantes no estudo foram: ser do sexo masculino, saudáveis, sem histórico de lesões dos membros inferiores e disfunção cardíaca, ter entre 1,70m a 1,80m de altura, estar praticando atividade física e alcançar acima de 50 rpm de cadência no teste de limiar de esforço no CEA. Foram excluídos os voluntários que não preencheram os critérios supracitados, e foram comunicados sobre o motivo do qual estavam sendo excluídos do estudo.

2.5 Instrumentos de Medidas

2.5.1 Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)

O Questionário Internacional de Atividade Física (*International Physical Activity Questionnaire* - IPAQ) - versão curta (ANEXO C), foi utilizado para avaliar o nível de atividade física para cada indivíduo, com a finalidade de verificar se a amostra apresenta níveis de atividade física semelhantes. O IPAQ é um instrumento traduzido para o português - Brasil, tendo coeficientes de validade e reprodutibilidade similares a de outros instrumentos utilizados internacionalmente para medir nível de atividade física, sendo este de aplicação prática e rápida devido à vantagem de seu formato curto (MATSUDO, 2001; CRAIG *et al.*, 2003).

2.5.2 Antropômetro

Foi utilizado um Antropômetro (CESCORF[®]) (estadiômetro vertical) para medição da altura e dos comprimentos longitudinais dos voluntários.

2.5.3 Balança

Uma balança digital (Filizola[®] IND.LTDA., MF *Standard*) foi utilizada para a pesagem dos voluntários, com precisão de 0,03 gramas.

2.5.4 Adipômetro

Um Adipômetro (plicômetro) (Lange[®], Suíça) foi utilizado para medir em milímetros as dobras cutâneas dos voluntários, com precisão de 0,1mm.

2.5.5 Escala de Percepção Subjetiva de Esforço - PSE

Com o objetivo de monitorar a percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o exercício foi utilizada a Escala de Borg (BORG e NOBLE, 1974). Esta escala de PSE tem 15 pontos, na qual 6 é o nível mais fácil e 20 o mais difícil. A escala de Borg é uma escala confiável e muito utilizada para avaliar o grau de percepção do indivíduo ao esforço (BORG, 2000).

Uma escala de PSE adaptada (PSEa) foi utilizada no teste de limiar de esforço no cicloergômetro aquático para selecionar os voluntários (SZMUCHROWSKI *et al.*, 2003; KRAGULJAC *et al.*, 2004). Esta foi adaptada da escala de 10 níveis de Borg (NOBLE, 1982).

2.5.6 Monitor de Frequência Cardíaca

Foi utilizado um monitor de frequência cardíaca (*Polar[®] - Xtrainer*, Kempele, Finlândia) para registro da frequência cardíaca (FC) dos voluntários.

2.5.7 Metrônomo

Foi utilizado um metrônomo eletrônico (Qwick Time™, China) que produz flashes de luz e som em um determinado ritmo, para controlar a cadência de pedalada.

2.5.8 Cronômetro

O Cronômetro Timex (TI5G831) com aferição em horas, minutos, segundos e milissegundos, foi utilizado para marcar os tempos dos estágios dos testes.

2.5.9 Cicloergômetro Estacionário Terrestre e Aquático

O cicloergômetro estacionário terrestre (CET) utilizado foi o modelo MAXX® (Hidrofit®, Belo Horizonte, Minas Gérias, Brasil) de frenagem mecânica com padrão Monark e o aquático (CEA) foi o modelo *Water Bike*® (Hidrofit®, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil). No CEA a resistência é o resultado da cadência empregada e da área frontal do pedal contra a água. Em ambos os cicloergômetros foram colocados um sensor para captar o início e o final de cada ciclo de pedalada.

2.5.10 Espirômetro

Para análises dos gases foi utilizado um sistema de espirometria direta de circuito aberto (MP35® - 5 L, Biopac Systems Inc., Goleta, CA, USA) que registra o consumo de oxigênio a cada incursão respiratória, com impedância de entrada de 1M Ω e frequência de coleta de 1 kHz. Os dados foram registrados e arquivados digitalmente por meio de um conversor A/D 12 bits e um *software* específico (Biopac Student Lab Pro® 3.7, Biopac Systems Inc., Goleta, CA, USA). Os dados foram analisados posteriormente no mesmo software. Este aparelho possibilitou a mensuração das variáveis espirométricas respiração-a-respiração (*breath-by-breath*).

2.5.11 Eletromiógrafo

O eletromiógrafo EMG800C[®] (EMG System do Brasil Ltda[®], São José dos Campos, São Paulo, Brasil) foi usado tanto para registro da ativação muscular quanto para registrar o início e o final do ciclo de pedalada. O EMG800C[®] possui quatro canais, sendo três canais usados para registrar a atividade elétrica dos músculos da coxa durante o movimento de ciclismo dentro e fora da água e um canal utilizado como “*trigger*” para indicar o início e o final do ciclo de pedalada, simultâneo ao registro da atividade muscular. Este aparelho tem impedância de entrada de 10 MOhm, Taxa de Rejeição de Modo Comum de 100 dB e placa de conversão A/D 16 bits para converter o sinal analógico para sinal digital. Os canais estão condicionados com filtros analógicos (*Butterworth*) de corte de banda de frequência entre 20 (passa alta) e 500 (passa baixa) Hz. O aparelho possui amplificador de ganho de 100 vezes e os eletrodos ativos subaquáticos são pré-amplificados com um ganho de 20 vezes, totalizando um ganho de 2000 vezes e possuem fonte de alimentação de 5 V, regulados para alimentar os transdutores. Os eletrodos de superfície subaquáticos para aquisição de sinais tanto na água quanto em solo são pré-amplificados, blindados e isolados, a fim de reduzirem os efeitos das interferências eletromagnéticas, ruídos e da água (FIG. 5). Sua configuração é bipolar composto por duas barras retangulares e paralelas de prata (1 cm de comprimento, 0,5 cm de largura e separadas por um 0,5 cm). O eletrodo referência é em forma de clipe e pode ser colocado próximo a articulações (FIG. 5). A frequência de amostragem máxima deste aparelho é de 14 kHz, na configuração de quatro canais a frequência de amostragem é de 2 kHz por canal.

Todos os dados foram processados utilizando o software *ToolBox BR*[®] (V 1.0, EMG System do Brasil Ltda[®], São José dos Campos, São Paulo, Brasil) para o registro e análise dos sinais EMG.

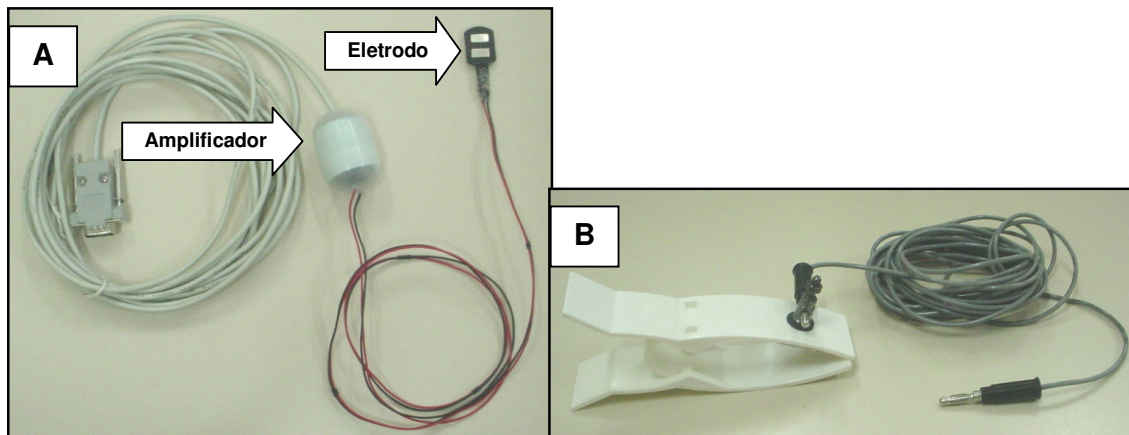


Figura 5: Eletrodos: (A) ativo subaquático com pré-amplificador blindado; (B) eletrodo de referência.

2.5.12 Termômetros

Foi utilizado o Higrotermômetro Analógico Simples (Sciavico® COM.IND.LTDA., Sabará, MG, Brasil) (escala: -10° a $+50^{\circ}$ $^{\circ}\text{C}$; divisão: 1° $^{\circ}\text{C}$; precisão: 1° $^{\circ}\text{C}$) para medir a temperatura seca (T_S) e úmida do ambiente e assim calcular a umidade relativa do ar (URA).

Na piscina terapêutica a temperatura da água (T_A) foi medida através de um termômetro analógico (Incoterm® Ltda., Porto Alegre, RS, Brasil) (escala: $0+50^{\circ}$ $^{\circ}\text{C}$ / $40+120^{\circ}$ $^{\circ}\text{F}$; divisão: $2^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$; precisão: $\pm 2^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$).

2.6 Procedimentos

Inicialmente os voluntários foram esclarecidos sobre os procedimentos do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o Consentimento do uso de imagem, para participação no estudo. Os voluntários deveriam comparecer sete vezes ao Laboratório de Avaliação da Carga em dias não consecutivos. O estudo iniciou com 19 voluntários e teve uma morte experimental de 5 voluntários, portanto 15 voluntários participaram de todas as coletas e apenas 14 participaram da coleta de EMGS. Do segundo ao sexto dia as coletas foram realizadas de forma aleatória, por meio de um sorteio. Segue abaixo o protocolo do estudo de todas as coletas com o fluxograma de participação dos voluntários no estudo (FIG. 6).

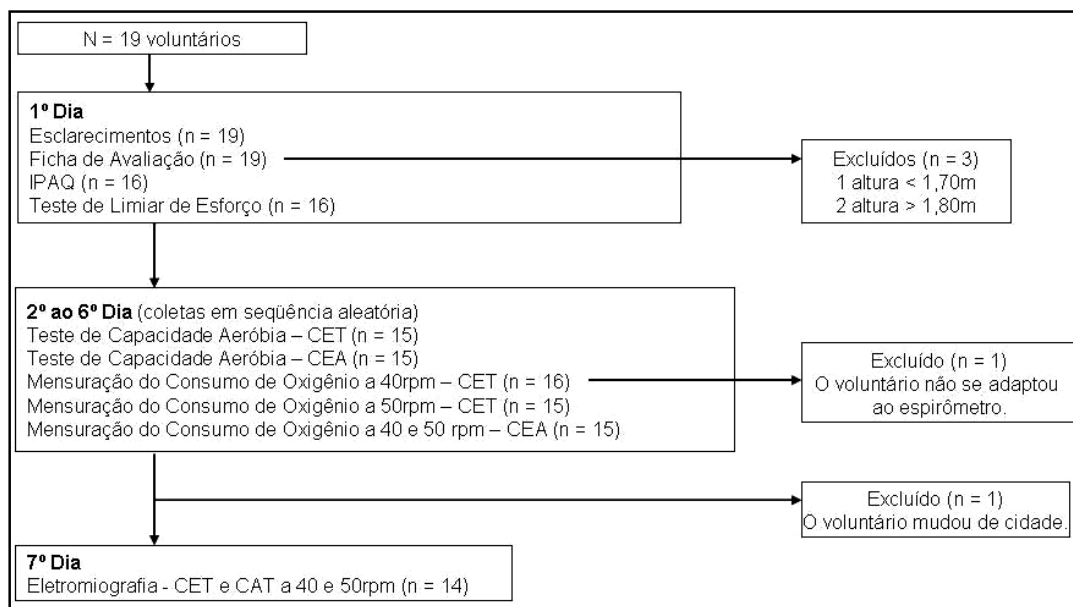


Figura 6: Protocolo do estudo e fluxograma de participação dos voluntários no estudo.

Após assinarem o termo de consentimento, foram coletados dados pessoais, antropométricos (massa, altura, comprimentos longitudinais – ambos os lados, dobras cutâneas – lado direito) e demais informações relevantes de todos os participantes, através de uma avaliação individual (APÊNDICE C). Para a avaliação dos dados antropométricos os voluntários apresentavam-se descalços e vestidos de sunga.

A partir dessas informações foram calculados o Índice de Massa Corporal - $IMC = \text{massa (kg)} / \text{altura}^2 \text{ (m}^2\text{)}$, o percentual de gordura, massa magra e massa gorda de cada voluntário, utilizo-se o protocolo de sete dobras cutâneas proposto por Jackson e Pollock (1985), com a finalidade de verificar se os participantes tinham um baixo percentual de gordura.

Em seguida responderam ao questionário versão curta do IPAQ e realizaram o teste de Limiar de Esforço (CEA), para averiguar se atendiam ao critério de inclusão pré-estabelecido neste estudo.

Todas as medidas foram obtidas pelo mesmo investigador devidamente treinado para realizá-las.

2.6.1 Teste de Limiar de Esforço

Neste teste, os voluntários tinham que alcançar um limiar de esforço acima de 50 rpm no cicloergômetro estacionário aquático (CEA), com a finalidade de tornar a amostra homogênea em relação ao condicionamento físico. Este teste também teve como objetivo de familiarização dos voluntários com o CEA.

O protocolo deste teste não invasivo, consiste em estimar o limiar de esforço em CEA, baseado na escala de PSEa (SZMUCHROWSKI *et al.*, 2003; KRAGULJAC *et al.*, 2004). Os voluntários foram instruídos quanto ao protocolo do teste e a classificar os níveis de esforço percebido da forma mais precisa possível e utilizavam um monitor de FC. Foi registrada sua FC de repouso fora da água e dentro da água ($T_A = 30 \pm 1^\circ\text{C}$) com imersão até a sétima vértebra cervical. Foram dadas instruções de como executar corretamente o exercício a ser executado no CEA, assim o voluntário deveria estar imerso até o manúbrio com os cotovelos levemente flexionados e segurou no segundo apoio do CEA, deixou o corpo ser sustentado pela água (empuxo) e pronto para pedalar. Esta padronização do exercício foi realizada em todas as coletas no CEA.

O teste iniciou com o voluntário pedalando por 3 minutos em cadência crescente, sendo verificada a FC a cada minuto. Foi instruído ao voluntário atingir ao final deste estágio um nível considerado por ele “difícil” de acordo com a escala PSEa. Alcançado o nível “difícil” o voluntário passa para o segundo estágio pedalando por mais 5 minutos na FC registrada no final do estágio anterior, e ao final deste estágio era registrada a FC e solicitado ao voluntário indicador na escala de PSEa o nível de esforço do exercício, que teria que corresponder ao nível “difícil” novamente. Assim, foi considerada esta a FC correspondente ao limiar de esforço.

Para que fosse possível registrar a cadência deste nível de esforço “difícil” alcançado pelo voluntário. Foi solicitado ao voluntário que mantivesse o exercício por mais 20 minutos na mesma FC do estágio anterior. A cadência de pedaladas foi registrada (em ciclos completos) em determinados minutos: 2º e 3º, 8º e 9º, 14º e 15º, 19º e 20º por um dos pesquisadores. Assim no final do teste calculou-se a média da cadência por minuto, sendo esta, a cadência de limiar. Portanto se a média encontrada fosse menor que 50 rpm o voluntário foi excluído da amostra (último critério de inclusão).

2.6.2 Consumo de Oxigênio (VO_2)

Para não interferir nos resultados do VO_2 , em todas as mensurações os voluntários deveriam seguir às seguintes recomendações:

- ✓ 2 h antes da mensuração, recomendou-se a ingestão de 500 mL de água, para garantir a condição de eu-hidratado (ACSM, 1998);
- ✓ Ingerir alimentos 3h antes da mensuração (KANG *et al.*, 2001; ESPOSITO *et al.*, 2004);
- ✓ Não fazer uso de anfetamina, efedrina, cafeína, bebidas alcoólicas, betabloqueador ou outra substância que afete o comportamento da FC, 24h antes da mensuração (YOON *et al.*, 2007; ACMS, 1998; LAMBERT *et al.*, 1998);
- ✓ Não fazer exercícios vigorosos 48h antes das mensurações (ACMS, 1998; ESPOSITO *et al.*, 2004).

Antes de cada mensuração do VO_2 , os voluntários foram indagados acerca do cumprimento das recomendações. Caso afirmativo foi mensurada a massa corporal (vestidos de sunga) e foi realizado um dos testes (por meio de sorteio). Caso negativo o teste foi remarcado para outro dia.

Em todos os testes, foram realizados alguns procedimentos como calibração do analisador de gases e colocar no voluntário o monitor de FC e o analisador de gases. O selim do CET foi ajustado para cada voluntário em relação à altura do trocanter maior do fêmur do lado direito. Para evitar possíveis influências do ritmo circadiano, as coletas de todos os testes foram sempre nos mesmos horários para cada voluntário (LAMBERT *et al.*, 1998). A temperatura do ambiente foi mantida entre 21 e 24 °C, com URA entre 30 e 70%, considerado um ambiente termoneutro (DUNCAN *et al.*, 1997). Quando a coleta foi realizada na água a temperatura da mesma foi mantida entre 30 e 33 °C considerada termoneutra (BRÉCHAT *et al.*, 1999; PARK *et al.*, 1999).

Durante os testes de capacidade aeróbia tanto dentro da água quanto fora, incentivos verbais foram dados para que os voluntários atingissem o objetivo do teste. Houve um intervalo de descanso, de no mínimo três dias entre os testes máximos e as mensurações dos VO_2 foram completadas dentro de 3 semanas para que o condicionamento físico dos voluntários não apresentasse alterações ou adaptações que pudessem afetar os resultados dos testes (KANG *et al.*, 2001).

Para garantir que o voluntário atingiu o $VO_{2m\acute{a}x}$, um dos critérios abaixo teria que ser alcançado (DUNCAN *et al.*, 1997; HOWLEY *et al.*, 1995).

- ✓ Platô de VO_2 no final do teste (variação $\leq 150 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$);
- ✓ $FC_{m\acute{a}x}$ do teste $\geq 90\%$ do valor (220 - idade do voluntário);
- ✓ Quociente respiratório: $R \geq 1,0$;
- ✓ PSE ≥ 18 .

Os testes máximos poderiam ser interrompidos caso ocorresse algum dos itens abaixo recomendado pelo Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM, 1998):

- ✓ Sintoma de dor precordial informado;
- ✓ Sinais de baixa perfusão: palidez, confusão, diminuição da coordenação, cianose, náusea, frio e pele úmida;
- ✓ Alteração do aumento proporcional da FC em relação ao aumento do exercício;
- ✓ Solicitação do voluntário para interrupção do teste;
- ✓ Falha em um dos equipamentos durante o teste.

2.6.2.1 Teste de Capacidade Aeróbia no CET

Inicialmente os voluntários regulavam a altura do selim, sentavam no CET e permaneciam em repouso até a FC estabilizar. A estabilização da FC acontecia por volta de 5 minutos e foi registrada neste instante. Logo após, era colocado o bucal do analisador de gases e o clipe nasal apropriado para restringir a entrada do ar pelas narinas. O teste máximo iniciou após 2 minutos de coleta dos gases em repouso.

O teste iniciou a uma potência de 50 W (1,0 kg), com acréscimos de 25 W (0,5 kg) a cada 2 minutos até a fadiga voluntária (exaustão). A cadência constante de 50 rpm, controlada por um metrônomo, foi mantida durante todo o teste (FIG. 7).

As variáveis espirométricas foram medidas continuamente durante o teste. A cada minuto também foram registradas as FC e a PSE. O VO_2 do último minuto de exercício foi considerado como o $VO_{2m\acute{a}x}$.

As variáveis coletadas foram:

- Consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$),

- Quociente respiratório (R),
- $FC_{m\acute{a}x}$ (bpm),
- PSE,
- Carga final (kg),
- Potência final (W),
- Tempo total do teste (min).



Figura 7: Ambiente das coletas dos testes de consumo de máximo e submáximo de oxigênio em cicloergômetro estacionário terrestre.

2.6.2.2 Teste de Capacidade Aeróbia no CEA

Foi registrada a FC de repouso dos voluntários, após a sua estabilização, tanto fora da água quanto dentro. Em seguida, os voluntários subiam no CEA e foi colocado o analisador de gases como no teste anterior. Após 2 minutos de coleta dos gases em repouso, foi iniciado o teste com cadência de 40 rpm controlada por meio de um metrônomo (FIG. 8).



Figura 8: Ambiente das coletas dos testes de consumo de máximo e submáximo de oxigênio em cicloergômetro estacionário aquático.

O protocolo do teste proposto em CEA foi baseado nas recomendações abaixo:

- ✓ A duração total do teste deve ser curta, para não causar fadiga precocemente (Howley *et al.*, 1995);
- ✓ A duração do estágio deve estar entre 1 a 3 minutos, foi utilizado 2 minutos em cada estágio conforme o protocolo usado no CET (Howley *et al.*, 1995);
- ✓ Pela equação da força de resistência ($F = 0,5dAv^2C$; F: força de resistência; d: densidade do fluido; A: área frontal; v: velocidade; C: coeficiente de arrasto), a força de resistência aumenta com o quadrado da velocidade, assim o aumento de cadência foi a variável determinante para o aumento da intensidade (XINFENG *et al.*, 2007; PÖYHÖNEN *et al.*; 2001a);
- ✓ Idem aos critérios para garantir se o voluntário alcançou o $VO_{2máx}$, descritos anteriormente.

Portanto, o teste proposto de capacidade aeróbia no CEA foi progressivo, com aumento da cadência a cada 2 minutos até levar os voluntários à exaustão. O aumento da cadência não foi linear devido ao fato que quando aumenta a velocidade dentro da água a resistência é quadruplicada. Na Figura 9 está apresentado o protocolo do teste.

As variáveis espirométricas foram medidas continuamente durante o teste. A cada minuto a FC e a PSE eram registradas também. O VO_2 do último minuto de exercício foi considerado como o $VO_{2máx}$.

Protocolo do Teste de Capacidade Aeróbia no CEA	
1° Estágio	- 2 minutos em repouso
2° Estágio	- 2 minutos a 40 rpm
3° Estágio	- 2 minutos a 45 rpm
4° Estágio	- 2 minutos a 50 rpm
5° Estágio	- 2 minutos a 55 rpm
6° Estágio	- 2 minutos a 60 rpm
7° Estágio	- 2 minutos a 63 rpm
8° Estágio	- 2 minutos a 66 rpm
9° Estágio	- 2 minutos a 68 rpm a partir deste estágio aumentar 2 rpm a cada novo estágio.

Figura 9: Protocolo do teste de capacidade aeróbia no cicloergômetro estacionário aquático.

As variáveis coletadas foram:

- Consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) ($L \cdot min^{-1}$),
- Quociente respiratório (R),
- $FC_{máx}$ (bpm),
- PSE,
- Cadência final (rpm),
- Tempo total do teste (min).

2.6.2.3 Mensuração do Consumo de Oxigênio (VO_2) em Exercícios Submáximos

Para estimar a potência que os voluntários realizavam no CEA a 40 rpm e 50 rpm, foi analisado o consumo de oxigênio tanto dentro quanto fora da água, nas duas cadências citadas.

No intuito dos voluntários atingirem o estado estável em cada estágio, o mesmo tinha uma duração de 5 minutos porque o estado estável é atingido em torno do 3° minuto (BURNLEY *et al.*, 2006). Assim, os valores das variáveis espirométricas do estado estável foram consideradas do 5° minuto de cada estágio.

Em todas as coletas foram coletadas as FC de repouso conforme descrito acima, tanto dentro quanto fora da água.

Na mensuração do VO_2 nos exercícios submáximos realizados no CET foram em dias distintos para cada cadência (40 e 50 rpm), evitou assim a fadiga e alteração dos dados. Os voluntários foram devidamente preparados com o monitor de FC e o espirômetro, permaneceram em repouso por 2 minutos e depois iniciavam o exercício. Cada estágio durava 5 minutos com determinada potência e cadência constantes. Entre os estágios havia um intervalo de 5 minutos. A Figura 10 demonstra o protocolo das mensurações e as cargas pré-fixadas e constantes para cada estágio.

Estágio	Duração (min)	40rpm	50rpm
		Potência (W)	
Repouso	2	-	-
1°	5	40	100
Intervalo	5	-	-
2°	5	60	125
Intervalo	5	-	-
3°	5	80	150
Intervalo	5	-	-
4°	5	100	175

Figura 10: Protocolo utilizado para mensuração do consumo de oxigênio no CET a 40 e 50 rpm.

As variáveis coletadas nas mensurações dos exercícios submáximos foram:

- Consumo de oxigênio (VO_2) ($L \cdot min^{-1}$),
- Quociente respiratório (R),
- FC (bpm),
- PSE.

Já na mensuração do VO_2 nos exercícios submáximos no CEA foram realizados nos mesmo dia. A FC de repouso foi registrada tanto fora quanto dentro da água. Os voluntários foram preparados conforme descrito anteriormente, permanecerem por 2 minutos em repouso e depois foi iniciado o exercício. As cadências de 40 e 50 rpm foram controladas por um metrônomo.

Os voluntários pedalavam por 5 minutos em cada cadência (40 e 50 rpm) com um intervalo de também de 5 minutos.

As variáveis coletadas foram:

- Consumo de oxigênio (VO_2) ($L \cdot min^{-1}$),
- Quociente respiratório (R),
- FC (bpm)
- PSE.

2.6.3 Registro Eletromiográfico

A validade e precisão do registro eletromiográfico estão relacionados ao processo de detecção dos sinais (CRAM *et al.*, 1998). Portanto, o pesquisador deve tomar uma série de cuidados para o registro e análise do sinal eletromiográfico, descritos abaixo.

Todos os procedimentos de registro e análise do sinal de EMG foram realizados conforme as recomendações da ISEK (*Internacional Society of Electrophysiology and Kinesiology*) (MORITANI e YOSHIATAKE, 1998; MERLETTI, 1997) e SENIAM (*Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*) (HERMENS *et al.*, 1999).

A preparação e colocação dos eletrodos nos músculos da coxa (reto femoral - RF, vasto lateral - VL e isquiossurais - IS) foram realizadas com os voluntários em decúbito dorsal e ventral sobre uma maca, posicionados de forma confortável e de fácil acesso para o pesquisador realizar a palpação das estruturas anatômicas de referência e assim, localizar e marcar (com caneta hidrocor) o local para colocação do eletrodo. O lado dominante dos voluntários foi escolhido para o registro eletromiográfico. Estes músculos foram selecionados por serem considerados como os principais músculos recrutados do membro inferior no movimento de pedalar (RYAN e GREGOR, 1992; NEPTUNE *et al.*, 1997; HUG *et al.*, 2004; LI, 2004).

O posicionamento dos eletrodos seguiu às recomendações da SENIAM, correspondendo ao ponto de melhor captação do sinal. No Quadro 3 está descrito o procedimento para a determinação do local do eletrodo dos músculos estudados (RF, VL, IS).

Músculos	Localização dos Eletrodos	Orientação dos Eletrodos
RF Reto Femoral	50% da linha entre a espinha ilíaca superior anterior e parte superior da patela.	Na direção da linha frontal entre a espinha ilíaca superior anterior e parte superior da patela.
VL Vasto Lateral	2/3 da linha entre a espinha ilíaca superior anterior e a parte lateral da patela.	Na direção das fibras musculares.
IS Isquiossurais	50% da linha entre a tuberosidade isquiática e o epicôndilo lateral da tíbia.	Na direção da linha entre a tuberosidade isquiática e o epicôndilo lateral da tíbia.

Quadro 3: Determinação do local do eletrodo.
Fonte: SENIAM (HERMENS *et al.*, 1999).

A impedância da pele foi diminuída através da realização de tricotomia dos pêlos da coxa direita e foi feita a limpeza da superfície cutânea utilizando-se álcool (98%), que foi friccionado à pele com algodão estéril, antes da colocação dos eletrodos conforme as recomendações da ISEK e SENIAM.

Os eletrodos foram fixados à pele com uma fita dupla face (3M) e por cima uma fita resistente e impermeável (*SILVER TAPE* - 3M ou Esparadrapo - Cremer), com os objetivos de impedir o descolamento dos eletrodos e a entrada de água (impermeabilização). Estes procedimentos foram realizados tanto para a coleta fora da água como dentro. O eletrodo de referência foi colocado ao redor de um dos punhos.

Após a colocação e fixação dos eletrodos foi realizado um teste para cada músculo, utilizando-se de uma contração muscular isométrica com uma resistência manual, para verificar a qualidade de captação do sinal eletromiográfico, na posição sentada na maca e com uma angulação de 90° de flexão para o quadril e o joelho. Depois da verificação do sinal, foi realizada a coleta em ambos os cicloergômetros (FIG. 11). Os dados coletados foram gravados e armazenados em um computador acoplado ao equipamento para posterior processamento e análise dos sinais.

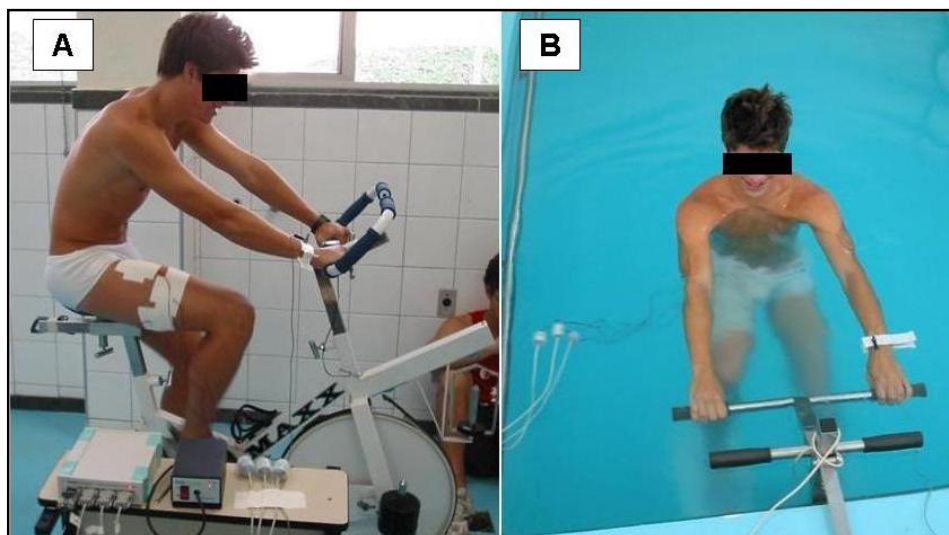


Figura 11: Coleta da EMGS em ambos os cicloergômetros (A: terrestre e B: aquático).

No CET os voluntários foram instruídos a não realizarem flexão plantar ou dorsiflexão do tornozelo durante a pedalada, manteve a articulação em posição neutra. Para o início da coleta foi recomendado aos voluntários que posicionassem o pedal antes de zero grau do ciclo de pedalada em ambos os cicloergômetros (FIG. 12).

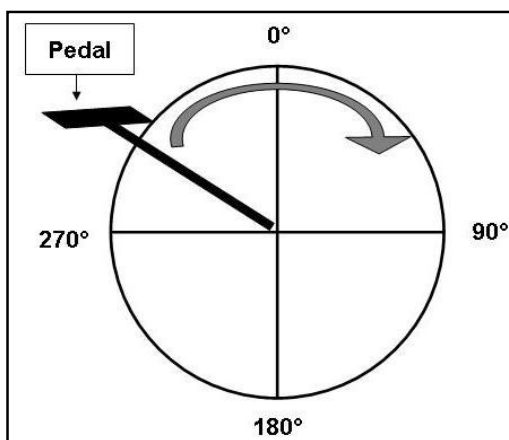


FIGURA 12: Ilustração da posição do pedal antes do ponto de 0º do ciclo de pedalada, para início da coleta com eletromiografia.

Primeiro foi registrada a ativação muscular no CET em diferentes potências e em duas cadências (40 e 50 rpm) e em seguida foi registrada no CEA nas mesmas cadências realizadas no CET. Para ambos os registros, um comando verbal foi dado por um dos pesquisadores para dar início ao exercício. A Figura 13 demonstra o

protocolo realizado, sendo 1 minuto de duração para cada estágio com 2 minutos de intervalo. Foi necessário um intervalo de 20 minutos, devido à preparação dos eletrodos para a coleta na água. A ordem de execução dos estágios foi aleatória, realizado por meio de um sorteio para cada voluntário.

Estágio	CET - 40rpm	CET - 50rpm	CEA
1°	40 W	100 W	40 rpm
2°	60 W	125 W	50 rpm
3°	80 W	150 W	-
4°	100 W	175 W	-

Figura 13: Protocolo dos estágios para a coleta de eletromiografia em ambos os cicloergômetros.

Foi desenvolvido para cada cicloergômetro um *trigger* (sensor) que captava um pulso quando o pedal passava pelos ângulos de 0° (ou 360°), 90°, 180° e 270° do ciclo de pedalada. Este sensor foi conectado ao eletromiógrafo para registrar no eletromiograma simultaneamente a posição do pedal e a ativação muscular. A Figura 14 mostra os eletromiogramas brutos dos músculos estudados e a posição do pedal, assim demarcou o início e o fim de cada ciclo de pedalada.

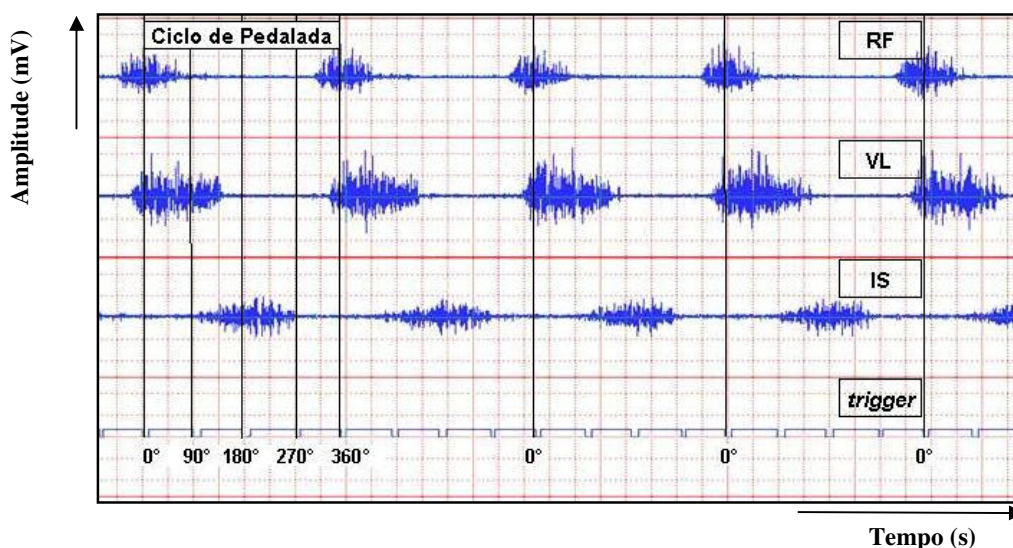


Figura 14: Registro eletromiográfico demonstra o padrão de ativação muscular de um dos voluntários para o exercício no CET a 40 rpm e a 100 W. No canal considerado *trigger* foi registro o instante que o pedal passa pelos ângulos de 0°, 90°, 180°, 270° e 360°, assim delimitou-se o início e o fim de cada ciclo de pedalada. RF: reto femoral; VL: vasto lateral; IS: isquiossurais.

2.6.3.1 Processamento do Sinal Eletromiográfico

Os sinais eletromiográficos obtidos foram filtrados e retificados, foi utilizado um filtro passa baixa de 500 Hz e um passa alta de 20 Hz, com frequência de coleta 2 kHz.

As medidas utilizadas para análise da atividade eletromiográfica foi a amplitude do sinal (raiz quadrada da média dos quadrados - RMS). A determinação do início e fim da ativação muscular foi feita através da amplitude média da linha de base (mV) obtida antes do início do movimento, com o indivíduo em repouso, no intervalo de 200 ms. O primeiro valor mantido por 50 ms, que variou da amplitude média da linha de base somada a 3 desvios-padrão da mesma, este valor foi considerado para determinar o início e o fim da ativação muscular (SODERBERG *et al.*, 1985; TÜRKER, 1993).

Depois os dados da EMG foram normalizados para permitir a comparação entre os diferentes exercícios (BURDEN e BARLETT, 1999). A normalização foi pelo método da média dinâmica dos valores numéricos da RMS de cada músculo analisado, este tipo de normalização apresenta um baixo coeficiente de variação inter-ensaios (BURDEN e BARLETT, 1999). As médias das RMS de cada voluntário, durante a execução do mesmo exercício, foram somadas e logo depois, divididas pelo número de voluntários. Assim tornou-se os dados em apenas um valor para ser analisado (YANG e WINTER, 1984; KNUTSON *et al.*, 1994; BURDEN e BARTLETT, 1999).

Na análise dos eletromiogramas, de todos os registros, foram descartados os ciclos iniciais e finais de cada exercício, sendo analisado 3 ciclos de pedaladas de cada condição experimental realizada por cada voluntário. Os ciclos iniciais foram descartados, devido à inércia de repouso e por não estarem na cadência desejada.

As variáveis coletadas foram:

- Amplitude da Ativação Muscular em *RMS*,
- Duração do Ciclo de Pedalada.

2.7 Análise Estatística

Estatística descritiva foi realizada para as variáveis antropométricas de caracterização da amostra (idade, massa corporal, massa magra, massa gorda, percentual de gordura, IMC, altura, comprimentos longitudinais) e para a caracterização da amostra quanto às variáveis de interesse do estudo (referentes aos dados dos testes e eletromiografia).

Para verificar se as temperaturas dos ambientes de coletas influenciaram no consumo de oxigênio, foi realizado o Teste de *Wilcoxon* para análise da diferença entre as médias dos valores de consumo de oxigênio de repouso entre as condições experimentais.

O teste *t* pareado foi realizado para avaliar as diferenças entre os testes de desempenho da capacidade aeróbia dentro e fora da água quanto às variáveis consumo de oxigênio, quociente respiratório, frequência cardíaca, tempo total do teste. Esta análise permitiu a avaliação da hipótese 1.

Análise de regressão simples do tipo linear, quadrática e exponencial foi realizada para verificar a associação entre os valores do consumo de oxigênio (variável dependente) e os valores da velocidade (rpm) (variável independente). Através do coeficiente de determinação (r^2) foi escolhido o modelo que melhor se adapta. Antes da análise de regressão foi realizado o teste de correlação de *Pearson* entre as variáveis dependente e independente utilizadas para o modelo. Esta análise permitiu a avaliação da hipótese 2.

Para análise da diferença entre as médias dos valores das variáveis consumo de oxigênio e frequência cardíaca entre os exercícios submáximos constantes realizados em ambos cicloergômetros (terrestre e aquático) foi realizada uma Análise de Variância Multivariada (MANOVA) e como *Post Hoc* o teste de *Tukey*. Esta análise permitiu a avaliação da hipótese 3. O Teste de *Wilcoxon* foi realizado para a variável de percepção subjetiva do esforço, devido não apresentar normalidade e ser uma variável ordinal.

Foi realizada uma MANOVA com *Post Hoc* de *Tukey* para analisar as diferenças entre a duração do ciclo de pedala durante as coletas de eletromiografia.

O Teste de *Wilcoxon* foi realizado para testar as hipóteses 4, 5 e 6. Para analisar a diferença dos valores da ativação muscular entre os ciclos de pedaladas realizadas em ambos os cicloergômetros (terrestre e aquático). Para analisar a

diferença dos valores da ativação muscular entre os exercícios em diferentes potências no cicloergômetro estacionário terrestre. E analisar a diferença dos valores da ativação muscular entre duas cadências realizadas no cicloergômetro estacionário aquático.

Toda a análise estatística foi realizada através do programa estatístico SPSS *for Windows* (Versão 15.0, SPSS Inc.®, Chicago, Illinois, USA). Foi verificada a normalidade de todas as variáveis investigadas pelo teste *Shapiro-Wilk*. Em todas as análises considerou-se um nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização da Amostra

Participaram deste estudo 15 voluntários sadios, todos do sexo masculino e com lado direito dominante. Sem históricos de lesões de membros inferiores e disfunções cardiovasculares. A Tabela 1 apresenta os dados descritivos das características antropométricas da amostra.

TABELA 1
Características Antropométricas da Amostra (n = 15)

Variável	Média ± DP	Varição
Idade (anos)	25,07 ± 5,31	20 - 36
Massa Corporal (kg)	72,50 ± 6,10*	62,40 - 83,72
Massa Magra (kg)	65,62 ± 4,74*	56,26 - 75,21
Massa Gorda (kg)	6,87 ± 2,90*	2,34 - 14,72
Percentual de Gordura (%)	9,35 ± 3,37*	3,30 - 17,60
IMC (kg/m ²)	23,80 ± 1,57*	21,36 - 26,05
Altura (m)	1,74 ± 0,03*	1,70 - 1,80
Comprimentos Longitudinais (cm)		
- Côndilo Lateral da Tíbia		
Direito	44,48 ± 1,41*	43,00 - 47,20
Esquerdo	45,01 ± 1,74*	42,00 - 48,10
- Trocanter Maior do Fêmur		
Direito	89,65 ± 2,61*	84,30 - 93,80
Esquerdo	90,08 ± 2,95*	83,50 - 95,10
- Acrômio da Escápula		
Direito	144,12 ± 2,86*	138,0 - 149,0
Esquerdo	144,68 ± 3,13*	137,7 - 151,6

distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$). DP: desvio padrão.

Todos os participantes realizavam alguma atividade física. O Gráfico 1 apresenta os tipos de atividades. O nível de atividade física foi classificado pelo IPAQ, demonstrando do total da amostra, dois (13,33%) eram ativos e 13 (86,67%) muito ativos.

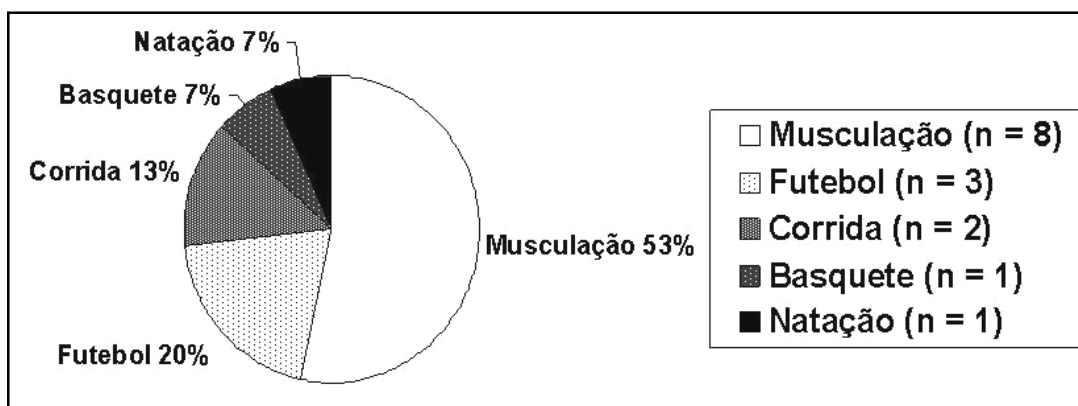


Gráfico 1: Tipos de atividades físicas realizadas pelos participantes.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios da cadência e FC alcançados no Teste de Limiar de Esforço. Todos os participantes alcançaram uma cadência acima de 50 rpm, atingindo o critério de inclusão.

TABELA 2

Frequência Cardíaca e Cadência dos Participantes incluídos no Estudo (n = 15)

Variável	Média ± DP	Varição
FC (bpm)	129,13 ± 16,01*	105 - 152
Cadência (rpm)	55,13 ± 4,24*	51 - 66

distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$). DP: desvio padrão.

3.2 Condições do Ambiente de Coleta

Na Tabela 3 estão apresentadas as variáveis das condições ambientais de todas as coletas do VO_2 : temperatura seca (T_s), umidade relativa do ar (URA), temperatura da água (T_A) e VO_2 de repouso. Para verificar se a temperatura estava dentro dos limites considerado como termoneutro e se influenciou no consumo de oxigênio.

TABELA 3
Médias e DP das Condições Ambientais nas Coletas de Consumo de Oxigênio

Condição	Variáveis			
	T _S (°C)	URA (%)	T _A (°C)	VO ₂ (L.min ⁻¹)
CET				
VO _{2max}	21,9±0,81 (21-23)	59,1±6,4 (48-67)	-	0,4±0,07 (0,31-0,50)
VO ₂ 40rpm	22,0±0,81 (21-23)	58,5±7,7 (43-68)	-	0,4±0,05 (0,32-0,47)
VO ₂ 50rpm	22,3±0,9 (21-24)	55,3±7,3 (43-66)	-	0,4±0,05 (0,30-0,46)
CEA				
VO _{2max}	24,5±2,2 (21-27)	62,7±5,7 (47-68)	31,1±0,9 (30-32)	0,4±0,08 (0,29-0,45)
VO ₂ 40-50rpm	24,6±2,2 (22-29)	62,3±4,4 (54-68)	30,9±0,7 (30-32,5)	0,4±0,05 (0,29-0,47)

T_S: temperatura seca; URA: umidade relativa do ar; T_A: temperatura da água; VO₂: consumo de oxigênio.

No ambiente de coleta do CET as variáveis (T_S e URA) estavam dentro dos limites considerados termoneutro, assim como no ambiente de coleta do CEA (T_A). Os VO₂ de repouso não apresentaram diferenças significativas entre as condições experimentais (APÊNDICE D). Portanto, a temperatura do ambiente não influenciou nos dados durante as coletas de VO₂.

Durante a coleta de EMG dentro da água a temperatura da água também não influenciou nos resultados. A T_A encontrava-se dentro dos limites considerados termoneutros (32 ±0,52 °C, 31 a 33 °C)

3.3 Testes de Capacidade Aeróbia

Na Tabela 4 estão apresentadas as variáveis dos testes de VO_{2máx} de ambos os cicloergômetros.

TABELA 4
Variáveis dos Testes de Capacidade Aeróbia

Variável	Cicloergômetro	Média ± DP	Varição	p
VO _{2máx} (L.min ⁻¹)	CET	3,96±0,36*	3,23-4,47	<0,001
	CEA	3,51±0,47*	2,61-4,25	
PSE	CET	20	20-20	-
	CEA	20	20-20	
R	CET	1,02±0,08*	0,89-1,18	0,854
	CEA	1,03±0,08*	0,89-1,17	
FC _{máx} (bpm)	CET	182,47±9,14*	162-195	0,002
	CEA	172,27±14,94*	146-190	
Potência Final (W)	CET	280±28,66	250-325	-
Carga Final (kg)	CET	5,6±0,57	5,0-6,5	-
Cadência Final (rpm)	CEA	69,73±2,60	66-76	-
Tempo Total do Teste (min)	CET	20,27±2,25*	17-24	0,003
	CEA	17,53±2,72*	14-24	

* distribuição normal (Shapiro Wilk $p>0,05$). PSE: percepção subjetiva de esforço; DP: desvio padrão.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, houve diferença significativa entre os testes de capacidade aeróbia para as variáveis VO_{2máx}, FC_{máx} e tempo total do teste. Pode-se observar que os valores médios de todas as variáveis, exceto para a R, foram menores durante a realização do teste dentro da água.

Todos os voluntários atingiram a maioria dos critérios selecionados para identificação do VO_{2máx} nos testes realizados no CET e CEA. Era necessário atingir apenas um dos critérios para que seja considerado como o VO_{2máx}. Critérios estes já citados anteriormente segundo Howley *et al.* (1995) e ACSM (1998). No APÊNDICE E estão apresentadas todas as variáveis utilizadas como critério de determinação e os resultados de cada voluntário.

3.3.1 Análise de Regressão Simples

Para propor uma equação de predição que calcule o VO_{2máx} no CEA foi realizada uma análise de regressão simples entre os resultados de VO₂ (L.min⁻¹) de cada minuto do teste e a cadência (rpm).

Antes de realizar o modelo de regressão foi feito o gráfico de dispersão para avaliar o relacionamento entre VO₂ (L.min⁻¹) versus cadência (rpm) (GRÁF. 2).

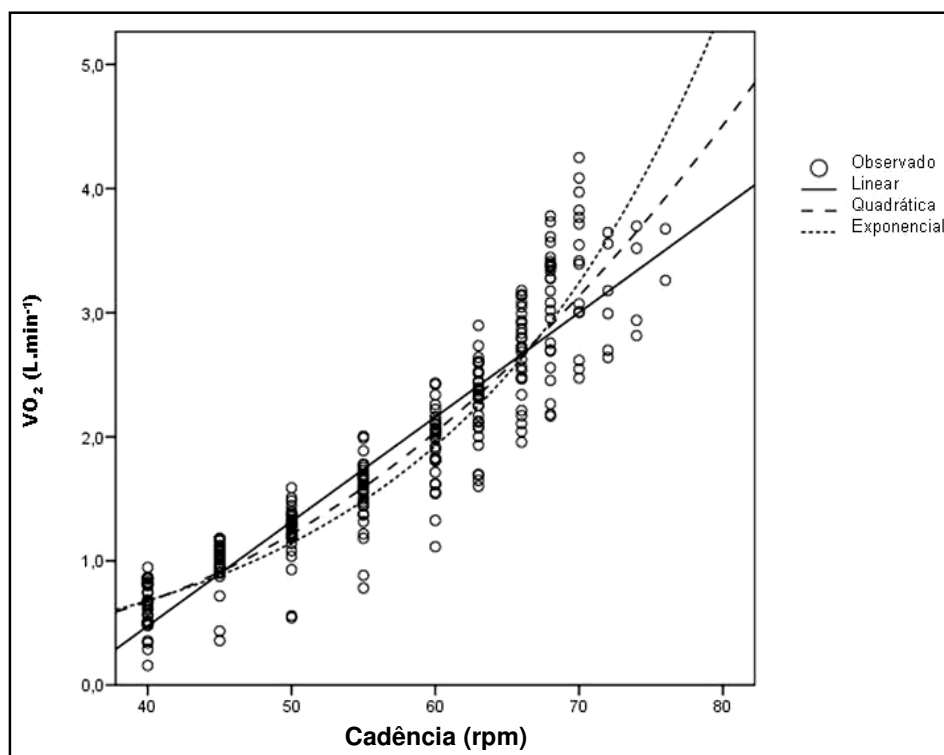


Gráfico 2: Dispersão das medidas de VO_2 ($L \cdot \text{min}^{-1}$) versus Cadência (rpm).

TABELA 5

Coefficiente de Correlação de *Pearson* entre o VO_2 e Cadência

		VO_2 ($L \cdot \text{min}^{-1}$)
Cadência (rpm)	Correlação de <i>Pearson</i>	0,919
	Valor-p	<0,001*

*($p < 0,05$)

De acordo com a Tabela 5, a correlação entre a cadência e o VO_2 foi significativa e alta.

O modelo final de regressão tem como variável dependente o VO_2 ($L \cdot \text{min}^{-1}$) e como variável independente a cadência (rpm). A Tabela 6 mostra as informações dos modelos realizados de regressão (linear, quadrática e exponencial).

TABELA 6
Modelo Final da Regressão Linear, Quadrática e Exponencial

	Coefficiente de Determinação (r²)	Constante	Beta 1	Beta 2	p*
Linear	0,845	-2,890	0,08414	-	<0,001
Quadrática	0,863	1,271	-0,07036	0,001386	<0,001
Exponencial	0,839	0,085	0,05200	-	<0,001

*(p<0,05)

De acordo com a Tabela 6 as variáveis analisadas apresentam um caráter quadrático devido ao maior coeficiente de determinação (r²), assim a melhor curva de aproximação foi da regressão quadrática. Portanto, esse modelo é adequado para prever a relação entre VO₂ e cadência, sendo expressa pela seguinte equação (4):

$$\text{VO}_2 (\text{L}\cdot\text{min}^{-1}) = 1,271 - 0,07036\cdot\text{rpm} + 0,001386\cdot(\text{rpm})^2 \quad (4)$$

3.4 Consumo de Oxigênio (VO₂) dos Exercícios Submáximos

Todas as variáveis do VO₂ dos exercícios submáximos apresentaram distribuição normal tanto dentro da água quanto fora (*Shapiro-Wilk*, p>0,05), exceto a variável PSE. Na Tabela 7 estão apresentadas todas as variáveis mensuradas durante as coletas de VO₂ dos exercícios submáximos.

TABELA 7
Médias e DP das Variáveis das Mensurações em Exercícios Submáximos

Condição	VO₂ (L.min⁻¹)	PSE	FC (bpm)
CET-40rpm			
40W	0,871±0,078*	6,27±0,59	87,93±10,26
60W	1,042±0,076	6,6±0,90	93,20±9,47
80W	1,259±0,108	7,8±1,42	100,13±8,95
100W	1,477±0,085 [#]	8,7±2,34	107,33±9,18
CET-50rpm			
100W	1,454±0,052 [#]	7,53±1,68	107,80±10,78
125W	1,772±0,092	8,93±2,25	118,20±11,28
150W	2,094±0,112	11,8±2,48	131,67±13,54
175W	2,480±0,091	13,8±2,56	143,73±15,65
CEA-40rpm			
40W	0,884±0,077*	6,47±0,74	90,07±8,80
CEA-50rpm			
50W	1,384±0,141 [#]	8,13±1,19	106,87±9,77

*[#] não houve diferenças significativas entre CET e CEA ($p>0,05$).

Esta análise estatística tem como finalidade verificar a potência do exercício submáximo em CEA em relação aos exercícios realizados CET, portanto serão mencionados nesta parte apenas os resultados que não houve diferenças estatísticas da variável VO₂ (L.min⁻¹), e no APÊNDICE F está apresentada a tabela completa da análise estatística incluindo todas as outras variáveis (PSE e FC).

Não houve diferenças estatísticas dos VO₂ (L.min⁻¹) entre CET-40rpm (40W) versus CEA-40rpm ($p=0,980$); CET-40rpm (100W) versus CET-50rpm (100W) ($p=0,996$); CET-40rpm (100W) versus CEA-50rpm ($p=0,069$) e CET-50rpm (100W) versus CEA-50rpm ($p=0,177$).

3.5 Atividade Muscular Durante o Ciclo de Pedalada

Na Tabela 8 estão apresentados os valores da duração dos ciclos de pedaladas de todos os exercícios submáximos realizados na coleta com eletromiografia. Não foram encontradas diferenças significativas entre a duração do ciclo de pedalada para as mesmas cadências (APÊNDICE G).

TABELA 8
Médias e DP da Duração do Ciclo de Pedalada

Condição	Duração do Ciclo de Pedalada (s)		
	Média \pm DP	Varição	
CET- 40rpm	40W	1,51 \pm 0,05	1,43-1,59
	60W	1,52 \pm 0,05	1,41-1,58
	80W	1,50 \pm 0,04	1,42-1,56
	100W	1,50 \pm 0,02	1,48-1,54
CEA - 40rpm		1,50 \pm 0,03	1,47-1,55
CET - 50rpm	100W	1,21 \pm 0,02	1,18-1,22
	125W	1,21 \pm 0,02	1,17-1,24
	150W	1,20 \pm 0,03	1,17-1,25
	175W	1,20 \pm 0,02	1,17-1,24
CEA - 50rpm		1,20 \pm 0,01	1,17-1,24

($p < 0,05$)

A análise qualitativa foi realizada para verificar o padrão de recrutamento dos músculos estudados nos cicloergômetros (CET e CEA), que relacionou a duração da ativação muscular com os ângulos registrados a cada 90° durante o ciclo de pedalada, que está apresentada na Figura 15.

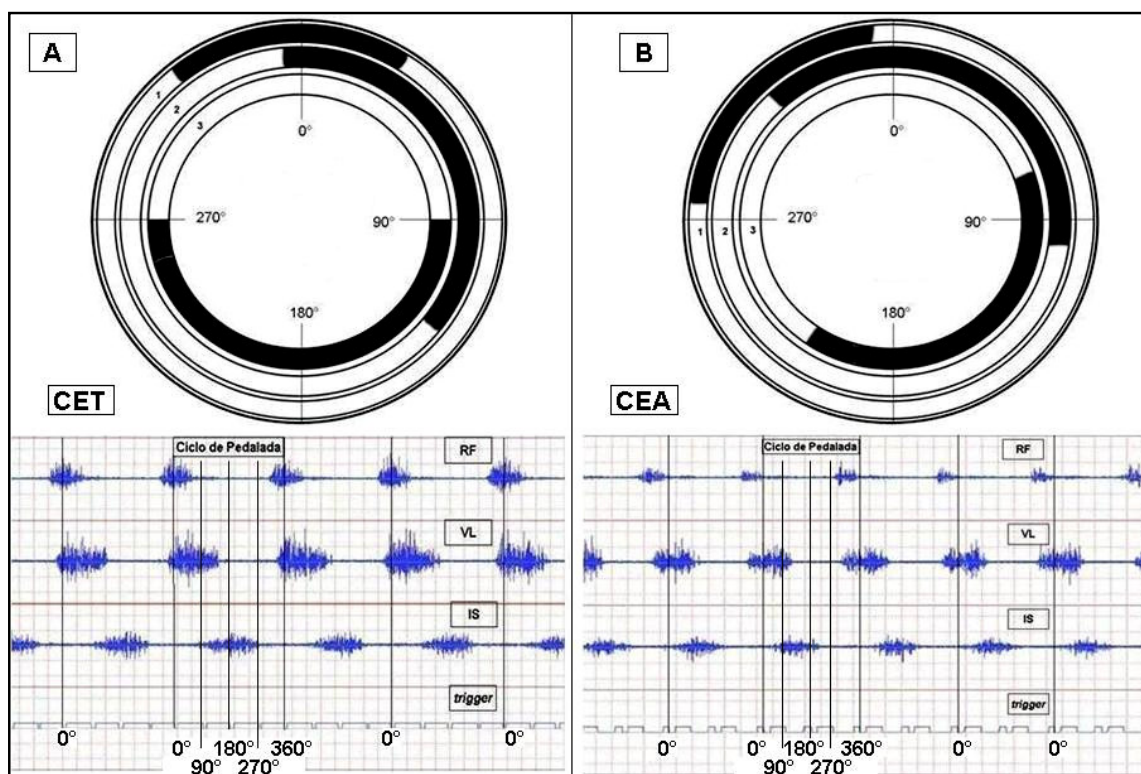


Figura 15: Representação esquemática da atividade muscular (em preto) durante o ciclo de pedalada em relação ao ângulo do pé de vela e logo abaixo o eletromiograma, respectivo. Na figura (A) está representada a atividade muscular durante o ciclo de pedalada realizado no CET-50rpm (100 W), (B) está representada a atividade muscular durante o ciclo de pedalada no CEA-50 rpm. 1 – Reto femoral (RF), 2 – Vasto Lateral (VL), 3 – Isquiossurais (IS).

A atividade muscular dos músculos estudados (RF, VL e IS) está apresentada na Tabela 9 em forma descritiva pelas médias de *RMS* de todos os exercícios realizados nos cicloergômetros.

A análise estatística dos dados sobre a ativação muscular tem a finalidade de verificar se para uma mesma potência, verificada pelo VO_2 anteriormente entre os cicloergômetros, a ativação muscular também é igual dentro e fora da água. No APÊNDICE H esta a tabela completa da análise estatística.

TABELA 9
Médias e DP da Ativação Muscular

Condição	RMS (mV)		
	RF	VL	IS
CET-40rpm			
40W	27,03±13,07*	25,00±9,42	19,65±6,55
60W	27,94±14,31*	27,84±10,65	21,75±8,25
80W	31,46±17,90*	31,12±10,97	21,74±8,18
100W	33,54±17,20*	38,06±14,13*	22,59±7,49
CEA-40rpm	20,96±12,22*	27,19±9,86*	17,61±5,79
CET-50rpm			
100W	26,00±10,00	33,62±10,57	23,96±12,86
125W	29,58±15,12	39,70±11,74	22,84±8,10
150W	28,30±11,77 [#]	44,84±12,32	24,64±10,53
175W	28,19±12,25	47,83±12,26 [#]	24,34±8,86 [#]
CEA-50rpm	23,43±14,66 [#]	35,34±14,12 [#]	19,88±7,81 [#]

* diferença significativa entre CEA-40rpm com CET-40rpm ($p < 0,05$)

[#] diferença significativa entre CEA-50rpm com CET-50rpm ($p < 0,05$)

Para a mesma potência de exercício a ativação muscular do reto femoral houve diferença significativa entre CEA-40rpm e CET-40rpm (40W) ($p = 0,046$) e não houve diferença significativa entre CEA-50rpm e CET-50rpm (50W) ($p = 0,753$). Já para a ativação muscular do vasto lateral não houve diferença significativa entre CEA-40rpm e CET-40rpm (40W) ($p = 0,507$) e entre CEA-50rpm e CET-50rpm (50W)

($p=0,005$). Na ativação muscular do isquiossurais não houve diferença significativa entre CEA-40rpm e CET-40rpm (40W) ($p=0,552$) e entre CEA-50rpm e CET-50rpm (50W) ($p=0,650$) (APÊNDICE H).

A análise estatística entre o aumento da potência no CET e ativação muscular dos músculos RF, VL e IS estão apresentados respectivamente nos Gráficos 3, 4 e 5.

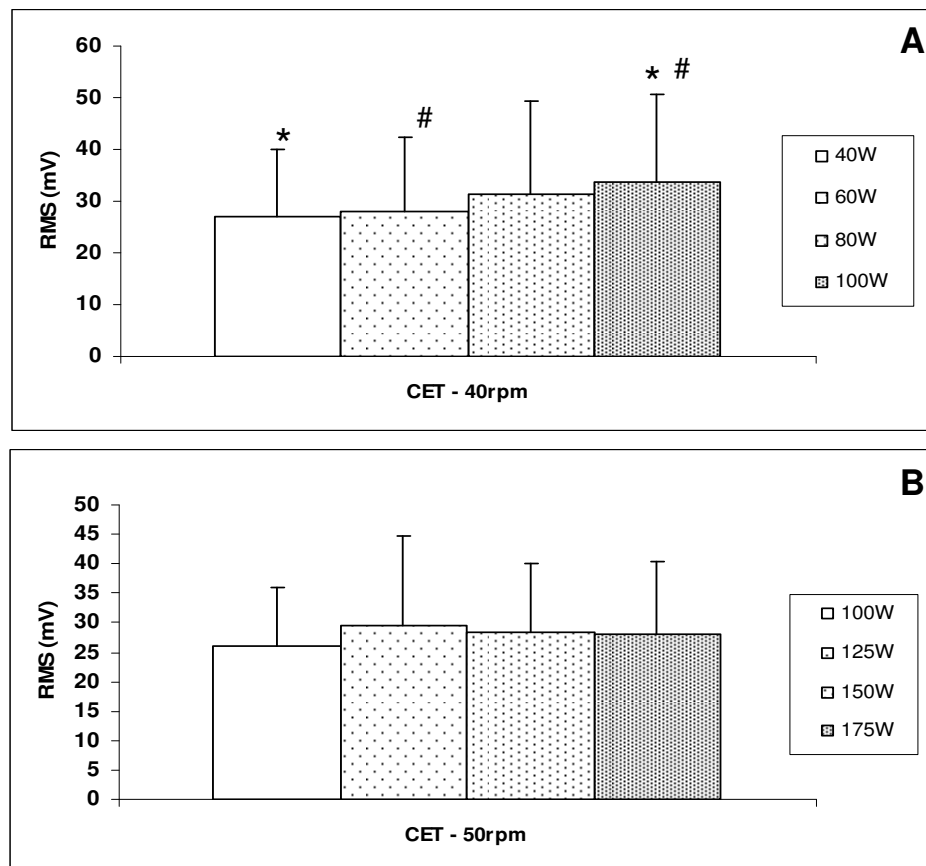


Gráfico 3: Médias (\pm DP) da RMS do músculo reto femoral durante o ciclo de pedalada no CET em diferentes potências. (A) CET – 40 rpm e (B) CET – 50 rpm. Houve diferenças significativas somente entre as condições do CET-40rpm: *40 W versus 100 W; # 60 W versus 100 W ($p<0,05$).

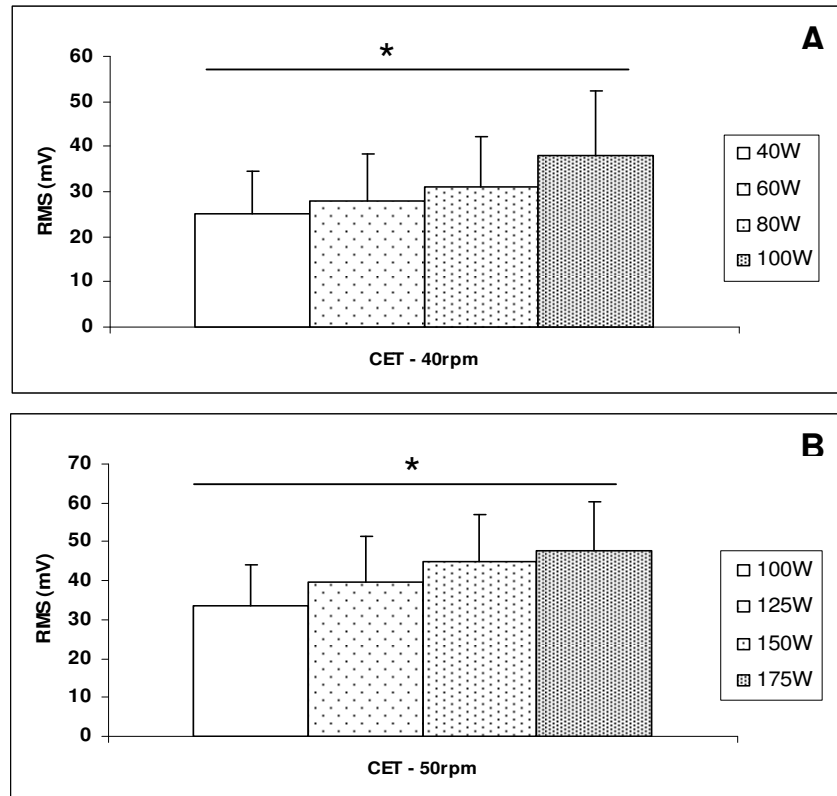


Gráfico 4: Médias (±DP) da RMS do músculo vasto lateral durante o ciclo de pedalada no CET em diferentes potências. (A) CET – 40 rpm e (B) CET – 50 rpm. * Houve diferenças significativas entre todas as condições de potências para a mesma cadência ($p < 0,05$).

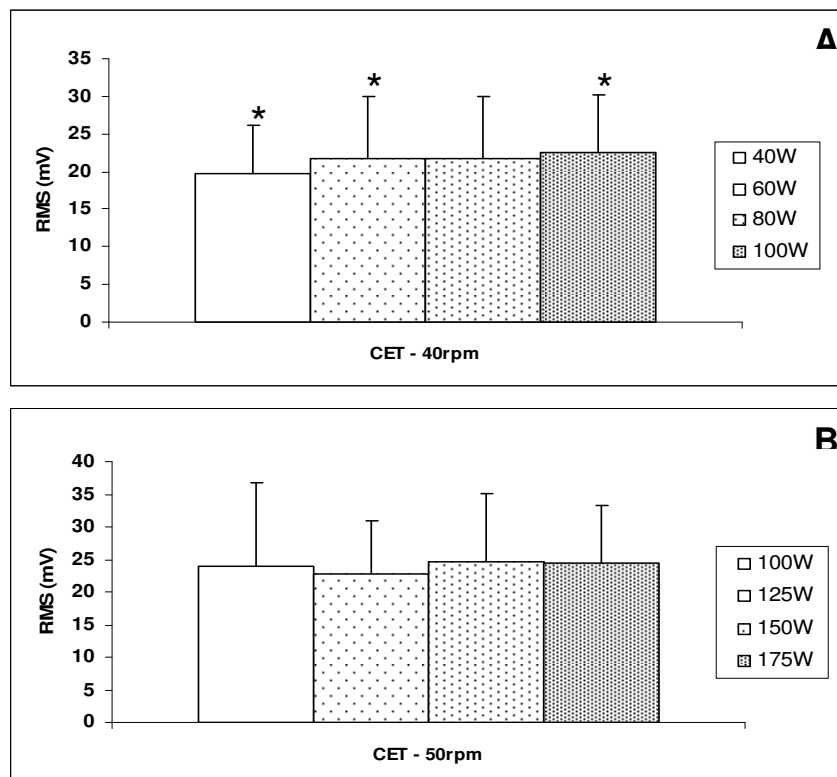


Gráfico 5: Médias (\pm DP) da RMS do músculo isquiossurais durante o ciclo de pedalada no CET em diferentes potências. (A) CET – 40 rpm e (B) CET – 50 rpm. Houve diferenças significativas somente entre as condições do CET-40rpm: * 40 W versus 60 W e 100 W ($p < 0,05$).

A análise estatística entre o aumento da cadência no CEA e ativação muscular dos músculos RF, VL e IS estão apresentados no Gráfico 6.

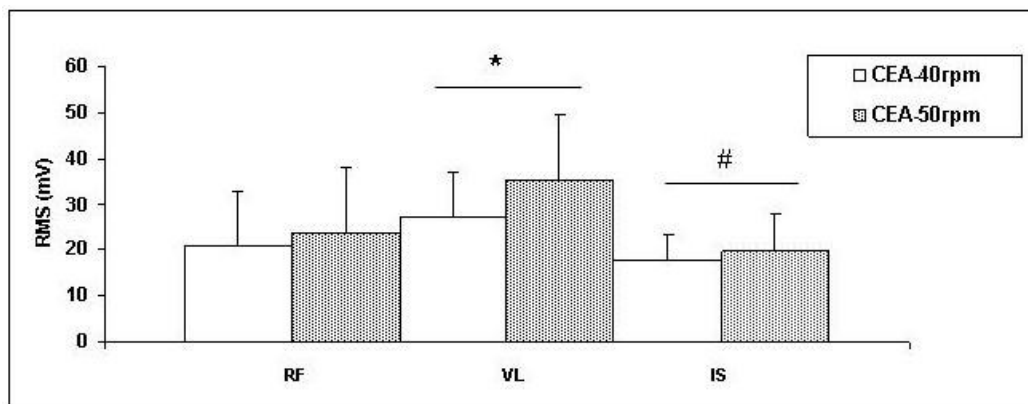


Gráfico 6: Médias (\pm DP) da RMS dos músculos (RF: reto femoral; VL: vasto lateral e IS: isquiossurais) durante o ciclo de pedalada no CEA em diferentes cadências (40 e 50 rpm). Houve diferenças significativas entre as condições: * VL; # IS ($p < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

No presente estudo, foram investigadas variáveis biomecânicas e fisiológicas do ciclismo realizado em ambientes terrestre e aquático. Algumas diferenças foram encontradas entre os dois ambientes, e essas diferenças são decorrentes das forças atuantes no corpo, conforme ele se movimenta. O movimento exerce forças no ambiente, e o ambiente exerce forças contra o movimento (HALL, 2000). No caso do ciclismo em ambiente terrestre, são as forças de reação contra o pedal. Já no ambiente aquático, há outras forças que devem ser consideradas, como a força de arrasto e o empuxo. Nesse sentido, as diferenças encontradas no presente estudo podem ser atribuídas à força de arrasto, que é desconsiderada no ambiente terrestre em condições normais, e à força empuxo. Enquanto a força de arrasto na água proporciona resistência ao movimento, a força empuxo reduz o peso corporal aparente e, dependendo da direção do movimento, pode facilitar ou dificultá-lo.

É importante ressaltar que a amostra foi homogênea quanto as variáveis antropométricas. Conseqüentemente essas variáveis pouco influenciaram nos resultados obtidos. A amostra também apresentou-se homogênea em relação ao nível de condicionamento físico, todos eram praticantes de atividade física e foram classificados pelo IPAQ como sendo ativos e muito ativos. E no teste de limiar de esforço todos voluntários conseguiram alcançar acima de 50 rpm.

Segundo alguns autores a temperatura da água pode influenciar nos resultados de VO_2 (SHELDAHL *et al.*, 1984; CHRISTIE *et al.*, 1990; COSTILL, 1971; BRÉCHAT *et al.*, 1999; PARK *et al.*, 1999; RUOTI *et al.*, 2000; FUJISHIMA e SHIMIZU, 2003; CRAIG JUNIOR e DVORAK, 1966) e na ativação muscular (MERLETTI *et al.*, 1984; VENEZIANO *et al.*, 2006, PÖYHÖNEN *et al.*, 1999). As recomendações destes autores sobre a temperatura da água foram seguidas em todas as coletas para que não houvesse interferência nos resultados. Sendo assim, a temperatura da água foi mantida em nível considerada como termoneutra (30 a 32,5°C) e durante as coletas em ambiente terrestre a temperatura também foi mantida em nível termoneutra (21 a 24°C). Os resultados do VO_2 de repouso não houve diferenças significativas entre as condições experimentais. Estando assim, em acordo com os resultados dos estudos que verificaram também o VO_2 de repouso na condição de imersão em temperaturas semelhantes (SHELDAHL *et al.*, 1984; CHRISTIE *et al.*, 1990; BRÉCHAT *et al.*, 1999; PARK *et al.*, 1999; FUJISHIMA

e SHIMIZU, 2003; CRAIG *et al.*, 1966). Desse modo, a temperatura do ambiente não influenciou nas variáveis mensuradas durante as coletas de VO_2 . Tal como nos resultados da ativação muscular em ambiente aquático, pois a temperatura da água foi mantida próxima à temperatura da pele, para que não houvesse influência desta sobre a ativação muscular (MERLETTI *et al.*, 1984; VENEZIANO *et al.*, 2006, PÖYHÖNEN *et al.*, 1999).

A seguir a discussão dos principais resultados encontrados, entre o ciclismo aquático e o terrestre.

4.1 Testes de Capacidade Aeróbia

Os principais resultados do estudo referente aos testes de capacidade aeróbia foram o menor $VO_{2máx}$, a menor $FC_{máx}$ e o menor tempo total do teste no CEA, quando comparados aos resultados do teste no CET, estando assim de acordo com a hipótese do estudo que o ambiente aquático interfere no desempenho, que diminuiu o $VO_{2máx}$.

Apesar de todos os voluntários atingirem os critérios estabelecidos pela literatura para que os valores encontrados em ambos os testes de capacidade aeróbia fossem considerados como máximos (DUNCAN *et al.*, 1997; HOWLEY *et al.*, 1995), a maioria dos voluntários atingiu os critérios como o R, a $FC_{máx}$ e a PSE (APÊNDICE E). Apenas dois, dos 15 voluntários atingiram o critério de platô de VO_2 , estando de acordo com a literatura, que relata que este critério não é observado na maioria dos casos em testes progressivos, não invalidou assim o resultado. Na literatura ainda é discutido se o platô de VO_2 é um pré-requisito para determinar se um determinado VO_2 é máximo (HOWLEY, 2007; HOWLEY *et al.*, 1995, BASSETT JUNIOR e HOWLEY, 2000; ROBERGS e ROBERTS, 2002). Apesar das diferenças entre os resultados dos testes de capacidade aeróbia realizados em ambientes terrestre e aquático, pode-se dizer que em ambos os resultados o desempenho dos voluntários foram máximos.

Na literatura consultada (ALMELING *et al.*, 2006; SHELDAHL *et al.*, 1984; CHRISTIE *et al.*, 1990; CONNELLY *et al.*, 1990), existem dados contraditórios ao comparar valores máximos entre os testes de capacidade aeróbia realizados em cicloergômetros terrestres e aquáticos. Pode-se haver limitações de comparações

entre os estudos devido à utilização de diferentes protocolos de testes, instrumentos (cicloergômetros) e nível de imersão do corpo.

As diferenças entre os resultados dos testes para as variáveis $VO_{2máx}$ e tempo total do teste estão de acordo com os achados do estudo realizado por Almeling *et al.* (2006), que entre testes máximos progressivos em cicloergômetro dentro da água e fora, observaram também valores menores de $VO_{2máx}$ e do tempo total no teste realizado dentro da água. A estas diminuições eles atribuíram que a resistência do ambiente aquático foi o fator limitante, e concluíram que a potência máxima alcançada no teste realizado no ambiente aquático foi significativamente menor (123 W) ao comparar com a potência alcançada no teste no ambiente terrestre (234 W); o que pode ter ocorrido no presente estudo.

Entretanto, a $FC_{máx}$ observada por eles (ALMELING *et al.*, 2006) foi maior no teste em ambiente aquático, ao contrário do que foi observado neste estudo. Eles atribuíram a este achado ao aumento na pressão respiratória que diminui o fluxo venoso, dessa forma, para manter o DC, ocorre um aumento da FC. Este aumento da FC também pode ser considerado que o exercício era realizado com os voluntários totalmente submersos a uma profundidade de três metros, devido ao aumento da pressão hidrostática, diferentemente do nível de imersão realizado neste estudo onde os voluntários estavam imersos até o manúbrio.

No entanto, outros estudos (SHELDAHL *et al.*, 1984; CHRISTIE *et al.*, 1990; CONNELLY *et al.*, 1990) ao comparar testes de capacidade aeróbia realizados com cicloergômetros aquático e terrestre, observaram valores do $VO_{2máx}$ semelhantes e uma menor $FC_{máx}$ do teste realizado em ambiente aquático. Eles relataram que a diminuição da $FC_{máx}$ não acarretou em uma diminuição do $VO_{2máx}$, devido à compensação pelo DC que é aumentado em virtude do aumento do volume sistólico que ocorre durante a imersão. Segundo Connelly *et al.* (1990) outra explicação para a diminuição da $FC_{máx}$ em ambiente aquático é devido a uma significativa diminuição da atividade simpática durante exercícios em intensidades altas. Os resultados do presente estudo em relação à $FC_{máx}$ estão de acordo com estes estudos, e diferentes quanto ao $VO_{2máx}$.

Conforme a hipótese do estudo, o ambiente aquático pode interferir no $VO_{2máx}$ que foi menor, relacionado com a menor duração do teste, que alcançou uma menor potência tendo como fator principal limitante a resistência do ambiente aquático (ALMELING *et al.*, 2006). Em relação aos fatores fisiológicos e o quanto podem

interferir no $VO_{2m\acute{a}x}$ em ambiente aquático, ainda são incertos (SHELDAHL *et al.*, 1984; CHRISTIE *et al.*, 1990; PARK *et al.*, 1999).

Diante disso, foi realizada uma análise de regressão do tipo quadrática ($r^2 = 0,863$) em que as variáveis (VO_2 e rpm) utilizadas no modelo tiveram uma correlação alta e significativa ($r = 0,919$; $p < 0,001$), para elaboração de uma equação de predição indireta do $VO_{2m\acute{a}x}$ para este cicloergômetro aquático. Onde a intensidade do exercício aumenta em relação ao aumento da cadência, diferente da equação proposta por Shapiro *et al.* (1981) ($r^2 = 0,98$), que considera tanto o aumento da cadência, quanto a quantidade de estabilizadores que aumenta a área frontal (quanto maior o número de estabilizadores, maior será a intensidade do exercício).

4.2 Determinação da Potência no Cicloergômetro Estacionário Aquático

Alguns estudos estimaram a potência do ciclismo aquático ao comparar o VO_2 de exercícios submáximos e constantes realizados em ambientes terrestre e aquático (ALMELING *et al.*, 2006; PERINI *et al.*, 1998). Durante o ciclismo aquático com cadência constante, houve um aumento considerável do VO_2 , conclui-se que a resistência da água em relação aos movimentos dos membros inferiores, é uma carga inerente ao ambiente aquático. Segundo Almeling *et al.* (2006) esta resistência representou aproximadamente de 34 W correspondente a cadência de 55 rpm no CEA, enquanto que no estudo de Perini *et al.* (1998) foi encontrado 25 W para uma cadência a 60 rpm. Portanto a estimativa da potência no ambiente aquático depende do modelo de CEA.

Neste estudo estimou-se a potência do exercício no CEA para as cadências de 40 rpm e 50 rpm em relação às mesmas cadências realizadas no CET em diferentes potências (W).

Ao analisar os resultados do presente estudo, observou-se que não houve diferença significativa do VO_2 entre as condições de CET-40rpm a 40 W em relação à CEA-40rpm e entre CET-40rpm a 100W e CET-50rpm a 100 W em relação à CEA-50rpm. Portanto, a condição de CEA-40rpm é equivalente a potência de 40 W e a condição CEA-50rpm é equivalente a potência de 100 W. A FC também não apresentou diferença entre estas condições (APÊNDICE F).

Os resultados deste estudo estão de acordo com outros estudos que também verificaram uma semelhança no VO_2 e na FC entre exercícios submáximos constantes em uma mesma potência realizados em ambientes aquáticos e terrestres (BRÉCHAT *et al.*, 1999; CHRISTIE *et al.*, 1990; SHELDAHL *et al.*, 1984; CONNELLY *et al.*, 1990).

Outros estudos que não consideraram a resistência do ambiente aquático como uma intensidade adicional, obtiveram um VO_2 e FC maiores em exercícios realizados no ambiente aquático em relação aos exercícios realizados na mesma intensidade (sem o acréscimo da resistência da água) em ambiente terrestre (BRÉCHAT *et al.*, 1999; COSTILL, 1971; PARK *et al.*, 1999).

O VO_2 aumentou significativamente em relação ao aumento da cadência durante o ciclismo aquático, estando de acordo com os resultados encontrados por Shapiro *et al.* (1981). Assim, um dos fatores que aumenta a intensidade do ciclismo aquático é a velocidade de execução do exercício.

4.3 Atividade Muscular

O presente estudo demonstrou a ausência de diferenças entre a ativação muscular para a mesma potência entre os exercícios para os músculos RF, VL e IS, exceto para a ativação muscular do RF entre as condições CET-40rpm a 40 W e CEA-40rpm, onde se verificou diferenças significativas.

Então, após verificar a semelhança da intensidade entre os cicloergômetros por meio da comparação do VO_2 dos exercícios submáximos constantes. Foi possível comparar corretamente a ativação muscular, diminuindo assim a margem de erro que poderia ocorrer ao comparar a ativação muscular entre os exercícios de diferentes intensidades.

Houve também semelhança entre as atividades musculares entre o ciclismo aquático com outros níveis de potência do ciclismo terrestre; e não somente para a mesma potência como já foi dito (APÊNDICE H).

Os resultados do presente estudo estão de acordo com os resultados do estudo realizado por Szmuchrowski *et al.* (2004), em relação à comparação dos músculos IS, VL a 50 rpm, e também em relação ao aumento atividade muscular com o aumento da cadência em ambos os cicloergômetros.

Na condição do exercício em CET, o aumento da potência em uma mesma cadência, houve um aumento mais expressivo da ativação muscular do VL, enquanto os outros músculos RF e IS tiveram aumento menos expressivos. Mesmo havendo limitações ao comparar estudos de ativação muscular do ciclismo devido a diferentes fatores que podem interferir na amplitude do sinal, como cadência, carga, altura do banco, posição do ciclista. Então apesar disso, estes resultados estão de acordo com o estudo realizado por Bieuzen *et al.* (2007) e diferentes dos achados no estudo de Baum e Li (2003).

Na condição aquática houve um aumento significativo na ativação muscular dos músculos VL e IS com o aumento da cadência e não houve diferença na ativação do RF. Portanto, na água, o aumento da cadência aumenta a resistência. Em consequência disso, espera-se um aumento da atividade muscular, o que ocorreu para os músculos VL e IS. Outro fator que pode ser considerado para este aumento, é que estes músculos são ativados durante a fase em que o pedal está em movimento contrário ao sentido da força empuxo, que dificulta ainda mais o movimento. Porém, a ativação do músculo RF, que não apresentou um aumento significativo, também pode estar relacionado com o empuxo porque o início de sua ativação ocorre durante a fase em que a força empuxo está no mesmo sentido do movimento, que pode assim facilitá-lo.

Referente à análise qualitativa pode-se verificar uma co-contração dos músculos VL e IS, que ocorre entre o final da contração do VL e no início da contração do IS (FIG. 15). Esta co-contração acontece próximo ao ângulo de 90° do ciclo de pedalada, tanto na condição aquática quanto na terrestre. Pode-se observar também na análise qualitativa, que houve uma antecipação no início da ativação muscular de todos os músculos estudados (RF, VL e IS) durante o ciclismo aquático. E esta antecipação pode estar relacionada com a resistência da água que interfere no padrão de ativação dos músculos. Enquanto o padrão da ativação muscular durante o ciclismo terrestre é influenciado pela inércia (BAUM e LI, 2003).

Ao comparar os eletromiogramas do ciclismo aquático em relação ao ciclismo terrestre houve uma semelhança quanto à função dos músculos durante o ciclismo, ou seja, o RF sendo um músculo biarticular é requisitado tanto na flexão do quadril quanto na extensão do joelho, o VL (monoarticular) é requisitado para a extensão do joelho e o IS (biarticular) com as funções de extensão do quadril e flexão do joelho

(KAPANDJI, 1987; NORKIN e LEVANGIE, 2001), conforme observado também no estudo realizado por Ryan e Gregor (1992).

4.4 Considerações Finais

Diante das diferenças do $VO_{2m\acute{a}x}$, $FC_{m\acute{a}x}$ e Tempo total do teste entre os testes de capacidade aeróbia realizados nos CET e CEA, para a prescrição de exercício em uma determinada intensidade em relação ao desempenho máximo, os valores de um teste realizado em ambiente terrestre não podem ser usados como referência para prescrever um exercício realizado no ambiente aquático.

A equação proposta neste estudo para cálculo indireto do VO_2 no ciclismo aquático é importante para facilitar a prescrição do exercício no CEA em uma determinada intensidade em relação ao desempenho máximo. Assim, o treinamento ou a reabilitação de um indivíduo terá uma prescrição de exercício no CEA com uma intensidade individualizada, dependendo do objetivo que se quer alcançar com este exercício, seja condicionamento aeróbio ou fortalecimento muscular.

Também a determinação da potência desenvolvida nos exercícios submáximos no CEA, é importante para prescrição de exercícios no CEA para alcançar os objetivos traçados com maior confiança.

Este estudo evidenciou que houve semelhança na amplitude da atividade muscular dos exercícios submáximos entre os CET e CEA, mas com um tempo de recrutamento diferente. Estes resultados são importantes para a prescrição dos exercícios no CEA, devido ao fato que o indivíduo pode ter um mesmo nível de recrutamento tanto no CET quanto no CEA com o objetivo de fortalecimento muscular ou adaptação neural, por exemplo, tendo outras vantagens no CEA devido ao ambiente aquático inibir a dor e aumentar o espaço intra-articular, diminuindo assim o cisalhamento entre os ossos.

Então, o ciclismo aquático pode ter alguns benefícios em relação ao ciclismo terrestre tanto para o treinamento quanto para a reabilitação, dependendo dos objetivos e das condições de saúde do indivíduo.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados do presente estudo, pode-se concluir que:

- ✓ O ambiente aquático interfere no consumo máximo de oxigênio devido principalmente à resistência da água.
- ✓ Houve alta e significativa associação entre a cadência e o VO_2 no CEA.
- ✓ Foi possível determinar a potência no CEA por meio da comparação do VO_2 entre os exercícios realizados nos cicloergômetros estacionários terrestre e aquático.
- ✓ A atividade muscular foi semelhante quanto à sua amplitude para uma mesma potência entre o CET e o CEA, exceto para o RF a 40 rpm. Estes resultados são interessantes para a prescrição de exercícios utilizando o CEA, que pode desenvolver uma mesma ativação muscular em relação ao CET.
- ✓ O aumento da potência aumentou a ativação muscular durante o exercício no CET, principalmente para o músculo VL.
- ✓ O aumento da cadência aumentou a ativação muscular durante o exercício no CEA, principalmente para os músculos VL e IS.

Para futuros estudos recomenda-se:

- ✓ Para melhor compreensão da biomecânica do ciclismo aquático, recomenda-se o estudo da atividade eletromiográfica de outros músculos dos membros inferiores, sendo registrados tanto unilateralmente quanto bilateralmente. Seria também importante investigar características cinemáticas com a utilização de filmagem subaquática para uma análise mais completa do ciclismo aquático.
- ✓ É recomendada a realização de estudo sobre a validação e confiabilidade, da equação proposta, para estimar a capacidade aeróbia de forma indireta no CEA.
- ✓ Seria também importante a realização de estudos que verificassem os efeitos do treinamento no CEA em relação ao CET, sobre condicionamento cardiorespiratório, adaptação neural e fortalecimento muscular em intensidades semelhantes.

6 REFERÊNCIAS

- ABBISS, C.; PEIFFER, J.J.; NETTO, K.J.; LAURSEN, P.B. Reliability of surface EMG measurements of the quadriceps during maximal isometric contractions following water immersion. *Journal of Musculoskeletal Research*, v. 10, n. 4, p. 197-203, 2006.
- ACSM - American College of Sports Medicine - *ACSM's Resource Manual Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998.
- ALMELING, M.; SCHEGA, L.; WITTEN, F.; LIRK, P.; WULF, K. Validity of cycle test in air compared to underwater cycling. *Undersea and Hyperbaric Medical*, v.33, n.1, p.45-53, 2006.
- BARELA, A.M.F.; STOLF, S.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 16, n. 3, p. 250-256, 2006.
- BARELA, A.M.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2006. No prelo.
- BASMAJIAN, J.V.; De LUCA, C.J. *Muscle alive - their functions revealed by electromyography*. 5. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985.
- BASSETT JUNIOR, D.R.; HOWLEY, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, n. 1, p. 70-84, 2000.
- BAUM, B.S.; LI, L. Lower extremity muscle activities during cycling are influenced by load and frequency. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 13, n. 2, p. 181-190, 2003.
- BIEUZEN, F.; LEPERS, R.; VERCRUYSSSEN, F.; HAUSSWIRTH, C.; BRISSWALTER, J. Muscle activation during cycling at different cadences: effect of maximal strength capacity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 17, n. 6, p. 731-738, 2007.
- BORG, G. *Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido*. São Paulo: Manole, 2000.
- BORG, G.A.V.; NOBLE, B.J. Perceived exertion. *Exercise and Sport Science Review*, v. 2, p. 131-153, 1974.
- BORG G.A.V. Perceived exertion: a note on history and methods. *Medicine Scicense and Sports Exercise*, v. 5, p. 90-93, 1972.
- BRÉCHAT, P.H; WOLF, J.P.; SIMON-RIGAUD, M.L.; BRÉCHAT, N. Influence of immersion on respiratory requirements during 30-min cycling exercise. *European Respiratory Journal*, v. 13, n. 4, p. 860-866, 1999.

- BURDEN, A.; BARTLETT, R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Medical Engineering and Physics*, v. 21, n. 4, p. 247-257, 1999.
- BURNLEY, M.; DOUST, J.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.
- CAMPION, M. R. *Hidroterapia: Princípios e Prática*. 1. ed. São Paulo: Manole, 2000.
- CATY, V.; AUJOUANNET, Y.; HINTZY, F.; BONIFAZI, M.; CLARYS, J.P.; ROUARD, A.H. Wrist stabilization and forearm muscle coactivation during freestyle swimming. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 17, n. 3, p. 285-291, 2007.
- CHEVUTSCHI, A.; LENSEL, G.; VAAST, D.; THEVENON, A. An electromyographic study of human gait both in water and on dry ground. *Journal of Physiological Anthropology*, v. 26, n. 4, p. 467-473, 2007.
- CHRISTIE, J.L.; SHELDAHL, L.M.; TRISTANI, F.E.; WANN, L.S.; SAGAR, K.B.; LEVANDOSKI, S.G.; PTACIN, M.J.; SOBOCINSKI, K.A.; MORRIS, R.D. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. *Journal Applied Physiology*, v. 69, n. 2, p. 657-664, 1990.
- CRAIG JUNIOR, A.B.; DVORAK, M. Thermal regulation during water immersion. *Journal Applied Physiology*, v. 21, n. 5, p. 1577-1585, 1966.
- CRAIG, C. L.; MARSHALL, A.L.; SJÖSTRÖM, M.; BAUMAN, A.E.; BOOTH, M.L.; AINSWORTH, B.E.; PRATT, M.; EKELUND, U; YNGVE, A.; SALLIS, J.F., OJA, P. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 35, n. 8, p. 1381-1395, 2003.
- CRAM, J.R. The history of surface electromyography. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, v. 28, n. 2, p. 81-91, 2003.
- CRAM, J. R.; KASMAN, G. S.; HOLTZ, J. *Introduction to Surface Electromyography*. 1 ed. Maryland: Aspen Publishers, 1998.
- CLARYS, J.P. Hydrodynamics and electromyography: ergonomics aspects in aquatics. *Applied Ergonomics*, v. 16, n. 1, p. 11-24, 1985.
- CLARYS, J.P.; CABRI, J. Electromyography and the study of sports movements: a review. *Journal of Sports Sciences*, v. 11, n. 5, p. 379-448, 1993.
- CONNELLY, T.P.; SHELDAHL, L.M.; TRISTANI, F.E.; LEVANDOSKI, S.G.; KALKHOFF, M.D.; KALBFLEISCH, J.H. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. *Journal Applied Physiology*, v. 69, n. 2, p. 651-656, 1990.
- COSTILL, D.L. Energy requirements during exercise in the water. *Journal Sports Medicine*, v. 11, p. 87-92, 1971.

De LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, v. 13, n. 2, p. 135-163, 1997.

DOLBOW, D.R.; FARLEY, R.S.; KIM, J.K.; CAPUTO, J.L. Oxygen consumption, heart rate, rating of perceived exertion, and systolic blood pressure with water treadmill walking. *Journal of Aging and Physical Activity*, v. 16, p. 14-23, 2008

DUC, S.; BERTUCCI, W.; PERNIN, J.N.; GRAPPE, F. Muscular activity during uphill cycling: effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 18, n. 1, p. 116-127, 2008.

DUNCAN, G.E.; HOWLEY, E.T.; JOHNSON, B.N. Applicability of VO₂max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 29, n. 2; p. 273-278, 1997.

EGAWA, K.; OIDA, Y.; KITABATAKE, Y.; MANO, T.; IWASE, S. KAMIYA, A.; MICHIKAMI, D. Effect of weight bearing on the soleus H-reflex during upright standing under the head-out water immersion condition in humans. *Environmental Medicine*, v. 47, p. 81-84, 2003.

ESPOSITO, F.; IMPELLIZZERI, F.M.; MARGONATO, V.; VANNI, R.; PIZZINI, G.; VEICSTEINAS, A. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, v. 93, n. 1-2, p. 167-172, 2004.

FUJISAWA, H.; SUENAGA, N.; MINAMI, A. Electromyographic study during isometric exercise of the shoulder in head-out water immersion. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, v. 7, p. 491-494, 1998.

FUJISHIMA, K.; SHIMIZU, T. Body temperature, oxygen uptake and heart rate during walking in water and on land at an exercise intensity based on RPE in elderly men. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, v. 22, n. 2, p. 83-88, 2003.

GREGOR, R.J. Biomecânica do Ciclismo. In: GARRET JUNIOR, W.E; KIRKENDALL, D.T. *A ciência do exercício e dos esportes*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

GREGOR, R.J.; BROKER, J.P.; RYAN, M.M. The biomechanics of cycling. *Exercise and Sport Science Review*, v. 19, p. 127-169, 1991.

GEYTENBEEK, J. Evidence for effective hydrotherapy. *Physiotherapy*, v. 88, n. 9, p. 514-529, 2002.

HARRISON, R.A.; HILLMAN, M.; BRUSTRODE, S. Loading of the lower limb when walking partially immersed: implications for clinical practice. *Physiotherapy*, v. 78, p.164-166, 1992.

HALL, S.J. *Biomecânica Básica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2000.

HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; MERLETTI, R.; STEGERMAN, D.; BLOCK, J. RAU, G.; DISSELHORST-KLUG, C.; HÄGG, G. *SENIAM : European recommendations for surface electromyography*. Roessingh Research and Development, 1999.

HILLSTRON, H.J.; TRIOLO, R.J. *EMG Theory*. In: CRAIK, R.L.; OATIS, C.A. *Gait analysis: Theory and Application*. St. Louis: Mosby Company, 1995. Cap.20. p.271-292.

HOWLEY, E.T.; BASSETT JUNIOR, D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

HOWLEY, E.T. VO_{2max} and the plateau – Needed or not? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 39, n. 1, p.101-102, 2007.

HUG, F.; DECHERCHI, P.; MARQUESTE, T.; JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 14, n. 2, p. 187-195, 2004.

HULL, M.L.; JORGE, M. A method for biomechanical analysis of bicycle pedaling. *Journal Biomechanics*, v. 18, n. 9, p. 631-644, 1985.

IKAI, M. Etude electromyographique de la natation. *Revue d'Education Physique*, v. 2, p. 124-126, 1962 *apud* CLARYS, J.; CABRI, J. Electromyography and the study of sports movements: a review. *Journal of Sports Sciences*, v.11, n.5, p. 379-448, 1993.

JEKEL, J.F.; ELMORE, J.G.; KATZ, D.L. *Epidemiologia, Bioestatística e Medicina Preventiva*. Porto Alegre: ARTMED, 2002. p. 178-184.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Pratical assessment of body composition. *Physician Sport Medicine*, v. 13, p. 76-90, 1985.

JOHNSTON, T.E. Biomechanical considerations for cycling interventions in rehabilitation. *Physical Therapy*, v. 87, n. 9, p. 1243-1252, 2007.

KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; SATO, D.; NOMURA, T. Lower extremity muscle activity during different types and speeds of underwater movement. *Journal of Physiological Anthropology*, v. 26, n. 2, p. 197-200, 2007.

KANG, J.; CHALOUPKA, E.C.; MASTRANGELO, M.A.; BIREN, G.B.; ROBERTSON. Physiological comparisons among three maximal treadmill exercise protocols in trained and untrained individuals. *European Journal of Applied Physiology*, v. 84, n. 4, p. 291-295, 2001.

KAPANDJI, I.A. *Fisiologia Articular: esquemas comentados de mecânica humana*. 5. ed. São Paulo: Manole, 1987. v. 2.

KELLY, B.T.; ROSKIN, L.A.; KIRKENDALL, D.T.; SPEER, K.P. Shoulder muscle activation during aquatic and dry land exercises in nonimpaired subjects. *Journal Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 30, n. 4, p. 204-210, 2000.

- KNUTSON, L.M., SODERBERG, G. L., BRYON, T.B. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. *Journal of Electromyography in Kinesiology*, v. 4, n. 1, p. 47-59, 1994.
- KRAGULJAC, M.; RODRIGUES, H.S.; COUTO, B.P.; SZMUCHROWSKI, L.A. Utilization of a conconi's test adapted for cycle ergometer in evaluation of high performance runners. In: Annual Congress of the European College of Sports Science, 9, 2004, Clermont-Ferrand. *Book of abstract*. Clermont-Ferrand, 2004. p.120.
- KONRAD, P. *The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological electromyography*. 1. ed. Noraxon INC. USA, 2005.
- LaFONTAINE, T.P.; LONDEREE, B.R.; SPATH, W.K. The maximal steady state versus selected running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 13, n. 3, p.190-193, 1981.
- LAMBERT, M.I.; MBAMBO, Z.H.; GIBSON, C. Heart rate during training and competition for long-distance running. *Journal of Sports Sciences*, v. 16, sup. 1, p. 85-90, 1998.
- LI, L. Neuromuscular control and coordination during cycling. *Research quarterly for Exercise and Sports*, v. 24, n. 1, p.16-22, 2004.
- MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. *Journal of Physiological Anthropology*, v. 23, n. 4, p. 119-127, 2004.
- MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Muscle activity and heart rate response during backward walking in water and on dry land. *European Journal of Applied Physiology*, v. 94, n. 1-2, p. 54-61, 2005.
- MASUMOTO, K.; SHONO, T.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Age-related differences in muscle activity, stride frequency and heart rate response during walking in water. *Journal Electromyography and Kinesiology*, v. 17, n. 5, p. 596-604, 2007 (a).
- MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. A comparison of muscle activity and heart rate response during backward and forward walking on an underwater treadmill. *Gait Posture*, v. 25, n. 2, p. 222-228, 2007.
- MASUMOTO, K.; SHONO, T.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K. Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. *Journal Electromyography and Kinesiology*, 2007 (c). No prelo.
- MATSUDO, S. Questionário internacional de atividade física (IPAQ): Estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, v. 6, n. 2, p. 5-18, 2001.
- MERLETTI, R.; RAINOLDI, A.; FARINA, D. Surface EMG for non-invasive muscle characterization. *Exercise and Sport Science Review*, v. 29, n. 1, p. 20-25, 2001.

MERLETTI, R. Standards for reporting EMG data. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 7, n. 2, p. 1-2, 1997.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MIYOSHI, T.; SHIROTA, T.; YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K.; AKAI, M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. *Disability and Rehabilitation*, v. 26, n. 12, p. 724-732, 2004.

MIYOSHI, T.; SHIROTA, T.; YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K.; AKAI, M. Functional roles of lower-limb joint moments while walking in water. *Clinical Biomechanics*, v. 20, n. 2, p. 194-201, 2005.

MIYOSHI, T.; NAKAZAWA, K.; TANIZAKI, M.; SATO, T.; AKAI, M. Altered activation pattern in synergistic ankle plantarflexor muscles in a reduced-gravity environment. *Gait and Posture*, v. 24, n. 1, p. 94-99, 2006.

MORITANI, T.; YOSHITAKE, Y. The use of electromyography in applied physiology. *Journal of Electromyography in Kinesiology*, v. 8, n. 6, p. 363-381, 1998.

MÜLLER, E.S.M.; BLACK, G.L.; FIGUEIREDO, P.P.; KRUEL, L.F.M.; HANISCH, C.; APPELL, H.J. Comparação eletromiográfica do exercício abdominal dentro e fora da água. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, v. 5, n. 3, p. 255-265, 2005.

NEPTUNE, R.R. KAUTZ, S.A.; HULL, M.L. The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *Journal Biomechanics*, v. 30, n. 10, p. 1051-1058, 1997.

NOBLE, B.J. Clinical applications of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 14, n. 5, p. 406-411, 1982.

NORKIN, C.C.; LEVANGIE, P.K. *Articulações estrutura e função: uma abordagem prática e abrangente*. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2001.

PATON, C.D; HOPKINS, W.G. Tests of cycling performance. *Sports Medicine*, v. 31, n. 7, p. 489-496, 2001.

PARK, K.S; CHOI, J. K.; PARK, Y.S. Cardiovascular regulation during water immersion. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, v. 18, n. 6, p. 233-241, 1999.

PERINI, R.; MILESI, S.; BIANCARDI, L.; PENDERGAST, D.R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability in exercising humans: effect of water immersion. *European Journal of Applied Physiology*, v. 77, p. 326-332, 1998.

PÖYHÖNEN, T.; KESKINEN, K.L.; KYRÖLÄINEN, H.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 82, n. 10, p. 1446-1452, 2001 (a).

PÖYHÖNEN, T.; KYRÖLÄINEN, H.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clinical Biomechanics*, v. 16, n. 6, p. 496-504, 2001 (b).

PÖYHÖNEN, T.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and dry land. *European Journal of Applied Physiology*, v. 80, p. 52-56, 1999.

PÖYHÖNEN, T.; SIPILÄ, S.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Effects of aquatic residence training on neuromuscular performance in healthy women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 34, n. 12, p. 2103-2109, 2002.

RAINOLDI, A.; CESCO, C.; BOTTIN, A.; CASALE, R.; CARUSO, I. Surface EMG alterations induced by underwater recording. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 14, n. 3, p. 325-331, 2004.

ROBERGS, R.A.; ROBERTS, S.O.; *Princípios Fundamentais de Fisiologia do Exercício para Aptidão, Desempenho e Saúde*. 1. ed. São Paulo: Phorte, 2002.

ROUARD, A.H.; CLARYS, J.P. Cocontraction in the elbow and shoulder muscles during rapid cyclic movements in an aquatic environment. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 5, n. 3, p. 177-183, 1995.

RUOTI, R.G.; MORRIS, D.M.; COLE, A.J. *Reabilitação Aquática*. São Paulo: Manole, 2000.

RYAN, M.M., GREGOR, R.J. EMG profiles of lower extremity muscles during cycling at constant workload and cadence. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 2, n. 2, p. 69-80, 1992.

SAVELBERG, H.H.C.M.; VAN de PORT, I.G.L.; WILLEMS, P.J.B. Body configuration in cycling affects muscle recruitment and movement pattern. *Journal of Applied Biomechanics*, v. 19, n. 4, p. 310-324, 2003.

SHAPIRO, Y., AVELLINE, B.; TONER, M.M.; PANDOLF, K.B. Modification of the Monark bicycle ergometer for underwater exercise. *Journal Applied Physiology*, v. 50, n. 3, p. 679-683, 1981.

SHONO, T.; MASUMOTO, K.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; ADACHI, T. Gait patterns and muscles activity in the lower extremities of elderly women during underwater treadmill walking against water flow. *Journal of Physiological Anthropology*, v. 26, n. 6, p. 579-586, 2007.

SILVERS, W. M.; RUTLEDGE, E.R.; DOLNY, D.G. Peak cardiorespiratory during aquatic and land treadmill exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 39, n. 6, p. 969-975, 2007.

SHELDAHL, L.M.; TRISTANI, F.E.; CLIFFORD, P.S., KALBFLEISCH, J.H.; SMITS, G.; HUGHES, C.V. Effect of head-out water immersion on response to exercise training. *Journal of Applied Physiology*, v. 60, n. 6, p. 1878-1881, 1986.

SHELDAHL, L.M.; WANN, L.S.; CLIFFORD, P.S.; TRISTANI, F.E.; WOLF, L.G.; KALBFLEISCH, J.H. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 57, n. 6, p. 1662-1667, 1984.

SODERBERG, G. L., KNUTSON, L.M. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Physical Therapy*, v. 80, n. 5, p.485-498, 2000.

SRÁMEK, P.; SIMECKOVÁ, M.; JANSKÝ, L.; SAVLÍKOVÁ, J.; VYBÍRAL, S. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *European Journal of Applied Physiology*, v. 81, n. 5, p. 436-442, 2000.

SUGAJIMA, S.; MITARAI, G.; KOEDA, M.; MORITANI, T. Characteristic changes of motor unit activity in hip joint flexor muscles during voluntary isometric contraction during water immersion. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 6, n. 2, p. 83-95, 1996.

SZMUCHROWSKI, L.A.; CARDOSO, J.R., CARVALHO, R.G.S. Comparação da atividade eletromiográfica durante o movimento padrão do ciclismo em cicloergômetro padrão e aquático. *Fisioterapia Brasil*, v. 5, n. 5, p. 337-343, 2004.

SZMUCHROWSKI, L.A.; COUTO, B.P.; SILVA, H.R. Estimativa do limiar anaeróbio em cicloergômetro aquático da percepção do esforço. In: Emerson Silami-Garcia; Kátia Lúcia Moreira Lemos. (Org.). VIII Temas Atuais em Educação Física. Health: Belo Horizonte, 2003, v. VIII, p. 109-118.

TÜRKER, K.S. Electromyography: some methodological problems and issues. *Physical Therapy*, v. 73, n. 10, p. 57-69, 1993.

VENEZIANO, W.H.; ROCHA, A.F.; GONÇALVES, C.A.; PENA, A.G.; CARMO, J.C.; NASCIMENTO, F.A.L.; RAINOLDI, A. Confounding factors in water EMG recordings: an approach to a definitive standard. *Medical and Biological Engineering Computing*, v. 44, n. 4, p. 348-351, 2006.

XIN-FENG, W.; LIAN-ZE, W.; WEI-XING, Y.; DE-JIAN, L.; XIONG, S. A new device for estimating active drag in swimming at maximal velocity. *Journal of Sports Sciences*, v. 25, n. 4, p. 375-379, 2007.

XU, F.; RHODES, E.C. Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Medicine*, v. 27, n. 5, p. 313-327, 1999.

YANG J.Y.; WINTER D.A. Electromyographic amplitude normalization methods: improving their sensitivity as diagnostic tools in gait analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 65, p. 517-521, 1984.

YOON, B.; KRAVITZ, L.; ROBERGS, R. VO_{2max} , protocol duration, and the VO_2 plateau. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.39, n.7, p.1186-1192, 2007.

WINTER, D.A. *Biomechanics and motor control of human gait: Normal, elderly and pathological*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1990. p.227.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIO EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 - CNS-MS)

Fui informado dos procedimentos deste projeto que os participantes serão avaliados quanto ao (s): antropometria (massa e altura), eletromiografia da contração voluntária isométrica máxima e no ciclismo dentro e fora da água, os procedimentos serão realizados em dias distintos. Este visa compreender e verificar possíveis diferenças na biomecânica do ciclismo dentro e fora da água.

O horário será estabelecido conforme a conveniência do participante e dos pesquisadores. Estes procedimentos são gratuitos, as informações são sigilosas e utilizadas apenas com fins de estudos.

Os resultados obtidos serão apresentados tanto aos participantes quanto para a comunidade científica, e no caso desta última, sempre serão resguardados os nomes dos voluntários.

Eu discuti os riscos e benefícios da minha participação neste estudo com os pesquisadores envolvidos. Eu li e compreendi todos os procedimentos que envolvem esta pesquisa e tive tempo suficiente para considerar a minha participação. Eu perguntei e obtive as respostas para todas as minhas dúvidas. Eu sei que posso me recusar a participar deste estudo ou que posso abandoná-lo a qualquer momento sem qualquer tipo de constrangimento. Eu também compreendo que os pesquisadores podem decidir a minha exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais eu serei devidamente informado.

Portanto, aqui forneço o meu consentimento para participar do estudo intitulado: **“ANÁLISE DA ATIVIDADE MUSCULAR E CONSUMO DE OXIGÊNIO DO CICLISMO DENTRO E FORA DA ÁGUA”**.

O presente termo de consentimento é feito de livre e espontânea vontade, sendo que o mesmo é assinado nesta data, em duas vias (sendo uma via minha) para que produza seus efeitos éticos, jurídicos e legais.

Belo Horizonte, de 2007.

Assinatura do Voluntário

Declaro que expliquei os objetivos desse estudo, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Assinatura do pesquisador responsável

Pesquisadores:

Hans-Joachim Karl Menzel

Av. Antônio Carlos, 6627 / CENESP/EEFFTO/UFMG, Belo Horizonte - MG

Tel: 31-3409-2360

menzel@ufmg.br

Rodrigo Gustavo da Silva Carvalho

Rua Santa Rita Durão, 466/ 501, Belo Horizonte - MG

Tel: 31-3225-2892

rgscarvalho@uol.com.br

Comitê de Ética em Pesquisa

AV. Antônio Carlos, 6627 – Campos Pampulha
Unidade Administrativa II – 2º andar – Sala: 2005

Belo Horizonte – CEP: 31270-901

Tel: COEP (31) 3409- 4592

APÊNDICE B – Termo de Utilização de Imagem**TERMO DE UTILIZAÇÃO DE IMAGEM**

Eu, _____
autorizo a utilização da minha imagem, através de fotos ou vídeos, em apresentações e publicações de natureza técnico-científicas relacionadas ao projeto de pesquisa: “*Análise da atividade muscular e consumo de oxigênio dentro e fora da água*”, coordenado pelos professores Hans-Joachim Karl Menzel, Dr., Leszek Antoni Szmuchowski, Dr. e realizado pelo mestrando Rodrigo Gustavo da Silva Carvalho.

Assinando este termo de consentimento, eu estou indicando que concordo com a divulgação da minha imagem.

Assinatura do Voluntário

RG:

CPF:

End:

Assinatura da Testemunha

Assinatura do Investigador

Data: Belo Horizonte _____ / _____ / _____

APÊNDICE C – Ficha de Avaliação**Ficha de Avaliação****Dados Pessoais:**

Nome			
Data de Nascimento		Idade	
Endereço Completo			
Telefone		E-mail	
Dominância de Membro Inferior	() direito	() esquerdo	
Pratica atividade física?	() sim	() não	
Qual atividade física prática?			
Tem boa saúde?			
Apresenta ou tem histórico de disfunção cardiovascular?			
Apresenta ou tem histórico de lesão de membros inferiores?			

Antropometria:

Altura		Massa	
Côndilo Lateral Tíbia D		Côndilo Lateral Tíbia E	
Trocanter Maior D		Trocanter Maior E	
Acrômio D		Acrômio E	

Composição Corporal (lado direito):

Dobras	1 medida	2 medida	3 medida	Média das 3
Subescapular				
Tríceps				
Bíceps				
Peitoral				
Axilar Média				
Supra-ilíaca				
Abdômen				
Coxa				
Panturrilha				

APÊNDICE D – Valores-p das variáveis T_s , URA, T_A e VO_2 entre as condições experimentais.

Condições	Variáveis			
	T_s	URA	T_A	VO_2
CET - VO_{2max} vs CET - VO_2 40rpm	0,317	0,865	-	0,496
CET - VO_{2max} vs CET - VO_2 50 rpm	0,078	0,059	-	0,427
CET - VO_{2max} vs CEA - VO_{2max}	0,001	0,038	-	0,334
CET - VO_{2max} vs CEA - 40-50rpm	0,001	0,035	-	0,100
CET - VO_2 40rpm vs CET - VO_2 50 rpm	0,108	0,033	-	0,334
CET - VO_2 40rpm vs CEA - VO_{2max}	0,002	0,025	-	0,280
CET - VO_2 40rpm vs CEA - 40-50rpm	0,001	0,117	-	0,053
CET - VO_2 50 rpm vs CEA - VO_{2max}	0,003	0,001	-	0,570
CET - VO_2 50 rpm vs CEA - 40-50rpm	0,002	0,005	-	0,293
CEA - VO_{2max} vs CEA - 40-50rpm	0,822	0,593	0,261	0,334

APÊNDICE E – Critérios para determinação do Consumo de Oxigênio Máximo dos testes de capacidade aeróbia realizadas em cicloergômetros estacionários terrestre (CET) e aquático (CEA).

Voluntários	Platô de VO ₂ (≤150mL)		R (≥1,0)		FC _{máx} (90% (220-idade))		PSE (≥18)	
	CET	CEA	CET	CEA	CET	CEA	CET	CEA
1	280	178	1,178*	0,982	180*	188*	20*	20*
2	582	260	1,036*	1,128*	184*	188*	20*	20*
3	247	425	1,011*	1,013*	183*	174*	20*	20*
4	220	324	0,944	0,977	185*	172	20*	20*
5	320	245	1,055*	1,081*	185*	171	20*	20*
6	440	150*	0,922	0,971	187*	181*	20*	20*
7	22*	91*	0,915	0,987	166	148	20*	20*
8	94*	97*	0,896	0,887	178*	146	20*	20*
9	147*	207	1,059*	1,172*	193*	190*	20*	20*
10	219	46*	1,012*	0,991	189*	188*	20*	20*
11	227	208	1,122*	0,990	188*	163	20*	20*
12	248	96*	1,045*	0,932	162	149	20*	20*
13	248	415	1,083*	1,125*	187*	180*	20*	20*
14	213	227	1,031*	1,075*	195*	176*	20*	20*
15	112*	482	1,043*	1,105*	175	170	20*	20*

* variável de cada voluntário que atingiu o critério de VO_{2máx}

APÊNDICE F – Valores-p das Variáveis entre as Condições Submáximas.

Condição	Condição	VO ₂ (L.min ⁻¹)	PSE	FC (bpm)
CET 40rpm 40W	CET40rpm-60W	<0,001	0,025	0,908
	CET40rpm-80W	<0,001	0,003	0,074
	CET40rpm-100W	<0,001	0,002	<0,001
	CET50rpm-100W	<0,001	0,004	<0,001
	CET50rpm-125W	<0,001	0,002	<0,001
	CET50rpm-150W	<0,001	0,001	<0,001
	CET50rpm-175W	<0,001	0,001	<0,001
	CEA40rpm	0,980	0,257	0,935
	CEA50rpm	<0,001	0,001	<0,001
CET 40rpm 60W	CET40rpm-80W	<0,001	0,004	0,705
	CET40rpm-100W	<0,001	0,003	0,020
	CET50rpm-100W	<0,001	0,031	0,014
	CET50rpm-125W	<0,001	0,004	<0,001
	CET50rpm-150W	<0,001	0,001	<0,001
	CET50rpm-175W	<0,001	0,001	<0,001
	CEA40rpm	<0,001	0,589	0,821
	CEA50rpm	<0,001	0,004	0,002
CET 40rpm 80W	CET40rpm-100W	<0,001	0,038	0,663
	CET50rpm-100W	<0,001	0,476	0,588
	CET50rpm-125W	<0,001	0,057	0,001
	CET50rpm-150W	<0,001	0,001	<0,001
	CET50rpm-175W	<0,001	0,001	<0,001
	CEA40rpm	<0,001	0,010	0,051
	CEA50rpm	0,018	0,447	0,301
CET 40rpm 100W	CET50rpm-100W	0,996	0,007	1,000
	CET50rpm-125W	<0,001	0,720	0,159
	CET50rpm-150W	<0,001	0,002	<0,001
	CET50rpm-175W	<0,001	0,001	<0,001
	CEA40rpm	<0,001	0,007	0,001
	CEA50rpm	0,069	0,377	0,999
CET 50rpm 100W	CET50rpm-125W	<0,001	0,004	0,203
	CET50rpm-150W	<0,001	0,001	<0,001
	CET50rpm-175W	<0,001	0,001	<0,001
	CEA40rpm	<0,001	0,029	<0,001
	CEA50rpm	0,177	0,255	0,994
CET 50rpm 125W	CET50rpm-150W	<0,001	0,001	0,032
	CET50rpm-175W	<0,001	0,001	<0,001
	CEA40rpm	<0,001	0,002	<0,001
	CEA50rpm	<0,001	0,413	0,014
CET 50rpm 150W	CET50rpm-175W	<0,001	0,001	0,080
	CEA40rpm	<0,001	0,001	<0,001
	CEA50rpm	<0,001	0,001	<0,001
CET 50rpm 175W	CEA40rpm	<0,001	0,001	<0,001
	CEA50rpm	<0,001	0,001	<0,001
CEA 40rpm	CEA50rpm	<0,001	0,001	<0,001

APÊNDICE G - Valores-p entre as condições experimentais em relação à duração do ciclo de pedalada para a mesma cadência.

Condição	Condição	Valores-p
CET40rpm-40W	CET40rpm-60W	0,753
	CET40rpm-80W	0,721
	CET40rpm-100W	0,436
	CEA40rpm	1,000
CET40rpm-60W	CET40rpm-80W	0,502
	CET40rpm-100W	0,273
	CEA40rpm	0,776
CET40rpm-80W	CET40rpm-100W	0,584
	CEA40rpm	0,673
CET-40rpm-100W	CEA40rpm	0,165
CET50rpm-100W	CET50rpm-125W	-
	CET50rpm-150W	0,337
	CET50rpm-175W	-
	CEA50rpm	-
CET50rpm-125W	CET50rpm-150W	0,337
	CET50rpm-175W	0,337
	CEA50rpm	-
CET50rpm-150W	CET50rpm-175W	0,337
	CEA50rpm	0,337
CET50rpm-175W	CEA50rpm	-

APÊNDICE H - Valores-p entre as condições experimentais em relação ao RMS da EMGS dos músculos estudados (RF, VL e IS).

Condição	Condição	RF	VL	IS
		RMS	RMS	RMS
CET40rpm-40W	CET40rpm-60W	0,345	0,021	0,039
	CET40rpm-80W	0,087	0,002	0,124
	CET40rpm-100W	0,016	0,001	0,033
	CEA40rpm	0,046	0,507	0,552
CET40rpm-60W	CET40rpm-80W	0,087	0,021	0,753
	CET40rpm-100W	0,011	0,001	0,600
	CEA40rpm	0,023	0,345	0,173
CET40rpm-80W	CET40rpm-100W	0,249	0,009	0,650
	CEA40rpm	0,023	0,075	0,279
CET40rpm-100W	CEA40rpm	0,005	0,016	0,133

Condição	Condição	RF	VL	IS
		RMS	RMS	RMS
CET50rpm-100W	CET50rpm-125W	0,075	0,023	0,311
	CET50rpm-150W	0,382	0,009	0,087
	CET50rpm-175W	0,345	0,001	0,075
	CEA50rpm	0,221	0,600	0,753
CET50rpm-125W	CET50rpm-150W	0,463	0,007	0,133
	CET50rpm-175W	0,807	0,001	0,221
	CEA50rpm	0,055	0,249	0,249
CET50rpm-150W	CET50rpm-175W	0,701	0,087	0,807
	CEA50rpm	0,028	0,064	0,075
CET50rpm-175W	CEA50rpm	0,075	0,016	0,003

Condição	Condição	RF	VL	IS
		RMS	RMS	RMS
CEA-40rpm	CEA50rpm	0,345	0,006	0,023

8 ANEXOS**ANEXO A – Parecer do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências do Esporte**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - CEP 31270-901
Fone (031) 3499-2303 - E-mail: ceftto-dir@ufmg.br

Parecer

Interessado: Prof. Dr. Hans-Joachim Menzel

Histórico:

Recebi do Colegiado de Pós Graduação em Educação Física, para parecer no dia 13/03/07, o projeto de pesquisa intitulado "Análise da Atividade Muscular e Consumo de Oxigênio do Ciclismo dentro e fora da água". O projeto tem como objetivos verificar o recrutamento muscular necessário do ciclismo para o fortalecimento muscular e analisar se há diferença quanto à função muscular entre um cicloergômetro tradicional e um cicloergômetro aquático.

Mérito:

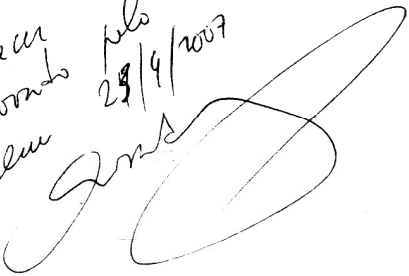
O projeto está adequado a uma dissertação de mestrado e o problema de investigação é compatível com a área de concentração treinamento esportivo. O delineamento experimental bem como os procedimentos estão claramente descritos e mostram-se exequíveis de acordo com o potencial e condições do Curso. Ainda, o cronograma se ajusta aos prazos estabelecidos.

Voto:

Somos, salvo melhor juízo pela aprovação do presente projeto.


Prof. Rodolfo Novellino Benda

*Parecer
aprovado
em
29/4/2007
pelo
Colegiado*



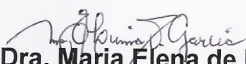
ANEXO B – Parecer Comitê de Ética em Pesquisa - UFMG

UFMG

Universidade Federal de Minas Gerais
Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG - COEP**Parecer nº. ETIC 563/06****Interessado(a): Prof. Hans-Joachim Karl Menzel**
Depto. de Esportes
EEFFTO-UFMG**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 28 de fevereiro de 2007, o projeto de pesquisa intitulado "**Análise da atividade muscular e consumo de oxigênio do ciclismo dentro e fora da água**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.


Profa. Dra. Maria Elena de Lima Perez Garcia
Presidente do COEP-UFMG

ANEXO C – Questionário Internacional de Atividade Física



Questionário Internacional de Atividade Física Versão Curta

Nome: _____

Data: ____/____/____ Idade: _____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal.
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por **pelo menos 10 minutos contínuos** em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por **pelo menos 10 minutos contínuos** quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**).

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

ANEXO C – continuação

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por **pelo menos 10 minutos contínuos**, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por **pelo menos 10 minutos contínuos**, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por **pelo menos 10 minutos contínuos** quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?

_____ horas ____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?

_____ horas ____ minutos

PERGUNTA SOMENTE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

5. Você já ouviu falar do Programa Agita São Paulo? () Sim () Não

6.. Você sabe o objetivo do Programa? () Sim () Não

ANEXO C – continuação



Classificação do Nível de Atividade Física – IPAQ

1. MUITO ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a) VIGOROSA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão
- b) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão + MODERADA e/ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão.

2. ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão; **ou**
- b) MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão; **ou**
- c) Qualquer atividade somada: ≥ 5 dias/sem e ≥ 150 minutos/sem (caminhada + moderada + vigorosa).

3. IRREGULARMENTE ATIVO: aquele que realiza atividade física porém insuficiente para ser classificado como ativo pois não cumpre as recomendações quanto à frequência ou duração. Para realizar essa classificação soma-se a frequência e a duração dos diferentes tipos de atividades (caminhada + moderada + vigorosa). Este grupo foi dividido em dois sub-grupos de acordo com o cumprimento ou não de alguns dos critérios de recomendação:

IRREGULARMENTE ATIVO A: aquele que atinge pelo menos um dos critérios da recomendação quanto à frequência ou quanto à duração da atividade:

- a) Frequência: 5 dias /semana **ou**
- b) Duração: 150 min / semana

IRREGULARMENTE ATIVO B: aquele que não atingiu nenhum dos critérios da recomendação quanto à frequência nem quanto à duração.

4. SEDENTÁRIO: aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.

Exemplos:

Indivíduos	Caminhada		Moderada		Vigorosa		Classificação
	F	D	F	D	F	D	
1	-	-	-	-	-	-	Sedentário
2	4	20	1	30	-	-	Irregularmente Ativo A
3	3	30	-	-	-	-	Irregularmente Ativo B
4	3	20	3	20	1	30	Ativo
5	5	45	-	-	-	-	Ativo
6	3	30	3	30	3	20	Muito Ativo
7	-	-	-	-	5	30	Muito Ativo

F = Frequência – D = Duração

CENTRO COORDENADOR DO IPAQ NO BRASIL – CELAFISCS -
 INFORMAÇÕES ANÁLISE, CLASSIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS NO BRASIL
 Tel-Fax: – 011-42298980 ou 42299643. E-mail: celafiscs@celafiscs.com.br
 Home Page: www.celafiscs.com.br IPAQ Internacional: www.ipaq.ki.se