

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

**RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E
NEUROMUSCULARES DA CORRIDA ESTACIONÁRIA EM
DIFERENTES CADÊNCIAS NOS MEIOS AQUÁTICO E
TERRESTRE**

Dissertação de Mestrado

Cristine Lima Alberton

Porto Alegre, julho de 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

Cristine Lima Alberton

**RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E
NEUROMUSCULARES DA CORRIDA ESTACIONÁRIA EM
DIFERENTES CADÊNCIAS NOS MEIOS AQUÁTICO E
TERRESTRE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau acadêmico de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Porto Alegre, julho de 2007

Cristine Lima Alberton

**RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E
NEUROMUSCULARES DA CORRIDA ESTACIONÁRIA EM
DIFERENTES CADÊNCIAS NOS MEIOS AQUÁTICO E
TERRESTRE**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Educação Física

Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Porto Alegre, julho de 2007

TRABALHO APRESENTADO EM BANCA E APROVADO POR:

Prof. Dr. Álvaro Reischak de Oliveira

Prof. Dr. Carlos Bolli Mota

Prof^a. Dr^a. Flávia Martinez

Conceito final: A

Porto Alegre, 17 de julho de 2007.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Aluna: Cristine Lima Alberton

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar, ao Prof. Dr. Krueel, por tornar o meu sonho de cursar um mestrado realidade, pela confiança sempre depositada nas minhas mãos, pelas oportunidades acadêmicas proporcionadas, e principalmente, por sempre acreditar no meu trabalho, às vezes mais que eu mesma.

Aos professores da banca examinadora, Prof. Dr. Álvaro, Prof. Dr. Bolli e Prof^a. Dra. Flávia, por todas as contribuições na construção e finalização deste trabalho.

Aos funcionários do Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, aos funcionários do Centro Natatório e aos funcionários do LAPEX da EsEF-UFRGS, pela paciência e auxílio ao longo de todo esse trabalho.

À empresa Miotec, pela parceria na realização desse trabalho, com o empréstimo e constante manutenção do eletromiógrafo.

À empresa INBRAMED, pelo auxílio constante na manutenção do analisador de gases.

Aos meus orientandos, Stéphanie, Márcio, Patrícia, Alessandra, Moara, Ana Carolina e Vanessa. Mais do que ensiná-los, com vocês aprendi o que é orientar.

Aos meus colegas e amigos Marcus Tartaruga, Eduardo Silva e Eduardo Cadore. Sem a força, o envolvimento, o conhecimento e o apoio de vocês ao longo das árduas sessões de coleta de dados, com certeza esse trabalho ainda não estaria pronto.

Ao meu colega, amigo e anjinho da guarda, Michel Brentano, por me ajudar sempre na solução dos problemas da minha pesquisa.

Aos colegas de pesquisa Marcelo Coertjens, pelas idéias na inspiração desse projeto, e Gabriela Black, Paulo Figueiredo e Leonardo Tartaruga, pelo auxílio na instrumentação e tratamento dos dados.

Às meninas da extensão, muito obrigado por sempre disponibilizarem o espaço na piscina e o pessoal para auxiliar nas coletas de dados.

Às componentes da amostra, muito obrigado pela disponibilidade e interesse em ajudar.

À todos os colegas do Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas e Terrestres, pelo apoio, estímulo, críticas, e auxílios eventuais nas coletas, muito obrigada.

E por fim, agradeço à Deus e à minha família, em especial aos meus pais, Gildo e Elaine, às minhas irmãs, Daniele e Franciele, e à minha avó, Leda, pela paciência, pela compreensão da minha ausência, pelo apoio e pelo amor, que me auxiliaram a chegar até aqui. Vocês são a razão de todo o meu esforço!

RESUMO

RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E NEUROMUSCULARES DA CORRIDA ESTACIONÁRIA EM DIFERENTES CADÊNCIAS NOS MEIOS AQUÁTICO E TERRESTRE

Autora: Cristine Lima Alberton

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

O objetivo do presente estudo foi analisar as respostas cardiorrespiratórias, cinemáticas e neuromusculares de mulheres jovens realizando o exercício de corrida estacionária em diferentes cadências nos meios aquático e terrestre. Doze mulheres jovens, experientes na prática de hidroginástica, foram amostras voluntárias do estudo. Cada uma participou de duas sessões experimentais: 1) coleta dos dados de caracterização da amostra e realização de um teste de esforço máximo; 2) coleta das variáveis cardiorrespiratórias (frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO_2), percentual da FC máxima ($\%FC_{máx}$) e percentual do VO_2 máximo ($\%VO_{2máx}$)), cinemáticas (velocidade angular média (VAMQ) e de pico do quadril (VAPQ)) e neuromusculares (amplitude do sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) e semitendinoso (ST)). Para a coleta de tais variáveis, dois protocolos de testes foram realizados, um no meio terrestre e outro no meio aquático, com um intervalo de duas horas entre eles. Para cada um dos meios, o exercício de corrida estacionária foi realizado durante 4 min em 3 cadências submáximas (60, 80 e 100 bpm) e durante 15 s no máximo esforço, com um intervalo de 5 min entre cada situação. Utilizamos análise de variância com bloqueamento, considerando o efeito do sujeito como mais uma fonte de variação para a análise estatística, com os dados processados nos programas SPSS versão 13.0 e R-project. Como resultados, as variáveis VAMQ e VAPQ foram significativamente mais elevadas quando o exercício foi executado no meio terrestre, e maiores quanto maior a cadência de execução, sugerindo um padrão cinemático distinto entre os meios. Da mesma forma, as respostas cardiorrespiratórias foram maiores para o exercício no meio terrestre e aumentaram significativamente com o aumento da cadência de execução. Já as respostas neuromusculares não apresentaram um comportamento semelhante, visto que o sinal EMG dos músculos VL, BF, RF e ST não aumentou significativamente com o incremento da cadência de execução, exceto das cadências submáximas para o máximo esforço. Na comparação entre os meios, o meio terrestre apresentou respostas significativamente maiores para o sinal EMG de todos os músculos nas cadências submáximas, exceto para o músculo ST que apresentou respostas semelhantes. Entretanto, no máximo esforço todos os grupos musculares analisados apresentaram respostas similares entre os meios. Em suma, a realização do exercício de corrida estacionária no meio aquático em cadências de execução submáximas apresenta respostas cardiorrespiratórias e

neuromusculares menores do que o mesmo executado no meio terrestre, para as cadências fixas do presente estudo. Todavia, em intensidades máximas, a amplitude do sinal EMG pode apresentar padrões de ativação muscular semelhante entre os meios.

Palavras-chave: exercício aquático, eletromiografia, frequência cardíaca, consumo de oxigênio, velocidade angular.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

Autora: Cristine Lima Alberton

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Título: Respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares da corrida estacionária em diferentes cadências no meio aquático e terrestre

Porto Alegre, 2007

ABSTRACT

CARDIORESPIRATORY AND NEUROMUSCULAR RESPONSES TO STACIONARY RUNNING AT DIFFERENT CADENCES IN AQUATIC AND TERRESTRIAL ENVIRONMENTS

Author: Cristine Lima Alberton

Advisor: Luiz Fernando Martins Kruel, Ph.D.

The aim of the present study was to analyze the cardiorespiratory, kinematic and neuromuscular response of young women performing stationary running exercise at different cadences in aquatic and terrestrial environments. The study sample consisted of twelve young women, experienced in hydrogymnastics. Each one took part in two experimental sessions: 1) collection of sample characterization data and the performance of a maximum effort test; 2) collection of the cardiorespiratory (heart rate, (HR), oxygen uptake (VO_2), percentage of maximum HR ($\%HR_{max}$) and percentage of maximum VO_2 ($\%VO_{2max}$)), kinematic (mean hip angular velocity (MHAV) and peak hip angular velocity (PHAV)), and neuromuscular variables (electromyographic signal amplitude (EMG) of the vastus lateralis (VL), biceps femoris (BF), rectus femoris (RF) and semitendinosus (ST) muscles). In order to collect these variables, two test protocols were carried out, one land-based and the other water-based, with a two-hour interval between them. The stationary running exercise was performed in each of these environments during 4 min at 3 submaximal cadences (60, 80, and 100 bpm) and during 15 s at maximum effort, with a 5 min-interval between each situation. We used blocked variance analysis, in which the effect of the subject was considered an additional source of variation for the statistical analysis. The data was processed using the SPSS (version 13.0) and R-project programs. The findings showed that the MHAV and PHAV were significantly higher when the exercise was performed on land, and higher the greater the cadence of execution, suggesting distinct kinematic patterns for the two environments. Similarly, the cardiorespiratory responses were higher with the land-based exercise and increased significantly with increased cadence. The neuromuscular responses, however, showed no such behavior, with the EMG signal from the VL, BF, RF and ST muscles showing no significant increase with greater cadence of execution, except from the sub-maximum cadences to the maximum effort. When comparing the environments, the terrestrial environment presented significantly greater EMG signal responses from all the muscles at the sub-maximum cadences, except for the ST muscle which presented similar responses in both environments. However, at the maximum effort, all the analyzed muscle groups showed similar responses in both environments. In summary, at the cadences used in the present study, the performance of the stationary running exercise in an aquatic environment at a sub-maximum cadences presents lower cardiorespiratory and neuromuscular responses than the same exercise performed on land. Yet, at maximum

intensities, the amplitude of the EMG signal may present similar muscular activation patterns in the two environments.

Keywords: aquatic exercise, electromyography, heart rate, oxygen uptake, angular velocity.

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL
POS GRADUATION PROGRAM ON HUMAN EXERCISES MOVEMENT
SCIENCE

Author: Cristine Lima Alberton

Advisor: Luiz Fernando Martins Kruehl, Ph.D.

Title: Cardiorespiratory and neuromuscular responses to stationary running at different cadences in aquatic and terrestrial environments

Porto Alegre, 2007

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1. OBJETIVO GERAL.....	26
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
2.1. MODALIDADES DE EXERCÍCIOS EM MEIO AQUÁTICO NA POSIÇÃO VERTICAL.....	29
2.2. PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA.....	32
2.2.1. Densidade.....	33
2.2.2. Viscosidade.....	33
2.2.3. Flutuação.....	34
2.2.4. Redução do Peso Hidrostático.....	35
2.2.5. Pressão Hidrostática.....	37
2.2.6. Resistência.....	37
2.2.7. Temperatura da Água.....	38
2.3. ALTERAÇÕES NAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS COM A IMERSÃO EM REPOUSO.....	39
2.3.1. Freqüência Cardíaca (FC).....	39
2.3.2. Consumo de Oxigênio (VO ₂).....	47
2.4. ALTERAÇÕES NAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS EM EXERCÍCIOS EM IMERSÃO.....	51
2.5. ALTERAÇÕES NAS RESPOSTAS NEUROMUSCULARES EM EXERCÍCIOS EM IMERSÃO.....	80
3 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	97
3.1. AMOSTRA.....	97
3.1.1. Cálculo do Tamanho da Amostra.....	97
3.1.2. Critérios de Inclusão.....	98
3.1.3. Critérios de Exclusão.....	98
3.1.4. Procedimentos para Seleção da Amostra.....	98
3.1.5. Termo de Consentimento Informado.....	99
3.2. VARIÁVEIS.....	99
3.2.1. Variáveis Dependentes.....	99
3.2.2. Variáveis Independentes.....	100
3.2.3. Variáveis de Controle.....	100
3.2.4. Variáveis Intervenientes.....	101
3.2.5. Variáveis de caracterização da amostra.....	101
3.2.6. Tratamento das variáveis independentes.....	101
3.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	102
3.3.1. Fichas de Coleta de Dados.....	102
3.3.2. Balança.....	103
3.3.3. Estadiômetro.....	103
3.3.4. Plicômetro.....	103

3.3.5. Esteira Rolante.....	104
3.3.6. Barômetro.....	104
3.3.7. Termômetro.....	104
3.3.8. Metrônomo.....	104
3.3.9. Variáveis Cardiorrespiratórias.....	105
3.3.9.1. Analisador de Gases Portátil.....	105
3.3.9.2. Máscara.....	105
3.3.9.3. Sensor de Batimentos Cardíacos.....	105
3.3.10. Variáveis Neuromusculares.....	106
3.3.10.1. Eletroestimulador.....	106
3.3.10.2. Eletromiógrafo.....	106
3.3.10.3. Eletrodos de Superfície.....	106
3.3.10.4. Adesivos Oclusivos.....	107
3.3.10.5. Silicône.....	107
3.3.10.6. Secador.....	107
3.3.10.7. Multímetro.....	107
3.3.10.8. Goniômetro.....	108
3.3.10.9. Microcomputador para Transmissão das Variáveis Neuromusculares.....	108
3.3.11. Variáveis Cinemáticas.....	108
3.3.11.1. Sistema de Filmagem.....	108
3.3.11.2. Fitas.....	108
3.3.11.3. Adesivos Reflexíveis.....	109
3.3.11.4. Alinhamento da Cinemática com a Eletromiografia.....	109
3.4. PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS.....	110
3.4.1. Caracterização da Amostra.....	110
3.4.2. Familiarização da amostra.....	111
3.4.3. Reprodutibilidade do Sinal Eletromiográfico (EMG).....	111
3.4.4. Protocolo de Coleta de Dados.....	114
3.4.4.1. Calibração do Analisador de Gases.....	115
3.4.4.2. Preparação da Pele e Colocação dos Eletrodos.....	116
3.4.4.3. Isolamento dos Eletrodos.....	117
3.4.4.4. Colocação dos Marcadores Reflexíveis.....	119
3.4.4.5. Determinação das Variáveis Cardiorrespiratórias em Repouso.....	119
3.4.4.6. Contração Voluntária Máxima (CVM).....	119
3.4.4.7. Determinação das Variáveis nos Exercícios.....	121
3.5. TRATAMENTO DOS DADOS.....	123
3.5.1. Dados Cardiorrespiratórios.....	123
3.5.2. Dados Cinemáticos.....	123
3.5.3. Dados Neuromusculares.....	127
3.6. DESENHO EXPERIMENTAL.....	129
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	131
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	133
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	133
4.2. NORMALIDADE DOS DADOS.....	133
4.3. RESULTADOS REFERENTES À EFICÁCIA DO PROTOCOLO.....	136
4.3.1. Respostas cardiorrespiratórias de repouso.....	136
4.3.2. Respostas da contração voluntária máxima (CVM).....	137
4.3.3. Respostas da posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ).....	138

4.3.4. Respostas da duração de um ciclo completo de exercício nas diferentes intensidades de esforço.....	139
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS DADOS.....	140
4.4.1. Respostas cinemáticas em exercício.....	140
4.4.2. Respostas cardiorrespiratórias em exercício.....	147
4.4.3. Respostas neuromusculares em exercício.....	157
5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES, SUGESTÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	166
5.1. CONCLUSÕES.....	166
5.2. SUGESTÕES.....	167
5.3. APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	168
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	169
ANEXOS.....	183
ANEXO A: TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO.....	183
ANEXO B: COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	185
ANEXO C: FICHA DE DADOS INDIVIDUAIS.....	186
ANEXO D: FICHA DE COLETA DE DADOS-VO _{2máx}	187
ANEXO E: FICHA DE COLETA DE DADOS.....	188
ANEXO F: RESULTADOS DO TESTE T PARA AS VARIÁVEIS CARDIORRESPIRATÓRIAS DE REPOUSO.....	192
ANEXO G: RESULTADOS DO TESTE T PARA AS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES NA CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA MÁXIMA.....	193
ANEXO H: RESULTADOS DO TESTE DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO INTRACLASSE PARA AS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES NA CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA MÁXIMA.....	194
ANEXO I: RESULTADOS DO TESTE T E TESTE DE WILCOXON PARA A VARIÁVEL DURAÇÃO DE UM CICLO COMPLETO DE EXERCÍCIO.....	195
ANEXO J: TABELAS DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS.....	196
ANEXO L: TABELAS DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS CARDIORRESPIRATÓRIAS.....	198
ANEXO M: TABELAS DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA AS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES.....	200
ANEXO N: TABELAS DAS ANÁLISES DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS TRANSFORMADAS PARA LOGARITMO DE BASE 10.....	202
ANEXO O: TABELAS DAS ANÁLISES DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS ELETROMIOGRÁFICAS TRANSFORMADAS PARA LOGARITMO DE BASE 10.....	203
ANEXO P: TABELA DOS RESULTADOS DESCRITIVOS DA POSIÇÃO ANGULAR CORRESPONDENTE À VELOCIDADE ANGULAR DE PICO DO QUADRIL.....	204

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Sinal luminoso para o alinhamento da cinemática e do sinal eletromiográfico nos meios terrestre e aquático.....	109
Figura 2 –	Desenho esquemático do protocolo de coleta de dados.....	115
Figura 3 –	Isolamento dos eletrodos de superfície.....	118
Figura 4 –	Exercício de corrida estacionária.....	121
Figura 5 -	Visores subaquáticos para a filmagem.....	122
Figura 6 –	Exemplo do gráfico de posição angular do quadril X tempo em uma das amostras no exercício realizado no meio aquático nas cadências de 100 bpm (A) e 60 bpm.....	125
Figura 7 –	Exemplo do gráfico de velocidade angular do quadril X tempo em uma das amostras no exercício realizado no meio aquático nas cadências de 100 bpm (A) e 60 bpm.....	126
Figura 8 –	Exemplo do recorte eletromiográfico em uma das amostras no exercício realizado no meio aquático na cadência de 80 bpm.....	128
Figura 9 –	Comportamento da posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático, com os valores médios expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}).....	139
Figura 10 –	Comportamento da velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) nas fases de flexão (A e B, respectivamente) e extensão (C e D, respectivamente) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático, com os valores médios expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}).....	142
Figura 11 –	Comportamento da interação meio*fase para a velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) nas fases de flexão e extensão para os meios terrestre e aquático, com os valores médios totais expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}).....	143
Figura 12 –	Comportamento da frequência cardíaca (FC) (A), percentual da frequência cardíaca máxima (%FC _{máx}) (B), consumo de oxigênio absoluto (VO ₂ abs.) (C), consumo de oxigênio relativo (VO ₂ rel.) (D) e percentual do consumo de oxigênio máximo (%VO _{2máx}) (E) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.....	149
Figura 13 –	Representação gráfica da dispersão entre a frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio absoluto (VO ₂ abs.) (A), frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio relativo (VO ₂ rel.) (B) e percentual da frequência	

	cardíaca máxima ($\%FC_{m\acute{a}x}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2m\acute{a}x}$) (C) no meio terrestre.....	154
Figura 14 –	Representação gráfica da dispersão entre a frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.) (A), frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.) (B) e percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{m\acute{a}x}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2m\acute{a}x}$) (C) no meio aquático.....	154
Figura 15 –	Comportamento do percentual da contração voluntária máxima dos músculo vasto lateral ($\%CVM$ VL) (A), reto femoral ($\%CVM$ RF) (B), bíceps femoral ($\%CVM$ BF) (C) e semitendinoso ($\%CVM$ ST) (D) para as diferentes cadências nos meios terrestre e aquático, com os valores médios expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}).....	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) dos percentuais da contração voluntária máxima (%CVM) dos músculos Vasto Lateral e Bíceps Femoral durante contrações dinâmicas entre os dias de coleta realizadas em ambos os meios.....	113
Tabela 2 –	Caracterização da amostra: médias, erros-padrão da média (EP), valores mínimos e máximos das variáveis idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra, gordura corporal, frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e consumo de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$).....	133
Tabela 3 –	Testes de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.) e consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), nas situações pré-exercício terrestre e pré-exercício aquático, nas posições de decúbito dorsal e ortostase.....	134
Tabela 4 –	Testes de normalidade (Shapiro-Wilk) para a variável contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST) nas situações pré e pós-exercício.....	134
Tabela 5 –	Testes de normalidade (Shapiro-Wilk) para a duração do ciclo completo nas cadências submáximas de 60, 80, 100 bpm e máximo esforço para os meios terrestre e aquático..	135
Tabela 6 –	Testes de normalidade (Lilliefors) para as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.), consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$), percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$), posição angular máxima de flexão quadril (PAMFQ), velocidade angular média do quadril (VAMQ), velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) e percentual da contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral ($\%CVM$ VL), reto femoral ($\%CVM$ RF), bíceps femoral ($\%CVM$ BF) e semitendinoso ($\%CVM$ ST).....	135
Tabela 7 –	Teste T pareado para as variáveis cardiorrespiratórias de repouso frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.) e consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.) entre as situações pré-exercício terrestre e pré-exercício aquático, nas posições de decúbito dorsal e ortostase.....	136
Tabela 8 –	Teste T pareado e índice de correlação intraclasse (ICC) para a variável contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e	

	semitendinoso (ST) entre as situações pré e pós-exercício.....	137
Tabela 9 –	Análise descritiva dos resultados: médias, erros-padrão da média (EP), valores mínimos (Mín) e máximos (Máx) da variável posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ) para as diferentes cadências (Cad) nos meios terrestre e aquático.....	138
Tabela 10 –	Teste T pareado e Teste de Wilcoxon para a variável duração de um ciclo completo entre os meios terrestre e aquático, para cada uma das cadências.....	140
Tabela 11 –	Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) para as fases de flexão e extensão nas diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.....	140
Tabela 12 –	Análise de variância dos efeitos principais (meio, cadência (Cad) e fase) e dos efeitos de interação para as variáveis velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular de pico do quadril (VAPQ).....	141
Tabela 13 –	Desdobramento da interação meio*fase para o meio (água e terra), avaliando o efeito fase para a variável velocidade angular de pico do quadril (VAPQ).....	142
Tabela 14 –	Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.), consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.....	147
Tabela 15 –	Análise de variância dos efeitos principais (meio e cadência) e dos efeitos de interação para as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.), consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$).....	148
Tabela 16 –	Correlações entre as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.), consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$) nos meios terrestre e aquático.....	155
Tabela 17 –	Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis percentual da contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral ($\%CVM$ VL), reto femoral ($\%CVM$ RF), bíceps femoral ($\%CVM$ BF) e semitendinoso ($\%CVM$ ST) para as diferentes cadências nos meios terrestre e aquático.....	157
Tabela 18 –	Análise de variância dos efeitos principais (meio e cadência) e dos efeitos de interação para as variáveis percentual da contração voluntária máxima ($\%CVM$) dos	

	músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST).....	158
Tabela 19 –	Desdobramento da interação meio*cadência para o meio (água e terra), avaliando o efeito cadência para as variáveis percentual da contração voluntária máxima do músculo vasto lateral (%CVM VL), percentual da contração voluntária máxima do músculo reto femoral (%CVM RF), percentual da contração voluntária máxima do músculo bíceps femoral (%CVM BF) e percentual da contração voluntária máxima do músculo semitendinoso (%CVM ST).	158
Tabela 20 –	Desdobramento da interação meio*cadência para a cadência (60 bpm, 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço), avaliando o efeito meio para as variáveis percentual da contração voluntária máxima do músculo vasto lateral (%CVM VL), percentual da contração voluntária máxima do músculo reto femoral (%CVM RF), percentual da contração voluntária máxima do músculo bíceps femoral (%CVM BF) e percentual da contração voluntária máxima do músculo semitendinoso (%CVM ST).....	159
Tabela 21 –	Teste T pareado para as variáveis cardiorrespiratórias de repouso frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO ₂ abs.) e consumo de oxigênio relativo (VO ₂ rel.), nas posições de decúbito dorsal (DD) e ortostase (OR), nas situações pré-exercício terrestre e aquático.....	192
Tabela 22 –	Teste T pareado para as variáveis neuromusculares valor RMS dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST) nas situações pré e pós-exercício.....	193
Tabela 23 –	Coeficiente de Correlação Intraclasse para as variáveis neuromusculares valor RMS dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST) entre as situações pré e pós-exercício.....	194
Tabela 24 –	Teste T pareado para a variável duração de um ciclo completo de exercício entre os meios terrestre e aquático nas cadências submáximas de esforço (60, 80 e 100 bpm).....	195
Tabela 25 –	Teste de Wilcoxon para a variável duração de um ciclo completo de exercício entre os meios terrestre e aquático na cadência máxima de esforço.....	195
Tabela 26 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável posição angular máxima de flexão do quadril.....	196
Tabela 27 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável velocidade angular média do quadril.....	196
Tabela 28 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável velocidade angular de pico do quadril.....	197
Tabela 29 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável frequência cardíaca.....	198

Tabela 30 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável consumo de oxigênio absoluto.....	198
Tabela 31 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável consumo de oxigênio relativo.....	198
Tabela 32 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável percentual da frequência cardíaca máxima.....	199
Tabela 33 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável percentual do consumo de oxigênio máximo.....	199
Tabela 34 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável %CVM dos músculos vasto lateral.....	200
Tabela 35 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável %CVM do músculo bíceps femoral.....	200
Tabela 36 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável %CVM do músculo reto femoral.....	200
Tabela 37 –	Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável %CVM do músculo semitendinoso.....	201
Tabela 38 –	Análise descritiva dos resultados transformados para logaritmo de base 10: médias, erros-padrão da média (EP), valores mínimos (Mín) e máximos (Máx) da variável posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ) para as diferentes cadências (Cad) nos meios terrestre e aquático.....	202
Tabela 39 –	Análise descritiva dos resultados transformados para logaritmo de base 10: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) para as fases de flexão e extensão nas diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.....	202
Tabela 40 –	Análise descritiva dos resultados transformados para logaritmo de base 10: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis percentual da contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (%CVM VL), reto femoral (%CVM RF), bíceps femoral (%CVM BF) e semitendinoso (%CVM ST) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.....	203
Tabela 41 –	Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) da variável posição angular correspondente à velocidade angular de pico do quadril (PAPQ) para as diferentes cadências executadas nos meios aquático e terrestre.....	204

LISTA DE SIGLAS ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%CVM	Percentual da contração voluntária máxima
%FC _{máx}	Percentual da frequência cardíaca máxima
%RPH	Percentual de redução do peso hidrostático
%VO _{2máx}	Percentual do consumo de oxigênio máximo
ρ	Densidade
°	Graus
°C	Graus Celcius
A	Área de superfície projetada
BF	Bíceps femoral
bpm	Batimentos por minuto
Cad	Cadência
Cd	Coeficiente de arrasto
cm	Centímetros
CVM	Contração Voluntária Máxima
Db	Decibéis
DF	Deslize frontal
DL	Deslize lateral
DWR	<i>Deep water running</i>
EMG	Eletromiografia
Emp	Empuxo
EP	Erro-padrão
EsEF	Escola de Educação Física
FC	Frequência cardíaca
FC _{máx}	Frequência cardíaca máxima
g	Gramas
GMJ	Grupo de mulheres jovens
GPM	Grupo de mulheres pós-menopáusicas
h	Hora
HPa	Hectopascal
Hz	Hertz
ICC	Índice de correlação intraclasse
kcal	Quilocalorias
kg	Quilogramas
km	Quilômetros
l	Litros
LAPEX	Laboratório de Pesquisa do Exercício
Log ₁₀	Logaritmo de base 10
m	Metros
Máx	Máximo
MET	Equivalente metabólico
MI	Membros Inferiores
MI/MS	Membros inferiores e superiores

min	Minutos
Mín	Mínimo
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de Mercúrio
mmol	Milimol
ms	Milisegundos
MS	Membros superiores
n	Número amostral
p	Índice de significância
PAMFQ	Posição angular de máxima flexão do quadril
PC	Peso corporal
PGA	<i>Program Gains</i>
PH	Peso hidrostático
QR	Quociente respiratório
R	Força de resitência
r	Valor de correlação
RF	Reto femoral
RMS	<i>Root mean square</i>
rpm	Rotações por minuto
s	Segundos
SPSS	<i>Statistical Package of Social Sciences</i>
SSE	Sensação subjetiva ao esforço
ST	Semitendinoso
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
v	Velocidade do movimento
VAMQ	Velocidade angular média do quadril
VAPQ	Velocidade angular de pico do quadril
VCO ₂	Produção de gás carbônico
VL	Vasto lateral
VO ₂	Consumo de oxigênio
VO ₂ abs.	Consumo de oxigênio absoluto
VO ₂ rel.	Consumo de oxigênio relativo
VO ₂ máx	Consumo de oxigênio máximo
ZI	Zona de inervação

1 INTRODUÇÃO

Estudos investigando indivíduos realizando exercícios no meio líquido na posição vertical, como hidroginástica, *deep water running*, cicloergômetros e caminhada em água rasa ou em esteira submersa têm sido desenvolvidos nas áreas de pesquisa fisiológica e biomecânica.

A vantagem da execução de exercícios aquáticos em relação aos terrestres é que, além de ser possível atingir-se benefícios nos diversos componentes da aptidão física, o meio líquido exige uma menor sobrecarga cardiovascular (CRAIG & DVORAK, 1969; NAKANISHI et al., 1999a; KRUEL, 2000; WATENPAUGH et al., 2000; SRÁMEK et al., 2000; KRUEL et al., 2002; BENELLI et al., 2004; KRUEL et al., 2007;), proporciona um reduzido impacto nos membros inferiores (KRUEL, 2000; MIYOSHI et al., 2004; BRITO et al., 2004; ROESLER et al., 2006) e uma maior ou menor sobrecarga cardiorrespiratória, de acordo com os movimentos realizados (CASSADY & NIELSEN, 1992; KRUEL, 2000; ALBERTON et al., 2005).

Agudamente, as adaptações fisiológicas e biomecânicas que ocorrem na água não são semelhantes às da terra, pois variam de acordo com a utilização das suas propriedades físicas. Assim, podemos utilizar exercícios que produzam uma maior resistência ($R = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot Cd$) na água, em função da maior densidade (ρ) do meio líquido comparado ao ar, pelo aumento da área projetada (A) ou aumento da velocidade (v^2) de execução (PÖYHÖNEN et al., 2000). Também podemos utilizar exercícios que busquem uma menor

resistência da água, por meio da utilização do empuxo e conseqüente reduzido peso hidrostático em imersão (KRUEL, 1994; KRUEL & TARTARUGA, 2001; FINKELSTEIN et al., 2004).

A maior resistência da água, por exemplo, promove aumentos no custo energético. Certos tipos de trabalhos em deslocamento horizontal do corpo, tal como a caminhada (GLEIM & NICHOLAS, 1989; HALL et al., 1998; SHONO et al., 2001a), apresentam um consumo de oxigênio mais elevado quando realizado no meio líquido na mesma velocidade que no meio terrestre. Isso ocorre devido a maior força necessária para mover o corpo na água, visto que a viscosidade e a densidade desse fluido são muito superiores as do ar (MIYOSHI et al., 2004; MCGINNIS, 2005). Da mesma forma que a caminhada no meio líquido apresenta distintas respostas cardiorrespiratórias comparadas ao meio terrestre, a ativação muscular também não é igual entre os meios. Nos estudos de Ervilha et al. (2001), Barela et al. (2006) e Barela & Duarte (2006) foram observados padrões de ativação eletromiográfica diferentes de acordo com o meio em que a caminhada foi executada. Essas diferenças eletromiográficas podem estar associadas aos diferentes padrões cinemáticos decorrentes da execução do exercício nos meios aquático e terrestre (TARTARUGA, 2003; MIYOSHI et al., 2004).

Estudos que compararam a atividade eletromiográfica na caminhada no meio aquático e no meio terrestre apresentaram resultados controversos. Miyoshi et al. (2004) encontraram que a caminhada com intensidade semelhante para ambos os meios, avaliada pela sensação subjetiva moderada dos indivíduos, apresentou uma maior atividade eletromiográfica no meio aquático em dois dos quatro músculos avaliados, e semelhante atividade para

os outros dois músculos, que não apresentaram diferenças significativas entre os meios. Já, as pesquisas de Masumoto et al. (2004) e Masumoto et al. (2005) encontraram uma atividade eletromiográfica significativamente menor para todos os músculos avaliados durante a caminhada na água, de frente e de costas, respectivamente, comparada à mesma caminhada no meio terrestre, para um nível semelhante de FC. É importante salientar que a velocidade da caminhada não foi igual entre os meios para os estudos supracitados, a fim de induzir um gasto energético semelhante, controlados por FC ou sensação subjetiva. Para a mesma velocidade de execução não foram encontradas pesquisas que comparem o gasto energético e a relação da atividade eletromiográfica entre os diferentes meios na caminhada aquática.

Maiores respostas cardiorrespiratórias também foram encontradas em estudos que analisaram exercícios localizados no meio aquático comparado ao meio terrestre, visto que a resistência oferecida pela água pode também ser aumentada pelo acréscimo da área projetada do segmento corporal. Johnson et al. (1977) e Cassady & Nielsen (1992) analisaram o consumo de oxigênio de indivíduos jovens em exercícios localizados de membros superiores e inferiores, com movimentos realizados em grande amplitude no meio aquático e observaram resultados superiores aos obtidos no meio terrestre.

Outra forma de aumentar a resistência e, conseqüentemente, maximizar o consumo de oxigênio e a atividade eletromiográfica no meio líquido é através do aumento da velocidade de execução dos exercícios. Cassady & Nielsen (1992) e Alberton et al. (2005) analisaram o consumo de oxigênio em exercícios de hidroginástica realizados em diferentes cadências e encontraram um aumento significativo dessa variável com o incremento do ritmo de

execução. Em relação às respostas neuromusculares, diversos estudos também observaram um aumento da atividade eletromiográfica com o incremento do ritmo de execução, controlado por cadência ou velocidade linear (KELLY et al., 2000; MIYOSHI et al., 2004; FIGUEIREDO 2004; MÜLLER et al., 2005; BLACK, 2005; MASUMOTO et al., 2004; MASUMOTO et al., 2005; MIYOSHI et al., 2006). Nesse sentido, parece haver similares comportamentos para o consumo de oxigênio e para a atividade eletromiográfica com o aumento da velocidade de execução dentro da água. Entretanto ainda não está claro a relação entre o consumo de oxigênio e a atividade eletromiográfica quando comparamos um mesmo exercício realizado dentro e fora da água. Esses resultados demonstram que a resistência ao movimento proporcionada pela velocidade é uma excelente estratégia para aumentar tanto o custo metabólico como a atividade neuromuscular nos exercícios no meio líquido.

Enquanto atividades no meio líquido com deslocamento horizontal parecem aumentar o custo metabólico, atividades com deslocamento vertical do corpo parecem diminuí-lo. Isso ocorre devido às evidências de que quanto maior a profundidade de imersão, maior a redução do peso hidrostático (KRUEL, 1994; KRUEL & TARTARUGA, 2001; FINKELSTEIN et al., 2004). Vários estudos encontraram que a FC, tanto em repouso (GLEIM & NICHOLAS, 1989; KRUEL, 1994; KRUEL et al., 2002; KRUEL et al., 2007) como em exercício (TOWN & BRADLEY, 1991; FRANGOLIAS & RHODES, 1995; KRUEL, 2000), é menor dentro da água comparado com a mesma situação fora. A pressão hidrostática é um dos principais fatores que exercem influência sobre a FC em imersão (ARBORELIUS et al., 1972; AVELLINI et al., 1983; SHELDAHL et al., 1984; CONNELLY et al., 1990; CHRISTIE et al., 1990;

WATENPAUGH et al., 2000), juntamente às condições térmicas oferecidas pelo meio aquático (CRAIG & DVORAK, 1966). Outro provável mecanismo responsável por essa diminuição é o reduzido peso hidrostático, visto que provavelmente dentro da água menos fibras musculares são necessárias para a manutenção da postura em pé (KRUEL et al., 2004).

A redução do peso hidrostático pode também reduzir o custo energético em exercícios estacionários com deslocamento vertical do corpo, devido a menor resistência para suportar e deslocar o peso no meio líquido comparado ao meio terrestre. No estudo de Kruel (2000), o consumo de oxigênio e a frequência cardíaca de indivíduos realizando cinco exercícios estacionários de hidroginástica foi significativamente menor em imersão no meio líquido na profundidade do ombro comparado aos mesmos realizados no meio terrestre. As pesquisas de Heberlein et al. (1987), Heithold & Glass (2002) e Benelli et al. (2004) também encontraram resultados similares, com menores respostas cardiorrespiratórias em aulas realizadas no meio aquático.

Da mesma forma, ao analisarem a atividade neuromuscular, os estudos de Kelly et al. (2000) e de Figueiredo (2004) encontraram respostas de ativação eletromiográfica significativamente menores em imersão em exercícios localizados de membros superiores e abdominais, respectivamente, quando esses eram executados em velocidades submáximas. Ainda, estudos com contrações isométricas submáximas também observaram mais baixas amplitudes de sinal eletromiográfico em meio aquático comparado ao meio terrestre (FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002). Figueiredo (2004) justifica que o reduzido peso hidrostático

pode ter sido, também, o responsável pela menor atividade eletromiográfica em exercícios realizados em meio líquido comparados com o meio terrestre.

Entretanto, os estudos de Kelly et al. (2000) e Figueiredo (2004) encontraram respostas similares de ativação eletromiográfica entre ambos os meios em exercícios localizados quando esses eram executados em elevadas velocidades. Dessa forma, a diminuição do peso hidrostático parece ser compensada pela maior resistência da água, proporcionada pela elevada velocidade de execução, que faz com que no meio líquido a sobrecarga seja semelhante à do meio terrestre (FIGUEIREDO, 2004). Outros estudos com contrações isométricas submáximas e máximas também demonstraram que a amplitude do sinal EMG pode ser semelhante entre os meios aquático e terrestre (RAINOLDI et al., 2004b; VENEZIANO et al., 2006 e ALBERTON et al., 2007b), quando alguns fatores são controlados, tais como tipo de protocolo, temperatura da pele, que reflete a temperatura muscular e utilização de isolamento adequado sobre os eletrodos. Alberton et al. (2005) concluíram que o consumo de oxigênio pode também ser semelhante em exercícios de hidroginástica realizados dentro e fora da água em diferentes cadências, quando se associa a maior resistência com o reduzido peso hidrostático do meio líquido. Assim, exercícios de hidroginástica podem ter um custo energético semelhante aos mesmos exercícios realizados no meio terrestre, com as vantagens físicas e fisiológicas do exercício aquático. Entretanto, nesse estudo não foi analisado a atividade eletromiográfica e sua relação com o consumo de oxigênio.

Exercícios realizados em meio líquido podem, portanto, apresentar respostas de consumo de oxigênio e atividade neuromuscular maiores,

menores ou semelhantes quando comparados a exercícios terrestres, de acordo com a intensidade, o tipo de deslocamento e o aproveitamento das propriedades físicas da água. Entretanto, esses fenômenos em meio líquido foram estudados isoladamente, sendo fundamental a determinação dessas variáveis no mesmo exercício e o estudo da relação entre esses comportamentos.

Sabendo da crescente aplicação das atividades aquáticas, assim como a preocupação em entender o comportamento dos sistemas biológicos humanos no ambiente aquático, torna-se imprescindível o aprofundamento no estudo do comportamento fisiológico e biomecânico em exercícios aquáticos comparados aos mesmos realizados no meio terrestre.

Dessa forma, justifica-se o seguinte problema: Existe diferença entre as respostas cardiorrespiratórias, cinemáticas e neuromusculares entre exercícios realizados em diferentes cadências nos meios aquático e terrestre?

1.1. OBJETIVO GERAL

Analisar as respostas cardiorrespiratórias, cinemáticas e neuromusculares de mulheres jovens realizando o exercício de corrida estacionária em diferentes cadências nos meios aquático e terrestre.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a frequência cardíaca, o percentual da frequência cardíaca máxima, o consumo de oxigênio absoluto, o consumo de oxigênio relativo e

o percentual do consumo de oxigênio máximo de mulheres jovens realizando o exercício de corrida estacionária em diferentes cadências nos meios aquático e terrestre.

- Determinar a velocidade angular média e a velocidade angular de pico nas fases de flexão e extensão do quadril de mulheres jovens realizando o exercício de corrida estacionária em diferentes cadências nos meios aquático e terrestre.
- Determinar amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral, vasto lateral, semitendinoso e porção curta do bíceps femoral, expressos como percentual da contração voluntária máxima, de mulheres jovens realizando o exercício de corrida estacionária em diferentes cadências nos meios aquático e terrestre.
- Comparar as respostas de frequência cardíaca, percentual da frequência cardíaca máxima, consumo de oxigênio absoluto, consumo de oxigênio relativo, percentual do consumo de oxigênio máximo, velocidade angular média do quadril, velocidade angular de pico do quadril e percentual da contração voluntária máxima dos músculos reto femoral, vasto lateral, semitendinoso e porção curta do bíceps femoral de mulheres jovens no exercício de corrida estacionária entre as diferentes cadências.
- Comparar as respostas de frequência cardíaca, percentual da frequência cardíaca máxima, consumo de oxigênio absoluto, consumo de oxigênio relativo, percentual do consumo de oxigênio máximo, posição angular de flexão máxima do quadril, velocidade angular média do quadril, velocidade angular de pico do quadril e percentual da contração voluntária máxima dos músculos reto femoral, vasto lateral, semitendinoso e porção curta do

bíceps femoral de mulheres jovens no exercício de corrida estacionária entre os meios aquático e terrestre.

- Comparar as respostas de velocidade angular média e velocidade angular de pico do quadril de mulheres jovens no exercício de corrida estacionária entre as fases de flexão e extensão.
- Correlacionar as respostas cardiorrespiratórias de mulheres jovens no exercício de corrida estacionária para cada um dos meios.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MODALIDADES DE EXERCÍCIOS EM MEIO AQUÁTICO NA POSIÇÃO VERTICAL

Estudos investigando indivíduos realizando exercícios no meio líquido na posição vertical, como hidroginástica, *deep water running*, cicloergômetros e caminhada em água rasa ou em esteira têm sido desenvolvidos nas áreas de pesquisa fisiológica e biomecânica.

A prática dessas modalidades está sendo cada vez mais indicada, visto que têm sido comprovados seus diversos benefícios nos componentes da aptidão física. Entre tais benefícios estão as melhorias no condicionamento cardiorrespiratório (AVELLINI et al., 1983, MICHAUD et al., 1995b; TAUNTON et al., 1996; DAVIDSON & McNAUGHTON, 2000; TAKESHIMA et al., 2002; ALVES et al., 2004), na composição corporal (TAKESHIMA et al., 2002; GAPPMAIER et al., 2006), o aumento dos níveis de força (MÜLLER, 2002; BARELLA, 2002; PÖYHÖNEN et al., 2002; TAKESHIMA et al., 2002; CARDOSO et al., 2003) e de flexibilidade (YAZAWA et al., 1989; TAKESHIMA et al., 2002; ALVES et al., 2004).

Entre tais modalidades, o exercício em cicloergômetro aquático foi um dos primeiros a serem investigados (CRAIG & DVORAK, 1969). Estudos sugerem que essa modalidade mantém o mesmo estímulo de intensidade nos ambientes terrestre e aquático, independente de o cicloergômetro ser somente

para pernas (RENNIE et al., 1971; SHELDAHL et al., 1984; CHRISTIE et al., 1990; CONNELLY et al., 1990 e PANTOJA et al., 2007) ou para braços e pernas simultaneamente (CRAIG & DVORAK, 1969; McARDLE et al., 1976).

Além disso, o treinamento em cicloergômetro aquático pode promover melhorias no condicionamento físico, da mesma forma que o treinamento em cicloergômetro terrestre (AVELLINI et al., 1983).

O *deep water running* (DWR) pode ser definido como uma simulação de corrida, em uma piscina funda, com o auxílio de um cinturão flutuador que mantém o corpo sobre a água. Nenhum contato é feito com o solo, e os participantes podem realizar o exercício estacionário, ou em deslocamento (WILDER & BRENNAN, 2001).

Essa modalidade pode ser indicada para idosos e indivíduos que possuem lesões nos tecidos moles, pois o fato de não sustentar o peso do corpo evita o risco de lesões (GREEN et al., 1990; GLASS, et al., 1995; ROBERT et al., 1996; VENDRUSCULO, 2005). No trabalho com atletas, pode ser utilizado no tratamento de lesões ou como suplemento para treinamento normal, já que é possível manter o condicionamento físico com a sua prática (WILBER et al., 1996; BUSHMAN et al., 1997; TARTARUGA, 2003).

A caminhada em água rasa pode ser definida como movimentos de caminhada ou corrida, com a água, no mínimo, na profundidade do quadril (KRUEL, 1994). Essa atividade tem sido muito investigada, com a sua análise ao longo da piscina, em esteiras submersas ou em um equipamento denominado como *flowmill*, que tem uma esteira como base e ajustes da velocidade e do fluxo da água (SHONO et al., 2001b).

Hall et al. (1998) concluíram em seus estudos que a caminhada em esteira submersa pode promover condicionamento cardiovascular, sendo útil principalmente para indivíduos com lesões, artrite e obesidade. Uma outra aplicação importante para a caminhada na água é a reabilitação cardíaca, especialmente para indivíduos com excesso de peso e problemas articulares (WHITLEY & SCHOENE, 1987; GLEIM & NICHOLAS, 1989). Diversos estudos têm comprovado que as forças de impacto são bem atenuadas na caminhada em imersão, em profundidades desde o joelho (BRITO et al., 2004) até o manúbrio (ROESLER et al., 2006). Shimizu et al. (1998) acrescentam ainda que ela é popular na reabilitação por não ser necessária nenhuma habilidade específica e poder ser usada em pacientes de todas as idades e em muitas condições clínicas.

Por fim, a hidroginástica vem ganhando destaque nos últimos anos nas áreas do fitness e das investigações científicas. Essa modalidade pode ser definida como uma forma alternativa de condicionamento físico, constituída de exercícios aquáticos específicos, baseados no aproveitamento da resistência da água como sobrecarga (KRUEL, 1994).

Kruel (2000) concluiu em seus estudos que uma das vantagens dos exercícios de hidroginástica é o seu baixo impacto quando comparados com os mesmos exercícios realizados fora da água. Esse fato proporciona proteção e preservação das articulações. Logo, a aula de hidroginástica pode ser uma alternativa viável de exercícios para indivíduos com artrite (SUOMI & COLLIER, 2003), idosos (PAULA & PAULA, 1998; ALVES et al., 2004), gestantes (KATZ, 2003; FINKELSTEIN et al., 2004), entre outros. Outro aspecto a ser salientado

é que os indivíduos são capazes de relaxar fisiologicamente e psicologicamente após uma sessão de exercícios aquáticos (ODA et al., 1999).

Entre os exercícios aquáticos específicos mais utilizados nas aulas de hidroginástica, destaca-se a corrida estacionária, cujas respostas cardiorrespiratórias já foram investigadas em estudos anteriores (KRUEL, 2000; ALBERTON et al., 2005; ALBERTON et al., 2007a; BECKER et al., 2007). As respostas cardiorrespiratórias, cinemáticas e eletromiográficas desse exercício serão o foco do presente estudo.

Todas as vantagens dos exercícios aquáticos estão associadas às características físicas da água. De acordo com Avellini et al. (1983), pode-se esperar que o exercício físico aquático produza reações fisiológicas diferentes daquelas ao ar livre, devido tanto ao efeito hidrostático da água nos sistemas cardiorrespiratórias como a sua capacidade de intensificar a perda de calor comparada ao ar. Isso ocorre porque a água possui certas propriedades físicas, e assim, a compreensão de seus princípios é fundamental (SKINNER & THOMPSON, 1985).

2.2. PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA

Existe uma crescente preocupação em entender o comportamento dos sistemas biológicos humanos no ambiente aquático (ERVILHA et al., 2001), visto que cada vez mais os exercícios aquáticos têm sido procurados como prática regular de atividade física. Assim, torna-se necessário a compreensão das forças dos fluídos, devido a sua importância para o sucesso nessas atividades (McGINNIS, 2005).

2.2.1. Densidade

A densidade de uma substância é a relação entre a sua massa e o seu volume (HALL, 1993). A densidade do ar é de aproximadamente $1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (McGINNIS, 2005). A densidade da água pura a 4°C é considerada $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, já a do corpo humano se mantém em torno de $950 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, o que possibilita a flutuação dos indivíduos (HALL, 1993).

A densidade relativa ou gravidade específica de uma substância é a relação entre a massa de um dado volume da substância e a massa do mesmo volume de água. A densidade relativa da água pura a 4°C é 1, sendo que um corpo com densidade menor flutuará e maior afundará (RESNICK & HALLIDAY, 1984).

2.2.2. Viscosidade

A viscosidade representa o tipo de atrito (fricção) que ocorre entre as moléculas do fluido e que causa resistência ao movimento em qualquer direção. Quanto mais viscoso o fluido, maior é a força requerida para criar movimento dentro do mesmo. Essa força é proporcional ao número de moléculas postas em movimento e à velocidade do seu movimento (RESNICK & HALLIDAY, 1984). O ar é menos viscoso que a água, portanto há mais resistência ao movimento na piscina que em terra (SKINNER & THOMPSON, 1985).

Segundo Frangolias & Rhodes (1995), a alta viscosidade do meio aquático pode influenciar o padrão de recrutamento muscular e, assim, solicitar

diferentes massas musculares ativas entre os meios aquático e terrestre para a execução do mesmo movimento.

2.2.3. Flutuação

O princípio de Arquimedes, em síntese, afirma que todo corpo, parcial ou totalmente, imerso em um fluído sofre uma força igual ao peso do volume de líquido deslocado por esse fluído, com sentido contrário à força gravitacional da terra.

A flutuação é a força experimentada como empuxo para cima que atua em sentido oposto à força de gravidade. Isso ocorre porque os indivíduos imersos na água estão submetidos a duas forças que atuam em sentido contrário: a gravidade, que atua no centro de gravidade, e a flutuação, que atua no centro de flutuação. Dessa forma, quando o peso do corpo flutuante é equivalente ao peso do volume de líquido deslocado, e os centros de gravidade e flutuação alinham-se verticalmente, o corpo está em equilíbrio estável (RESNICK & HALLIDAY, 1984). Ou seja, o fato de algo flutuar ou não é determinado pelo volume do objeto imerso e pelo peso do objeto em comparação ao peso do mesmo volume de água (McGINNIS, 2005).

Nos exercícios aquáticos, a flutuação pode ser utilizada para auxiliar um movimento, quando o membro é movido no sentido da superfície da água, e para resistir ao movimento, quando o membro é movido contra o empuxo (SKINNER & THOMPSON, 1985).

Essa flutuação é de extrema importância na prática dos exercícios no meio aquático, pois reduz o estresse de peso nas articulações quando

comparado ao exercício realizado fora da água (SHELDAHL, 1985), sendo benéfico para indivíduos em reabilitação de lesões em membros inferiores, ou até mesmo, como complemento para o treino em terra (FRANGOLIAS & RHODES, 1995).

2.2.4. Redução do Peso Hidrostático

Para Krueel (1994), o peso hidrostático (PH) baseia-se no Princípio de Arquimedes e pode ser definido como a diferença entre o peso corporal (força gravitacional - PC) e o empuxo (Emp), conforme ilustrado na equação 1.

$$PH = PC - Emp \quad (1)$$

O percentual de redução do PH (%RPH) é influenciado pela profundidade de imersão, sexo e faixa etária (KRUEL, 1994; KRUEL & TARTARUGA, 2001).

No estudo de Krueel (1994), indivíduos de ambos os sexos, e idade entre 18 e 25 anos foram analisados. Foram encontradas diferenças significativas entre homens e mulheres para o %RPH nas diferentes profundidades de imersão, exceto para tornozelo e joelho. Um aumento do %RPH foi encontrado conforme o aumento da profundidade de imersão, com diferenças significativas entre todas as profundidades. Para o sexo feminino foi constatada uma redução média no PH que variou de $2,42 \pm 0,45\%$ na profundidade do tornozelo a $92,14 \pm 1,21\%$ na profundidade do pescoço. Para o sexo masculino, essa variação foi de $2,44 \pm 0,38$ a $90,11 \pm 1,16\%$ para as mesmas profundidades.

Já o trabalho de Krueel & Tartaruga (2001) verificou o %RPH em 277 mulheres, estratificadas em faixas etárias que variaram de 10 a 75 anos. Foi

observado que quanto maior a profundidade de imersão, maior foi o %RPH. Os resultados, de uma forma geral, evidenciam que os indivíduos mudam sua capacidade de flutuação em faixas etárias distintas. Analisando as profundidades de pescoço, ombros e ombros fora da água, ocorreu um aumento do %RPH conforme o aumento de idade, provavelmente pelo fato de que quanto mais avança a idade, maior é o percentual de gordura e menores são a massa muscular e a densidade óssea.

Essa diminuição do peso hidrostático traz como consequência uma diminuição nas forças compressivas que atuam nas articulações, principalmente dos membros inferiores, reduzindo assim o estresse e, provavelmente, as lesões articulares (KRUEL, 1994). De acordo com os resultados do estudo de Kruel (2000), o mesmo exercício, quando realizado dentro da água em imersão em ombros e cicatriz umbilical, apresenta uma força de reação vertical 4,1 e 3,4 vezes menor, respectivamente, que quando realizado fora da água. Essa redução ocorre pela redução da carga mecânica imposta às articulações de membros inferiores, uma vez que a carga mecânica depende da força vertical (peso hidrostático) e da aceleração com que o corpo toca o solo (FINKELSTEIN et al., 2004).

Esse impacto reduzido é importante para obesos, pois faz com que eles progridam mais rapidamente em termos de intensidade, frequência e duração dos exercícios, com um menor risco de lesões comparado ao ambiente terrestre (SHELDAHL, 1985). Assim, os exercícios prescritos com o objetivo de proteger e preservar as articulações podem e devem ser realizados dentro do meio líquido, uma vez que eles são considerados de baixo impacto quando comparados aos mesmos sendo executados em meio terrestre (KRUEL, 2000).

2.2.5. Pressão Hidrostática

A lei de Pascal afirma que a pressão do líquido é exercida igualmente sobre todas as áreas da superfície de um corpo imerso e em repouso a uma determinada profundidade. Essa pressão aumenta proporcionalmente à profundidade e à densidade desse líquido. Dessa forma, a pressão da água atua em todas as direções com a mesma magnitude (McGINNIS, 2005).

Arborelius et al. (1972), Avellini et al. (1983), Sheldahl et al. (1984), Connelly et al. (1990) e Christie et al. (1990) citam que a pressão hidrostática é um dos principais fatores a influenciar os parâmetros fisiológicos durante a imersão em meio líquido, conduzindo a vários ajustes cardiovasculares.

2.2.6. Resistência

A força de resistência é a sobrecarga natural exercida pela água. Esta propriedade pode ser compreendida pela equação geral dos fluidos, onde, R é a força de resistência, ρ é a densidade do fluido, A é a área de superfície projetada, v é a velocidade do movimento, e C_d é o coeficiente de arrasto (PÖYHÖNEN et al., 2000), conforme demonstra a equação 2.

$$R = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot C_d \quad (2)$$

De acordo com este princípio hidrodinâmico, a força requerida para vencer o arrasto do fluido é afetada pela área projetada. A resistência também é uma função da velocidade ao quadrado, fazendo com que com o dobro da velocidade, a resistência ao arrasto seja quadruplicada (PÖYHÖNEN et al., 2000). A densidade do meio também é um fator fundamental, de forma que

diferentes fluídos proporcionem diferentes resistências. A água, por exemplo, é muito mais densa que o ar, oferecendo uma maior resistência ao movimento (HALL, 1993).

2.2.7. Temperatura da Água

A regulação da temperatura da água durante o exercício nesse meio é de extrema importância, visto que, além de alterar a densidade do fluído, as novas condições térmicas impostas pela imersão aquática também são fundamentais para explicar os ajustes fisiológicos do corpo imerso.

Como a regulação térmica humana depende da manutenção do balanço entre a produção e perda de calor metabólico, a natureza térmica do meio ambiente é de fundamental importância (COSTILL et al., 1967).

Durante o exercício, os mecanismos de perda de calor corporal na água são diferentes aos da terra, visto que a evaporação, que é a forma principal de dissipação de calor na terra, ocorre menos na água. Em contrapartida, sua perda ou seu ganho através da convecção e condução é muito maior na água do que em ambiente terrestre (FUJISHIMA et al., 2001).

Devido à essa grande transferência de calor do corpo por condução durante a imersão na água, uma leve queda na temperatura da água pode causar um grande estímulo de frio, conduzindo a grandes mudanças fisiológicas quando comparado com equivalentes alterações na temperatura do ar (LEE et al., 1997).

Logo, Craig & Dvorak (1969) demonstraram em seus estudos que a temperatura termoneutra para a água durante a prática de exercícios deve ser

mais baixa que para imersão em repouso. Assim, para o repouso, a temperatura considerada como termoneutra é de 35°C (CRAIG & DVORAK, 1966; ARBORELIUS et al., 1972). Katz (2003) explica que esse valor deve ser considerado para os homens, enquanto para as mulheres deve ser mais próxima de 33°C, uma vez que a quantidade de gordura corporal e isolamento térmica é maior. Para o exercício, os estudos indicam que a temperatura termoneutra varia de 30 (SHIMIZU et al., 1998) a 32,5°C (CONNELLY et al., 1990; CHRISTIE et al., 1990), em que pouco calor é acumulado, a performance não é prejudicada e não é imposto um esforço cardiovascular adicional (SHIMIZU et al., 1998).

2.3. ALTERAÇÕES NAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS COM A IMERSÃO EM REPOUSO

2.3.1. Freqüência Cardíaca (FC)

Já está bem consolidado na literatura que a FC de repouso sofre influência com a imersão no meio líquido. Entretanto, os estudos que analisaram o comportamento da FC em meio líquido apresentam dados bastante controversos, sendo encontrados valores de bradicardia, taquicardia ou nenhuma alteração.

Essa variação da FC de repouso no meio líquido depende da temperatura da água (CRAIG & DVORAK, 1966; RENNIE et al., 1971; PARK et al., 1999; SRÁMEK et al., 2000; MÜLLER et al., 2005), da posição corporal (SHELDAHL et al., 1984; CONNELLY et al., 1990; KRUEL et al., 2004), da

profundidade de imersão (GLEIM & NICHOLAS, 1989; KRUEL, 1994; KRUEL et al., 2002; KRUEL et al., 2007) e da FC inicial (KRUEL, 1994; KRUEL et al., 2007). Sheldahl (1985) salienta que devido às alterações verificadas em ambiente aquático, a FC apropriada para exercícios na água não deve ser a mesma dos exercícios em ambiente terrestre. Logo, para uma prescrição mais adequada é necessário a realização de testes máximos dentro da água ou a utilização de fatores de correção na FC máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) a partir da redução na FC em imersão (MÜLLER & KRUEL, 2006).

Arborelius et al. (1972) analisaram as respostas hemodinâmicas de homens em imersão na água até a profundidade de pescoço, em temperatura de 35°C, considerada como termoneutra para repouso. Não foram observadas mudanças significativas na FC de repouso durante 30 min de imersão, embora tenha ocorrido uma tendência ao decréscimo quando comparado com o ambiente terrestre.

Da mesma forma, Christie et al. (1990) avaliaram a FC de homens imersos com a cabeça para fora da água, em temperaturas de 34 a 34,5°C, comparada com o meio terrestre. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nessa variável entre os meios aquático (69 ± 3 bpm) e terrestre (70 ± 3 bpm).

Ao contrário dos estudos anteriores, Watenpaugh et al. (2000) encontraram uma diminuição significativa na FC durante a imersão na água tanto para mulheres (21%) como para homens (16%), ao comparar o meio terrestre com a imersão na água na profundidade do pescoço, em uma temperatura de $34,6 \pm 0,1$ °C, similar à dos estudos supracitados. Por outro lado,

não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na FC entre homens e mulheres.

Já, Nakanishi et al. (1999a) também encontraram uma redução significativa de 4,7 bpm na FC de repouso em imersão na água. Todos os indivíduos eram do sexo masculino e permaneceram com a cabeça para fora da água e o corpo em flutuação pelo uso de um cinturão flutuador comparado com a posição sentada em ambiente terrestre. Cabe salientar que a temperatura da água utilizada neste estudo foi de 32,5°C, abaixo da temperatura considerada como termoneutra para repouso, que foi utilizada nos estudos de Arborelius et al. (1972), Christie et al. (1990) e Watenpaugh et al. (2000) (34 a 35°C).

A partir desses resultados, já se pode perceber que alterações na temperatura da água parecem influenciar nas respostas da FC. Muitos estudos foram realizados, analisando e comparando as respostas hemodinâmicas entre diferentes temperaturas de água. Craig & Dvorak (1966) observaram que a imersão na profundidade do queixo, em temperaturas de água de 36 e 37°C, conduz a um aumento significativo na FC de repouso, quando comparado com o meio terrestre. Em contrapartida, temperaturas iguais ou menores que 35°C no ambiente aquático resultaram em respostas de FC significativamente menores que no ambiente terrestre.

Corroborando com o estudo anterior, Rennie et al. (1971), que estudaram a imersão de indivíduos em repouso, durante o período de uma hora, na profundidade do queixo, verificaram que em temperaturas menores que 34°C, a FC reduziu 25% abaixo dos valores do ambiente terrestre. Já na

temperatura de 36°C, os autores não observaram diferenças significativas entre os meios.

Park et al. (1999) compararam os parâmetros cardiovasculares em 10 homens em ambiente terrestre e em imersão na água em temperaturas de 34,5 e 30°C, na profundidade de pescoço. Comparando-se a FC nas diferentes situações experimentais, foram encontrados resultados de 74 ± 2 , 73 ± 3 e 63 ± 2 bpm respectivamente, sendo que a situação de imersão em 30°C foi significativamente menor que as outras situações.

Müller et al. (2005) estudaram o comportamento da FC de repouso em indivíduos imersos em três diferentes condições de temperatura de água (33, 30 e 27°C), na profundidade entre apêndice xifóide e ombros. De acordo com seus resultados, foi observada uma redução na FC em imersão aquática comparada ao meio terrestre em todos os indivíduos analisados, para todas as temperaturas. Entretanto, não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias de redução da FC encontradas nas temperaturas de 27 ($33,75 \pm 11,27$ bpm) e 30°C ($24,14 \pm 11,16$ bpm), bem como entre as temperaturas de 30 e 33°C ($17,85 \pm 10,67$ bpm). Entretanto, ao comparar as temperaturas de 27 e 33°C, observou-se diferenças estatisticamente significativas, demonstrando assim uma diminuição mais acentuada da FC com a diminuição da temperatura da água.

Além das temperaturas de água anteriormente testadas, Srámek et al. (2000) verificaram as respostas da FC de 10 homens imersos com a cabeça para fora da água, durante uma hora, em temperaturas de água de 32, 20 e 14°C. Em imersão a 32 e 20°C, a FC diminuiu significativamente 9 bpm (15%) comparado com o ambiente terrestre. Já em 14°C, a FC obteve um aumento de

3 bpm (5%). É importante considerar que nessa última temperatura, os indivíduos tiveram tremores, induzidos pelo frio, que podem ser considerados como exercícios leves (aumentando a FC).

De uma forma geral, a partir dos resultados apresentados nos estudos anteriores que analisaram as respostas da FC em imersão em distintas temperaturas, podemos concluir que temperaturas de água maiores ou iguais a 36°C provocam aumento ou nenhuma alteração no comportamento da FC comparado ao meio terrestre. Já temperaturas menores que 34°C resultam em uma redução da FC, excetuando-se temperaturas muito baixas, como por exemplo, a temperatura de 14°C utilizada na pesquisa de Srámek et al. (2000).

Além da temperatura da água, mudanças na posição corporal também podem refletir em alterações significativas nas respostas de FC. Analisando diferentes posições corporais, Connelly et al. (1990) verificaram que a FC de repouso não diferiu significativamente entre as situações de decúbito dorsal em ambiente terrestre (60 ± 4 bpm), sentado em ambiente terrestre (65 ± 5 bpm) e sentado em imersão na água (62 ± 3 bpm), após 45 min de imersão. A piscina foi mantida em uma temperatura entre 34,5 e 35°C e os indivíduos permaneceram imersos na profundidade de ombros.

Respostas semelhantes foram encontradas por Sheldahl et al. (1984), que analisaram as respostas da FC de 12 homens nas posições de decúbito dorsal (61 ± 7 bpm) e ortostase (72 ± 13 bpm) no ambiente terrestre, e ortostase no ambiente aquático (70 ± 13 bpm), em imersão na profundidade dos ombros, com a temperatura da água mantida em 31°C, e não observaram diferenças estatisticamente significativas entre as três situações.

Ao contrário dos estudos anteriores, Kruehl et al. (2004) analisaram as respostas da FC de 10 homens imersos em meio líquido na profundidade de cicatriz umbilical, em temperatura de 30°C, comparado com o ambiente terrestre. Como resultados, foram encontrados valores de FC de $61,4 \pm 5,89$ bpm para a posição de decúbito dorsal, $75,7 \pm 7,72$ bpm para a posição ortostática e $60,6 \pm 7,68$ bpm para a posição ortostática em imersão. Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas entre a posição ortostática no meio terrestre e as demais situações. Esses resultados demonstram que a imersão em ortostase pode reduzir a FC para valores semelhantes aos da posição de decúbito dorsal, pelo retorno venoso facilitado.

Outro fator que também pode exercer influência na FC é a profundidade de imersão. Tratando-se de diferentes profundidades, Gleim & Nicholas (1989) imergiram indivíduos no meio aquático em uma temperatura de água mantida a 30,5°C e comparam as respostas de FC com o ambiente terrestre. Nenhuma diferença significativa foi encontrada para a FC de repouso entre as diferentes profundidades testadas. Do mesmo modo, não houve diferença entre homens e mulheres, com médias de 74 ± 3 , 76 ± 3 , 77 ± 3 , 77 ± 4 , e 76 ± 4 bpm para repouso fora da água e profundidades de maléolo, patela, coxa e cicatriz umbilical, respectivamente.

Não obstante, outros estudos encontraram diferenças na FC em imersão entre diferentes profundidades, com a análise do comportamento dessa variável também em profundidades maiores que cicatriz umbilical. Kruehl (1994) analisou o comportamento da FC em 54 indivíduos, com idade entre 18 e 25 anos, de ambos os sexos, durante imersão vertical em repouso nas profundidades de imersão de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical,

processo xifóide, ombros, pescoço e ombros com braços para fora da água. A temperatura da água foi mantida entre 29 e 30°C. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nas respostas de FC entre os sexos, mas para as profundidades de imersão, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas a partir do quadril, com uma redução na FC variando de 9,13 bpm a 16,09 bpm na profundidade do pescoço.

A pesquisa de Krueel et al. (2002) demonstrou resultados similares aos do estudo anterior, ao verificar as alterações da FC impostas por diferentes profundidades de imersão vertical em repouso. Nesse estudo, a amostra e a variação de idade foram maiores, com a análise de 177 indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 18 e 65 anos. A temperatura utilizada foi de 29 a 30°C. Resultados similares foram encontrados, sem diferenças significativas entre os sexos e as diferentes faixas etárias, e com uma redução significativa de 7,12 bpm na FC a partir do quadril até 13,11 bpm na profundidade do processo xifóide.

Krueel et al. (2007) analisaram 395 indivíduos, de ambos os sexos, durante a imersão vertical em repouso nas mesmas profundidades e temperatura que o estudo de Krueel (1994). A faixa etária nesse estudo foi mais abrangente, sendo analisados indivíduos de 7 a 75 anos. Não foram observadas diferenças significativas entre as faixas etárias e os sexos. Entretanto, também foram encontradas diferenças estatisticamente significativas a partir da profundidade do quadril, com uma redução de 7,86 bpm para a média da FC entre homens e mulheres. Nesse estudo, outro importante resultado observado foi que, quanto maior a FC inicial, maior a redução da FC em imersão. Para valores de FC iniciais de 40 a 49 bpm, uma

redução média de 1 bpm foi encontrada, enquanto que para valores de FC iniciais entre 130 e 139 bpm, uma redução média de 32,67 bpm pode ser observada. Os autores constataram que além da profundidade de imersão, a FC inicial avaliada fora da água, também exerce influência na resposta da FC.

De acordo com esses resultados, podemos concluir que a profundidade de imersão exerce influência na FC, visto que quanto mais imerso está o corpo, maior é a ação da pressão hidrostática. Com a ação da pressão hidrostática mais acentuada, maior pode ser a redução da FC, quando a temperatura da água e a posição corporal são devidamente controladas. Além disso, a FC inicial dos sujeitos também é de fundamental importância na magnitude dessa redução.

A pressão hidrostática é um dos principais fatores que influenciam na FC em imersão (ARBORELIUS et al., 1972; AVELLINI et al., 1983; SHELDAHL et al., 1984; CONNELLY et al., 1990; CHRISTIE et al., 1990; WATENPAUGH et al., 2000). Com a imersão, ocorre um aumento no volume sangüíneo central, devido à redistribuição do sangue venoso e fluído extracelular dos membros inferiores para a região central. Com o aumento do volume plasmático na região central, o coração e os vasos da circulação central são distendidos, gerando uma estimulação nos receptores de volume e pressão desses tecidos. Isso conduz a uma readaptação no sistema cardiovascular, aumentando a pressão venosa central, o débito cardíaco e o volume sistólico, para, enfim, diminuir a FC (WATENPAUGH et al., 2000).

Provavelmente, as condições térmicas oferecidas pelo meio aquático representam também um dos mecanismos responsáveis pela redução da FC em imersão, devido à facilitação da troca de calor entre o organismo e o meio

ambiente. Por causa disso, a necessidade de distribuir sangue da região central (tórax e abdômen) para a periferia é diminuída, fazendo com que o volume plasmático se concentre na região central, acrescentando mais um fator para estimular os receptores de volume e de pressão do coração e sistema vascular central (CRAIG & DVORAK, 1966).

De acordo com os resultados de Krüel et al. (2004), outro possível mecanismo responsável pela redução da FC advinda da imersão no meio aquático esteja relacionado ao comportamento de diminuição do peso hidrostático oferecido por esse meio. Os autores concluíram que, com a redução do peso hidrostático, provavelmente seja necessário um menor recrutamento muscular para manter a postura em pé, diminuindo a necessidade de aporte sangüíneo para os membros inferiores, auxiliando também para a concentração de sangue na região central do organismo.

A partir das explicações acima, pode-se concluir que a associação desses três mecanismos principais (a pressão hidrostática, os efeitos térmicos da água e a redução do peso hidrostático) é a responsável pelas alterações hemodinâmicas decorrentes da imersão. Além disso, alguns fatores, tais como a temperatura da água, a posição corporal, a profundidade de imersão e a FC inicial, podem maximizar ou minimizar essas respostas.

2.3.2. Consumo de Oxigênio (VO_2)

Existe uma certa divergência na resposta do VO_2 de repouso em imersão. Enquanto alguns autores encontraram um aumento significativo no VO_2 (McARDLE et al., 1976; MEKJAVIC & BLIGH, 1989; KRUEL et al., 2006),

outros não encontraram diferenças significativas (JOHNSON et al., 1977; SHELDAL et al., 1984; GLEIM & NICHOLAS, 1989; CHRISTIE et al., 1990; PARK et al., 1999).

Estudos de Christie et al. (1990) e Park et al. (1999) não encontraram diferenças significativas no VO_2 de indivíduos entre os meios terrestre e aquático, sendo que a profundidade de imersão analisada foi entre ombros e pescoço e a temperatura da água foi mantida em 34,5°C, considerada como termoneutra para repouso. Vale ressaltar que ambos os estudos realizaram as medidas de repouso com os indivíduos sentados em um cicloergômetro, possibilitando assim um menor recrutamento de fibras musculares para a manutenção da postura em pé, além do reduzido peso hidrostático oferecido pelo meio aquático.

Corroborando com os estudos anteriores, Johnson et al. (1977) não encontraram diferenças significativas no VO_2 de indivíduos imersos na profundidade dos ombros em temperaturas de água mantidas entre 26 e 26,5°C. Entretanto, foi observada uma tendência de maiores valores para o repouso em pé no meio aquático comparado ao meio terrestre, tanto para homens (aumento de 0,57 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) como para mulheres (aumento de 0,51 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$).

Já o estudo de Gleim & Nicholas (1989) analisou o VO_2 de repouso em 11 indivíduos, de ambos os sexos, imersos na água em temperatura de 30,5°C em diferentes profundidades de imersão. Não foram encontradas diferenças significativas no VO_2 entre a posição ortostática fora da água ($5,1 \pm 0,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e as profundidades de imersão de maléolo ($4,9 \pm 0,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), patela ($4,9 \pm 0,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), coxa ($4,7 \pm 0,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e cicatriz umbilical

($5,2 \pm 0,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), medidas essas que foram avaliadas em dias diferentes. Entretanto, nesse estudo, os indivíduos não foram avaliados em maiores profundidades de imersão, nas quais a ação da pressão hidrostática é mais acentuada.

Outros estudos avaliaram o comportamento do VO_2 de repouso em diferentes posições corporais. Sheldahl et al. (1984) avaliaram homens jovens, nas situações fora da água e em imersão na profundidade dos ombros em temperatura de 31°C . Não foram observadas diferenças significativas no VO_2 entre as posições decúbito dorsal fora da água ($0,27 \pm 0,04 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), posição ortostática fora da água ($0,34 \pm 0,04 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) e posição ortostática em imersão ($0,34 \pm 0,04 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$).

Kruel et al. (2006) analisaram o comportamento do VO_2 de mulheres fisicamente ativas fora da água e em imersão em temperatura de 32°C e profundidade de processo xifóide nas mesmas posições de Sheldahl et al. (1984). Entretanto, os autores observaram uma tendência de aumento no VO_2 da posição decúbito dorsal fora da água ($3,17 \pm 0,34 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) para posição ortostática fora da água ($3,62 \pm 0,36 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e dessa para a posição ortostática em imersão ($3,98 \pm 0,44 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), com diferenças significativas somente entre decúbito dorsal e imersão. Fatores tais como a diminuição da frequência cardíaca e o menor recrutamento de fibras musculares devido à redução do peso hidrostático, sugerem que as posições de decúbito dorsal e imersão sejam fisiologicamente mais semelhantes do que as posições ortostática fora da água e ortostática em imersão. Dessa forma, a imersão provocou aumento significativo do VO_2 com a associação da mudança de posição corporal.

Em contrapartida, estudos com temperaturas de água fria encontraram um aumento no VO_2 de repouso em imersão. Mekjavik & Bligh (1989) analisaram a resposta do VO_2 em imersão na profundidade do manúbrio em temperaturas de água de 10, 15 e 20°C e encontraram aumentos significativos para todas as temperaturas quando comparadas aos níveis de pré-imersão, sem diferenças significativas entre elas. McArdle et al. (1976) também encontraram um VO_2 de repouso significativamente maior em imersão em temperatura de 18°C comparado a 33°C. Isso pode ser explicado pelo fato de que na água fria há uma diminuição da temperatura da pele, juntamente com uma respiração ofegante do indivíduo, aumentando assim o consumo de oxigênio no músculo respiratório, que pode representar uma parte do aumento do VO_2 geral (MEKJAVIK & BLIGH, 1989).

Porém, o estudo de Mekjavik & Bligh (1989) também analisou o VO_2 em imersão em água quente, em temperatura de 40°C. Da mesma forma, nessa temperatura foi observado um aumento significativo do VO_2 , demonstrando que o comportamento do VO_2 não depende só da temperatura fria da água.

Um dos principais fatores responsáveis por esse aumento do VO_2 em imersão em repouso é a pressão hidrostática. Sua ação em diferentes partes do corpo, principalmente nos membros inferiores e abdômen, proporciona uma redistribuição sangüínea, com conseqüente aumento do retorno venoso e concentração do volume sangüíneo na região central. Com o aumento da passagem de sangue pelo coração e pulmões, há também uma maior captação de oxigênio pelo sangue, proporcionando um aumento no VO_2 (MEKJAVIK & BLIGH, 1989).

2.4. ALTERAÇÕES NAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS EM EXERCÍCIOS EM IMERSÃO

Várias atividades têm sido realizadas no meio líquido ao longo dos anos para avaliar as variações da FC e do VO_2 em exercícios máximos e submáximos. Entre estas atividades destacam-se exercícios em cicloergômetro (CRAIG & DVORAK, 1969; RENNIE et al., 1971; McARDLE et al., 1976; SHELDAHL et al., 1984; CHRISTIE et al., 1990; CONNELLY et al., 1990 e PANTOJA et al., 2007), *deep water running* (YAMAJI et al., 1990; BUTTS et al., 1991; RITCHIE & HOPKINS, 1991; TOWN & BRADLEY, 1991; SVEDENHAG & SEGER, 1992; FRANGOLIAS & RHODES, 1995; GLASS et al., 1995; MICHAUD et al., 1995a; DeMAERE & RUBY, 1997; MERCER & JENSEN, 1998; DOWZER et al., 1999; NAKANISHI et al., 1999a; NAKANISHI et al., 1999b), caminhada em água rasa, esteira submersa ou *flowmill* (WITHLEY & SCHOENE, 1987; GLEIM & NICHOLAS, 1989; ROBERT et al., 1996; HALL et al., 1998; SHONO et al., 2000; SHONO et al., 2001a; FUJISHIMA & SHIMIZU, 2003; POHL & McNAUGHTON, 2003) e hidroginástica (JOHNSON et al., 1977; CASSADY & NIELSEN, 1992; ECKERSON & ANDERSON, 1992; KRUEL, 2000; D'ACQUISTO et al. 2001; CAMPBELL et al., 2003; BENELLI et al., 2004; ALBERTON et al., 2005; COLADO et al., 2006; PINTO et al., 2006; ALBERTON et al., 2007a; BECKER et al., 2007; PINTO et al., 2007).

O estudo de Craig & Dvorak (1969) foi um dos pioneiros a realizar um teste com um cicloergômetro de pernas e braços, que mantinha o mesmo estímulo no ambiente terrestre e aquático. Os testes aquáticos foram realizados em temperaturas de 25, 30 e 35°C, com imersão até a profundidade da

primeira vértebra torácica. Todos os testes eram executados mantendo uma frequência de 30 rpm, controlada por metrônomo, e cargas progressivas de 0, 18, 36, 60 e 84 watts. A FC apresentou uma média de 10 bpm a menos no exercício em imersão a 25°C do que em água quente (30 e 35°C) ou em ambiente terrestre, que apresentaram dados semelhantes. Em todas as situações, o VO_2 foi linear e diretamente relacionado ao acréscimo da carga de trabalho. Em imersão a 25°C, a média do VO_2 foi $0,14 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ($\pm 0,008$) maior do que o observado nas temperaturas de 30 e 35°C em água e em ambiente terrestre. É importante salientar que embora o VO_2 tenha sido maior na água fria, não foram relatados tremores pelo sujeito. A frequência respiratória em imersão foi levemente maior que em ambiente terrestre, mas a relação entre ventilação e VO_2 foi igual para todas as situações.

Mais tarde, McArdle et al. (1976) também avaliaram as respostas cardiovasculares e metabólicas de indivíduos realizando exercícios progressivos em um cicloergômetro de braços e pernas, imersos ao nível da primeira vértebra torácica, em diferentes temperaturas de água. Cada estágio foi realizado durante 5 min, a uma frequência de 30 rpm e cargas de 0, 18, 36, 60, 84 e 120 watts com 10 min de intervalo entre cada estágio. Como resultados, a $FC_{\text{máx}}$ foi significativamente menor em imersão em 18°C, com uma redução de 15 bpm, quando comparada com o ambiente terrestre e imersão em 33°C. O aumento do VO_2 foi linear com o aumento da carga de trabalho em todas as condições, e o comportamento observado nos gráficos para o ambiente terrestre e aquático em temperatura de 33°C foram semelhantes. Entretanto, durante cargas submáximas em temperaturas de

água de 25 e 18°C, o VO_2 foi significativamente maior (9 e 25,3%, respectivamente) do que aquele observado em temperatura de 33°C.

Ao contrário dos estudos anteriores, que só encontraram reduções na FC em temperaturas de água fria (18 e 25°C), o estudo de Rennie et al. (1971), que também mediu as respostas de FC em exercício executado em cicloergômetro, porém só de pernas e em imersão até a profundidade do queixo, sugere, a partir dos seus resultados, que para intensidades moderadas de exercício (VO_2 menor que $2,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) a FC permaneceu de 20 a 25% menor na água do que no meio terrestre para temperaturas menores que 34°C; somente apresentou respostas semelhantes entre os meios para cargas altas (VO_2 maior que $3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). Os autores sugerem que essa redução da FC deve-se ao estresse pelo frio, provavelmente pela vasoconstrição em resposta aos barorreceptores, nos quais somente em cargas máximas ocorrerá um aumento relativamente grande na FC, atribuído ao aumento da temperatura corporal.

Pantoja et al. (2006) analisaram somente as respostas máximas da FC e do VO_2 de uma mulher não-ativa realizando um teste máximo em cicloergômetro aquático e terrestre. O protocolo para ambos os testes consistiu de 2 min de aquecimento sem carga, com posteriores incrementos de 25 watts, a cada 2 min, com uma frequência de 60 rpm. A temperatura aquática foi mantida a 32,5°C, e a profundidade de imersão, no manúbrio. Ao analisar o consumo de oxigênio máximo ($VO_{2\text{máx}}$), encontrou-se no meio terrestre um valor de $1,56 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ e no meio aquático, $1,64 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. A $FC_{\text{máx}}$ demonstrou uma resposta atenuada no meio aquático, de 180 bpm, comparada com a do meio terrestre que apresentou o valor de 187 bpm.

Christie et al. (1990) realizaram um teste progressivo até o máximo esforço em um cicloergômetro na terra e em imersão aquática (temperatura de 32,5°C). Os estágios do teste tinham duração de 6 min, com incrementos de carga, representando 40, 60, 80 e 100% do $VO_{2máx}$ baseado em testes preliminares. A frequência de execução variava conforme o meio (aquático ou terrestre), de forma que o VO_2 não apresentasse diferença significativa para cada estágio de exercício entre os meios. Não houve diferença significativa na FC entre os dois meios nos estágios 1 (40% do $VO_{2máx}$) e 2 (60% do $VO_{2máx}$). Para maiores intensidades de trabalho, a FC foi significativamente menor, com reduções médias de 12 bpm no estágio 3 (80% do $VO_{2máx}$) e 7 bpm no pico do exercício.

Corroborando com os resultados do estudo anterior, Connelly et al. (1990) analisaram as respostas de FC durante exercício progressivo em um cicloergômetro em ambiente terrestre e em imersão na água, com a temperatura mantida em 32°C e profundidade ao nível dos ombros. As cargas utilizadas foram 40, 60, 80 e 100% do VO_2 de pico, e foram reguladas pelo aumento da frequência de pedalada de 39 ± 1 , 46 ± 1 , 52 ± 1 e 59 ± 1 rpm para o ambiente aquático nos estágios 1, 2, 3 e 4, ou a manutenção de 55 a 60 rpm por resistência eletrônica no ambiente terrestre. Esses ajustes ocorreram para que o VO_2 apresentasse respostas semelhantes entre os meios para todos os estágios. O quociente respiratório (QR) também foi semelhante para cada estágio de exercício na água e na terra. Já, a FC foi similar durante o primeiro estágio de exercício para ambos os meios, mas significativamente menor na água para as três maiores intensidades de trabalho. A FC de recuperação também permaneceu mais baixa no ambiente aquático.

Sheldahl et al. (1984) analisaram também a influência da posição corporal, através da aplicação de três testes de exercício progressivo até o máximo esforço. Esses foram realizados em cicloergômetro terrestre nas posições supina e ortostática, e em cicloergômetro aquático na posição ortostática, em imersão até a profundidade dos ombros, com temperatura mantida em 31°C. As cargas foram similares em todos os testes, com valores iniciais de 50 watts e incrementos de 25 watts a cada 3 min. O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) não apresentou diferenças significativas entre os ambientes aquático ($3,19 \pm 0,54 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) e terrestre, nas posições supina ($3,03 \pm 0,57 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) e ortostática ($3,18 \pm 0,40 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). A FC submáxima, para valores de VO_2 menores que $1,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, foi semelhante entre os diferentes testes. Contudo, para cargas submáximas com valores de VO_2 igual ou maiores que $2,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, a FC foi significativamente maior na posição ortostática na terra do que na posição supina ou na água. A $FC_{m\acute{a}x}$ apresentou uma redução de 10 bpm na água quando comparada com a obtida no exercício na posição ortostática na terra, porém sem diferenças significativas. A ventilação não apresentou diferenças significativas entre as três condições experimentais para nenhum estágio de exercício.

As respostas dos estudos prévios de Sheldahl et al. (1984), Christie et al. (1990) e Connelly et al. (1990) foram similares, cuja FC foi semelhante no meio terrestre e aquático durante exercícios leves a moderados, mas significativamente menor em exercícios intensos. Uma possível explicação para esse fato, segundo as justificativas dos autores supracitados, é que o fluxo simpático neural é reduzido na água e isso deve gerar um maior impacto na FC para cargas de trabalho acima de 50% do VO_2 , porém para cargas mais leves,

a inibição do parassimpático contribui para um aumento na FC. Além disso, como podemos observar, o comportamento da FC também depende da temperatura da água, além da intensidade realizada. Outro aspecto importante a ser salientado é que esses estudos, com o intuito de comparar o exercício realizado em cicloergômetro tanto em ambiente aquático como terrestre, demonstram um padrão semelhante de VO_2 tanto para taxas submáximas como máximas de trabalho para ambos os meios.

Outra modalidade, cujas respostas cardiorrespiratórias são amplamente pesquisadas no meio líquido é o *deep water running* (DWR). Vários estudos analisaram as respostas fisiológicas submáximas e máximas do DWR e a comparação dessas com as obtidas na corrida em esteira terrestre.

No que se refere aos parâmetros submáximos, Ritchie & Hopkins (1991) compararam as respostas fisiológicas do DWR com a corrida em esteira terrestre e corrida em pista. Para tanto, foram avaliados oito indivíduos, corredores bem-treinados que foram familiarizados com a técnica de DWR e realizaram quatro testes de 30 min cada. O teste de DWR foi realizado em uma piscina funda, com temperatura de 28,5°C, em uma frequência de passada rápida. Esse foi comparado com a corrida em esteira terrestre (frequência de passadas rápida e normal) e com a corrida em pista (frequência de passada normal). Como resultados, o VO_2 e o QR foram significativamente maiores no DWR do que na esteira e na corrida em pista em uma frequência de passada normal, com valores similares de FC. Quando o DWR foi comparado à corrida em esteira, ambos em uma frequência de passada rápida, semelhantes VO_2 e QR foram observados, com valores de FC significativamente mais baixos.

O estudo de Yamaji et al. (1990) analisou o comportamento da FC de 10 corredores do sexo masculino, realizando corrida em esteira e DWR em imersão em temperatura entre 26 e 28°C. Não foram observadas diferenças significativas entre a corrida em ambiente terrestre (159 ± 8 bpm) e aquático (154 ± 5 bpm) para um VO_2 submáximo de $2,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

DeMaere & Ruby (1997) também compararam intensidades submáximas entre a corrida em esteira terrestre e o DWR, em oito corredores. As intensidades correspondentes a 60 e 80% do $VO_{2\text{máx}}$, em estágios de 5 min de duração cada, foram controladas pela FC correspondente obtida em um teste máximo realizado em terra. As respostas de VO_2 , gasto energético e sensação subjetiva ao esforço (SSE) foram coletadas e apresentaram resultados semelhantes entre os testes aquático e terrestre. Entretanto, o QR e a ventilação foram significativamente maiores para o DWR (60% - $0,93 \pm 0,03$ e $54,5 \pm 6,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ e 80% - $1,06 \pm 0,07$ e $92,3 \pm 12,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente) comparado à corrida em esteira (60% - $0,86 \pm 0,02$ e $49,4 \pm 5,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ e 80% - $0,95 \pm 0,03$ e $74,2 \pm 9,9 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$).

Michaud et al. (1995a) avaliaram oito corredores bem treinados em dois testes progressivos máximos, um em esteira no meio terrestre e outro no DWR, com os indivíduos presos em um sistema de polias de incremento de carga (temperatura entre 29 e 30°C). Esses testes resultaram em respostas significativamente maiores de FC e VO_2 no meio terrestre. A partir deles determinou-se a intensidade de outros três testes submáximos: corrida em esteira a 75% do VO_2 de pico, DWR a 75% do VO_2 de pico terrestre e DWR a 75% VO_2 de pico aquático (aproximadamente 70% do VO_2 de pico terrestre), com 15 min de duração cada. As respostas de VO_2 foram semelhantes para os

testes terrestre ($3,3 \pm 0,05 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) e aquático a 75% do VO_2 de pico terrestre ($3,2 \pm 0,11 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), e essas foram significativamente maiores que o DWR a 75% do VO_2 de pico aquático ($2,6 \pm 0,23 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). Embora o comportamento da FC tenha apresentado uma tendência de maiores valores fora da água, o mesmo não apresentou diferenças significativas entre os três testes. Da mesma forma, as respostas do QR e concentrações de lactato, ao contrário das respostas de FC e VO_2 , apresentaram valores significativamente mais elevados para o DWR a 75% do VO_2 de pico terrestre, seguido pelo DWR a 75% do VO_2 de pico aquático e corrida em esteira a 75% do VO_2 de pico.

Além das intensidades submáximas, Mercer & Jensen (1998) também analisaram as respostas máximas, por meio da execução dois testes progressivos por 15 homens e 13 mulheres, um em esteira no meio terrestre e outro no DWR, com os indivíduos presos em um sistema de polias (temperatura de $26,9 \pm 1,6^\circ\text{C}$). Ao compararem as intensidades de 60, 80 e 100% do máximo esforço, as respostas de FC e VO_2 foram significativamente mais baixas no DWR (60% - $108 \pm 12 \text{ bpm}$ e $27 \pm 6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 80% - $144 \pm 10 \text{ bpm}$ e $36 \pm 9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e 100% - $177 \pm 9 \text{ bpm}$ e $44 \pm 10 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente) que no meio terrestre (60% - $116 \pm 11 \text{ bpm}$ e $34 \pm 8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 80% - $156 \pm 9 \text{ bpm}$ e $44 \pm 10 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e 100% - $190 \pm 8 \text{ bpm}$ e $54 \pm 13 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente). Todavia, ao fixarem valores submáximos de VO_2 (20 e $30 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para mulheres e 20, 30 e $40 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para homens) em ambos os meios, não foram encontradas diferenças significativas na FC correspondente, corroborando com os achados de Yamaji et al. (1990).

Embora os estudos anteriormente citados tenham utilizado diferentes indicadores de intensidade (VO_2 , FC ou SSE), assim como diferentes tempos

de duração dos testes, na maioria desses estudos com valores fixos submáximos de VO_2 , as respostas de FC são semelhantes entre as duas formas de exercício, corrida terrestre e DWR.

Os estudos que analisaram as respostas fisiológicas máximas do DWR comparado à corrida em esteira terrestre estão em consenso quanto aos valores mais baixos de VO_2 e FC para o exercício aquático.

Butts et al. (1991) compararam as respostas fisiológicas máximas de 12 homens e 12 mulheres, todos corredores treinados, realizando DWR e corrida em esteira terrestre até o máximo esforço. O teste aquático foi realizado em uma piscina profunda com temperatura de $29 \pm 0,5^\circ\text{C}$, com os indivíduos presos na borda, realizando o exercício de forma estacionária. Como resultados, ao compararem os sexos, os homens apresentaram respostas significativamente mais altas do que as mulheres para o VO_2 e para a ventilação, e semelhantes para a FC e para o QR, em ambos os testes. Ao comparar os testes de DWR com a esteira terrestre, o QR apresentou valores semelhantes entre os meios, porém a ventilação, o VO_2 e a FC apresentaram valores significativamente mais baixos para o DWR, tanto para homens (redução de 16% no VO_2) como para mulheres (redução de 10% no VO_2).

O estudo de Svedenhag & Seger (1992) analisou as respostas fisiológicas máximas de 10 corredores do sexo masculino na corrida em esteira terrestre comparada com o DWR (temperatura de 25°C). O $VO_{2\text{máx}}$ foi significativamente menor no DWR ($4,03 \pm 0,13 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) do que na esteira terrestre ($4,60 \pm 0,14 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), assim como a $FC_{\text{máx}}$ ($172 \pm 3 \text{ bpm}$; $188 \pm 2 \text{ bpm}$, respectivamente). As respostas de FC submáximas, para um VO_2 entre 2,5 e $3,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ também foram mais baixas na água. Por um lado, a ventilação, tanto

em exercício máximo como submáximo, foi semelhante nos dois tipos de teste. Por outro lado, o QR apresentou respostas divergentes. Para um VO_2 submáximo de $3,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, o QR foi significativamente maior no meio aquático, enquanto no máximo esforço, houve uma tendência de ser maior em meio terrestre.

Frangolias & Rhodes (1995) analisaram 13 corredores treinados em meio aquático e compararam as respostas máximas e de limiar ventilatório entre o DWR (temperatura de 28°C) e a corrida em esteira terrestre. Os valores de VO_2 e FC foram significativamente menores no meio aquático que no meio terrestre, tanto para o máximo esforço ($3,60 \pm 0,78 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ e $175 \pm 12 \text{ bpm}$; $3,92 \pm 0,89 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ e $190 \pm 11 \text{ bpm}$; respectivamente) quanto para o limiar ventilatório ($2,81 \pm 0,69 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ e $152 \pm 12 \text{ bpm}$; $3,03 \pm 0,74 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ e $165 \pm 10,8 \text{ bpm}$, respectivamente). A ventilação foi semelhante em ambos os testes. O QR não apresentou diferença significativa para o limiar ventilatório, entretanto, foi significativamente menor no exercício máximo na água ($1,10 \pm 0,06$) do que na terra ($1,20 \pm 0,08$).

Da mesma forma, a pesquisa de Glass et al. (1995) avaliou o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ de 20 sujeitos, em testes realizados na corrida em esteira e no DWR. Os resultados demonstraram um valor médio de $47,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ no meio aquático em temperatura de 24°C , que foi significativamente menor que o obtido no meio terrestre ($53,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). A $\text{FC}_{\text{máx}}$ também foi significativamente menor para o teste aquático (174 bpm), comparado com o teste em esteira terrestre (189 bpm). Já o QR não apresentou diferenças significativas entre os meios.

Os estudos de DWR anteriormente citados analisaram as respostas fisiológicas decorrentes do exercício máximo em imersão em temperaturas iguais ou menores que 29°C, consideradas abaixo da termoneutralidade para exercício. Nakanishi et al. (1999a) realizaram testes máximos com 20 homens jovens saudáveis em esteira terrestre, e no DWR, em temperatura de 32,5°C, que os autores consideraram como termoneutra para exercício. Da mesma forma que os demais autores, a resposta da $FC_{máx}$ na água ($171,5 \pm 13,6$ bpm) foi significativamente mais baixa que na terra ($190,8 \pm 9,1$ bpm). Os valores de $VO_{2máx}$, tanto absolutos como relativos, obtidos durante DWR foram 20% mais baixos do que os obtidos na corrida em esteira. A ventilação também apresentou valores significativamente menores para o exercício realizado no meio aquático ($98,5 \pm 13,9$ l·min⁻¹) comparado ao no meio terrestre ($113,3 \pm 12,4$ l·min⁻¹); enquanto o QR, não apresentou diferenças significativas entre os meios.

O estudo de Nakanishi et al. (1999b) realizou os mesmos testes que o de Nakanishi et al. (1999a). Entretanto analisaram as variáveis fisiológicas em dois grupos distintos: um composto por 14 homens jovens ($20,4 \pm 3,3$ anos) e outro por 14 homens de meia-idade ($38,6 \pm 4,4$ anos). Independente da idade, os valores de FC, VO_2 , tanto absoluto como relativo, e ventilação foram sempre maiores em exercício máximo para a corrida na esteira terrestre comparada ao DWR. Contudo, o QR não apresentou diferença significativa entre os meios para nenhum dos grupos.

Além das comparações realizadas pelos autores supracitados, Town & Bradley (1991) compararam as respostas fisiológicas máximas em 7 homens e 2 mulheres jovens durante a execução de testes de esforço máximo na corrida

em esteira terrestre, no DWR e na caminhada aquática em água rasa. O $VO_{2máx}$ obtido no teste fora da água foi significativamente maior que no DWR e na caminhada aquática, que representaram, respectivamente, 74 e 90% dos valores terrestres. O $VO_{2máx}$ na caminhada aquática também foi significativamente maior que no DWR. Da mesma forma, a $FC_{máx}$ foi significativamente maior fora da água, entretanto, sem diferença significativa entre o DWR e a caminhada aquática, que representaram cerca de 90% dos valores terrestres. O QR não apresentou diferenças significativas entre os testes.

Corroborando com os resultados da pesquisa anterior, Dowzer et al. (1999) também compararam as respostas fisiológicas máximas de 15 corredores homens, entre testes realizados em esteira terrestre, DWR e caminhada aquática em água rasa (temperatura de 29°C). O $VO_{2máx}$ e a $FC_{máx}$ obtidos no teste de corrida fora da água foram significativamente maiores que as respostas no DWR e na caminhada aquática, que representaram, respectivamente, 75,3 e 83,7% do $VO_{2máx}$ e 87,2 e 94,1% da $FC_{máx}$ terrestres. As respostas de $VO_{2máx}$ e $FC_{máx}$ na caminhada aquática também foram significativamente maiores que no DWR. O QR não apresentou diferenças significativas entre os três testes realizados.

Esses e outros estudos de revisão sobre as respostas fisiológicas do DWR (WILDER & BRENNAN, 1993; FRANGOLIAS & RHODES, 1996; DOWZER & REILLY, 1998; CHU & RHODES, 2001; REILLY et al., 2003) justificam que os valores de FC mais baixos em imersão em intensidades máximas e/ou submáximas comparados ao meio terrestre podem ser atribuídos a um desvio central no volume sangüíneo, devido à pressão hidrostática, assim

como à temperatura da água. Por sua vez, o menor VO_2 observado no máximo esforço para o DWR comparado à corrida terrestre pode ser atribuído a uma combinação das respostas cardiovasculares com a pressão hidrostática e a força mecânica imposta sobre o corpo em exercício contra a resistência da água. Visto que os músculos antigravitacionais não são necessários na água para suportar o peso corporal, ocorre uma diminuição no custo metabólico da corrida em água profunda quando comparada à corrida em esteira (NAKANISHI et al., 1999a).

A caminhada aquática também tem sido muito investigada, em diferentes intensidades submáximas de esforço e comparada à caminhada e corrida terrestre. Alguns estudos analisaram o comportamento fisiológico no percurso da distância da piscina, enquanto outros, em esteira submersa. Entretanto, segundo Shono et al. (2001b), esses tipos de caminhada diferem pelo fato de que ao longo da piscina, o corpo deve mover-se através da água, vencendo a sua resistência, ao contrário da esteira, que mantém o corpo no lugar. Assim, mais tarde, foi utilizado em algumas pesquisas o *flowmill*, que tem uma esteira como base e velocidade e fluxo da água ajustados para obter a intensidade desejada. Os resultados dos estudos dessas diferentes formas de caminhada no meio aquático são aqui apresentados.

Whitley & Schoene (1987) compararam as respostas da FC entre a caminhada realizada em esteira terrestre e em imersão ao longo da piscina na profundidade da cintura (temperatura da água entre 25 e 27,2°C). Os testes foram submáximos e realizados com aumento progressivo da velocidade, que foi igual para ambos os meios (2,55; 2,77; 3,02 e 3,31 $km \cdot h^{-1}$). As respostas de FC foram significativamente mais altas na água para cada uma das quatro

velocidades testadas. A caminhada aquática provocou um aumento significativo da FC, com o aumento da velocidade de execução, ao contrário da caminhada em ambiente terrestre, que não apresentou diferenças significativas. O aumento da FC do repouso para a maior velocidade na esteira terrestre foi 19% (13 bpm), porém na água, foi de 135% (96 bpm). Esses resultados mostram que exercícios realizados na água podem requerer maior gasto energético do que quando realizados em ambiente terrestre para a mesma velocidade de deslocamento, devido a resistência oferecida pela água.

Analisando diferentes profundidades de imersão, Gleim & Nicholas (1989) avaliaram 12 indivíduos, que realizaram cinco testes de velocidade progressiva em esteira, um no meio terrestre e quatro em imersão (temperatura da água de 30,5°C), um para cada profundidade (maléolo, patela, coxa e cicatriz umbilical). As velocidades de execução variaram de 40,20 a 160,90 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, com incrementos de 13,40 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ a cada min, em todos os testes. Como resultados, houve um aumento da FC e do VO_2 conforme o aumento da velocidade. Para todas as velocidades, a FC foi significativamente maior nos testes dentro da água, independente da profundidade de imersão. Contudo, o VO_2 foi significativamente maior na água para todas as profundidades, em velocidades iguais ou maiores que 53,60 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, exceto para a profundidade de imersão cicatriz umbilical. Nesta profundidade, a partir da velocidade de 134,10 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, as respostas de VO_2 foram semelhantes às da terra. De acordo com os autores esses resultados são justificados pelo fato de que a partir dessa velocidade há uma transição da caminhada para o trote, ocorrendo assim, uma fase de vôo, onde não há contato dos pés no fundo da piscina. Segundo os autores, em altas velocidades, a grande resistência da água passa

a ser minimizada pela flutuação, com semelhantes custos energéticos entre os meios.

Resultados similares foram encontrados por Pohl & McNaughton (2003). Os autores avaliaram seis sujeitos, que executaram testes de caminhada e corrida em esteira terrestre e em esteira aquática nas profundidades de imersão da coxa e cintura, nas velocidades de 4 e 7 km·h⁻¹, respectivamente. Cada teste teve a duração de 5 min e os testes aquáticos foram realizados em imersão na temperatura de 33°C. Obteve-se como resultado aumentos significativos tanto no VO₂ como na FC da velocidade de caminhada para a corrida. Ao comparar os tipos de testes, os maiores valores de VO₂ e FC ocorreram na caminhada/corrída em imersão na profundidade da coxa (20,16 ± 2,32 / 39,39 ± 8,11 ml·kg⁻¹·min⁻¹ e 104 ± 5 / 162 ± 10 bpm, respectivamente) seguidos pela caminhada/corrída em imersão na cintura (17,48 ± 2,47 / 30,48 ± 4,54 ml·kg⁻¹·min⁻¹ e 96 ± 5 / 130 ± 4 bpm, respectivamente), e por fim pela caminhada/corrída no meio terrestre (9,84 ± 0,84 / 23,64 ± 0,84 ml·kg⁻¹·min⁻¹ e 78 ± 10 / 124 ± 7 bpm, respectivamente), com diferenças significativas entre eles. Porém, o QR apresentou aumentos significativos apenas da caminhada para a corrida, sem diferenças significativas entre as profundidades.

Robert et al. (1996) analisaram o comportamento fisiológico de 18 indivíduos realizando 20 min de corrida em piscina de água rasa comparada à corrida terrestre em velocidade constante. A temperatura da água variou entre 22,5 e 25,6°C e a profundidade de imersão foi mantida no peito. A cadência foi fixada em 103 bpm, e foram realizados dois testes para cada um dos meios, com e sem a utilização do equipamento resistivo X1000 Walk'n Tone. Como resultados, tanto o VO₂ quanto o gasto energético foram maiores para o

exercício realizado no meio terrestre, sem diferenças significativas entre o uso ou não de equipamento. Já, a FC, além de ter sido maior em meio terrestre, ainda foi maior com o uso do equipamento resistivo.

O estudo de Hall et al. (1998) comparou as respostas fisiológicas de oito mulheres saudáveis, que realizaram testes submáximos em esteira no meio aquático e terrestre. Para os testes dentro da água, a profundidade de imersão foi mantida ao nível do processo xifóide e as temperaturas analisadas foram 28 e 36°C. Todos os testes foram realizados com incremento de intensidade a cada 5 min, e velocidades de 3,5; 4,5 e 5,5 km·h⁻¹. A FC, o VO₂ e a ventilação aumentaram linearmente com a velocidade durante o exercício nos ambientes terrestre e aquático. Na água em temperatura de 36°C, a FC foi significativamente maior que em 28°C, para todas as velocidades; e maior que os valores encontrados no ambiente terrestre nas velocidades de 4,5 e 5,5 km·h⁻¹. O VO₂ e a ventilação não apresentaram diferenças entre as duas temperaturas de água analisadas. Entretanto, nas velocidades de 4,5 e 5,5 km·h⁻¹ apresentaram valores significativamente maiores no meio aquático do que no meio terrestre. Na velocidade de 3,5 km·h⁻¹, o VO₂ foi semelhante nas três condições experimentadas, sugerindo que a caminhada nesta velocidade minimiza as forças de arrasto na água. Segundo os autores, isso ocorre porque a resistência da água é relacionada à velocidade do movimento. Visto que a velocidade aumenta ao quadrado, para maiores velocidades, a ocorre um aumento da resistência oferecida pela água contra o indivíduo, influenciando significativamente nas respostas de VO₂.

Mais tarde, Shono et al. (2001a) analisaram o comportamento fisiológico de seis idosas realizando testes em esteira fora da água comparada à

caminhada aquática em um *flowmill*. Para o teste fora da água, as velocidades de execução foram 40, 60 e 80 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, e para o teste na água, 20, 30 e 40 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Na água, a profundidade de imersão foi mantida ao nível do processo xifóide e a temperatura da água em $30,7 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Essas velocidades foram estabelecidas baseadas no estudo de Migita *apud* Shono et al. (2001a) que percebeu que o dobro da velocidade era necessário para o teste realizado no meio terrestre atingir o mesmo esforço do que no meio aquático. Como resultados, o VO_2 foi semelhante para as velocidades de 80 e 40 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, e 60 e 30 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, em terra e água, respectivamente, mas apresentou diferenças significativas entre as velocidades de 40 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ em terra e 20 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ na água. Segundo os autores, o VO_2 foi mais baixo na água para a menor velocidade, provavelmente porque o efeito de flutuação foi superior ao da resistência. Esses resultados estão de acordo com os de Hall et al. (1998) que sugeriram que para maiores velocidades, a resistência em meio líquido é maior.

Shono et al. (2000) avaliaram o comportamento fisiológico de 20 mulheres com idades entre 50 e 68 anos, realizando testes de caminhada em um *flowmill* dentro da água em diferentes velocidades de execução. A profundidade de imersão foi mantida no nível do processo xifóide e a temperatura de água em 30°C . Cada indivíduo realizou quatro testes com 4 min de duração, e intervalos de 1 min. Os testes foram realizados nas velocidades de 20, 30, 40 e 50 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. A FC, o VO_2 e o gasto energético apresentaram um aumento exponencial com o aumento da velocidade de execução. A relação linear entre FC e VO_2 foi altamente significativa ($r = 0,999$; $p < 0,01$). De acordo com esses resultados, os autores sugerem que é possível realizar a prescrição

da caminhada aquática com base na FC, da mesma forma que a caminhada terrestre.

Ao contrário dos estudos realizados no cicloergômetro em imersão e no DWR, que comparam as respostas fisiológicas entre os meios aquático e terrestre na intensidade máxima e em intensidades submáximas correspondentes a diferentes percentuais da carga máxima (através de indicadores de intensidade tais como % do $VO_{2máx}$, % da $FC_{máx}$ ou SSE), os estudos de caminhada aquática supracitados avaliaram as respostas cardiorrespiratórias entre os meios fixando a velocidade de execução. Conseqüentemente, utilizando esse indicador de esforço, a intensidade fisiológica do exercício é alterada, pois com exercícios realizados em imersão com deslocamento horizontal do corpo, uma maior força é necessária para mover o corpo na água, visto que a viscosidade e densidade desse fluido são muito superiores a do ar (MIYOSHI et al., 2004; McGINNIS, 2005).

Ao contrário dos estudos anteriores, Fujishima & Shimizu (2003) realizaram três testes contínuos em nove mulheres de 66 a 70 anos, com a intensidade baseada na Escala de Percepção Subjetiva de Borg. A caminhada foi executada na intensidade correspondente a “13 = um pouco intenso”, durante 20 min. Os testes foram realizados em esteira fora da água e em esteira submersa na profundidade de imersão do processo xifóide, em duas temperaturas de água, 31 e 35°C. Tanto a FC como o VO_2 , apresentaram um aumento gradual durante os primeiros 5 min de cada teste, e então se mantiveram em *steady state*, até o fim do exercício. Não foram encontradas diferenças significativas no comportamento dessas variáveis entre nenhum dos

testes, provavelmente pelo fato de que a velocidade de execução foi auto-ajustada individualmente para manter o mesmo nível de esforço.

Os exercícios de hidroginástica também estão sendo objeto de estudo nas áreas de pesquisa fisiológica, especialmente em relação às suas respostas cardiorrespiratórias.

Eckerson & Anderson (1992) avaliaram a FC e o VO_2 de 16 mulheres durante uma aula de 45 min de hidroginástica, composta de diferentes exercícios, todos realizados no ritmo de execução de 150 bpm. A temperatura da água foi mantida em 26,3°C. Como resultados, a média da FC durante a aula representou 82% da $FC_{máx}$ e 74% da FC de reserva, obtidos a partir de um teste progressivo máximo em esteira fora da água. Entretanto o VO_2 representou 48% do $VO_{2máx}$. O QR apresentou uma média de $0,85 \pm 0,1$ e o gasto energético, de $5,7 \pm 1,6 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$. O comportamento do VO_2 foi mais baixo do que o que seria esperado para a FC obtida. Segundo Parker et al. (1989), essa relação desproporcional entre essas variáveis pode ser atribuída ao aumento da atividade simpática resultante dos movimentos combinados de membros superiores e inferiores envolvidos nos exercícios.

Outro estudo que também teve o objetivo de descrever as respostas cardiorrespiratórias em uma sessão de exercícios aquáticos foi o de D'Acquisto et al. (2001). Para tanto, 16 mulheres idosas realizaram cinco séries de 8 min de exercícios aquáticos, em intensidades de esforço progressivas, auto-selecionadas de baixa a moderada. Os indivíduos foram imersos na profundidade entre o processo xifóide e a axila, com a coleta do equivalente metabólico (MET), da FC e da SSE. Os resultados de MET, FC e SSE variaram de $2,78 \pm 0,14$; $90 \pm 3 \text{ bpm}$ e $8.0 \pm 0,2$ na série 1 a $5,81 \pm 0,31$; $120 \pm 3 \text{ bpm}$ e

12,5 ± 0,3 na série 5, respectivamente. A análise de regressão demonstrou uma forte relação linear entre o MET e a FC ($r = 0,974 - 0,998$), e através desses dados foi possível estimar os valores de $FC_{máx}$ predita e MET máximo predito. Além disso, as participantes do estudo também realizaram uma aula de 40 min de hidroginástica, composta de diferentes exercícios, e os resultados demonstraram que a intensidade da aula variou de 40 a 61% do MET máximo predito e 66 a 78% da $FC_{máx}$ predita, com um gasto energético total de 190 kcal.

A mesma metodologia do estudo de D'Acquisto et al. (2001) foi empregada na pesquisa realizada por Campbell et al. (2003), porém comparando diferentes grupos etários. As respostas de MET, % da $FC_{máx}$ e gasto energético por minuto para um dado esforço relativo (% do $VO_{2máx}$) foram significativamente maiores para o grupo de idosas (63 - 72 anos) comparado ao grupo de jovens (19 - 24 anos), sem diferenças significativas na SSE. Para a aula de 40 min, os resultados demonstraram valores significativamente maiores para o % do MET máximo predito para as idosas, com valores de $61,5 \pm 2,5\%$, do que para as jovens, com $48,8 \pm 2,2\%$.

Além de descrever as respostas fisiológicas de sessões de exercícios executados no meio aquático, outros estudos compararam essas com o meio terrestre. Heberlein et al. (1987) avaliaram dez mulheres em duas rotinas de exercícios realizados na terra e na água. Ambas as rotinas foram realizadas com a mesma seqüência de movimentos, duração e música durante 8 min, com um intervalo de 30 min entre elas. Diferenças significativas foram observadas entre os meios aquático e terrestre no VO_2 ($19,0 \pm 5,0$ e $27,7 \pm 2,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente), na FC (143 ± 2 e 170 ± 6 bpm, respectivamente) e na SSE

($9,9 \pm 2$ e $12,5 \pm 1$, respectivamente), com valores mais baixos para a rotina de exercícios aquáticos.

Heithold & Glass (2002) também avaliaram sete mulheres realizando a mesma rotina de exercícios aeróbicos no meio terrestre e aquático (temperatura de 28°C), porém nesse estudo o nível de intensidade foi auto-selecionado. Cada rotina teve a duração de 24 min, com uma seqüência pré-estabelecida de exercícios de membros superiores para fora da água, membros inferiores, membros superiores dentro da água e membros superiores e inferiores simultaneamente. Os resultados demonstraram que os sujeitos se exercitaram de 66 a 88% da $FC_{\text{máx}}$ predita para a idade. As respostas da FC foram significativamente maiores no meio terrestre ($126,00 \pm 12,23$ a $141,50 \pm 13,70$ bpm) do que no meio aquático ($105,00 \pm 5,72$ a $112,21 \pm 10,55$ bpm), sem diferenças significativas na SSE.

Ainda comparando os meios aquático e terrestre, Benelli et al. (2004) analisaram as respostas fisiológicas de dez indivíduos realizando uma mesma sessão de exercícios aeróbicos em três situações: fora da água, em imersão em água rasa (0,8 m) e em imersão em água funda (1,4 m) (temperatura de $27,5^{\circ}\text{C}$). A sessão teve duração de 30 min: na primeira metade, os exercícios foram realizados em um ritmo de execução “lento”; na segunda, em ritmo de execução “rápido”. Dados de FC e lactato foram coletados ao final de cada parte da aula. Como resultados, tanto a FC quanto as concentrações de lactato apresentaram valores mais elevados para a sessão de exercícios realizada em terra (ritmo lento: 138 bpm, $3,1 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$; ritmo rápido: 161,5 bpm, $5,65 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) seguida pela sessão realizada em água rasa (ritmo lento: 121,5 bpm, $1,75 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$; ritmo rápido: 154 bpm, $3,15 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) e em água funda (ritmo lento:

97,5 bpm, 1,7 mmol·l⁻¹; ritmo rápido: 113,5 bpm, 1,75 mmol·l⁻¹). Os exercícios realizados não foram especificamente descritos para podermos ter uma maior compreensão acerca dessas respostas, assim como a determinação da intensidade, mas os autores sugerem que para uma mesma carga, os exercícios aquáticos apresentam uma menor demanda energética.

Cabe salientar que os estudos supracitados, embora apresentem resultados importantes, não foram realizados com a metodologia mais adequada. Esse fato ocorre porque para que esses resultados sejam obtidos na prática, devemos aplicar os mesmos modelos de aula dos autores (seqüência de exercícios e intensidades), que na maioria das pesquisas não são bem descritos. Logo, para uma melhor aplicação prática, o mais adequado seria a análise das respostas fisiológicas de cada um dos exercícios, facilitando a compreensão e possibilitando que, com esse conhecimento prévio, os leitores possam planejar diversos modelos de aulas.

Ao comparar diferentes exercícios específicos executados em diferentes meios, os resultados das pesquisas são controversos, devido aos diferentes exercícios estudados. Esses exercícios variam de acordo com o tipo de deslocamento e propriedade física da água utilizada, proporcionando diferentes respostas nas variáveis fisiológicas.

Johnson et al. (1977) analisaram o comportamento do VO₂ de oito indivíduos, de ambos os sexos, em exercícios localizados de hidroginástica, realizados na profundidade dos ombros em temperatura entre 26 e 26,5°C, comparado ao mesmo executado no meio terrestre. O exercício de membros superiores foi realizado na cadência de 66 bpm, com a combinação da abdução-adução e flexão-extensão dos ombros de 0 a 90°. O exercício de

membros inferiores foi realizado na cadência de 58 bpm, com a flexão e extensão do quadril. Como resultados, o meio aquático exigiu um maior VO_2 para os exercícios de membros superiores e inferiores, tanto para homens (aumento de 6,94 e 8,50 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ comparado com o repouso, respectivamente) como para mulheres (aumento de 6,25 e 5,43 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ comparado com o repouso, respectivamente). Além disso, o VO_2 dos homens foi mais elevado do que o das mulheres.

Análises similares foram realizadas por Cassady & Nielsen (1992), que avaliaram o comportamento do VO_2 de 40 indivíduos, de ambos os sexos, em exercícios localizados de hidroginástica, realizados em imersão na profundidade dos ombros em temperatura de 30°C. Os exercícios foram semelhantes aos realizados por Johnson et al. (1977), porém foram executados nas cadências de 60, 80 e 100 bpm. As respostas do VO_2 aumentaram com o aumento da cadência, sendo que os homens demonstraram valores maiores do que as mulheres tanto no meio aquático quanto no meio terrestre. Essas diferenças de sexo são devido à tendência de as mulheres apresentarem um maior percentual de gordura e membros geralmente menores e mais curtos que os homens, que oferecem menor resistência às forças hidrodinâmicas. Membros inferiores atingiram uma maior intensidade para cada cadência testada quando comparado com os membros superiores. Isso ocorre pelo fato de os membros inferiores representarem um maior massa muscular a ser vencida contra a resistência da água. Além disso, exercícios com membros inferiores e superiores na água resultaram em maiores valores de VO_2 do que na terra.

Esse maior VO_2 no meio aquático encontrado nos estudos de Johnson et al. (1977) e Cassady & Nielsen (1992) foi ocasionado pelos exercícios realizados. Tanto para membros superiores como inferiores, os movimentos foram localizados, executados em completa extensão e em grande amplitude, representando uma grande área projetada a ser vencida contra a resistência da água. Além disso, a diferença na densidade entre os meios pode elevar a intensidade no meio aquático para determinados exercícios quando executados na mesma velocidade que no meio terrestre, visto que a água é muito mais densa que o ar, com valores que correspondem a 1000 e $1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, respectivamente (McGINNIS, 2005).

Resultados divergentes aos dos estudos anteriores foram encontrados por Kruehl (2000). Seu estudo analisou o comportamento da FC, do VO_2 e do lactato de 23 indivíduos, que foram subdivididos em cinco grupos, cada um executando um tipo de exercício de hidroginástica. Os exercícios foram executados durante 5 min nas situações fora da água e em imersão nas profundidades de ombro e de cicatriz umbilical (temperatura entre 30 e 31°C). O ritmo de execução de cada um dos exercícios foi baseado no estudo de Moraes et al. (2002), cujo número de repetições de cada exercício foi verificado para a intensidade correspondente a “13 = um pouco intenso” da Escala de Percepção Subjetiva de Borg. As variáveis não apresentaram diferenças significativas entre os cinco exercícios realizados. Tanto para a FC como para o VO_2 , os exercícios realizados na profundidade de cicatriz umbilical demonstraram uma diminuição não significativa de 6,25% e 11,94%, respectivamente, em relação aos exercícios realizados fora da água, ao passo que na profundidade do ombro houve uma diminuição significativa de 17,36%

na FC e 25,57% no VO_2 . Contudo, os valores de lactato, demonstraram reduções significativas tanto para a imersão na cicatriz umbilical (41,12%), como para a imersão no ombro (47,75%). Segundo o autor, esses resultados demonstram que indivíduos, ao realizarem exercícios de hidroginástica em intensidade moderada, têm seu gasto energético diminuído à medida que aumenta a profundidade de imersão. É importante salientar que todos os exercícios utilizados nesse estudo eram estacionários e apresentavam pouca área projetada.

Esse menor VO_2 observado no meio aquático com exercícios aeróbicos de hidroginástica pode ser explicado devido à característica desses movimentos. No estudo de Krueel (2000), os exercícios eram estacionários, com troca de apoio de um membro inferior para outro, ou seja, com deslocamento vertical do corpo. Segundo Krueel (1994), a imersão na profundidade dos ombros representa um peso hidrostático reduzido, correspondente a 84,11% do peso corporal. Esse reduzido peso hidrostático representa um peso bem menor a ser deslocado na água, ao contrário do peso corporal total, que deve ser deslocado e carregado fora da água. Conseqüentemente, os exercícios aquáticos estudados, realizados no mesmo ritmo de execução dentro e fora da água apresentaram uma menor intensidade no meio líquido.

Alberton et al. (2005) analisaram o VO_2 de seis mulheres jovens ativas realizando três exercícios de hidroginástica dentro e fora da água. Os exercícios executados foram a corrida estacionária, o deslize lateral e o chute frontal até 45°, realizados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm. No meio aquático a temperatura foi mantida entre 32 e 33°C e a profundidade de imersão, no nível do processo xifóide. De acordo com os resultados, foi

observado um aumento do VO_2 com o aumento da cadência para todos os exercícios realizados. Para cada uma das cadências, não houve diferenças significativas entre os diferentes exercícios. Entretanto, a influência do meio sobre o comportamento do VO_2 foi dependente do exercício e cadências realizados. Apenas o exercício deslize lateral apresentou um maior VO_2 fora da água comparado com o meio líquido para todas as cadências; ao passo que a corrida estacionária só foi significativamente maior fora da água na cadência de 100 bpm e o chute frontal não apresentou diferenças significativas entre os meios para nenhuma das cadências. Assim, de acordo com esse estudo, não existe um padrão de comportamento do VO_2 entre o meio aquático e terrestre, pois seus valores são dependentes do ritmo de execução e do exercício realizado.

Além da comparação das respostas cardiorrespiratórias entre os meios aquático e terrestre, outros estudos analisaram essas respostas em distintas áreas projetadas, através da utilização de diferentes exercícios e equipamentos resistivos.

Alberton et al. (2007a) analisaram oito mulheres pós-menopáusicas e compararam as respostas de FC e VO_2 na execução de oito diferentes exercícios de hidroginástica. Cada exercício foi executado durante 4 min em imersão na profundidade do processo xifóide e temperatura entre 32 e 33°C, em um ritmo de execução de 60 bpm. Os resultados demonstraram diferenças significativas entre alguns dos oito exercícios, em que as respostas de FC e VO_2 para o exercício mais intenso apresentaram os valores de $135,94 \pm 10,45$ bpm e $16,48 \pm 3,49$ ml·kg⁻¹·min⁻¹, respectivamente, e para o menos intenso, de $97,04 \pm 11,92$ bpm e $8,22 \pm 1,66$ ml·kg⁻¹·min⁻¹, respectivamente. Essas

respostas estão diretamente associadas com as diferentes massas musculares envolvidas, áreas projetadas dos segmentos e suas respectivas amplitudes de movimento, fatores esses que proporcionam diferentes velocidades angulares quando o ritmo de execução é fixo. Esses resultados sugerem que a prescrição da aula de hidroginástica deve ser baseada na FC ou no VO_2 , e não no ritmo da música, visto que os diferentes exercícios analisados, quando realizados em um ritmo de execução fixo, apresentam diferentes intensidades.

O estudo de Becker et al. (2007) também comparou as respostas cardiorrespiratórias entre dois exercícios de hidroginástica, analisando um grupo de mulheres pós-menopáusicas (GPM) e outro de mulheres jovens (GMJ). Cada grupo era composto por seis mulheres, que realizaram os exercícios de corrida estacionária e chute frontal em imersão no processo xifóide, em temperatura entre 32,5 e 33°C. Como resultados, diferenças significativas na FC, VO_2 e SSE foram observadas entre os exercícios para os dois grupos, com valores maiores para o exercício chute frontal. Além disso, maiores valores de VO_2 e FC foram encontrados para GMJ, independente do exercício, sem apresentar diferenças na SSE. Contudo ao analisarem a intensidade relativa, o GPM apresentou valores de % do VO_2 de pico significativamente maiores.

Além de comparar as respostas cardiorrespiratórias entre diferentes exercícios, Pinto et al. (2006) também compararam essas respostas entre o uso ou não de diferentes equipamentos resistivos. Para tanto, dois exercícios foram analisados, o deslize frontal (DF) e o deslize lateral (DL), em três situações experimentais: sem equipamento resistivo, com o equipamento resistivo *Aqualogger* e com o equipamento resistivo *Aquafins*. Cada situação foi

realizada durante 4 min na cadência de 80 bpm, em imersão entre processo xifóide e ombros e temperatura entre 32 e 33°C. Ao comparar os diferentes exercícios, todas as situações apresentaram um comportamento mais elevado da FC e do VO_2 para o DF comparado ao DL, independente do uso ou não de equipamento. Essas diferenças também estão relacionadas à velocidade angular e massa muscular envolvida nos exercícios. Ao compararem as diferentes situações, o DF apresentou um aumento significativo no VO_2 nas duas situações de uso do equipamento, enquanto o DL não apresentou diferenças significativas. Já o comportamento da FC foi diferente entre as três situações para os dois exercícios, com maiores valores para a situação de uso do equipamento *Aquafins*, seguido pelo uso do equipamento *Aqualogger* e por fim sem uso de equipamento. Assim, os autores sugerem que o uso de equipamento resistivo pode aumentar a magnitude das respostas de FC e VO_2 , entretanto essas respostas dependem da escolha do exercício na água.

Em estudos subseqüentes, Pinto et al. (2007) também analisaram as respostas cardiorrespiratórias entre as situações de utilização ou não do equipamento *Aquafins*, porém comparando o uso do equipamento nos membros inferiores (MI), nos membros superiores (MS) e em ambos os membros (MI/MS). Onze mulheres jovens realizaram as quatro séries de exercício durante 4 min cada, em imersão entre o processo xifóide e os ombros e temperatura entre 32 e 33°C. O comportamento da FC e do VO_2 foi significativamente mais elevado na situação MI/MS, seguido por MI, MS e, por fim, os valores mais baixos para a situação sem uso de equipamento. Assim, os autores sugerem que a utilização do equipamento resistivo em aulas de

hidroginástica é indicada para adquirir-se melhorias no sistema cardiorrespiratório.

Já o estudo de Colado et al. (2006) analisou as respostas de FC e concentrações de lactato de cinco homens treinados realizando exercícios localizados com equipamento entre os meios terrestre e aquático (temperatura de 28°C). O movimento realizado foi a adução-abdução horizontal do ombro, executado na água com o equipamento Hydro-Tone Bells e na terra com uma banda elástica. Com o intuito de igualar a carga entre os meios, foi estabelecido um ritmo de execução e uma distância fixa para a banda elástica, para que ao final da execução de 25 repetições, os indivíduos atingissem a fadiga muscular. Como resultados, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na FC e nas concentrações de lactato entre as duas situações, demonstrando que o treinamento resistido também pode ser aplicado no meio aquático, quando uma metodologia adequada é empregada.

A partir desses estudos, podemos perceber que são muitos os fatores que exercem influência sobre as respostas da FC e do VO_2 no meio aquático, sendo fundamental o conhecimento desses parâmetros para uma adequada prescrição nessas atividades. Além disso, torna-se imprescindível o aprofundamento no estudo desses parâmetros associados às respostas eletromiográficas, cujo comportamento não é amplamente conhecido em todas as modalidades anteriormente citadas, em especial, nos exercícios aeróbicos de hidroginástica.

2.5. ALTERAÇÕES NAS RESPOSTAS NEUROMUSCULARES EM EXERCÍCIOS EM IMERSÃO

O estudo de Ikai et al. (1964) foi um dos precursores na análise da EMG no meio aquático. A partir de então, entre as décadas de sessenta e oitenta, outros investigadores iniciaram a testar diferentes metodologias de EMG em imersão, tais como comparação da EMG convencional e por telemetria, e utilização de eletrodos de profundidade e de superfície, entre outros (PÖYHÖNEN et al., 1999).

Mais tarde, diversos estudos foram realizados acerca da natação envolvendo a análise de várias musculaturas, normais e/ou lesionadas, nos diferentes estilos de nado (CLARYS, 1985; PINK et al., 1991; PERRY et al., 1992; PINK et al., 1993a; PINK et al., 1993b; RUWE et al., 1994).

Contudo, somente estudos mais recentes que testaram a reprodutibilidade da EMG no meio líquido (PÖYHÖNEN et al., 1999) e a eficácia do isolamento dos eletrodos de superfície, através da utilização de adesivos oclusivos (RAINOLDI et al., 2004b; FIGUEIREDO et al., 2006; BENFIELD et al., 2007), descrevendo suas respectivas metodologias e sugerindo que essas análises podem ser realizadas com segurança no meio líquido.

Rainoldi et al. (2004b) analisaram as respostas EMG do músculo bíceps braquial de dez homens no meio terrestre e aquático em várias situações. Para tanto, a imersão parcial do membro analisado foi realizada em uma piscina com a temperatura de 25°C. Eles objetivaram comparar as respostas isométricas submáximas (50% da contração voluntária máxima - CVM) do músculo

supracitado nas seguintes situações: meio terrestre; meio aquático sem isolamento sobre os eletrodos; meio aquático sem isolamento sobre os eletrodos e com movimento da água; meio aquático com isolamento sobre os eletrodos e com movimento da água. A amplitude dos sinais EMG obtidos no meio aquático sem isolamento sobre os eletrodos apresentaram uma redução estatisticamente significativa, com valores de cerca de 6,7% dos valores obtidos no meio terrestre. Ao contrário das situações anteriores, o sinal obtido no meio aquático com isolamento sobre os eletrodos foi semelhante ao obtido no meio terrestre. Os autores justificam que o movimento da água atuando diretamente sobre os eletrodos introduz componentes de baixa frequência significativos, alterando os dados de mediana da frequência e média da frequência, e conseqüentemente os dados de amplitude EMG. Já, o uso de adesivos isolantes, que impedem a entrada e contato direto de água nos eletrodos permite que o sinal obtido no espectro de frequência seja semelhante ao obtido no meio terrestre, com dados originais de amplitude EMG.

O estudo de Figueiredo et al. (2006) analisou as respostas EMG dos músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior, oblíquo externo e reto femoral de 14 mulheres durante a execução de um exercício pré e pós-imersão na água com a utilização de isolamento sobre os eletrodos, a fim de verificar a influência do meio líquido. O protocolo realizado constou na execução de um exercício abdominal de referência no meio terrestre, execução de exercícios abdominais em imersão no meio aquático (temperatura de 30,5°C) durante 20 min e repetição do primeiro exercício terrestre novamente. Como resultados, não foram verificadas diferenças significativas na amplitude do sinal EMG para nenhum dos músculos analisados entre as situações pré e pós-

imersão, demonstrando que a metodologia de isolamento empregada foi eficaz, não provocando alterações no sinal EMG.

Benfield et al. (2007) também analisaram o sinal EMG dos músculos abdominais de 11 mulheres saudáveis no meio terrestre e em imersão na profundidade do peito, na temperatura de 37°C (com a utilização de isolamento sobre os eletrodos). Os indivíduos permaneceram sentados em uma cadeira e realizaram 3 repetições de elevação das pernas em extensão completa com manutenção na posição por 5 s, a cada 5 min, ao longo de 60 min. Para o meio aquático, foram acrescentados 9 kg de peso nos tornozelos. Os resultados demonstraram que o sinal EMG foi semelhante entre os meios, quando o isolamento foi eficaz e impediu o contato da água com os eletrodos. Além disso, os autores reportaram que, para os sinais cujo isolamento permaneceu intacto, o sinal exibiu linhas de base estáveis, com a ausência de artefatos de baixa frequência, ao contrário dos que o isolamento não obteve sucesso.

Além das metodologias de isolamento realizadas com a utilização de adesivos oclusivos sobre os eletrodos de superfície, utilizadas nos estudos anteriores, outros estudos utilizaram também roupas de neoprene, a fim de impedir o contato da água com os eletrodos (ERVILHA et al., 2001; COULANGE et al., 2006). Porém a utilização dessas pode limitar o movimento em exercícios dinâmicos, como os utilizados no presente estudo.

A atividade EMG de exercícios realizados em imersão, com contrações isométricas (FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002; VENEZIANO et al., 2006; ALBERTON et al., 2007b) ou dinâmicas (KELLY et al., 2000; ERVILHA et al., 2001; FIGUEIREDO et al., 2004; MIYOSHI et al., 2004; MASUMOTO et al., 2004; MASUMOTO et al.,

2005; BARELA et al., 2006; BARELA & DUARTE, 2006; KANEDA et al., 2007), de forma localizada ou em deslocamento horizontal, foi analisada e comparada com a atividade dos mesmos exercícios realizados no meio terrestre. Não há um comportamento padrão para essas respostas, visto que os estudos sobre a ativação EMG divergem quanto ao tipo de atividade, tipo de contração, musculatura analisada e indicadores de intensidade (velocidade, FC ou SSE).

Analisando contrações isométricas, Fujisawa et al. (1998) investigaram em seu estudo a atividade EMG dos músculos do ombro durante exercícios aquáticos e terrestres. Oito homens voluntários realizaram nove exercícios isométricos de 5 s em cada um dos meios: flexão do ombro em 30, 60 e 90°, abdução do ombro em 30, 60 e 90° e rotação interna máxima, rotação externa máxima e posição neutra, com a análise dos músculos supra-espinhoso, infra-espinhoso, peitoral maior (porções clavicular e esternal), deltóide (porções anterior, média e posterior) e grande dorsal. Como resultados, foram encontrados valores de amplitude do sinal EMG significativamente mais elevados para o meio terrestre do que para o meio aquático em quase todos os músculos analisados. Os autores sugerem que essa redução da atividade EMG dos músculos do ombro está relacionada à diminuição do peso hidrostático desse segmento, resultante da flutuação.

Pöyhönen et al. (1999) também analisaram e compararam a atividade EMG em um exercício isométrico realizado no meio aquático e terrestre. A ativação muscular do vasto medial, vasto lateral e bíceps femoral durante a contração isométrica máxima dos flexores e extensores do joelho foi analisada em um grupo de 20 sujeitos. Os testes foram realizados com os indivíduos sentados com ângulos de quadril e joelho mantidos a 90° para ambos os meios,

sendo que, no meio líquido, os testes foram realizados em imersão no ponto médio do esterno e temperatura da água de 30°C. Como resultados, também foram encontrados valores de amplitude do sinal EMG mais elevados para o meio terrestre quando comparados ao meio aquático, para valores semelhantes de produção de força. Segundo os autores, essa diminuição da amplitude do sinal EMG em imersão pode ser explicada por fatores eletromecânicos, tal como o contato da água ou fixação dos cabos (não foi utilizada proteção sobre os eletrodos), ou neurofisiológicos. Esses últimos são justificados pelos autores devido ao reduzido peso hidrostático na água pode afetar o sistema neuromuscular, especialmente os proprioceptores (tal como o fuso muscular) que influenciam nas respostas de contração máxima.

Estudo similar foi realizado por Pöyhönen & Avela (2002), que analisaram as respostas EMG dos músculos sóleo e gastrocnêmio medial durante a contração isométrica máxima e submáxima (50% da CVM) dos flexores plantares em um grupo de seis homens saudáveis. O mesmo protocolo foi realizado no meio terrestre e aquático, com imersão na profundidade do esterno e temperatura de 30°C. Como resultados, a CVM diminuiu 13% no meio aquático e a amplitude do sinal EMG, 29 e 27,3% para o gastrocnêmio medial e 34,8 e 25,2% para sóleo, em contrações máximas e submáximas, respectivamente. Da mesma forma que no estudo anterior, os autores justificam que essas respostas se devem à função reduzida de alguns mecanismos reflexos devido à pressão hidrostática e o reduzido peso hidrostático.

Resultados divergentes aos dos estudos anteriores foram encontrados no estudo de Veneziano et al. (2006). Esses autores analisaram as respostas

EMG do músculo abductor curto do polegar de 10 homens, realizando contrações isométricas a 40% da CVM no meio terrestre e aquático com a imersão do antebraço na temperatura de 32,5°C. Nenhuma diferença significativa foi observada entre os meios na mediana da frequência e no valor *root mean square* do sinal EMG entre as duas situações. Os autores sugerem que com alguns fatores de confusão bem controlados, tais como tipo de protocolo (eliminando os efeitos da flutuação), temperatura da pele (refletindo a temperatura muscular) e utilização de isolamento adequado sobre os eletrodos, semelhantes respostas EMG podem ser obtidas entre os meios com a imersão parcial do membro analisado.

Corroborando com os resultados do estudo anterior, Alberton et al. (2007b) verificaram as respostas EMG do músculo vasto lateral em exercício isométrico nos meios terrestre e aquático. Para tanto, oito mulheres ativas realizaram a CVM isométrica de extensores do joelho, com o quadril e joelhos em flexão de 90°, contra resistência fixa. No ambiente aquático, a temperatura foi mantida em 30°C, e a profundidade de imersão, no nível da cicatriz umbilical. Como resultados, não houve diferenças significativas nos valores EMG entre os meios, sugerindo que o ambiente aquático pode produzir similares ativações musculares em contrações máximas com a imersão total do corpo.

No que se refere a contrações dinâmicas, Kelly et al. (2000) analisaram a atividade EMG dos músculos do ombro durante exercícios executados nos ambientes aquático e terrestre. Seis homens realizaram a flexão dos ombros no plano escapular, de 0 a 90°, em três diferentes velocidades (30, 45 e 90°·s⁻¹) em cada um dos meios. Foram analisados os músculos supra-espinhoso, infra-espinhoso, subescapular e deltóide (porções anterior, média e posterior). Como

resultados, houve um aumento significativo na amplitude do sinal EMG com o aumento da velocidade de execução para todos os músculos testados. Ao comparar os meios terrestre e aquático, o comportamento EMG foi dependente da velocidade de execução. As respostas EMG foram significativamente mais elevadas para o meio terrestre para as velocidades mais baixas (30 e $45^{\circ}\cdot s^{-1}$) em todos os músculos testados (exceto no deltóide médio que não apresentou diferenças significativas entre os meios na velocidade de $45^{\circ}\cdot s^{-1}$). Em contrapartida, não houve diferenças significativas na atividade EMG entre os meios na velocidade de $90^{\circ}\cdot s^{-1}$, com uma tendência de os valores serem maiores no meio aquático. Os autores sugerem que a velocidade rápida de $90^{\circ}\cdot s^{-1}$ parece ser, no meio aquático, o ponto onde os efeitos de flutuação são suprimidos pelos efeitos resistivos da água.

No estudo de Figueiredo (2004), a atividade EMG dos músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior, oblíquo externo e reto femoral de 20 mulheres foi comparada entre exercícios abdominais realizados nos meios aquático (temperatura de $30,5^{\circ}C$) e terrestre. Como resultados, todos os exercícios (fase ascendente e descendente do movimento) realizados no meio líquido em ritmo padrão apresentaram um menor sinal EMG comparado ao exercício referência realizado no meio terrestre. Segundo o autor, o efeito da diminuição do peso hidrostático pode ter sido o responsável por essa menor ativação. Entretanto, ao analisar somente a fase ascendente, verificou-se que em todos os exercícios realizados na água em ritmo padrão, a atividade dos músculos reto abdominal superior e inferior não apresentou diferença significativa quando comparada à mesma fase do exercício referência em terra. Dessa forma, a diminuição do peso hidrostático deve ter sido compensada pela

maior resistência da água, para exigir a mesma atividade muscular. Já na fase descendente, além de menor intensidade, o padrão de atividade muscular se modifica nos exercícios aquáticos, em função de que a musculatura antagonista provavelmente deve estar ativa para a realização do movimento.

Entre os estudos que analisaram contrações dinâmicas, a caminhada aquática tem recebido atenção especial. Barela et al. (2006) analisaram os músculos tibial anterior, gastrocnêmio medial, vasto lateral, cabeça curta e longa do bíceps femoral, tensor da fáscia lata, reto abdominal e eretor espinhal de dez homens jovens na caminhada realizada no meio aquático e terrestre. A velocidade de execução foi auto-selecionada, executada em um ritmo confortável. Para o ambiente aquático, a profundidade de imersão foi mantida no processo xifóide com os braços fora da água. O comportamento de todos os músculos ao longo do ciclo de passada foi diferente entre os meios. Apenas o gastrocnêmio medial apresentou um padrão similar entre os meios, mas o pico de atividade EMG foi atrasado cerca de 10% no ambiente aquático.

No estudo de Barela & Duarte (2006) também foi analisado o comportamento EMG de oito músculos durante a caminhada no meio aquático e terrestre, porém com avaliação de 10 idosos (70 ± 6 anos), utilizando a mesma metodologia do estudo anterior. Assim como os resultados obtidos para os jovens, o padrão de atividade EMG da caminhada foi diferente entre os meios para todos os músculos, com um comportamento similar apenas para o gastrocnêmio medial. Os autores atribuem essas diferenças, em ambos os estudos, ao mais baixo peso hidrostático e força de resistência oferecidos pela água, assim como a mais baixa velocidade de caminhada selecionada pelos sujeitos na água.

Da mesma forma, Ervilha et al. (2001) analisaram a atividade EMG dos músculos vasto lateral, bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio lateral de dez homens durante a caminhada aquática e terrestre. Para tanto, os indivíduos percorreram 10 vezes uma distância de 12 m no meio terrestre e no meio aquático em imersão na profundidade da espinha íliaca ântero-superior, com velocidades auto-selecionadas pelos indivíduos e valores correspondentes a aproximadamente $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e $0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente. Como resultados, os padrões de intensidade do sinal EMG para os quatro músculos estudados diferiram de acordo com o meio, com diferenças temporais significativas na distribuição de magnitudes entre os sinais EMG coletados no meio aquático e terrestre. Entretanto, embora o padrão de atividade EMG tenha sido alterado devido ao meio, a relação de sinergismo entre pares de músculos agonistas e antagonistas manteve-se a mesma.

Miyoshi et al. (2006) investigaram as respostas EMG dos músculos sinergistas sóleo e gastrocnêmio medial de dez homens na caminhada aquática, realizada em imersão na profundidade da axila, em temperatura de 34°C . As situações realizadas foram correspondentes às velocidades auto-selecionadas lenta, moderada, rápida e muito rápida, cada uma realizada sem carga e com cargas de 4 e 8 kg. Como resultados, um padrão de ativação claramente distinto foi observado entre os músculos. A atividade EMG do músculo gastrocnêmio medial aumentou com o acréscimo da velocidade, ao passo que variações no padrão EMG do músculo sóleo foram mais dependentes das alterações nas cargas.

Miyoshi et al. (2004) também compararam o sinal EMG entre a caminhada realizada em meio terrestre e aquático, porém em três velocidades

de execução auto-selecionadas pelos indivíduos, que corresponderam a intensidades lenta, moderada e rápida. Nesse estudo, foram analisados os músculos gastrocnêmio medial, tibial anterior, bíceps femoral e reto femoral de 15 homens. Para a caminhada no meio aquático, a temperatura da água foi mantida em 34°C e a profundidade de imersão, no nível da axila. Os resultados demonstraram que, para a velocidade moderada, os músculos gastrocnêmio medial e bíceps femoral apresentaram uma maior atividade EMG no meio aquático do que no meio terrestre. Para as velocidades lenta e rápida, somente o músculo bíceps femoral foi significativamente maior no meio aquático. Já os músculos tibial anterior e reto femoral não apresentaram diferenças significativas entre os meios para nenhuma das velocidades. Segundo os autores, essa atividade aumentada do bíceps femoral deve-se ao fato de que a musculatura extensora do quadril tem como função principal a propulsão e por isso essa musculatura deve ser mais exigida no meio aquático, devido à maior resistência da água oferecida pela maior densidade desse meio ($1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) comparado ao ar ($1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) (McGINNIS, 2005).

Ao contrário do estudo anterior, Masumoto et al. (2004) encontraram uma menor atividade EMG dos músculos glúteo médio, reto femoral, vasto medial, bíceps femoral, tibial anterior, gastrocnêmio lateral, reto abdominal e para-espinais em seis indivíduos caminhando no meio aquático em diferentes velocidades comparado ao meio terrestre. Nesse estudo, entretanto, a caminhada no meio terrestre foi realizada em esteira rolante e a caminhada no meio aquático, em um *flowmill* em duas situações, com e sem fluxo corrente de água. Os testes aquáticos foram realizados na profundidade do processo xifóide em temperatura de água de 31°C. A fim de induzir um gasto energético

semelhante entre os meios, as velocidades na esteira terrestre foram de 60, 80 e 100 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$, que correspondiam ao dobro das velocidades na água, 30, 40 e 50 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Cada velocidade foi realizada durante 1 min, com 1 min de intervalo, e representavam intensidades leve, moderada e alta. Os resultados demonstraram que a caminhada na água, tanto com como sem água corrente, apresentou valores de amplitude do sinal EMG significativamente menores do que os obtidos durante a caminhada em meio terrestre. Além do mais, houve uma tendência de os valores aquáticos com água corrente serem maiores do que os sem água corrente.

A mesma metodologia do estudo de Masumoto et al. (2004) foi empregada na pesquisa realizada por Masumoto et al. (2005), porém comparando a caminhada de costas entre os meios aquático e terrestre em seis sujeitos saudáveis. As velocidades utilizadas na esteira terrestre foram de 3,6; 4,8 e 6 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, que correspondiam ao dobro das velocidades na água, 1,8; 2,4 e 3,0 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Os resultados demonstraram que todos os músculos testados, exceto os paraespinhais, apresentaram respostas de amplitude do sinal EMG significativamente mais baixas no meio aquático comparadas ao meio terrestre. Além disso, as respostas da caminhada com fluxo corrente de água foram mais elevadas do que sem fluxo, visto que o fluxo impõe uma maior resistência ao movimento. Já as respostas EMG dos paraespinhais foram significativamente maiores na água com corrente do que na água sem corrente ou no meio terrestre. Os autores sugerem que a ativação muscular diminuída pode ser explicada pelo reduzido peso hidrostático provocado pelo empuxo atuando sobre o sistema neuromuscular, pelas alterações nos mecanismos reflexos e

proprioceptivos com a imersão, ação da pressão hidrostática e diferenças no padrão da cinemática.

Já a pesquisa de Masumoto et al. (2007) realizou a comparação da amplitude do sinal EMG dos músculos glúteo médio, reto femoral, vasto medial, bíceps femoral, tibial anterior, gastrocnêmio lateral, reto abdominal e paraespinhais em dez sujeitos saudáveis realizando a caminhada de frente e de costas no meio aquático com e sem fluxo corrente de água. As velocidades utilizadas foram 1,8; 2,4 e 3,0 km·h⁻¹, com a mesma metodologia utilizada nos estudos anteriores dos mesmos autores. As respostas EMG dos músculos paraespinhais, vasto medial e tibial anterior foram significativamente maiores para a caminhada de costas do que para a caminhada de frente, para cada situação experimental.

Além de investigar a caminhada em terra e a caminhada na água, Kaneda et al. (2007) investigaram também as respostas EMG dos músculos tibial anterior, sóleo, gastrocnêmio medial, reto femoral, vasto lateral e bíceps femoral no *deep water running*. As velocidades de execução foram auto-selecionadas pelos indivíduos, e corresponderam a intensidades lenta, moderada e rápida. Os resultados demonstraram atividades EMG semelhantes entre as três situações para os músculos tibial anterior, reto femoral e vasto lateral e diferenças significativas para os demais. No *deep water running*, a atividade EMG dos músculos sóleo e gastrocnêmio foi significativamente menor do que nas caminhadas em terra e na água. Entretanto, a atividade do bíceps femoral nessa modalidade foi significativamente maior, provavelmente pela mais acentuada flexão do joelho ou extensão do quadril durante sua execução.

É importante salientar que essas diferentes respostas na atividade muscular podem resultar dos diferentes tipos de caminhada realizados. Segundo Shono et al. (2001b), na caminhada ao longo da piscina, o corpo deve deslocar-se horizontalmente através da água, vencendo a sua resistência, que é aumentada quando comparada com a resistência do ar (McGINNIS, 2005), enquanto na caminhada em esteira submersa o corpo mantém-se no lugar, sofrendo mais a influência do empuxo e reduzido peso hidrostático que atuam no sentido vertical (KRUEL, 1994; KRUEL & TARTARUGA, 2001; FINKELSTEIN et al., 2004). Por esse motivo, exercícios estacionários e/ou localizados, com movimentos de deslocamento vertical do corpo podem apresentar uma menor sobrecarga e conseqüente consumo de oxigênio mais baixo dentro da água comparado com fora da água, dependendo da velocidade de execução, podendo assim conseqüentemente exigir uma menor ativação EMG.

A atividade EMG dos exercícios realizados em imersão sofre também a influência da resistência da água ($R = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot Cd$). Podemos alterar a resistência da água e, conseqüentemente, a ativação muscular, ao realizarmos um mesmo exercício em diferentes velocidades de execução, ou com o acréscimo de área projetada como, por exemplo, a utilização de equipamentos resistivos, conforme os estudos que seguem.

Müller et al. (2005) analisaram a amplitude do sinal EMG dos músculos oblíquo externo, reto femoral e porções supra e infra-umbilical do reto abdominal de 20 mulheres no exercício abdominal “*sit-up*”. Esse foi realizado nos meios aquático (temperatura de 30,5°C) e terrestre em ritmo padrão e velocidade máxima. Como resultados, verificou-se uma maior atividade

eletromiográfica na velocidade máxima comparada ao ritmo padrão, tanto no ambiente terrestre como aquático, para todos os músculos, exceto para reto femoral. Ao analisar a fase ascendente do exercício aquático na velocidade máxima, observou-se que esses músculos apresentaram uma atividade EMG tão eficiente quanto o mesmo exercício em terra. Isso demonstra que a resistência ao movimento proporcionada pela velocidade é uma excelente estratégia para aumentar a ativação muscular nos exercícios em meio líquido.

O aumento da atividade muscular em exercícios aquáticos proporcionado pelo aumento da velocidade de execução também foi observado na pesquisa de Black (2005). Em seu estudo, a atividade EMG foi analisada nos músculos reto femoral e bíceps femoral de 12 mulheres jovens durante a execução do movimento de flexão até 45° e extensão de quadril no meio líquido. Esse exercício foi realizado com e sem a utilização de equipamento resistivo, nas cadências de 40, 60 e 80 bpm e em velocidade máxima. Para diferentes cadências, os músculos analisados apresentaram uma tendência de aumento no valor RMS conforme o aumento da cadência, entretanto somente foram encontradas diferenças significativas entre cada uma das cadências comparada à velocidade máxima. Para as cadências de 40 e 80 bpm, foram observadas diferenças significativas entre o exercício realizado com e sem equipamento para o músculo reto femoral e não foram encontradas diferenças significativas para o bíceps femoral. Na velocidade máxima, não foram encontradas diferenças significativas entre o uso ou não de equipamento resistivo para nenhum dos músculos analisados, visto que a não utilização de equipamento resistivo pode ter sido compensada pela maior velocidade angular empregada no movimento. Assim, ambas as estratégias, aumento de

velocidade e/ou aumento de área projetada, podem ser válidas para o aumento da ativação EMG no meio líquido.

Resultados semelhantes foram observados no estudo de Pöyhönen et al. (2001a), que também analisaram a influência da utilização de equipamento resistivo no meio líquido na atividade elétrica muscular em máxima velocidade. Nesse estudo, 18 sujeitos saudáveis realizaram o movimento de flexão e extensão do joelho (115 a 0°) em velocidade máxima com análise dos músculos vasto lateral, vasto medial, bíceps femoral e semitendinoso sentados em imersão na profundidade do esterno em temperatura 30°C. Os resultados demonstraram que a utilização de equipamento resistivo incrementa significativamente o nível de resistência na água, pelo aumento da área projetada, entretanto a amplitude do sinal EMG revelou respostas semelhantes nas duas condições, visto que a velocidade angular do exercício sem equipamento foi bem maior do que aquele com a utilização do equipamento resistivo.

Embora o uso ou não do equipamento resistivo produza ativação similar em velocidades máximas, como pode ser visto nos trabalhos de Black (2005) e Pöyhönen et al. (2001a), o padrão da atividade agonista e antagonista parece ser influenciado pela utilização de equipamento. Alberton et al. (2006) analisaram a amplitude do sinal EMG durante a atividade agonista e antagonista dos músculos reto e bíceps femoral na flexão até 45° e extensão de quadril no meio líquido, com e sem a utilização de equipamento resistivo, na cadência submáxima de 40 bpm e na velocidade máxima. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre a situação de uso ou não de equipamento resistivo para todas as situações,

exceto para o bíceps femoral na máxima velocidade. Entretanto, o uso de equipamento resistivo produziu semelhantes % da CVM da ativação antagonista comparada à ativação agonista no máximo esforço para ambos os músculos. Assim, a utilização de equipamento pode aumentar a ativação antagonista para níveis semelhantes aos dos agonistas, ao passo que sem o equipamento existe um predomínio da ativação agonista.

Essa ativação EMG precoce da musculatura antagonista, com redução na musculatura agonista, também foi observada no estudo de Pöyhönen et al. (2001b). Nesse estudo foi analisada a influência do tipo de fluxo, turbulento ou laminar, para os exercícios no meio líquido realizados na máxima velocidade. Os músculos vasto lateral e vasto medial do quadríceps e bíceps femoral e semitendinoso dos ísquios-tibiais foram analisados em 18 indivíduos durante a realização da flexão e extensão do joelho em contração dinâmica (120 a 0°) no meio líquido. Foram realizados dois tipos de testes: no primeiro, foi realizada uma simples repetição no máximo esforço para o movimento de flexão e, após, para o movimento de extensão, contra água parada gerando um fluxo laminar; já no segundo, foram realizadas oito repetições de flexão e extensão no máximo esforço, gerando um fluxo turbulento. Durante a simples repetição, os resultados demonstraram que a resposta muscular na execução do movimento foi puramente concêntrica, com uma reduzida co-ativação da musculatura antagonista. Foi observada uma grande ativação do quadríceps na extensão do joelho e dos ísquio-tibiais, na flexão, necessárias para acelerarem o movimento contra a água. Durante a fase final do movimento, houve uma mínima atividade antagônica, para frear o movimento. Entretanto, nas repetições máximas contra fluxo turbulento, ocorreu uma redução no sinal EMG da musculatura agonista,

com precoce ativação da musculatura antagonista. Mecanismos inibitórios que previnem aumentos na velocidade angular durante movimentos aquáticos podem ser os responsáveis por esse comportamento.

As respostas cardiorrespiratórias e eletromiográficas no meio líquido já foram amplamente estudadas, porém de forma isolada. Sabe-se, portanto, a partir dos estudos anteriormente descritos, que exercícios realizados no meio líquido podem apresentar valores de VO_2 , FC e ativação EMG maiores, menores ou semelhantes comparados aos exercícios terrestres, de acordo com o indicador de intensidade, tipo de deslocamento e aproveitamento das propriedades físicas da água objetivada. Porém, não foram encontrados estudos com a análise dessas variáveis na execução do mesmo exercício, assim como a relação entre esses comportamentos.

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

3.1. AMOSTRA

A amostra foi composta por 12 mulheres ativas voluntárias, com idade entre 19 e 25 anos, ambientadas ao meio líquido.

3.1.1. Cálculo do Tamanho da Amostra

Para o presente estudo, calculou-se o “n” amostral com base nos estudos de Alberton et al. (2005), que verificaram as respostas do consumo de oxigênio entre diferentes cadências e meios em exercícios de hidroginástica; de Kruehl (2000), que verificou as respostas da frequência cardíaca entre diferentes meios em exercícios de hidroginástica; e de Black (2005), que analisou as respostas da amplitude do sinal EMG entre diferentes cadências em exercícios localizados de hidroginástica. No presente trabalho optou-se por esses estudos para o cálculo amostral, devido à semelhança com as avaliações realizadas aqui.

O cálculo foi realizado para amostras emparelhadas através do programa PEPI versão 4.0, no qual foi adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 80%, e um coeficiente de correlação de 0,7 para todas as variáveis. Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas dos estudos supracitados, os cálculos realizados demonstraram a

necessidade de um “n” de no mínimo sete indivíduos para o consumo de oxigênio, 12 indivíduos para a frequência cardíaca e 10 indivíduos para a ativação eletromiografia.

Por meio desses dados, foi estabelecido que nosso experimento fosse composto por 12 indivíduos.

3.1.2. Critérios de Inclusão

Mulheres aparentemente saudáveis, ativas, com idade entre 19 e 25 anos, ambientadas ao meio líquido, praticantes de hidroginástica por no mínimo três meses, isentas de doenças músculo-esqueléticas, ósteo-articulares, cardíacas, pulmonares ou uso de medicação.

3.1.3. Critérios de Exclusão

Mulheres atletas e fumantes.

3.1.4. Procedimentos para Seleção da Amostra

A amostra foi selecionada de forma não aleatória, por voluntariedade. Os indivíduos foram convidados através de comunicação oral para participação na pesquisa. Os voluntários compareceram em data e horários pré-estabelecidos para as sessões de coleta de dados.

3.1.5. Termo de Consentimento Informado

Ao ingressar na pesquisa, todos os sujeitos leram e assinaram um termo de consentimento informado (ANEXO A), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, registrado com o cadastro 2006566 (ANEXO B), no qual constavam todas as informações pertinentes ao estudo.

3.2. VARIÁVEIS

3.2.1. Variáveis Dependentes

- Freqüência cardíaca (FC)
- Consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.)
- Consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.)
- Percentual da freqüência cardíaca máxima ($\%FC_{m\acute{a}x}$)
- Percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2m\acute{a}x}$)
- Velocidade angular média do quadril (VAMQ)
- Velocidade angular de pico do quadril (VAPQ)
- Amplitude do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral (RF)
- Amplitude do sinal eletromiográfico do músculo vasto lateral (VL)
- Amplitude do sinal eletromiográfico do músculo semitendinoso (ST)
- Amplitude do sinal eletromiográfico da porção curta do músculo bíceps femoral (BF)

3.2.2. Variáveis Independentes

- Cadências dos exercícios de hidroginástica
 - 60 bpm
 - 80 bpm
 - 100 bpm
 - Máxima

- Meios onde os exercícios são realizados
 - Meio aquático
 - Meio terrestre

- Fases do movimento
 - Flexão do quadril
 - Extensão do quadril

3.2.3. Variáveis de Controle

- Temperatura da água: mantida entre 30 e 31°C, com valor médio de $30,88 \pm 0,13^\circ\text{C}$.
- Profundidade de imersão: mantida entre processo xifóide e ombros.

3.2.4. Variáveis Intervenientes

- Temperatura ambiente: mensurada entre 25 e 28°C, com valor médio de $26,56 \pm 0,39^\circ\text{C}$.

3.2.5. Variáveis de caracterização da amostra

- Idade
- Estatura
- Massa corporal
- Massa corporal magra
- Gordura corporal
- Freqüência cardíaca máxima
- Consumo de oxigênio máximo

3.2.6. Tratamento das variáveis independentes

Para a coleta das variáveis dependentes, dois protocolos de testes foram realizados: um no meio terrestre e outro no meio aquático, com um intervalo de duas horas entre eles. Para cada um dos meios, o exercício de corrida estacionária foi realizado durante 4 min em 3 cadências submáximas (60, 80 e 100 bpm) e durante 15 s no máximo esforço, com um intervalo de 5 min entre cada situação. Durante o exercício submáximo, a aquisição dos dados cardiorrespiratórios, neuromusculares e cinemáticos foi realizada a partir do terceiro minuto de cada cadência. Na velocidade máxima, foi realizada

somente a aquisição dos dados neuromusculares e cinemáticos, durante toda a execução.

3.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para esta pesquisa, foram utilizados os equipamentos do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPEX – UFRGS).

3.3.1. Fichas de Coleta de Dados

Para a coleta de dados de caracterização da amostra foi utilizada uma ficha de dados individuais com o registro das informações referentes às participantes, tais como, nome, data de nascimento, tempo de prática de hidroginástica, massa corporal, estatura, valores de dobras cutâneas, consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) (ANEXO C).

Para a coleta de dados do teste máximo, foi utilizada uma ficha, na qual consta uma tabela para o registro dos dados de FC, VO_2 , VCO_2 e Ventilação a cada 20 s do início do teste até o máximo esforço (ANEXO D).

Para a coleta de dados dos protocolos de exercício aquático e terrestre, foi utilizada uma ficha de coleta de dados, na qual constam os dados referentes aos sujeitos da amostra tais como: data, nome, código, idade, massa, estatura, temperatura ambiente, temperatura da água e pressão barométrica. Além disso,

constam tabelas para o registro dos dados de FC e VO_2 para as situações de repouso (decúbito dorsal e posição ortostática) e exercício, com a identificação das cadências, dos meios e observações (ANEXO E).

3.3.2. Balança

Para a determinação da massa corporal, foi utilizada uma balança de alavanca, da marca FILIZOLA, com resolução de 100 g.

3.3.3. Estadiômetro

Para a determinação da estatura, foi utilizado um estadiômetro da marca FILIZOLA, que é constituído de uma escala métrica, na qual desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo na posição ortostática. Esta escala é fixa a uma base apoiada no solo, com resolução de 1 mm.

3.3.4. Plicômetro

Para a medida das dobras cutâneas, foi utilizado um plicômetro da marca LANGE, com resolução de 1 mm.

3.3.5. Esteira Rolante

Para a realização do teste máximo, foi utilizada uma esteira ergométrica modelo 10200 ATL, marca INBRAMED (Porto Alegre, Brasil), com resolução de velocidade e inclinação de $0,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e 1%, respectivamente.

3.3.6. Barômetro

Para a verificação da pressão atmosférica, foi utilizado um barômetro digital modelo PTB 220TS, da marca VAISALA, com resolução de 1 HPa.

3.3.7. Termômetro

Para a verificação da temperatura da água, foi utilizado um termômetro químico, de líquido vermelho, da marca INCOTERM, apresentando resolução de 1°C .

3.3.8. Metrônomo

Para a determinação do ritmo de execução dos exercícios, tanto no meio aquático como terrestre, foi utilizado um metrônomo digital modelo MA-30, da marca KORG, com amplitude de 40 a 208 bpm, e resolução de 1 bpm.

3.3.9. Variáveis Cardiorrespiratórias

3.3.9.1. Analisador de Gases Portátil

Para a avaliação do consumo de oxigênio, tanto no teste máximo em laboratório, como nos protocolos de exercícios terrestres e aquáticos, utilizou-se um analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura, modelo KB1-C, da marca AEROSPORT (Ann Arbor, USA) (KING et al., 1999). Esse foi acoplado a um pneumotacógrafo, com variação de 2 a 225 l·min⁻¹ para fluxos baixo, médio e alto. A taxa de amostragem dos valores coletados foi de 20 s. A fonte de alimentação utilizada foi uma fonte chaveada HAYAMA, modelo CH 1220 (Londrina, PR).

3.3.9.2. Máscara

Para a coleta dos gases respiratórios foi utilizada uma máscara de neoprene acoplada ao pneumotacógrafo.

3.3.9.3. Sensor de Batimentos Cardíacos

Para a avaliação da frequência cardíaca foi utilizado um transmissor T61TM da marca POLAR, com um monitor de pulso S610TM.

3.3.10. Variáveis neuromusculares

3.3.10.1. Eletroestimulador

Para a determinação do ponto motor, foi utilizado um eletroestimulador modelo EGF 4030, da marca CARCI.

3.3.10.2. Eletromiógrafo

Para a aquisição dos dados eletromiográficos, foi utilizado um eletromiógrafo Miotool 400, da marca MIOTEC Equipamentos Biomédicos. O equipamento é composto por um sistema de 4 canais, com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal, variação de ganho de 200 a 1000 vezes e modo de rejeição comum maior que 126 Db. A energia foi fornecida por um Sistema de Baterias. Os dados foram transmitidos por conexão a um microcomputador via entrada USB.

3.3.10.3. Eletrodos de Superfície

Foram utilizados eletrodos adesivos de superfície, com 10 mm de raio de área condutora e 15 mm de raio total, pré-amplificados com configuração bipolar modelo Mini Medi-Trace 100, da marca Kendall Medtrace.

3.3.10.4. Adesivos Oclusivos

Para o isolamento dos eletrodos, foram utilizados adesivos oclusivos transparentes TEGADERM da marca 3M, modelo 1634W, com dimensões 6 cm X 7 cm e 1626W, com dimensões 10 cm X 12 cm.

3.3.10.5. Silicone

Para auxiliar o isolamento dos eletrodos, foi utilizada cola de silicone transparente Loctite Super Flex.

3.3.10.6. Secador

Para a secagem da cola de silicone, foram utilizados quatro secadores de cabelos de diversas marcas.

3.3.10.7. Multímetro

Foi utilizado um multímetro modelo DT-830B, da marca SMART, para medir a resistência entre os eletrodos e a pele.

3.3.10.8. Goniômetro

Foi utilizado um goniômetro de acrílico, da marca CARCI, para medir os ângulos do quadril e do joelho na realização das contrações voluntárias máximas.

3.3.10.9. Microcomputador para Transmissão das Variáveis Neuromusculares

Os dados eletromiográficos foram transmitidos para um *notebook* Acer TravelMate 2201LCi, com processador INTEL CELERON D 330. O *software* Miograph foi utilizado para essa coleta.

3.3.11. Variáveis Cinemáticas

3.3.11.1. Sistema de Filmagem

O sistema de filmagem foi constituído por uma câmera JVC GR-DVL9800 Mini DV Digital Camcorder, de 25 Hz, um tripé e uma lâmpada fria, para a iluminação dos pontos reflexíveis.

3.3.11.2. Fitas

Para a filmagem foram utilizadas fitas Mini DV, de 60 min, da marca SONY.

3.3.11.3. Adesivos Reflexíveis

Para marcar os pontos anatômicos do membro inferior analisado, foram utilizadas fitas reflexíveis adesivas de 2 cm de diâmetro nas referências ósseas do trocânter maior do quadril e do epicôndilo lateral femoral.

3.3.11.4. Alinhamento da Cinemática com a Eletromiografia

Para o alinhamento do sinal eletromiográfico e da cinemática, foi utilizado um sinal luminoso que era acionado concomitantemente ao início da coleta eletromiográfica, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1 – Sinal luminoso para o alinhamento da cinemática e do sinal eletromiográfico nos meios terrestre e aquático.

3.4. PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

3.4.1. Caracterização da Amostra

Uma sessão inicial foi realizada no LAPEX-UFRGS. Essa sessão foi realizada com quatro objetivos: 1) assinatura do termo de consentimento informado de cada uma das componentes da amostra; 2) preenchimento da ficha de dados individuais; 3) familiarização dos indivíduos com a máscara de coleta de gases; 4) coleta dos dados de massa, estatura, percentual de gordura, $VO_{2máx}$ e $FC_{máx}$.

A mensuração dos dados de massa corporal e estatura realizou-se na balança e no estadiômetro, respectivamente. Após essa coleta de dados, mediram-se as dobras cutâneas triceptal, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-ílica, abdominal e coxa com um plicômetro. A partir desses dados, estimou-se a densidade corporal utilizando-se o protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson et al. (1980). A composição corporal foi estimada por meio da fórmula de Siri *apud* Heyward & Stolarczyk (2000).

A seguir, foi realizado o teste máximo na esteira ergométrica com a finalidade de avaliar o $VO_{2máx}$ e a $FC_{máx}$. Para tanto, os indivíduos foram posicionados sentados em uma cadeira sobre a esteira, onde foram colocados a máscara e o freqüencímetro. A coleta foi iniciada com o indivíduo em repouso. Para o início do teste, a taxa de troca respiratória (RER) deveria estar abaixo de 0,95.

O protocolo consistiu de uma velocidade inicial de $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com 1% de inclinação durante 2 min. Posteriormente, foram realizados incrementos de 1

km·h⁻¹ na velocidade, com a manutenção da inclinação, até que os indivíduos atingissem o máximo esforço. A interrupção do teste ocorreu quando as avaliadas indicavam a exaustão, por meio de um sinal manual. A avaliação foi considerada válida quando algum dos seguintes critérios fosse alcançado ao final do teste (HOWLEY et al., 1995): 1) obtenção da FC_{máx} estimada (220 – idade); 2) ocorrência de um platô no VO₂ com o aumento da velocidade da esteira; 3) obtenção de um RER maior do que 1,1.

3.4.2. Familiarização da amostra

Após a sessão inicial, foi marcada uma aula de familiarização. Nessa aula o exercício a ser realizado foi demonstrado e foram explicados todos os detalhes que deveriam ser cuidados durante a sua execução. A prática desse exercício foi executada pelas componentes da amostra nos meios e cadências que seriam posteriormente realizados na coleta de dados.

3.4.3. Reprodutibilidade do Sinal Eletromiográfico (EMG)

A utilização da EMG de superfície para a análise de sua amplitude em aquisições realizadas em diferentes ocasiões é questionada por alguns autores (ENOKA, 1988; DeLUCA, 1997). Esse questionamento ocorre porque existem algumas dificuldades metodológicas que devem ser rigidamente controladas. Caso contrário, podem ocorrer erros que impossibilitam a análise dessa variável.

Portanto, a reprodutibilidade do sinal EMG vem sendo testada no intuito de verificar a manutenção de características intra e extra-musculares que assegurem a aquisição semelhante do sinal (amplitude e frequência). Essa análise é de fundamental importância em projetos que visam a comparação do sinal EMG obtido em diferentes momentos (KOLLMITZER et al., 1999).

No meio aquático, o único estudo encontrado que investigou a reprodutibilidade do sinal EMG em contrações isométricas máximas e submáximas dentro e fora da água foi o de Pöyhönen et al. (1999). Uma alta correlação foi encontrada ($r = 0,90 - 0,97$) para os músculos vasto lateral, vasto medial e bíceps femoral, sugerindo a reprodutibilidade do sinal durante contrações isométricas.

Independente do meio de realização do exercício, o tipo de ação muscular executada pode dificultar a reprodutibilidade do sinal EMG (SBRICCOLI et al., 2003). Durante o exercício dinâmico, como ocorre um deslizamento das fibras ativas sob o posicionamento do eletrodo, pode ocorrer o registro da atividade elétrica de uma nova porção de unidades motoras próximas ao longo da amplitude de movimento, dificultando a reprodutibilidade do sinal (DeLUCA, 1997).

Com a finalidade de verificar a reprodutibilidade do sinal EMG com a metodologia proposta para o presente estudo, seis indivíduos realizaram o protocolo de testes isométrico no meio terrestre e dinâmico nos meios aquáticos e terrestre, com a análise dos músculos vasto lateral e bíceps femoral. O protocolo consistiu em duas partes: duas sessões de coletas no meio aquático e duas sessões de coleta no meio terrestre, com intervalos de 24 a 48 horas entre elas.

Independente do meio, o protocolo iniciou com a realização da contração voluntária máxima (CVM) dos músculos supracitados fora da água (conforme item 3.4.4.5), seguida pela execução do exercício de corrida estacionária em três cadências submáximas (60, 80 e 100 bpm) (conforme item 3.4.4.6). Após a análise dos dados (item 3.5.3) verificou-se para o exercício isométrico altos valores de coeficientes de correlação intraclasse (ICC) para ambos os músculos (VL: ICC = 0,86; BF: ICC = 0,97). Os dados do exercício dinâmico ainda foram normalizados pela CVM (%CVM) do dia de coleta correspondente. Entretanto, para a corrida estacionária, altos e significativos valores de ICC foram encontrados somente no meio aquático na cadência de 100 bpm. Os resultados do exercício realizado em ambos os meios podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) dos percentuais da contração voluntária máxima (%CVM) dos músculos vasto lateral e bíceps femoral durante contrações dinâmicas entre os dias de coleta realizadas em ambos os meios.

Variáveis	Cadência	%CVM TERRA		%CVM ÁGUA	
		ICC	Sig.	ICC	Sig.
Vasto Lateral	60 bpm	-0,030	0,525	0,875	0,062
	80 bpm	-0,129	0,596	0,532	0,178
	100 bpm	0,151	0,373	0,980*	0,010
Bíceps Femoral	60 bpm	0,564	0,093	-0,913	0,985
	80 bpm	0,565	0,121	-0,354	0,721
	100 bpm	-0,260	0,713	0,843*	0,036

Como se percebe com os dados da tabela 1, somente a cadência de 100 bpm apresentou altos índices de correlação no meio aquático, pois provavelmente esse é o ritmo de execução que mais se assemelha ao utilizado comumente na corrida estacionária em aulas de hidroginástica com intensidade moderada para mulheres jovens (ALBERTON et al., 2005). Esse fato pode ter facilitado a coordenação intra e intermuscular desses indivíduos nessa cadência.

Entretanto, nas cadências de 60 e 80 bpm no meio aquático e para todas as cadências no meio terrestre, a reprodutibilidade não foi verificada. Isto deve-se provavelmente a aspectos, tais como: o controle da amplitude de movimento, da técnica de execução, da velocidade angular e da manutenção da força muscular, que embora não sejam características do exercício dinâmico podem dificultar a reprodutibilidade. Isto pode ser confirmado por estudos que verificaram a reprodutibilidade do sinal EMG em exercícios dinâmicos isocinéticos (GOLLHOFER et al., 1990; FINUCANE et al., 1998).

Portanto, optou-se pela realização do protocolo de coleta de dados em uma única sessão nos protocolos subseqüentes.

3.4.4. Protocolo de Coleta de Dados

A sessão de coleta de dados foi realizada no Centro Natatório da Escola de Educação Física (EsEF) da UFRGS. A coleta foi dividida em dois momentos: protocolo terrestre e protocolo aquático.

O protocolo terrestre consistiu na coleta dos dados cardiorrespiratórios em repouso pré-exercício terrestre, execução das contrações voluntárias máximas pré-exercício e, por fim, realização do protocolo de exercícios terrestres. Após 2 horas de intervalo, o protocolo aquático foi realizado, consistindo na coleta dos dados cardiorrespiratórios em repouso pré-exercício aquático, realização do protocolo de exercícios aquáticos e, finalmente, execução das contrações voluntárias máximas pós-exercício, conforme demonstrado no desenho esquemático da Figura 2.

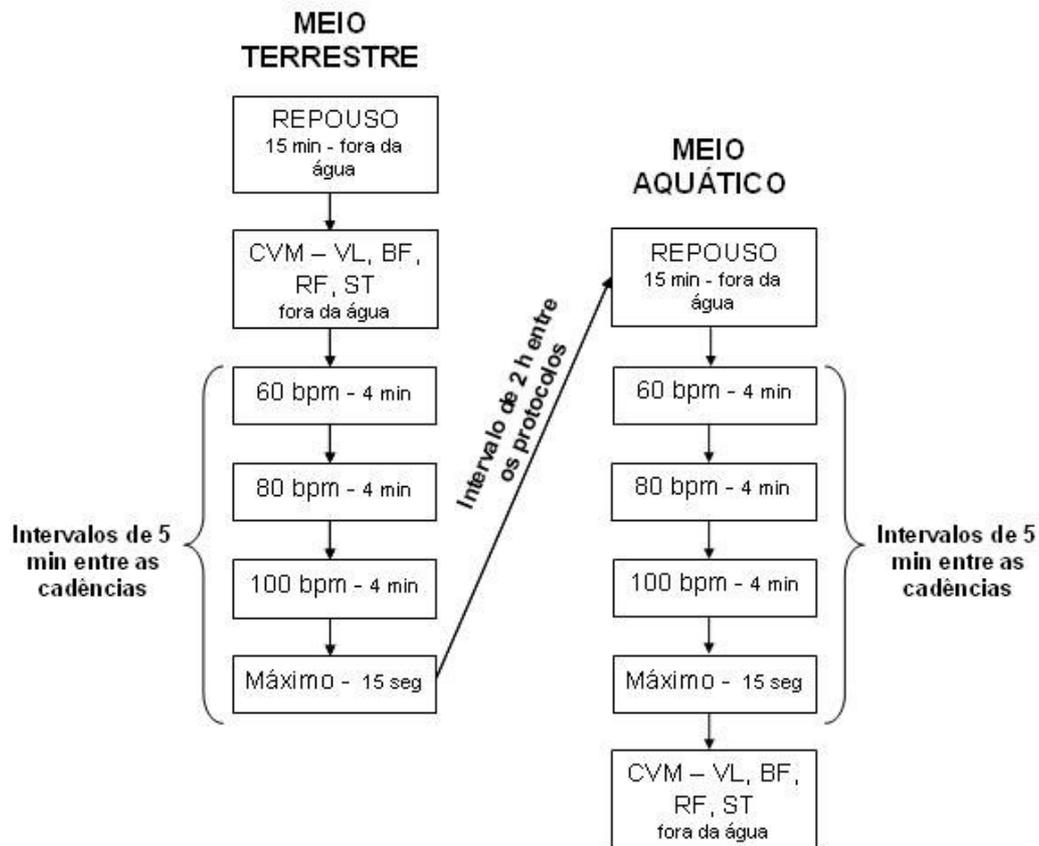


Figura 2 – Desenho esquemático do protocolo de coleta de dados.

3.4.4.1. Calibração do Analisador de Gases

Para cada sessão de coleta, o analisador de gases era ligado, e permanecia assim durante 30 min, para aquecimento e estabilização das células de análise de gases. Após esse período, eram realizadas duas calibrações automáticas, em ambiente livre de altas concentrações de CO₂ (KING et al., 1999).

Os dados relativos ao avaliado (massa corporal, estatura, idade e sexo) e a pressão atmosférica (em mmHg) eram registrados no equipamento. Selecionava-se ainda no mesmo, o tipo de fluxo a ser usado (baixo para a situação de repouso e médio para a situação de exercício), de acordo com o pneumotacógrafo, que era acoplado a um adaptador e esse à uma máscara de

neoprene, que era ajustada em cada indivíduo de forma a evitar qualquer escape de ar.

3.4.4.2. Preparação da Pele e Colocação dos Eletrodos

Primeiramente, foi realizada a depilação e a limpeza da pele dos indivíduos com abrasão com algodão umedecido em álcool na superfície muscular de interesse (DeLUCA, 1997). Esse procedimento foi realizado para retirar as células mortas e diminuir a impedância da pele.

Posteriormente, para a determinação do local de posicionamento dos eletrodos, foi determinada a zona de inervação (ZI) dos músculos reto femoral, vasto lateral, bíceps femoral (porção curta) e semitendinoso da perna direita de cada indivíduo com um eletroestimulador. Um atlas de anatomia (NETTER, 2000) foi utilizado para auxiliar na localização das zonas de inervação. Segundo Rainoldi et al. (2004a) e Roy et al. (1986), a ZI é o local onde as terminações nervosas e as fibras musculares estão conectadas. Portanto, é a região mais excitável (onde a menor intensidade de corrente vai gerar a maior contração visível ou palpável) do ventre muscular.

O procedimento de determinação da ZI consistia no deslocamento de um eletrodo ativo circunferencial (1 cm de raio) sobre a superfície muscular. Um segundo eletrodo, passivo circunferencial (raio 4 cm), permanecia fixamente posicionado no terço distal da perna direita. A estimulação foi realizada com a geração de uma corrente farádica com pulso exponencial ajustável entre 1 e 10 Hz e duração de 200 ms. A intensidade era aumentada até atingir-se o limiar motor que pode ser visível ou palpável (DAINTY & NORMAN, 1987). Esse

método de posicionamento dos eletrodos, que é o mais utilizado atualmente, sugere que o sinal EMG seja coletado com os eletrodos posicionados num ponto médio entre a ZI muscular e as inserções do músculo de interesse (DeLUCA, 1997; RAINOLDI et al., 2004a). Dessa forma, os eletrodos bipolares foram posicionados 2 cm abaixo da ZI. Esses procedimentos foram sempre realizados pelo mesmo pesquisador, para todas as componentes da amostra.

A distância entre o centro dos eletrodos foi mantida em 30 mm (BECK et al., 2005). O nível de resistência entre os eletrodos e a pele foi medido antes de cada sessão com um multímetro digital, sendo considerado ideal abaixo de 3000 Ohms (NARICI et al., 1989). O eletrodo terra foi posicionado na clavícula.

3.4.4.3. Isolamento dos Eletrodos

Segundo Rainoldi et al. (2004b), a utilização de adesivos impedindo a entrada e contato da água com os eletrodos é a melhor solução para manter inalteradas a frequência e a amplitude do sinal EMG quando esse é coletado no meio líquido. Entretanto, a utilização desses adesivos poderia introduzir diferenças na pressão do eletrodo contra a pele e no volume muscular sob os eletrodos, resultando, conseqüentemente, em possíveis diferenças no sinal EMG devido a sua utilização (VENEZIANO et al., 2006).

Por este motivo, foi realizado um estudo prévio pelo nosso grupo de pesquisa (ALBERTON et al., 2007b), que teve como objetivo comparar a ativação EMG do músculo vasto lateral na contração isométrica de extensores do joelho, realizada em um dinamômetro isocinético, entre as situações com e sem o uso de isolamento sobre os eletrodos de superfície. Os resultados

demonstraram não haver diferenças significativas na atividade EMG do músculo vasto lateral entre as duas situações ($p = 0,306$), para valores semelhantes de pico de torque ($p = 0,191$), com uma alta e significativa correlação ($r = 0,885$; $p = 0,003$).

Assim, para as coletas realizadas no meio terrestre não foi utilizado isolamento sobre os eletrodos, contudo, no meio aquático foi realizado esse procedimento para evitar ruídos no sinal decorrentes da água.

O isolamento consistia na utilização de adesivos oclusivos sobre os eletrodos, conforme metodologia descrita por Figueiredo et al. (2006). Na saída dos cabos foi colocada cola de silicone (secada durante aproximadamente 1 hora e 30 min) para impedir a entrada de água. Os cabos e os pré-amplificadores foram fixados com fita adesiva, conforme mostra a Figura 3. Da mesma forma que o posicionamento dos eletrodos, o procedimento de isolamento foi sempre realizado pelo mesmo pesquisador, para todas as componentes da amostra. Para ambos os meios utilizou-se uma calça de suplex sobre os eletrodos para segurar os cabos e minimizar as interferências de baixas freqüências no sinal devido ao movimento dos mesmos.

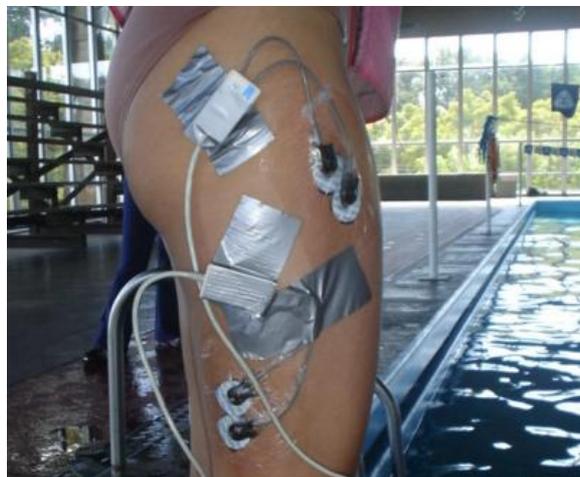


Figura 3 – Isolamento dos eletrodos de superfície.

3.4.4.4. Colocação dos Marcadores Reflexíveis

Os marcadores reflexíveis foram posicionados no trocânter maior do fêmur e no epicôndilo lateral femoral, sempre pelo mesmo pesquisador.

3.4.4.5. Determinação das Variáveis Cardiorrespiratórias em Repouso

Os procedimentos de coleta das variáveis cardiorrespiratórias de repouso, tanto na situação pré-exercício terrestre como na situação pré-exercício aquático, foram realizados da mesma forma e no mesmo ambiente. Assim que o indivíduo estivesse com a pele preparada, e também isolada, no caso dos testes aquáticos, ele permanecia em decúbito dorsal fora da água por 10 min, onde nos últimos 3 min eram coletados os dados de FC e VO_2 de repouso. A seguir, o indivíduo ficava na posição ortostática por mais 5 min para a avaliação da FC e do VO_2 de repouso em pé, com a coleta dessas variáveis nos últimos 3 min.

3.4.4.6. Contração Voluntária Máxima (CVM)

A contração voluntária máxima isométrica dos músculos reto femoral, vasto lateral, semitendinoso e bíceps femoral foi realizada fora da água antes do protocolo de exercícios terrestres e após o protocolo de exercícios aquáticos. Os dados das CVM's pré-exercício foram utilizados para a normalização da amplitude do sinal eletromiográfico coletado nas diferentes situações experimentais (KNUTSON et al., 1994). Os dados das CVM's pós-exercício

foram utilizados a fim de testar as possíveis mudanças no estado fisiológico dos músculos analisados e interferências da água no sinal EMG ao final da sessão.

Para tanto, realizamos quatro coletas de contração voluntária máxima, na situação isométrica, com a contração dos grupos musculares em que cada um dos músculos supracitados atua como agonista.

Inicialmente, baseado em Smith et al. (1997) foram identificados os ângulos de maior produção de torque dos grupos musculares de interesse, baseados na relação força-comprimento. Esses ângulos apresentam uma variação entre os pares antagonistas, dificultando a execução do protocolo. Os ângulos foram ajustados a fim de que pudessem ser mantidos na realização da CVM contra resistência manual em ambos os sentidos de flexão e extensão.

Para os músculos reto femoral e semitendinoso, considerados agonistas dos grupos musculares de flexores e extensores do quadril, respectivamente, o registro do sinal EMG ocorreu com os indivíduos em decúbito dorsal com a flexão do quadril em 90°. Para o músculo reto femoral, o joelho foi mantido em flexão de 90°, com a contração isométrica dos flexores do quadril contra resistência manual. Para o músculo semitendinoso, o joelho foi mantido em extensão completa (180°), com a contração isométrica dos extensores do quadril contra resistência manual.

Os indivíduos foram mantidos sentados com a flexão de 90° do quadril e de 110° do joelho para o registro do sinal EMG dos músculos vasto lateral e porção curta do bíceps femoral, considerados agonistas dos grupos musculares de flexores e extensores do joelho, respectivamente. A contração

voluntária de flexores e extensores do joelho foi realizada contra resistência manual. Todos os ângulos foram medidos com um goniômetro.

3.4.4.7. Determinação das Variáveis nos Exercícios

O exercício realizado nos protocolos terrestre e aquático foi a corrida estacionária. Para a execução do exercício, a posição inicial era em pé, com os braços ao lado do corpo. A fase ascendente do exercício consistia no movimento de flexão do quadril e do joelho direitos até 90°, e flexão do ombro até 90° e extensão do cotovelo esquerdos, com o punho estendido; a fase descendente consistia no movimento de extensão completa do quadril e do joelho direitos, e extensão completa do ombro e flexão até 90° do cotovelo esquerdos, conforme demonstra a Figura 4. Esse movimento era realizado com os membros direito e esquerdo de forma alternada. O movimento dos membros superiores era realizado somente para dar equilíbrio ao movimento.



Figura 4 – Exercício de corrida estacionária.

Para cada um dos meios, o exercício foi realizado durante 4 min em 3 cadências submáximas (60, 80 e 100 bpm) e durante 15 s no máximo esforço, com um intervalo de 5 min entre cada situação. Durante o exercício submáximo, a aquisição dos dados cardiorrespiratórios, neuromusculares e cinemáticos foi realizada a partir do 3º min de cada cadência. Na velocidade máxima foi realizada somente a aquisição dos dados neuromusculares e cinemáticos durante toda a execução.

O protocolo de exercício terrestre foi realizado em uma sala com a temperatura ambiente média de $26,56 \pm 1,12^{\circ}\text{C}$. Já o protocolo de exercício aquático foi realizado em uma piscina profunda com dimensões de 25 m X 16 m X 2 m. A temperatura da água média mantida em $30,80 \pm 0,42^{\circ}\text{C}$. Foram utilizados redutores de profundidade, para que os indivíduos se mantivessem na profundidade de imersão entre apêndice xifóide (em repouso em pé) e ombros (durante o movimento). Nas laterais da piscina, havia visores subaquáticos, a 20 cm do fundo, que permitiam que a filmagem fosse realizada fora da água, conforme Figura 5. Independente do meio, a filmagem foi realizada a 3 m de distância do plano sagital dos sujeitos.



Figura 5 – Visores subaquáticos para a filmagem.

3.5. TRATAMENTO DOS DADOS

3.5.1. Dados cardiorrespiratórios

Visto que a taxa de amostragem para a análise do VO_2 , através do analisador de gases portátil KB1-C é de 20 s, a FC também foi coletada nesses mesmos momentos, durante todo o período de repouso e exercício. Para o repouso, foi realizada a média dos valores dos últimos 3 min de VO_2 e de FC, coletados em cada situação (decúbito dorsal e posição ortostática). Para o exercício submáximo, foi realizada a média dos valores de VO_2 e de FC entre o 3° e 4° min, pois segundo Moraes et al. (2002), o tempo mínimo para essas variáveis atingirem o *steady state* em exercícios de hidroginástica é de 2 min e 20 s.

3.5.2. Dados Cinemáticos

As fitas gravadas, que continham a filmagem correspondente às situações de exercício (a partir do 3° min nos exercícios submáximos e a execução total no exercício máximo) foram descarregadas em um microcomputador no *software* Adobe Premiére, com um desentrelaçamento de 25 para 50 Hz, gerando os arquivos de filmagem (*.avi). A partir desses arquivos, os pontos reflexíveis do trocânter maior do fêmur e do epicôndilo lateral femoral correspondentes às 10 primeiras repetições foram digitalizados de forma automática e/ou manual, no *software* DVIDEOW, gerando novos arquivos (*.dat). O ângulo do quadril foi medido a partir dos pontos do quadril

(trocânter maior do fêmur) e do joelho (epicôndilo lateral femoral) em relação à linha vertical, conforme metodologia descrita anteriormente (HAUSSWIRTH et al., 1997). Na posição ortostática (correspondente à linha vertical), os valores de referência de extensão completa do quadril e do joelho foram 0°. Os arquivos correspondentes às situações dos exercícios foram transformados em arquivos do tipo *.2D. Esses dados foram posteriormente filtrados com o filtro do tipo Passa-alta *Butterworth*, de 5ª ordem, com uma frequência de corte de 8Hz, e processados em uma rotina criada para esse estudo no *software* Matlab versão 5.3, gerando os arquivos de posição e de velocidade angular da articulação do quadril pelo tempo (*.dat). Esses arquivos foram exportados para o *software* SAD32 para as análises posteriores.

A partir dos gráficos de posição angular do quadril X tempo foram obtidos os pontos do tempo inicial e final de cada repetição utilizando-se a ferramenta “Acha Picos”. Os gráficos de posição angular do quadril X tempo de uma das componentes da amostra podem ser visualizados na Figura 6 para as cadências de 100 (A) e 60 bpm (B).

Os tempos iniciais e finais de cada repetição foram utilizados para os posteriores recortes do sinal eletromiográfico e da velocidade angular. Além disso, a partir dos mesmos obtivemos os valores de posição angular de flexão máxima do quadril em cada uma das repetições e posição angular correspondente à velocidade angular de pico do quadril.

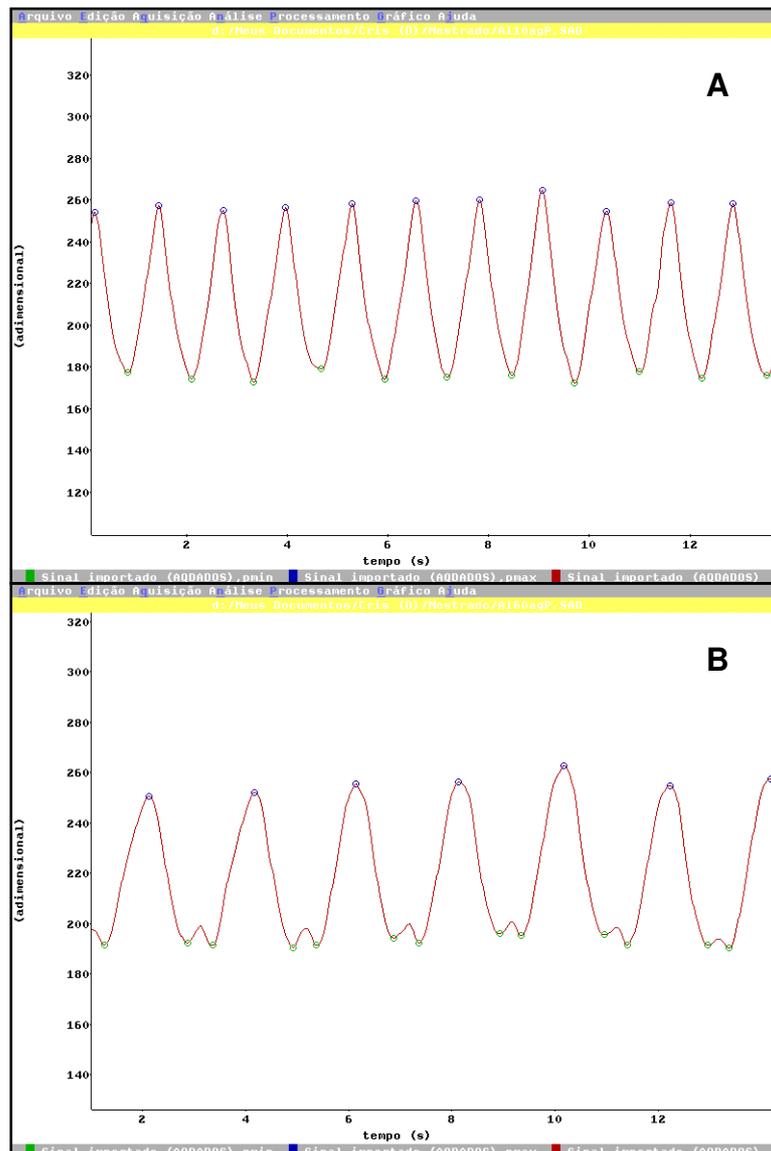


Figura 6 – Exemplo do gráfico de posição angular do quadril X tempo em uma das amostras no exercício realizado no meio aquático nas cadências de 100 bpm (A) e 60 bpm (B).

Os valores de velocidade angular de pico do quadril e velocidade angular média do quadril foram obtidos a partir dos gráficos de velocidade angular do quadril X tempo. Esses gráficos de uma das componentes da amostra podem ser visualizados na Figura 7 para as cadências de 100 (A) e 60 bpm (B).

Para a determinação da velocidade angular do quadril foram realizados os recortes das fases ascendente, correspondente à flexão do quadril, e descendente, correspondente à extensão do mesmo. Para o cálculo da

velocidade angular média do quadril realizou-se a média dos valores de velocidade angular ao longo do tempo em cada uma das fases. Para a velocidade angular média de extensão do quadril foi excluída a fase de apoio do pé no solo, pois esses valores poderiam subestimar a média, visto eram aproximadamente iguais a zero. Os valores de velocidade angular de pico do quadril foram obtidos em cada fase de cada repetição utilizando-se a ferramenta “Acha Picos”.

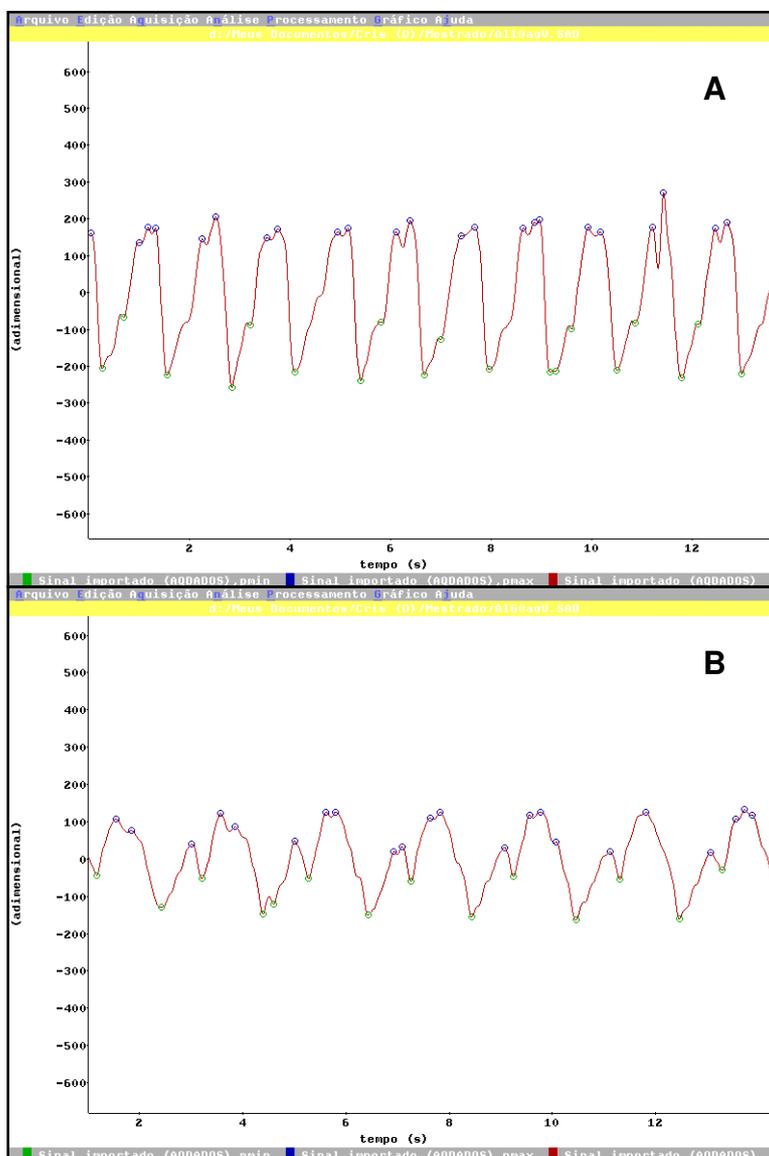


Figura 7 – Exemplo do gráfico de velocidade angular do quadril X tempo em uma das amostras no exercício realizado no meio aquático nas cadências de 100 bpm (A) e 60 bpm (B).

Para cada uma dessas variáveis, foi feita uma média das cinco repetições centrais (sendo descartadas as duas primeiras e as três últimas repetições) para a análise estatística. Além disso, somente foram aceitas as repetições cuja amplitude estivesse dentro de uma variação de $\pm 5^\circ$ de flexão máxima do quadril (90°).

3.5.3. Dados Neuromusculares

O sinal captado pelo eletromiógrafo foi gravado em um microcomputador no *software* de aquisição dos dados Miograph. Visto que a solução de conversão analógica digital (A/D) do eletromiógrafo Miotool é equipada com *Program Gains* (PGA's) internos, o próprio programa de aquisição dos sinais EMG (que é responsável pela programação dos PGA's) computa os valores de ganhos que estão sendo utilizados na aquisição, fazendo a compensação destes valores automaticamente, sem haver a necessidade de divisões posteriores à aquisição.

Posteriormente, os arquivos (*.mio) foram exportados para análise no *software* SAD32. Primeiramente, foi realizada a remoção dos componentes contínuos do sinal EMG. A seguir, realizou-se a filtragem digital do sinal, utilizando-se filtros do tipo Passa-banda *Butterworth*, de 5ª ordem, com freqüências de corte entre 25 e 500 Hz e do tipo "Remove picos automáticos", com "largura da média" e "razão" de 10 e 3, respectivamente.

As curvas do sinal correspondente às contrações voluntárias máximas (tempo de 5 s) foram recortadas entre os tempos 2 e 4 s para a obtenção do valor *root mean square* (RMS). Os valores RMS obtidos da CVM de cada

músculo no meio terrestre pré-exercício foram utilizados para normalizar os dados das diferentes situações experimentais. Além disso, esses valores (pré-exercício) foram comparados aos valores obtidos no pós-exercício.

A partir dos pontos do tempo inicial e final de cada repetição, obtidos dos gráficos de posição angular do quadril ao longo do tempo, foram realizados os recortes de cada repetição total do exercício de cada indivíduo em cada situação, para as primeiras 10 repetições do sinal adquirido (a partir do 3º min nos exercícios submáximos e a execução total no exercício máximo). Um recorte do sinal EMG é demonstrado na Figura 8. Após, foi obtido o valor RMS correspondente a cada uma das 10 repetições. Com os valores obtidos, foi feita uma média das cinco repetições centrais (repetições correspondentes às selecionadas para a análise das posições e velocidades angulares). Esses valores foram normalizados e expressos em percentual da CVM (% CVM), para a posterior análise estatística.

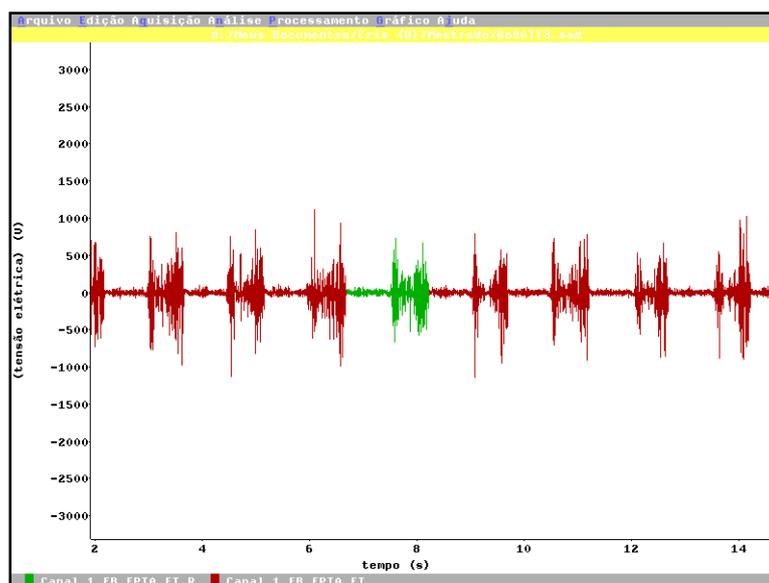


Figura 8 – Exemplo do recorte eletromiográfico em uma das amostras no exercício realizado no meio aquático na cadência de 80 bpm.

3.6. DESENHO EXPERIMENTAL

Grupos	Tratamentos	Testes
A	X ₁	O ₁ - O ₂ - O ₃
	X ₂	O ₄ - O ₅ - O ₆ - O ₇
	X ₃	O ₈ - O ₉ - O ₁₀ - O ₁₁ - O ₁₂ - O ₁₃ - O ₁₄ - O ₁₅ - O ₁₆ - O ₁₇ - O ₁₈ - O ₁₉
	X ₄	O ₈ - O ₉ - O ₁₀ - O ₁₁ - O ₁₂ - O ₁₃ - O ₁₄ - O ₁₅ - O ₁₆ - O ₁₇ - O ₁₈ - O ₁₉
	X ₅	O ₈ - O ₉ - O ₁₀ - O ₁₁ - O ₁₂ - O ₁₃ - O ₁₄ - O ₁₅ - O ₁₆ - O ₁₇ - O ₁₈ - O ₁₉
	X ₆	O ₈ - O ₉ - O ₁₀ - O ₁₁ - O ₁₂ - O ₁₃ - O ₁₄ - O ₁₅ - O ₁₆ - O ₁₇ - O ₁₈ - O ₁₉
	X ₇	O ₁ - O ₂ - O ₃
	X ₈	O ₈ - O ₉ - O ₁₀ - O ₁₁ - O ₁₂ - O ₁₃ - O ₁₄ - O ₁₅ - O ₁₆ - O ₁₇ - O ₁₈ - O ₁₉
	X ₉	O ₈ - O ₉ - O ₁₀ - O ₁₁ - O ₁₂ - O ₁₃ - O ₁₄ - O ₁₅ - O ₁₆ - O ₁₇ - O ₁₈ - O ₁₉
	X ₁₀	O ₈ - O ₉ - O ₁₀ - O ₁₁ - O ₁₂ - O ₁₃ - O ₁₄ - O ₁₅ - O ₁₆ - O ₁₇ - O ₁₈ - O ₁₉
	X ₁₁	O ₈ - O ₉ - O ₁₀ - O ₁₁ - O ₁₂ - O ₁₃ - O ₁₄ - O ₁₅ - O ₁₆ - O ₁₇ - O ₁₈ - O ₁₉
	X ₁₂	O ₄ - O ₅ - O ₆ - O ₇

A = grupo experimental

X₁ = tratamento 1, repouso pré-exercício terrestre

X₂ = tratamento 2, contração voluntária máxima pré-protocolo de coletas

X₃ = tratamento 3, execução do exercício no meio terrestre na cadência de 60 bpm

X₄ = tratamento 4, execução do exercício no meio terrestre na cadência de 80 bpm

X₅ = tratamento 5, execução do exercício no meio terrestre na cadência de 100 bpm

X₆ = tratamento 6, execução do exercício no meio terrestre no máximo esforço

X₇ = tratamento 7, repouso pré-exercício aquático

X₈ = tratamento 8, execução do exercício no meio aquático na cadência de 60 bpm

X₉ = tratamento 9, execução do exercício no meio aquático na cadência de 80 bpm

X₁₀ = tratamento 10, execução do exercício no meio aquático na cadência de 100 bpm

X_{11} = tratamento 11, execução do exercício no meio aquático no máximo esforço

X_{12} = tratamento 12, contração voluntária máxima pós-protocolo de coletas

O_1 = frequência cardíaca de repouso

O_2 = consumo de oxigênio absoluto de repouso

O_3 = consumo de oxigênio relativo de repouso

O_4 = amplitude do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral durante a contração voluntária máxima

O_5 = amplitude do sinal eletromiográfico do músculo vasto lateral durante a contração voluntária máxima

O_6 = amplitude do sinal eletromiográfico do músculo semitendinoso durante a contração voluntária máxima

O_7 = amplitude do sinal eletromiográfico da porção curta do músculo bíceps femoral durante a contração voluntária máxima

O_8 = frequência cardíaca em exercício

O_9 = consumo de oxigênio absoluto em exercício

O_{10} = consumo de oxigênio relativo em exercício

O_{11} = percentual da frequência cardíaca máxima em exercício

O_{12} = percentual do consumo de oxigênio máximo em exercício

O_{13} = posição angular de flexão máxima do quadril em exercício

O_{14} = velocidade angular média do quadril em exercício

O_{15} = velocidade angular de pico do quadril em exercício

O_{16} = percentual da contração voluntária máxima do músculo reto femoral

O_{17} = percentual da contração voluntária máxima do músculo vasto lateral

O_{18} = percentual da contração voluntária máxima do músculo semitendinoso

O_{19} = percentual da contração voluntária máxima da porção curta do músculo bíceps femoral

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para analisar os dados coletados, foi utilizada estatística descritiva, com os dados apresentados através de médias \pm erro padrão (EP). Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk para a análise da normalidade dos dados cardiorrespiratórios de repouso pré-exercício terrestre e aquático, contrações voluntárias máximas pré e pós-exercício e duração do ciclo completo de exercício para cada cadência de execução. Foram utilizados Testes T pareados para a comparação das variáveis cardiorrespiratórias entre a situação de repouso pré-exercício terrestre e pré-exercício aquático, para a comparação da amplitude do sinal eletromiográfico na contração voluntária máxima dos músculos analisados entre as situações pré e pós-protocolos de exercícios e para a comparação da duração do ciclo completo de exercício em cada cadência de execução entre os meios aquático e terrestre. Na situação em que algum desses dados não aderiu à normalidade, utilizou-se o teste de Wilcoxon. Além disso, ainda foi realizada uma análise de coeficientes de correlação intraclassa para verificar se o sinal EMG era reproduzível entre o início e o final da sessão.

As demais variáveis dependentes foram analisadas através do modelo de análise de variância com bloqueamento, considerando o efeito do sujeito como mais uma fonte de variação. Esse procedimento constitui a modelagem de análise de variância fatorial por modelos mistos, os quais temos na

construção da análise da variância efeitos dos dois tipos. Neste modelo linear, as suposições de normalidade e homocedasticidade dos resíduos devem ser atendidas da mesma forma que em uma análise de variância comum. Para verificar a normalidade desses dados foi utilizado o teste de Lilliefors (K-S) e as variáveis significativas nesse teste (Hipótese de normalidade rejeitada) foram transformadas pela função logaritmo de base 10, passando a atender a suposição. A checagem de heterocedasticidade dos resíduos foi efetuada através da análise do gráfico de resíduos, gerado pelo software.

Para a localização das diferenças significativas entre as situações utilizou-se o teste complementar de Tukey. Além disso, nas interações significativas frente ao Teste F, da análise de variância, fez-se o desdobramento da interação, utilizando-se os mesmos procedimentos da análise de efeitos simples significativos, ou seja, para dois grupos o próprio teste F que é equivalente ao teste T, e para mais de dois grupos, comparações de médias pelo procedimento de Tukey.

Também foi utilizado o Teste de Correlação Linear de Pearson a fim de verificar o nível de associação entre as variáveis cardiorrespiratórias.

O índice de significância adotado neste estudo foi de $p < 0,05$. Foram utilizados os pacotes R-project e SPSS versão 13.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi composta por 12 mulheres ativas voluntárias. A Tabela 2 apresenta os resultados médios e de variabilidade (erro-padrão da média (EP), valores mínimos e máximos) das variáveis de caracterização da amostra (idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra, gordura corporal, frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e consumo de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$)).

Tabela 2 – Caracterização da amostra: médias, erros-padrão da média (EP), valores mínimos e máximos das variáveis idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra, gordura corporal, frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e consumo de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$).

Variáveis	Média	EP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	22,33	± 0,57	19,00	25,00
Estatura (m)	1,63	± 0,02	1,55	1,76
Massa corporal (kg)	59,11	± 1,88	48,40	72,00
Massa corporal magra (%)	73,10	± 1,43	66,92	80,88
Gordura gorporal (%)	26,90	± 1,43	19,12	33,08
$FC_{máx}$ (bpm)	194,82	± 2,34	185,00	204,00
$VO_{2máx}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	44,78	± 2,20	37,92	55,81

4.2. NORMALIDADE DOS DADOS

As variáveis cardiorrespiratórias de repouso frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.) e consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), mensuradas nos momentos pré-exercício terrestre e pré-exercício aquático nas posições de decúbito dorsal e ortostase, foram testadas em relação à sua normalidade, através do Teste de Shapiro-Wilk. A Tabela 3 apresenta os resultados, indicando a distribuição normal dos dados.

Tabela 3 – Testes de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO₂ abs.) e consumo de oxigênio relativo (VO₂ rel.), nas situações pré-exercício terrestre e pré-exercício aquático, nas posições de decúbito dorsal e ortostase.

Posição Corporal	Variáveis	Pré-exercício terrestre	Pré-exercício aquático
Decúbito Dorsal	FC	0,060	0,929
	VO₂ abs.	0,813	0,533
	VO₂ rel.	0,976	0,767
Ortostase	FC	0,487	0,236
	VO₂ abs.	0,224	0,437
	VO₂ rel.	0,230	0,386

Da mesma forma, as variáveis neuromusculares valor RMS dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST) obtidas na contração voluntária máxima nas situações pré e pós-protocolo de exercícios também foram testadas em relação à sua normalidade através do Teste de Shapiro-Wilk. Os resultados apresentados na Tabela 4 apontam para uma distribuição normal dos dados.

Tabela 4 – Testes de normalidade (Shapiro-Wilk) para a variável contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST) nas situações pré e pós-exercício.

Variáveis	Pré-exercício	Pós-exercício
VL	0,529	0,668
RF	0,396	0,519
BF	0,440	0,134
ST	0,534	0,604

A variável duração de um ciclo completo de exercício nos meios terrestre e aquático para cada uma das cadências foi testada em relação à sua normalidade através do Teste de Shapiro-Wilk. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, as cadências submáximas (60, 80 e 100 bpm) apresentaram uma distribuição normal dos dados, ao passo que o esforço máximo não aderiu à normalidade. Para essa situação, testes não paramétricos foram utilizados.

Tabela 5 – Testes de normalidade (Shapiro-Wilk) para a variável duração do ciclo completo nas cadências submáximas de 60 bpm, 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço nos meios terrestre e aquático.

Variável	Cadência	Meio Terrestre	Meio Aquático
Duração do ciclo completo	60 bpm	0,087	0,066
	80 bpm	0,745	0,406
	100 bpm	0,743	0,709
	Máxima	0,012*	0,086

Todas as demais variáveis dependentes foram testadas em relação à sua normalidade através do Teste de Lilliefors. Para as variáveis que não passaram na normalidade, o procedimento de transformação logaritmo de base 10 foi aplicado. Com essa transformação, todos os dados que foram significativos em 5% passaram na normalidade, exceto a variável posição angular máxima de flexão quadril ($p = 0,044$). Porém, em virtude de o procedimento de Análise de Variância ser mais robusto, para o teste de normalidade o nível de significância pode ser aceito como 1% (MONTGOMERY, 1991). Os resultados da Tabela 6 demonstram a distribuição normal dos dados. Logo, a utilização de testes paramétricos pode ser realizada para todas as análises subseqüentes.

Tabela 6 – Testes de normalidade (Lilliefors) para as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.), consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$), percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$), posição angular máxima de flexão quadril (PAMFQ), velocidade angular média do quadril (VAMQ), velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) e percentual da contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (%CVM VL), reto femoral (%CVM RF), bíceps femoral (%CVM BF) e semitendinoso (%CVM ST).

Variáveis	Sig.
FC	0,200
VO_2 abs.	0,200
VO_2 rel.	0,200
% FC	0,091
% VO_2	0,200
PAMFQ	0,044
VAMQ	0,200
VAPQ	0,200
%CVM VL	0,200
%CVM RF	0,200
%CVM BF	0,200
%CVM ST	0,200

4.3. RESULTADOS REFERENTES À EFICÁCIA DO PROTOCOLO

4.3.1. Respostas cardiorrespiratórias de repouso

As variáveis cardiorrespiratórias de repouso FC, VO₂ abs. e VO₂ rel. foram mensuradas antes da realização dos protocolos de testes terrestre e aquático, nas posições de decúbito dorsal e ortostase. Os resultados da comparação entre as médias dos dois momentos, para as duas posições corporais, são apresentados na Tabela 7 e no ANEXO F.

Tabela 7 – Teste T pareado para as variáveis cardiorrespiratórias de repouso frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO₂ abs.) e consumo de oxigênio relativo (VO₂ rel.) entre as situações pré-exercício terrestre e pré-exercício aquático, nas posições de decúbito dorsal e ortostase.

Posição Corporal	Variáveis	Pré-exercício Terrestre		Pré-exercício Aquático		T	Sig.
		Média	EP	Média	EP		
		Decúbito Dorsal	FC (bpm)	67,52	± 1,57		
	VO ₂ abs. (l·min ⁻¹)	0,19	± 0,01	0,18	± 0,01	-0,763	0,467
	VO ₂ rel. (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3,39	± 0,16	3,15	± 0,24	-0,806	0,444
Ortostase	FC (bpm)	93,84	± 3,47	92,07	± 3,94	-0,926	0,376
	VO ₂ abs. (l·min ⁻¹)	0,23	± 0,02	0,21	± 0,01	-0,916	0,386
	VO ₂ rel. (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	4,01	± 0,32	3,65	± 0,25	-0,724	0,489

De acordo com os resultados, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois momentos, pré-exercício terrestre e pré-exercício aquático, para nenhuma das variáveis. Esses dados demonstram que os indivíduos iniciaram ambos os protocolos de testes com as respostas cardiorrespiratórias de repouso semelhantes, indicando que a magnitude das alterações encontradas nessas variáveis durante os protocolos de exercício pode ser atribuída ao esforço para a execução dos mesmos.

4.3.2. Respostas da contração voluntária máxima (CVM)

A contração voluntária máxima isométrica dos músculos VL, RF, BF e ST foi realizada antes e após a realização dos protocolos de testes. Os resultados da comparação da amplitude do sinal eletromiográfico (EMG), analisadas através do valor RMS de cada um dos músculos supracitados, entre os momentos pré-protocolo de testes e pós-protocolo de testes são apresentados na Tabela 8 e no ANEXO G. Além disso, também são apresentados os valores do índice de correlação intraclassa (ICC) para cada uma das variáveis (ANEXO H).

Tabela 8 – Teste T pareado e índice de correlação intraclassa (ICC) para a variável contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST) entre as situações pré e pós-exercício.

Variáveis	Pré-exercício		Pós-exercício		T	Sig.	ICC	Sig.
	Média	EP	Média	EP				
VL (µV)	480,54	± 54,84	439,49	± 57,27	1,836	0,100	0,920	<0,001
RF (µV)	865,25	± 210,66	698,10	± 193,51	2,420	0,073	0,942	0,003
BF (µV)	1008,35	± 82,821	1046,24	± 98,50	-0,606	0,561	0,764	0,005
ST (µV)	934,02	± 157,77	826,62	± 107,76	1,320	0,228	0,819	0,003

Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada na amplitude do sinal EMG dos músculos analisados entre a CVM realizada nos momentos pré e pós-protocolo de testes. Além disso, os valores do ICC foram altos e significativos, demonstrando a reprodutibilidade do sinal EMG para as duas situações. Esses achados sugerem que o protocolo realizado não provocou alteração no sinal EMG, o que poderia ser verificado em caso de mudança no estado fisiológico dos músculos analisados (DeLUCA, 1997). Além disso, esses resultados justificam a eficácia do sistema de isolamento, uma vez que não foram encontradas diferenças significativas no sinal EMG após o exercício aquático (RAINOLDI et al., 2004b). Sugere-se que a

metodologia utilizada nesse experimento é adequada, possibilitando grande precisão na aquisição dos dados (DeLUCA, 1997; RAINOLDI et al., 2004b).

4.3.3. Respostas da posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ)

As respostas referentes à posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ) durante o exercício executado nos meios terrestre e aquático, nas cadências submáximas (60, 80 e 100 bpm) e máxima são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Análise descritiva dos resultados: médias, erros-padrão da média (EP), valores mínimos (Mín) e máximos (Máx) da variável posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ) para as diferentes cadências (Cad) nos meios terrestre e aquático.

Variável	Cad	Meio Terrestre				Meio Aquático			
		Média	EP	Mín	Máx	Média	EP	Mín	Máx
PAMFQ (°)	60 bpm	89,74	± 0,88	85,31	94,98	88,84	± 0,99	85,91	94,99
	80 bpm	89,53	± 0,76	85,38	93,33	90,06	± 1,00	86,00	95,00
	100 bpm	88,12	± 0,55	85,73	90,47	89,82	± 0,99	85,02	94,63
	Máxima	88,54	± 0,78	85,00	93,31	89,39	± 0,89	84,99	93,73

Conforme os resultados descritivos dos valores mínimos e máximos para os diferentes meios e cadências, pode-se perceber que a amplitude média da PAMFQ foi mantida dentro da variação de $\pm 5^\circ$ do ângulo alvo (90°).

Os resultados da Análise de Variância (ANEXO J) indicaram que o meio ($p = 0,100$) e a cadência de execução ($p = 0,248$) não exerceram influência significativa sobre a variável PAMFQ. Da mesma forma, o efeito de interação meio*cadência ($p = 357$) também não foi significativo, indicando que independente da cadência e do meio, o comportamento dessa variável foi semelhante, conforme pode ser visualizado de forma gráfica na Figura 9.

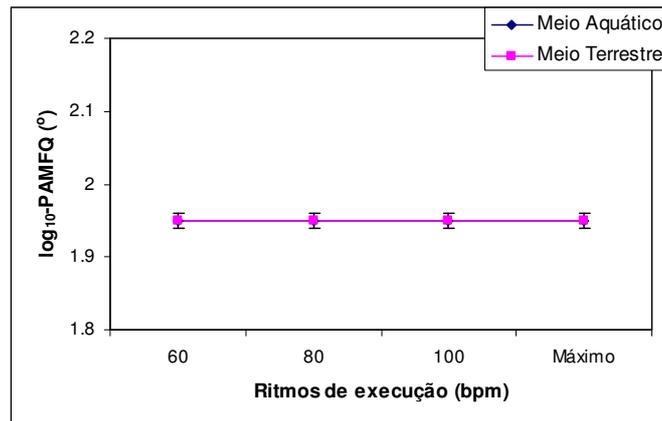


Figura 9 – Comportamento da posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático, com os valores médios expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}).

Os valores descritivos da variável PAMFQ expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}) estão apresentados no ANEXO N, para a melhor interpretação dos resultados.

4.3.4. Respostas da duração de um ciclo completo de exercício nas diferentes cadências de execução

As respostas referentes à duração de um ciclo completo durante o exercício foram comparadas entre os meios terrestre e aquático, para cada uma das cadências. Para as cadências submáximas de 60, 80 e 100 bpm foi utilizado o Teste T pareado e para o esforço máximo, o Teste de Wilcoxon. Os resultados da comparação entre as médias dos dois meios são apresentados na Tabela 10 e no ANEXO I.

Conforme os resultados obtidos, não foram observadas diferenças significativas na duração de um ciclo completo de exercício entre os meios para as cadências de execução submáximas. Esses valores demonstram que os indivíduos executaram o exercício dentro do ritmo proposto pelo metrônomo. Já

para o esforço máximo, diferenças significativas foram encontradas entre os ambientes, demonstrando que o exercício no meio terrestre foi realizado de forma mais rápida que no meio aquático.

Tabela 10 – Teste T pareado e Teste de Wilcoxon para a variável duração de um ciclo completo entre os meios terrestre e aquático, para cada uma das cadências.

Variável	Cadência	Meio Terrestre		Meio Aquático		T	Sig.
		Média	EP	Média	EP		
Duração do ciclo (s)	60 bpm	2,00	± 0,01	1,99	± 0,01	0,727	0,483
	80 bpm	1,50	± 0,01	1,48	± 0,01	-2,019	0,068
	100 bpm	1,19	± 0,01	1,20	± 0,01	0,727	0,483
	Máxima	0,47	± 0,01	0,64	± 0,02	-2,934*	0,003

* Valor de Z – Teste de Wilcoxon.

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS DADOS

4.4.1. Respostas cinemáticas em exercício

As respostas cinemáticas durante o exercício executado nos meios terrestre e aquático, para as fases de flexão e extensão nas cadências submáximas (60, 80 e 100 bpm) e máxima são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) para as fases de flexão e extensão nas diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.

Variáveis	Fase	Cadência	Meio Terrestre		Meio Aquático	
			Média	EP	Média	EP
VAMQ (°·s ⁻¹)	Flexão	60 bpm	143,91	± 4,76	102,54	± 4,74
		80 bpm	179,15	± 8,90	127,60	± 4,61
		100 bpm	216,51	± 7,24	148,93	± 5,00
		Máxima	316,37	± 13,72	226,14	± 7,87
	Extensão	60 bpm	128,64	± 9,24	97,84	± 5,57
		80 bpm	175,58	± 10,40	120,47	± 5,90
		100 bpm	208,61	± 8,85	146,21	± 5,20
		Máxima	340,91	± 16,23	234,27	± 9,23
VAPQ (°·s ⁻¹)	Flexão	60 bpm	245,11	± 7,70	158,94	± 7,12
		80 bpm	310,36	± 7,97	199,39	± 8,61
		100 bpm	377,17	± 9,14	219,74	± 10,02
		Máxima	535,30	± 26,45	361,77	± 17,58
	Extensão	60 bpm	243,81	± 8,41	178,63	± 7,63
		80 bpm	331,57	± 12,73	229,85	± 7,70
		100 bpm	384,13	± 12,61	253,72	± 10,54
		Máxima	572,12	± 26,14	386,66	± 13,81

Os resultados dos efeitos meio, cadência e fase, além das interações entre esses fatores são apresentados na Tabela 12 e no ANEXO J.

Tabela 12 – Análise de variância dos efeitos principais (meio, cadência (Cad) e fase) e dos efeitos de interação para as variáveis velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular de pico do quadril (VAPQ).

Variável	Meio	Cad	Fase	Meio*Cad	Meio*Fase	Cad*Fase	Meio*Cad* Fase
VAMQ	<0,001	<0,001	0,134	0,673	0,864	0,060	0,629
VAPQ	<0,001	<0,001	<0,001	0,103	0,010	0,764	0,518

Os resultados indicaram que o meio exerceu influência significativa nas variáveis VAMQ e VAPQ, com valores estatisticamente maiores para o meio terrestre comparado ao meio aquático. O efeito cadência também influenciou significativamente ambas as variáveis. Os resultados do teste complementar de Tukey indicaram diferenças estatisticamente significativas entre todas as cadências, com valores maiores para o máximo esforço, seguido dos ritmos de execução de 100, 80 e 60 bpm (Figura 10).

Os efeitos de interação meio*cadência, cadência*fase e meio*cadência*fase não foram significativos para as variáveis VAMQ e VAPQ, indicando que independente do meio e da fase, suas respostas sempre apresentaram um comportamento semelhante para as cadências. Esse comportamento também pode ser visualizado de forma gráfica na Figura 10.

Em contrapartida, o efeito fase apresentou um comportamento distinto entre elas. Para a VAMQ, não foram observadas diferenças significativas entre a flexão e a extensão do quadril, demonstrando comportamentos similares entre as duas fases. Entretanto, para a VAPQ, o efeito fase foi significativo, demonstrando valores significativamente maiores para a extensão do que para a flexão do quadril.

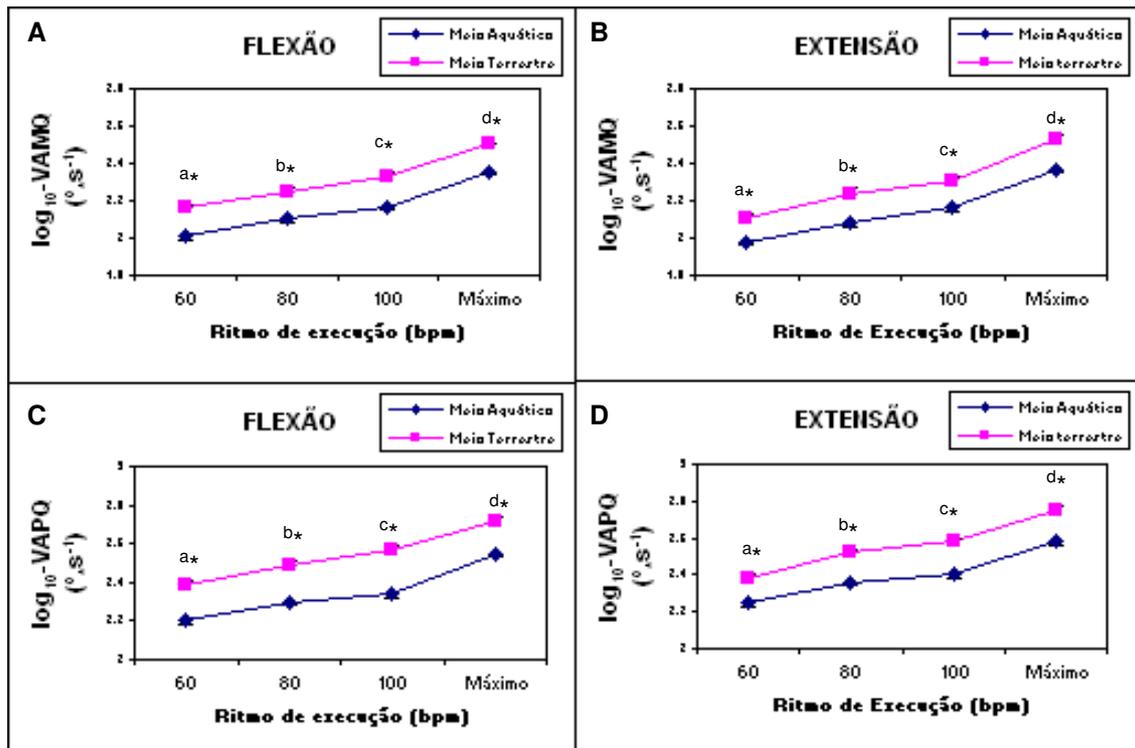


Figura 10 – Comportamento da velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) nas fases de flexão (A e C, respectivamente) e extensão (B e D, respectivamente) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático, com os valores médios expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}). * Indica diferenças estatisticamente significativas entre os meios terrestre e aquático ($p < 0,001$). Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,001$).

Além disso, o efeito de interação meio*fase não foi significativo para a VAMQ, porém foi significativo para a VAPQ. Esse resultado indica que o comportamento da VAPQ entre a flexão e extensão depende do meio em que o exercício é realizado (Figura 11). Logo, para a variável VAPQ realizou-se o desdobramento dessa interação para o meio, comparando as fases. Os resultados são apresentados na Tabela 13 e na Figura 11.

Tabela 13 – Desdobramento da interação meio*fase para o meio (terra e água), avaliando o efeito fase para a variável velocidade angular de pico do quadril (VAPQ).

Variável	Efeito	Meio	F	Sig
VAPQ	Fase	Água	13531,824	<0,001
		Terra	16066,356	<0,001

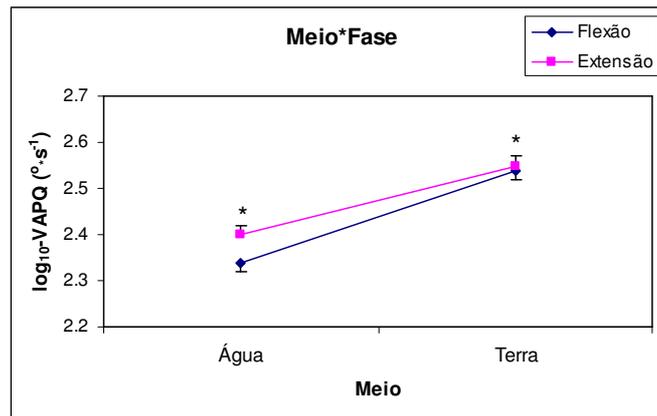


Figura 11 – Comportamento da interação meio*fase para a velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) nas fases de flexão e extensão para os meios terrestre e aquático, com os valores médios totais expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}). * Indica diferenças estatisticamente significativas entre as fases de flexão e extensão ($p < 0,001$).

Os valores descritivos das variáveis cinemáticas expressos como \log_{10} estão apresentados no ANEXO N, para a melhor interpretação dos resultados.

Esses resultados indicam que, tanto para o meio terrestre como para o meio aquático, houve diferenças significativas entre as fases de flexão e extensão para a VAPQ, embora a magnitude das diferenças seja mais acentuada para o meio aquático.

Conforme os resultados do presente estudo, no exercício de corrida estacionária ocorreu um aumento da velocidade angular média e de pico para as fases de flexão e extensão do quadril com o acréscimo da cadência de execução, tanto para o meio terrestre como para o meio aquático.

No que se refere à diferença entre os meios, os resultados do presente estudo demonstraram que, para as cadências submáximas utilizadas, assim como para o máximo esforço, o exercício de corrida estacionária apresentou respostas de VAMQ e de VAPQ significativamente mais baixas para o meio aquático comparado ao meio terrestre. Esses valores mais baixos para todas as cadências submáximas são provocados pelas diferentes técnicas utilizadas

para cada um dos meios. Estudos que analisaram a caminhada em água rasa e a corrida em piscina profunda observaram diferentes padrões cinemáticos entre diferentes velocidades de execução e entre os meios aquático e terrestre (TARTARUGA, 2003; MIYOSHI et al., 2004; MIYOSHI et al., 2006).

O estudo de Miyoshi et al. (2004) analisou a caminhada nos meios aquático e terrestre nos ritmos de execução lento, confortável e rápido. Diferentes velocidades lineares foram observadas entre os meios, assim como um comportamento distinto para a posição angular do joelho e do quadril. No presente estudo, entretanto, para a execução da corrida estacionária, a posição angular máxima de quadril foi mantida em torno de 90° para ambos os meios e para cada cadência de execução (item 4.3.3), indicando uma similar amplitude de movimento. A duração das repetições entre os meios também foi similar para as cadências submáximas, conforme demonstrado no item 4.3.4. Contudo, a técnica utilizada pelos indivíduos parece ter sido diferente para cada meio, sendo que o exercício realizado no meio terrestre apresentou uma duração do tempo de apoio do pé no solo maior que no meio aquático. Assim, para manter o ritmo de execução indicado pelo metrônomo, a velocidade angular deveria ser mais rápida nesse ambiente. É importante salientar que, para o cálculo da velocidade angular média, a fase de apoio do pé no solo foi excluída, para não subestimar o valor médio, uma vez que durante esse período de tempo a velocidade era aproximadamente igual a zero.

Todavia, para a execução do exercício no máximo esforço, a fase de apoio do pé no solo não foi acentuada como nas cadências submáximas e pareceu ser similar em ambos os meios. O estudo de Miyoshi et al. (2006) analisou a fase de apoio do pé no solo na caminhada aquática e os autores

sugerem que essa é inversamente proporcional à velocidade de execução, ou seja, quanto maior a velocidade, menor a fase de apoio do pé no solo. A amplitude de movimento parece ter sido similar entre os meios (item 4.3.3), porém a duração do ciclo completo foi significativamente maior no meio aquático (item 4.3.4). Assim, parece que as menores velocidades angulares média e de pico do quadril no ambiente aquático durante o máximo esforço são ocasionadas pela maior força necessária para mover o corpo contra a água do que contra o ar, devido à diferença na densidade e viscosidade desses fluidos (McGINNIS, 2005), criando uma maior resistência ao avanço nesse meio (PÖYHÖNEN et al., 2000).

O estudo de Black (2005) verificou a velocidade angular média do quadril, no exercício de flexão e extensão do quadril com os joelhos estendidos (variação de amplitude de 45 a 0° (extensão completa)) no meio aquático nas cadências submáximas de 40, 60 e 80 bpm e no máximo esforço. Para o máximo esforço, os autores encontraram valores de velocidade angular média de $138^{\circ}\cdot s^{-1}$ para a fase de extensão e $139^{\circ}\cdot s^{-1}$ para a fase de flexão. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as fases de flexão e extensão para nenhum dos ritmos de execução.

Os dados do presente estudo corroboram com os resultados de Black (2005), visto que a velocidade angular média do quadril também não apresentou diferenças significativas entre as fases. Porém, para o esforço máximo no meio aquático, foram observados valores de VAMQ de $234,27^{\circ}\cdot s^{-1}$ para a fase de extensão e $226,14^{\circ}\cdot s^{-1}$ para a fase de flexão. Embora a amplitude de movimento do presente estudo tenha sido maior (90 a 0°) que a da pesquisa de Black (2005) (45 a 0°), os maiores valores de VAMQ

observados no presente estudo se devem ao fato de que a flexão e extensão do quadril foram realizadas com os joelhos flexionados, com o segmento da coxa representando uma menor área do que a perna estendida. Devido à menor área projetada, a resistência ao avanço foi também menor e a velocidade de execução pode ser mais rápida.

Já no estudo de Pöyhönen et al. (2001b) a velocidade angular de pico nos movimentos de flexão e extensão máximas do joelho (amplitude de 120 a 0° (extensão completa)) foi mensurada no meio aquático. Os autores encontraram valores de velocidade angular de pico de $458^{\circ}\cdot s^{-1}$ para a fase de extensão e $360^{\circ}\cdot s^{-1}$ para a fase de flexão, para posições angulares de 60° e 45°, respectivamente. Os autores justificam as diferenças na velocidade angular de pico entre as fases de flexão e extensão devido a maior potência da musculatura do quadríceps comparado à musculatura dos ísquio-tibiais.

A diferença na VAPQ entre as fases de flexão e extensão também foi observada no presente estudo. Para o esforço máximo no meio aquático, foram observados valores de VAPQ de $386,66^{\circ}\cdot s^{-1}$ para a fase de extensão e $361,77^{\circ}\cdot s^{-1}$ para a fase de flexão, para posições angulares de 79,36° e 82,02°, respectivamente. Esse valor mais elevado para a extensão pode ser explicado pelo efeito do peso do segmento que atua nesse sentido tanto no meio terrestre como aquático. Embora o movimento de flexão do quadril seja assistido pelos efeitos de flutuação, que atuam de baixo para cima, no meio aquático, o movimento de extensão do quadril é facilitado pelo efeito peso que atua de cima para baixo, mesmo que o peso hidrostático do segmento da coxa seja reduzido quando comparado ao fora da água.

Cabe salientar que a posição angular média correspondente à VAPQ, para todos os ritmos de execução, ocorreu entre 77,57 e 82,02° no meio aquático e 70,74 e 79,86° no meio terrestre, para ambas as fases de flexão e extensão. Os valores descritivos para cada meio, cadência e fase podem ser verificados no ANEXO P.

4.4.2. Respostas cardiorrespiratórias em exercício

As respostas cardiorrespiratórias durante o exercício executado nos meios terrestre e aquático, nas cadências submáximas de 60, 80 e 100 bpm são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.), consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{m\acute{a}x}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2m\acute{a}x}$) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.

Variáveis	Cadência	Meio Terrestre		Meio Aquático	
		Média	EP	Média	EP
FC (bpm)	60 bpm	142,47	± 5,33	101,93	± 2,89
	80 bpm	162,50	± 5,25	111,61	± 4,46
	100 bpm	179,61	± 3,69	129,55	± 6,13
VO_2 abs. (l·min ⁻¹)	60 bpm	1,10	± 0,05	0,67	± 0,05
	80 bpm	1,36	± 0,09	0,85	± 0,06
	100 bpm	1,60	± 0,07	1,15	± 0,09
VO_2 rel. (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	60 bpm	18,84	± 0,79	11,17	± 0,83
	80 bpm	23,70	± 1,25	14,30	± 1,13
	100 bpm	27,69	± 1,55	19,57	± 1,62
$\%FC_{m\acute{a}x}$ (%)	60 bpm	72,43	± 2,69	51,46	± 1,16
	80 bpm	82,80	± 2,67	56,17	± 2,00
	100 bpm	91,92	± 1,76	64,52	± 2,67
$\%VO_{2m\acute{a}x}$ (%)	60 bpm	41,97	± 1,90	24,33	± 1,63
	80 bpm	50,62	± 2,51	31,55	± 2,64
	100 bpm	59,56	± 2,03	42,25	± 2,79

Os resultados dos efeitos meio e cadência, além da interação entre esses dois fatores, verificados por meio da análise de variância, são apresentados na Tabela 15 e no ANEXO L.

Tabela 15 – Análise de variância dos efeitos principais (meio e cadência) e dos efeitos de interação para as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.), consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{m\acute{a}x}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2m\acute{a}x}$).

Variáveis	Meio	Cadência	Meio*Cadência
FC	<0,001	<0,001	0,075
VO_2 abs.	<0,001	<0,001	0,679
VO_2 rel.	<0,001	<0,001	0,593
$\%FC_{m\acute{a}x}$	<0,001	<0,001	0,041
$\%VO_{2m\acute{a}x}$	<0,001	<0,001	0,658

Esses resultados indicam que o meio exerceu influência significativa sobre todas as variáveis, com valores estatisticamente maiores para o meio terrestre comparado ao meio aquático. Além disso, o efeito cadência também influenciou significativamente todas as variáveis. Os resultados do teste complementar de Tukey indicaram diferenças estatisticamente significativas entre todas as cadências, com valores estatisticamente maiores para a cadência de 100 bpm, seguido das cadências de 80 e 60 bpm (Figura 12).

Entretanto, o efeito de interação meio*cadência não foi significativo para todas as variáveis, exceto para a variável $\%FC_{m\acute{a}x}$. A interação não significativa indica que, independente da cadência, as respostas cardiorrespiratórias foram sempre maiores no meio terrestre, com um comportamento similar das curvas para ambos os meios. Embora as respostas tenham sido sempre maiores no meio terrestre para a variável $\%FC_{m\acute{a}x}$, o comportamento das curvas foi distinto e dependente do meio. Esse comportamento também pode ser visualizado de forma gráfica para as variáveis FC, VO_2 abs., VO_2 rel., $\%FC_{m\acute{a}x}$ e $\%VO_{2m\acute{a}x}$ na Figura 12.

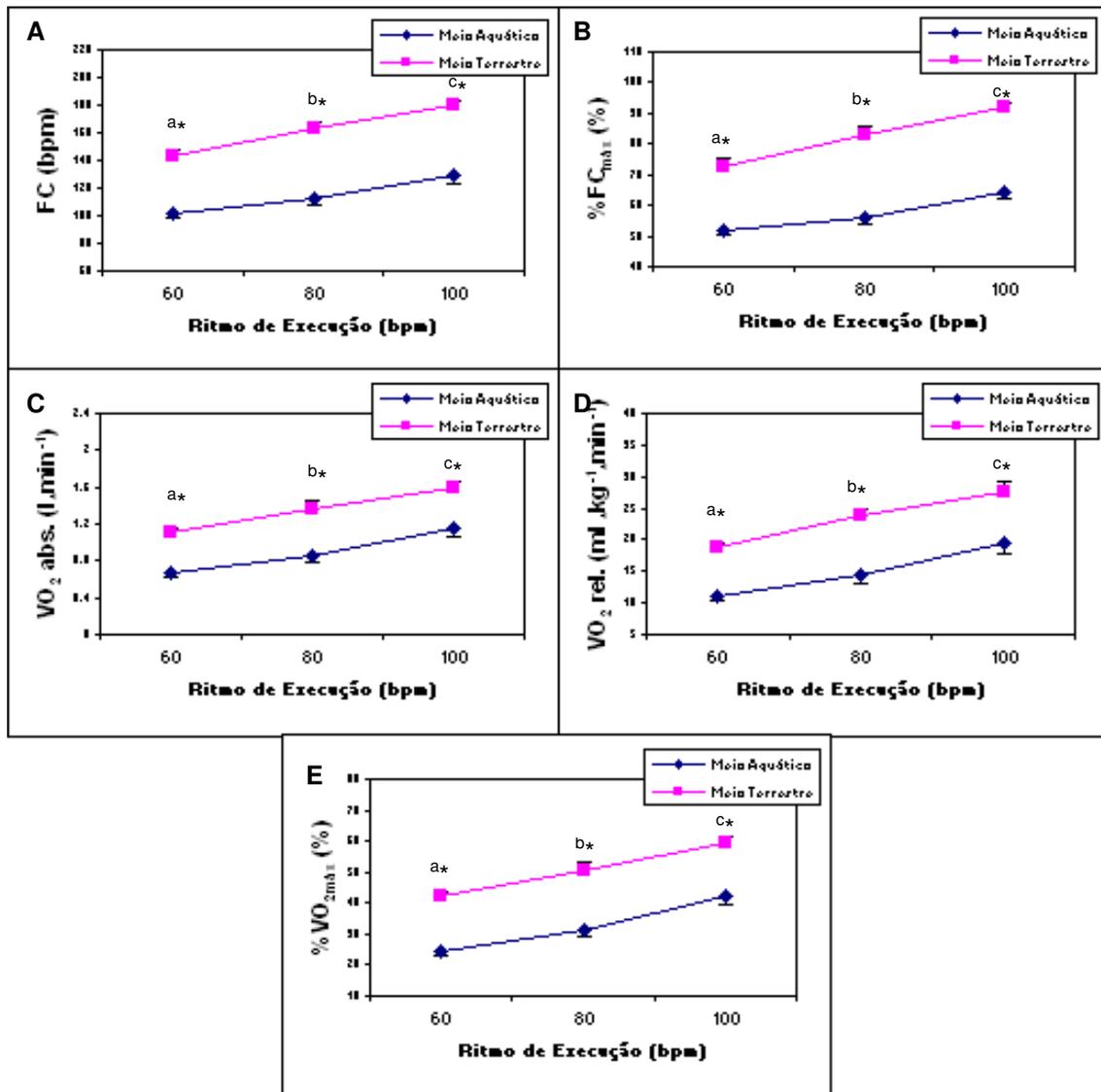


Figura 12 – Comportamento da frequência cardíaca (FC) (A), percentual da frequência cardíaca máxima (%FC_{máx}) (B), consumo de oxigênio absoluto (VO₂ abs.) (C), consumo de oxigênio relativo (VO₂ rel.) (D) e percentual do consumo de oxigênio máximo (%VO_{2máx}) (E) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático. * Indica diferenças estatisticamente significativas entre os meios terrestre e aquático ($p < 0,001$). Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,001$).

Conforme os resultados do presente estudo, no exercício de corrida estacionária ocorreu um aumento das respostas de FC e VO₂ com o acréscimo da cadência de execução e conseqüente velocidade angular, tanto para o meio aquático como para o meio terrestre. Esses dados corroboram com outros estudos que também encontraram maiores FC e VO₂ para exercícios aquáticos com o aumento da cadência de execução (CASSADY & NIELSEN, 1992; WILDER et al., 1993; ALBERTON et al., 2005) ou para a caminhada em

imersão com o aumento da velocidade linear (WHITLEY & SCHOENE, 1987; GLEIM & NICHOLAS, 1989; HALL et al., 1998; SHONO et al., 2000; POHL & McNAUGHTON, 2003). Essas respostas ocorrem devido ao aumento da velocidade do corpo em relação ao fluido, provocando um grande aumento na resistência. Essa maior resistência ao avanço pode ser explicada pelo fato de a velocidade ser elevada ao quadrado e diretamente proporcional a resistência (PÖYHÖNEN et al., 2000). Assim, quanto maior a velocidade de execução de um determinado exercício no meio aquático, maior é a resistência que esse fluido oferece e, conseqüentemente, maior é a demanda necessária de oxigênio para a musculatura exercitada.

Não obstante, no que se refere à diferença entre os meios, os resultados do presente estudo demonstraram que, para as cadências utilizadas, o exercício de corrida estacionária apresentou respostas de FC e VO_2 significativamente mais baixas para o meio aquático comparado ao meio terrestre. Esses dados corroboram com os estudos de Heberlein et al. (1987), Kruehl (2000), Heithold & Glass (2002), Benelli et al. (2004) e Alberton et al. (2005), que compararam as respostas cardiorrespiratórias entre os meios em exercícios estacionários ou em sessões aeróbicas de aulas de hidroginástica.

Em contrapartida, os estudos de exercícios localizados e caminhadas com deslocamento horizontal do corpo apresentam respostas divergentes com valores de VO_2 e FC mais elevados para o meio aquático. Essa divergência pode ser explicada pelos diferentes tipos de exercícios selecionados nas pesquisas citadas anteriormente, assim como as diferentes propriedades hidrodinâmicas a eles aplicadas.

Nos estudos de Johnson et al. (1977) e Cassady & Nielsen (1992), os exercícios utilizados foram movimentos localizados, tanto para membros superiores como inferiores, executados em completa extensão e em grande amplitude, representando uma grande área projetada a ser vencida contra a resistência da água, com conseqüente maior gasto energético no meio aquático. Da mesma forma, pesquisas realizadas com caminhada aquática, que apresenta um deslocamento horizontal do corpo, têm como respostas um maior VO_2 e FC quando realizados na mesma velocidade de execução que a caminhada no meio terrestre (WHITLEY & SCHOENE, 1987; HALL et al., 1998, SHONO et al., 2001a; POHL & McNAUGHTON, 2003), visto que a força necessária para mover o corpo contra a água é maior do que contra o ar. Isso ocorre pela diferença na densidade entre os meios, visto que a água é muito mais densa que o ar, com valores que correspondem a 1000 e 1,2 $kg.m^{-3}$, respectivamente (McGINNIS, 2005); e também muito mais viscosa, com uma viscosidade cerca de 800 vezes maior (Miyoshi et al., 2004).

Entretanto, nos estudos de Krueel (2000) e Alberton et al. (2005) os exercícios foram realizados com deslocamento vertical do corpo, visto que esses eram estacionários, executados com troca de apoio de um membro inferior para outro. Segundo Krueel (1994), a imersão na profundidade dos ombros, utilizada para os estudos anteriores, representa um peso hidrostático correspondente a 84,11% do peso corporal. Esse reduzido peso hidrostático representa um peso bem menor a ser deslocado na água, ao contrário do peso corporal total, que deve ser deslocado e carregado fora da água. Dessa forma, os exercícios apresentaram um menor VO_2 e FC no meio líquido comparado

ao meio terrestre, assim como o exercício de corrida estacionária utilizado no presente estudo.

Com relação ao efeito de interação meio*cadência, houve um efeito significativo apenas para a variável $\%FC_{m\acute{a}x}$. Esse resultado indica que o comportamento dessa variável ao longo das cadências depende do meio em que o exercício foi realizado. Embora as respostas de $\%FC_{m\acute{a}x}$ tenham sido maiores no meio terrestre do que no meio aquático, e maiores quanto maior o ritmo de execução, a magnitude do aumento dessa variável foi maior no meio terrestre, de 60 para 80 bpm e de 80 para 100 bpm, do que no meio aquático, cujo aumento foi atenuado. Apesar do efeito de interação meio*cadência não ter sido significativo para a variável FC, o mesmo apresentou um nível de significância limítrofe ($p = 0,075$), e seus resultados demonstram a mesma tendência.

Esse menor aumento no $\%FC_{m\acute{a}x}$ no meio aquático pode ser atribuído aos efeitos hidrostáticos da imersão. Com a imersão, ocorre uma diminuição da FC, tanto em repouso (WATENPAUGH et al., 2000; KRUEL et al., 2002; KRUEL et al., 2007) como em exercício (CRAIG & DVORAK, 1969; NAKANISHI et al., 1999a; KRUEL, 2000; BENELLI et al., 2004). As mais baixas respostas de FC em imersão podem ser atribuídas à influência da pressão hidrostática, que conduz a um aumento do retorno venoso e maior concentração de sangue na região central do corpo (ARBORELIUS et al., 1972; AVELLINI et al., 1983; SHELDAHL et al., 1984; CONNELLY et al., 1990; CHRISTIE et al., 1990; WATENPAUGH et al., 2000); e às diferentes condições térmicas oferecidas pelo meio aquático, que facilitam a troca de calor entre o

organismo e o meio ambiente, reduzindo a necessidade de distribuição do sangue da região central para a periferia (CRAIG & DVORAK, 1966).

Conseqüentemente, o presente estudo e outros da literatura (SHELDAHL, 1985; MÜLLER & KRUEL, 2006; KRUEL et al., 2007) demonstram e indicam que o %FC_{máx} não é a melhor forma de expressar a intensidade do exercício no meio aquático. Ou seja, devido aos efeitos hidrostáticos da água, não devemos tomar como referência o valor da FC_{máx} obtido no meio terrestre sem realizar nenhuma correção. Alguns estudos do nosso grupo de pesquisa (MÜLLER & KRUEL, 2006; KRUEL et al., 2007) preconizam que a forma de prescrição mais adequada para exercícios aquáticos, com base na variável FC, deve ser a realização de um teste máximo específico no meio aquático ou a utilização de fórmulas de correção para a FC_{máx} obtida no meio terrestre, visando a predição FC_{máx} no meio aquático. Para o cálculo da FC_{máx} predita para o meio aquático, o estudo de Müller & Krueel (2006) sugerem o uso da Equação 3, onde torna-se necessário apenas a medida da redução da FC decorrente da imersão (ΔFC), na profundidade, temperatura da água e posição corporal utilizadas para o exercício.

$$FC_{máx} \text{ água} = FC_{máx} \text{ terra} - \Delta FC \quad (3)$$

Além da análise dos efeitos principais meio e cadência e do efeito de interação meio*cadência para cada uma das variáveis cardiorrespiratórias, a análise da associação entre elas também foi verificada, através da Correlação de Pearson. Os resultados são apresentados nas Figuras 13 e 14, para os meios terrestre e aquático, respectivamente, e na Tabela 16.

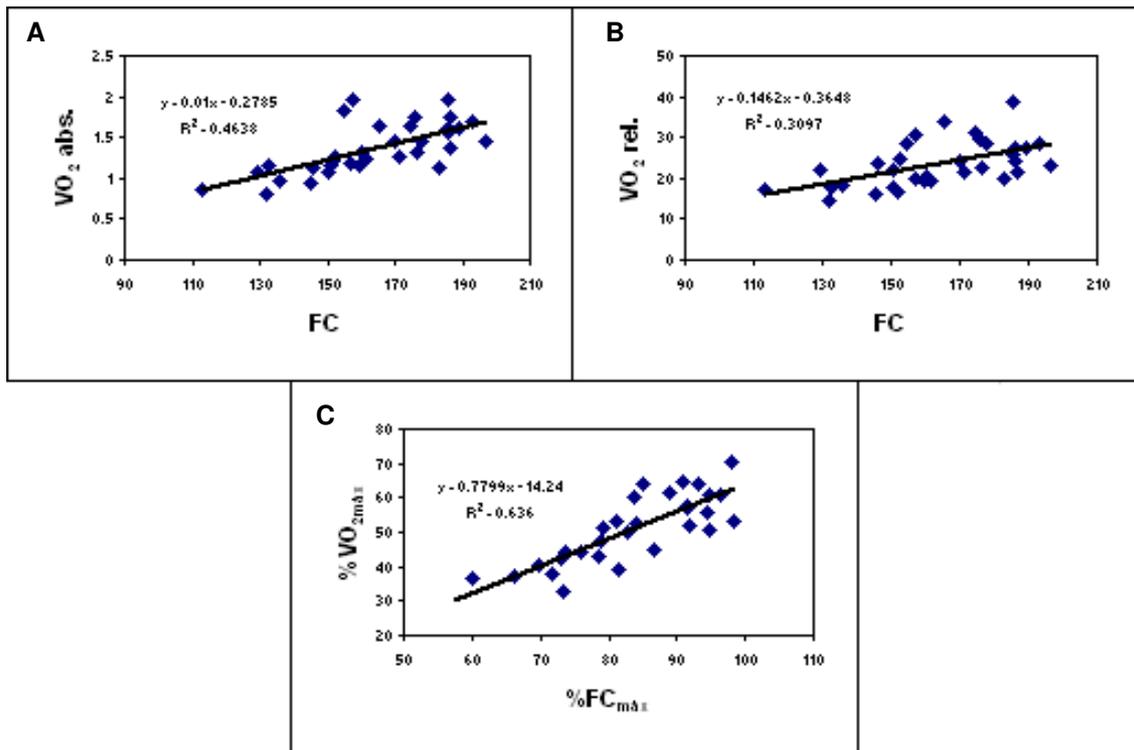


Figura 13 – Representação gráfica da dispersão entre a frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.) (A), frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.) (B) e percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$) (C) no meio terrestre.

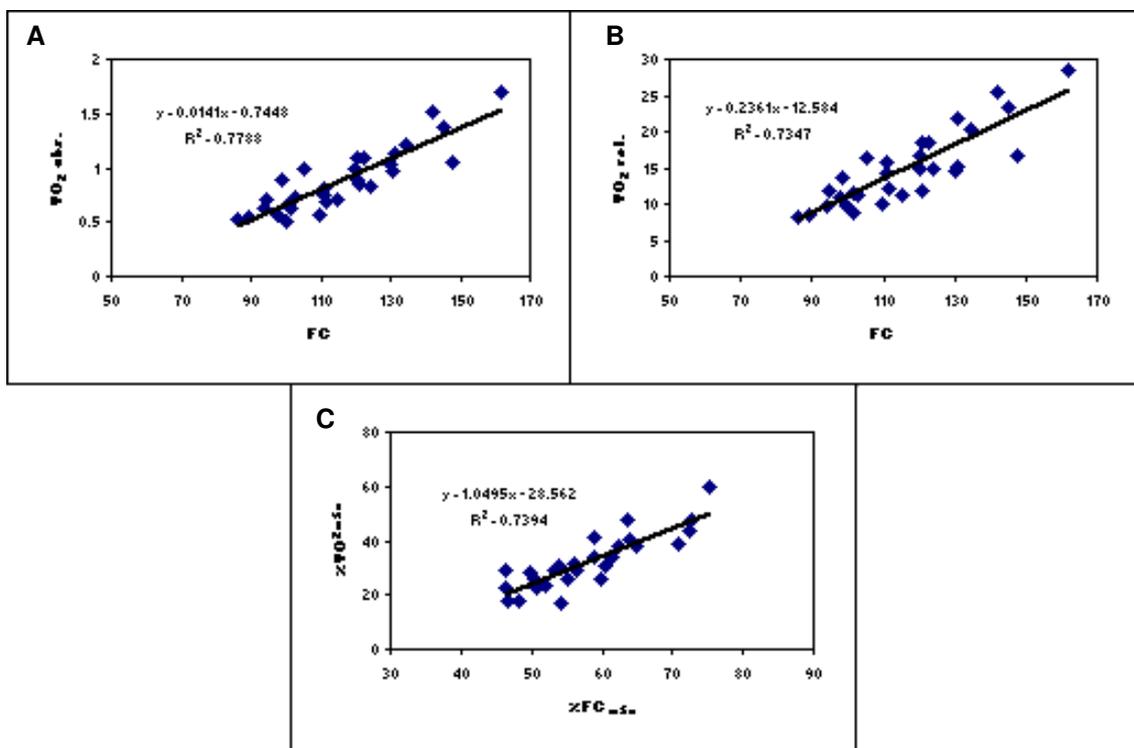


Figura 14 – Representação gráfica da dispersão entre a frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio absoluto (VO_2 abs.) (A), frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio relativo (VO_2 rel.) (B) e percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$) (C) no meio aquático.

Tabela 16 – Correlações entre as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO₂ abs.), consumo de oxigênio relativo (VO₂ rel.), percentual da frequência cardíaca máxima (%FC_{máx}) e percentual do consumo de oxigênio máximo (%VO_{2máx}) para o exercício de corrida estacionária executada nos meios terrestre e aquático.

	Meio Terrestre		Meio Aquático	
	R	Sig.	R	Sig.
FC – VO ₂ abs.	0,681*	<0,001	0,883*	<0,001
FC – VO ₂ rel.	0,556*	0,001	0,857*	<0,001
%FC _{máx} – %VO _{2máx}	0,798*	<0,001	0,860*	<0,001

Os resultados das correlações entre a FC e o VO₂ abs., a FC e o VO₂ rel., e o %FC_{máx} e o %VO_{2máx}, tanto para o meio terrestre como para o meio aquático, demonstram uma forte associação entre essas variáveis, com valores de coeficientes de correlação altos e significativos, em especial para o meio aquático. Esses dados sugerem que ambas as variáveis aumentaram linearmente com o aumento da cadência de execução.

Além disso, os maiores valores de inclinação das retas (a, da equação $y = ax + b$) obtidos para as correlações entre as variáveis no meio aquático indicam um maior aumento das respostas cardiorrespiratórias com o aumento da cadência. Ou seja, um aumento de 60 para 100 bpm representa um aumento de intensidade maior no meio aquático do que no meio terrestre. Essa resposta se deve à maior resistência ao avanço proporcionada pela velocidade e pela maior densidade do meio líquido, corroborando com os dados de Evans et al. (1978).

Entretanto, embora as variáveis %FC_{máx} e %VO_{2máx} apresentem uma alta relação linear nos meios aquático ($r = 0,86$; $p < 0,0001$) e terrestre ($r = 0,798$; $p < 0,0001$), ao analisarmos as cadências individualmente, verificamos uma desproporção entre elas. No meio aquático, valores de %FC_{máx} de $51,46 \pm 1,16$; $56,17 \pm 2,00$ e $64,52 \pm 2,67\%$ foram observados para as cadências de 60, 80 e 100 bpm, respectivamente. Não obstante, para o %VO_{2máx}, foram observados valores mais baixos de $24,33 \pm 1,63$; $31,55 \pm 2,64$ e $42,25 \pm 2,79\%$.

Já para o meio terrestre, valores de $\%FC_{\text{máx}}$ de $72,43 \pm 2,69$; $82,80 \pm 2,67$ e $91,92 \pm 1,76\%$ foram observados nas cadências de 60, 80 e 100 bpm, respectivamente, para valores de $\%VO_{2\text{máx}}$ de $41,97 \pm 1,90$; $50,62 \pm 2,51$ e $59,56 \pm 2,03\%$.

Esses dados mais elevados para o $\%FC_{\text{máx}}$ do que o esperado para o $\%VO_{2\text{máx}}$ obtido no meio aquático corroboram com os resultados de Eckerson & Anderson (1992) que encontraram valores médios de $\%FC_{\text{máx}}$ de 82% e $\%VO_{2\text{máx}}$ de 48% em uma sessão de hidroginástica, com os valores máximos obtidos a partir de um teste progressivo realizado no meio terrestre, assim como o presente estudo. Da mesma forma, o estudo de D'Acquisto et al. (2001) também encontrou valores de 40 a 61% do MET máximo predito e 66 a 78% da $FC_{\text{máx}}$ predita em uma aula de hidroginástica, com uma forte relação linear entre os valores de MET e FC ($r = 0,974-0,998$). Alberton et al. (2007a) também observaram resultados similares em distintos exercícios de hidroginástica.

Em exercícios terrestres, Parker et al. (1989) observaram em uma aula de dança aeróbica valores de 62,3% para o $\%VO_{2\text{máx}}$ e de 86,8% para o $\%FC_{\text{máx}}$ de reserva. Cabe salientar que esses valores de FC foram comparados aos obtidos em esteira para o mesmo $\%VO_{2\text{máx}}$ e apresentaram respostas significativamente maiores. Williford et al. (1989) também observaram resultados similares, em distintos tipos de rotinas de danças, e Olson et al. (1991) em diferentes tipos de plataformas de *step*.

Logo, os resultados do presente estudo e dos estudos supracitados demonstram um comportamento de FC mais alto do que o que seria esperado para o VO_2 obtido. Segundo Parker et al. (1989), essa relação desproporcional entre essas variáveis pode ser atribuída ao aumento da atividade simpática

resultante dos movimentos combinados de membros superiores e inferiores envolvidos nos exercícios, o que influencia nas respostas de FC.

Além disso, as respostas dos estudos de Sheldahl et al. (1984), Christie et al. (1990) e Connelly et al. (1990) sugerem que o fluxo simpático neural é reduzido na água e isso gera um impacto no comportamento da FC. Porém, um maior impacto deve ocorrer para cargas de trabalho acima de 50% do $VO_{2m\acute{a}x}$. Para cargas inferiores, como as obtidas no presente estudo, os autores sugerem que uma inibição do parassimpático contribui para a não ocorrência dessa queda na FC.

4.4.3. Respostas neuromusculares em exercício

A respostas eletromiográficas durante o exercício executado nos meios aquático e terrestre, no máximo esforço e nas cadências submáximas de 60, 80 e 100 bpm, são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 – Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis percentual da contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (%CVM VL), reto femoral (%CVM RF), bíceps femoral (%CVM BF) e semitendinoso (%CVM ST) para as diferentes cadências nos meios terrestre e aquático.

Variáveis	Cadência	Meio Terrestre		Meio Aquático	
		Média	EP	Média	EP
%CVM VL (%)	60 bpm	20,34	± 2,67	10,81	± 1,88
	80 bpm	25,78	± 3,34	10,87	± 1,49
	100 bpm	35,68	± 4,04	10,11	± 1,78
	Máxima	85,43	± 15,12	71,00	± 12,12
%CVM RF (%)	60 bpm	19,75	± 3,36	7,34	± 1,28
	80 bpm	18,82	± 2,72	8,31	± 2,09
	100 bpm	20,91	± 3,64	12,03	± 3,14
	Máxima	67,65	± 12,06	49,89	± 10,24
%CVM BF (%)	60 bpm	25,12	± 3,11	9,45	± 1,44
	80 bpm	28,00	± 3,21	10,84	± 1,98
	100 bpm	28,43	± 3,26	13,18	± 2,54
	Máxima	60,18	± 14,16	43,14	± 6,23
%CVM ST (%)	60 bpm	17,81	± 2,68	12,25	± 2,23
	80 bpm	23,91	± 3,82	18,48	± 3,54
	100 bpm	33,51	± 6,16	21,54	± 3,94
	Máxima	91,53	± 15,78	104,49	± 15,96

Os resultados dos efeitos meio e cadência, além da interação entre esses dois fatores são apresentados na Tabela 18 e no ANEXO M.

Tabela 18 – Análise de variância dos efeitos principais (meio e cadência) e dos efeitos de interação para as variáveis percentual da contração voluntária máxima (%CVM) dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST).

Variáveis	Meio	Cadência	Meio*Cadência
%CVM VL	<0,001	<0,001	<0,001
%CVM RF	<0,001	<0,001	0,004
%CVM BF	<0,001	<0,001	0,001
%CVM ST	<0,001	<0,001	0,032

Esses resultados indicam que o meio exerceu influência significativa sobre todas as variáveis, com valores estatisticamente maiores para o meio terrestre comparado ao meio aquático. Além disso, o efeito cadência também influenciou significativamente todas as variáveis. Da mesma forma, o efeito de interação meio*cadência também foi significativo, indicando que o comportamento das variáveis neuromusculares entre os meios depende do ritmo de execução no qual o exercício é realizado. Visto que o efeito de interação meio*cadência foi significativo para todas as variáveis neuromusculares (%CVM VL, %CVM RF, %CVM BF e %CVM ST), realizou-se um desdobramento dessa interação. Os resultados do desdobramento para o meio, comparando as cadências são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Desdobramento da interação meio*cadência para o meio (terra e água), avaliando o efeito cadência para as variáveis percentual da contração voluntária máxima do músculo vasto lateral (%CVM VL), percentual da contração voluntária máxima do músculo reto femoral (%CVM RF), percentual da contração voluntária máxima do músculo bíceps femoral (%CVM BF) e percentual da contração voluntária máxima do músculo semitendinoso (%CVM ST).

Variável	Efeito	Meio	F	Sig
%CVM VL	Cadência	Terra	628,234	<0,001
		Água	317,491	<0,001
%CVM RF	Cadência	Terra	376,804	<0,001
		Água	130,781	<0,001
%CVM BF	Cadência	Terra	647,769	<0,001
		Água	251,063	<0,001
%CVM ST	Cadência	Terra	377,087	<0,001
		Água	148,431	<0,001

Esses resultados indicam que tanto para o meio aquático como para o meio terrestre houve diferenças significativas entre as cadências. Os resultados do teste complementar de Tukey indicaram que, para todas as variáveis analisadas, o exercício no máximo esforço apresentou respostas significativamente maiores do que o mesmo realizado em todas as cadências submáximas, para ambos os meios de execução. Já para as cadências submáximas, os resultados indicaram comportamentos semelhantes entre 60, 80 e 100 bpm para os quatro músculos analisados, com exceção do músculo vasto lateral no meio terrestre. Para esse meio, o %CVM VL apresentou diferenças estatisticamente entre as cadências de 60 e 100 bpm. Essas diferenças significativas entre as cadências são demonstradas na Figura 15.

Já os resultados do desdobramento para a cadência, comparando os meios são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Desdobramento da interação meio*cadência para a cadência (60 bpm, 80 bpm, 100 bpm e máxima), avaliando o efeito meio para as variáveis percentual da contração voluntária máxima do músculo vasto lateral (%CVM VL), percentual da contração voluntária máxima do músculo reto femoral (%CVM RF), percentual da contração voluntária máxima do músculo bíceps femoral (%CVM BF) e percentual da contração voluntária máxima do músculo semitendinoso (%CVM ST).

Variável	Efeito	Cadência	F	Sig
%CVM VL	Meio	60 bpm	10,503	0,004
		80 bpm	17,099	<0,001
		100 bpm	45,798	<0,001
		Máxima	0,689	0,417
%CVM RF	Meio	60 bpm	17,001	<0,001
		80 bpm	14,089	0,001
		100 bpm	5,507	0,029
		Máxima	1,435	0,248
%CVM BF	Meio	60 bpm	25,889	<0,001
		80 bpm	25,684	<0,001
		100 bpm	15,597	0,001
		Máxima	1,274	0,276
%CVM ST	Meio	60 bpm	2,146	0,160
		80 bpm	0,749	0,399
		100 bpm	1,867	0,191
		Máxima	0,619	0,448

Esses resultados indicam que para as cadências de 60, 80 e 100 bpm, houve diferenças significativas entre os meios para as variáveis %CVM VL,

%CVM RF e %CVM BF, com valores significativamente mais elevados para o meio terrestre do que para o meio aquático. Já para o %CVM ST, os resultados foram semelhantes entre os meios. Em contrapartida, os resultados indicaram que, para todas as variáveis analisadas, o exercício no máximo esforço não apresentou diferenças significativas entre os meios. Essas diferenças significativas entre os meios são demonstradas na Figura 15.

Além das diferenças significativas anteriormente citadas, o comportamento da interação meio*cadência também pode ser visualizado de forma gráfica para as variáveis %CVM VL, %CVM RF, %CVM BF e %CVM ST na Figura 15.

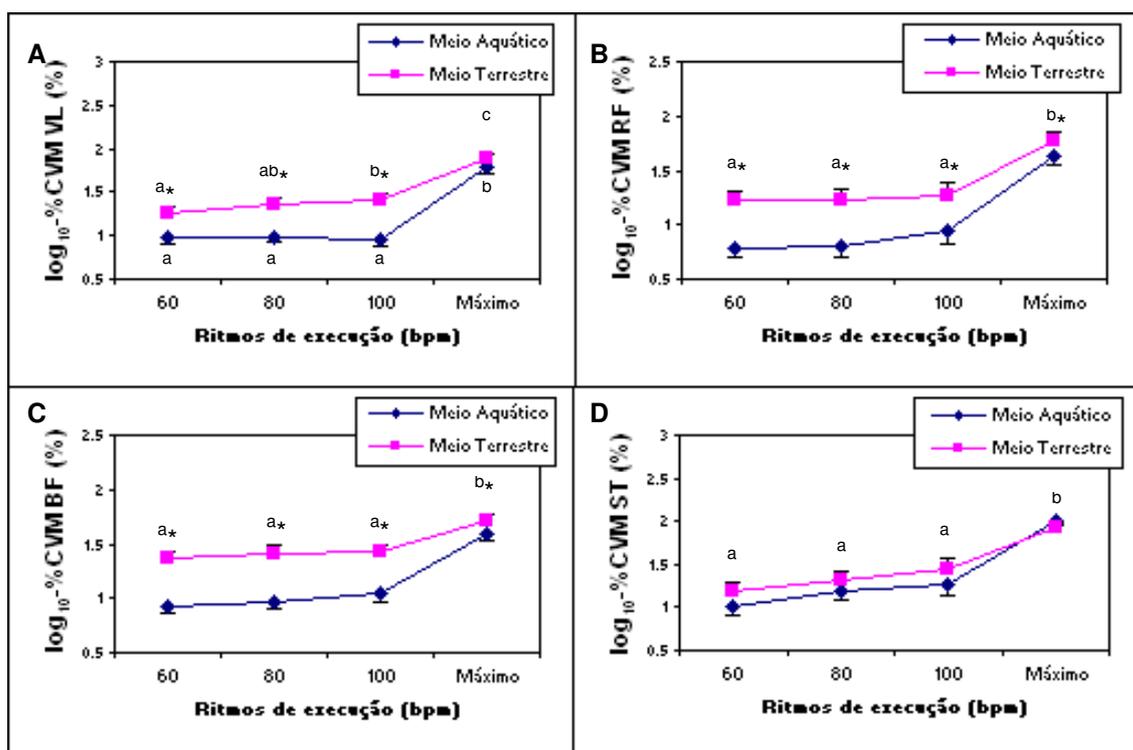


Figura 15 – Comportamento do percentual da contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (%CVM VL) (A), reto femoral (%CVM RF) (B), bíceps femoral (%CVM BF) (C) e semitendinoso (%CVM ST) (D) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático, com os valores médios expressos como logaritmo de base 10 (\log_{10}). * Indica diferenças estatisticamente significativas entre os meios terrestre e aquático ($p < 0,05$). Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,001$).

Os valores descritivos das variáveis neuromusculares expressos como \log_{10} estão apresentados no ANEXO O, para uma melhor interpretação dos resultados.

Os resultados de comparação entre as cadências sugerem que o aumento das cadências submáximas, com conseqüente aumento das velocidades angulares (conforme item 4.4.1), tanto no meio aquático como no meio terrestre, não foi suficiente para aumentar as respostas de amplitude do sinal EMG. Os dados obtidos no meio aquático corroboram com as respostas do estudo de Black (2005), que analisaram o %CVM RF e o %CVM BF nos movimentos de flexão até 45° e extensão do quadril em imersão no meio líquido e não observaram diferenças significativas entre as cadências 60 e 80 bpm, também utilizadas no presente estudo. Entretanto, outros estudos encontrados na literatura observaram aumentos na amplitude do sinal EMG com o aumento do ritmo de execução submáximo (cadência ou velocidade), tanto em exercícios de caminhada e ciclismo em meio terrestre (McINTOSH et al., 2000; HOF et al., 2002; HUG et al., 2004), como em exercícios localizados e caminhada em meio aquático (KELLY et al., 2000; MASUMOTO et al., 2004; MASUMOTO et al., 2005; MIYOSHI et al., 2004; MIYOSHI et al., 2006).

Cabe salientar que embora o comportamento das respostas neuromusculares no presente estudo tenha demonstrado um resultado distinto ao das variáveis cardiorrespiratórias, que sofreram um aumento significativo com o aumento da cadência de execução (conforme item 4.4.2), esses resultados podem ser explicados pela própria intensidade do exercício. Conforme a intensidade do exercício existe um recrutamento seletivo das unidades motoras. No estudo de Tesch et al. (1998) foi verificado que as fibras

do tipo IIb são utilizadas predominantemente somente com níveis de esforço iguais ou superiores a 60% do máximo. No caso do presente estudo, os valores de %CVM para ambos os meios nas cadências submáximas variaram de 7,34 a 35,68% da CVM. Conseqüentemente, é provável que não tenha sido solicitado o recrutamento de mais unidades motoras, o que resultaria em um aumento significativo na amplitude do sinal EMG.

Além disso, o aumento das respostas cardiorrespiratórias sem concomitante aumento na amplitude do sinal EMG pode ter sido ocasionado pela ação de outros grupos musculares que não foram analisados no presente estudo, visto que outros músculos além dos investigados devem estar ativos. Por exemplo, os músculos dos membros superiores e do tronco, além de outros músculos da coxa e perna. Mais um fator a ser considerado é a própria metodologia utilizada para a coleta da ativação neuromuscular, uma vez que há mais fibras ativas do que as que o eletrodo pode captar (DeLUCA, 1997).

Todavia, ao comparar as cadências submáximas com o esforço máximo, todas as musculaturas analisadas apresentaram diferenças significativas para ambos os meios. No máximo esforço, a amplitude do sinal EMG na execução do exercício de corrida estacionária foi aumentada em resposta ao aumento da resistência ao avanço ($R = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot Cd$). O aumento da velocidade do segmento e do corpo em relação à água exerce grande influência na resistência, pelo fato de a velocidade ser elevada ao quadrado e diretamente proporcional a ela (PÖYHÖNEN et al., 2000). Além disso, nessa elevada intensidade é provável que as fibras de maior limiar tenham sido recrutadas, aumentando significativamente a amplitude do sinal EMG (TESCH et al., 1998). Esses resultados corroboram com os estudos de Figueiredo (2004), Black

(2005) e Müller et al. (2005), que analisaram exercícios dinâmicos localizados em ritmos de execução submáximos e máximos no meio aquático.

As respostas do sinal EMG nos ritmos de execução submáximos entre os meios aquático e terrestre obtidos no presente estudo para os músculos vasto lateral, reto femoral e porção curta do bíceps femoral corroboram com os estudos de Kelly et al. (2000), Figueiredo (2004), Masumoto et al. (2004) e Masumoto et al. (2005), que também analisaram exercícios dinâmicos (localizados ou caminhadas) em ritmos de execução pré-determinados e encontraram respostas EMG significativamente mais baixas no meio aquático. Além desses, outros estudos também encontraram respostas atenuadas no meio aquático para exercícios isométricos submáximos de ombro, joelho e tornozelo (FUJISAWA et al., 1998; PÖYHÖNEN et al., 1999; PÖYHÖNEN & AVELA, 2002).

As respostas obtidas podem ser atribuídas ao menor consumo de oxigênio para os exercícios realizados no meio aquático nas cadências submáximas (conforme item 4.4.2), com conseqüente menor ativação muscular para a execução dos mesmos (HUG et al., 2004). Além disso, essa menor atividade EMG pode ser causada pelo reduzido peso hidrostático induzido pela imersão na profundidade do processo xifóide, utilizada no presente estudo, que corresponde a cerca de 70,86% do peso corporal fora da água (KRUEL, 1994). Essa diminuição no peso hidrostático pode fazer com que menos unidades motoras sejam recrutadas para a manutenção da postura, assim como para o deslocamento dos membros no meio aquático (KRUEL et al., 2004).

Contudo, para o músculo semitendinoso, esses fatores podem ter sido compensados pela resistência da água, proporcionando semelhantes

atividades EMG entre os meios para as três cadências submáximas utilizadas. Na execução do exercício de corrida estacionária no meio terrestre, essa musculatura provavelmente é utilizada apenas para a fase de apoio da perna, durante um período de tempo relativamente pequeno, dependendo da cadência de execução. No meio aquático, essa musculatura é exigida para a realização da extensão do quadril, devido à resistência ao avanço, atuando como agonista durante aproximadamente metade do ciclo do exercício.

Em contrapartida, as respostas do sinal EMG no esforço máximo para todos os músculos analisados não apresentaram diferenças significativas entre os meios aquático e terrestre.

No que se refere às contrações isométricas máximas, a literatura apresenta estudos que observaram valores significativamente mais baixos no meio aquático (PÖYHÖNEN et al., 1999) ou semelhantes ao meio terrestre (ALBERTON et al., 2007b). O estudo de Pöyhönen et al. (1999) encontrou respostas neuromusculares atenuadas no meio aquático, ocasionadas por fatores eletromecânicos ou neurofisiológicos. Esses últimos são justificados com base que o reduzido peso hidrostático na água poderia afetar o sistema neuromuscular, especialmente os proprioceptores (tal como o fuso muscular) que influenciariam nas respostas de contração máxima. Todavia, cabe salientar que nessa pesquisa não foi utilizada proteção sobre os eletrodos, e a provável razão para essas respostas deve ser o contato da água com os eletrodos, fato que pode ter prejudicado a qualidade do sinal EMG obtido.

Entretanto, recentemente, as pesquisas de Rainoldi et al. (2004b), Veneziano et al. (2006) e Alberton et al. (2007b) mostraram que a amplitude do sinal EMG pode ser semelhante entre os meios aquático e terrestre, quando

alguns fatores são controlados, tais como tipo de protocolo, temperatura da pele, que reflete a temperatura muscular e utilização de isolamento adequado sobre os eletrodos.

Em exercícios dinâmicos localizados máximos, o estudo de Figueiredo (2004) observou que durante a realização de exercícios abdominais, os músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior e oblíquo externo apresentaram atividades EMG semelhantes entre os meios aquático e terrestre. Da mesma forma, Kelly et al. (2000) ao analisarem exercícios dinâmicos localizados em diferentes intensidades, encontraram que a flexão de ombros na velocidade mais elevada ($90^{\circ}\cdot s^{-1}$) não apresenta diferenças significativas na atividade EMG entre os meios, com uma tendência dos valores serem maiores no meio aquático. Os autores sugerem que essa velocidade rápida parece ser, no meio aquático, o ponto onde os efeitos de flutuação são suprimidos pelos efeitos resistivos da água. Os dados do presente estudo apresentam resultados similares para exercícios dinâmicos máximos aeróbicos.

5 CONCLUSÕES, SUGESTÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS

5.1. CONCLUSÕES

A partir dos resultados do presente estudo, podemos concluir que a corrida estacionária, na forma realizada no presente estudo, apresenta um padrão cinemático distinto entre os meios aquático e terrestre, com as velocidades angulares média e de pico do quadril mais elevadas quando o exercício é executado no meio terrestre do que no meio aquático.

Da mesma forma, as respostas de frequência cardíaca, consumo de oxigênio, percentual da frequência cardíaca máxima e percentual do consumo de oxigênio máximo foram maiores para o exercício no meio terrestre, e aumentaram significativamente com o acréscimo da cadência de execução.

As respostas neuromusculares não apresentaram um comportamento semelhante, visto que o comportamento do sinal eletromiográfico dos músculos vasto lateral, porção curta do bíceps femoral, reto femoral e semitendinoso não aumentou significativamente com o aumento do ritmo de execução, exceto das cadências submáximas para o máximo esforço. Contudo, ao comparar a ativação elétrica dos músculos analisados entre os meios, o meio terrestre apresentou respostas significativamente maiores para todos os músculos nas cadências submáximas, exceto para o músculo semitendinoso que apresentou respostas semelhantes. Não obstante, no máximo esforço, todos os grupos musculares analisados apresentaram respostas similares entre os meios.

Em suma, a realização do exercício de corrida estacionária no meio aquático em ritmo de execução submáximo apresenta respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares menores do que o mesmo executado no meio terrestre, para as cadências fixas do presente estudo. Todavia, em intensidades máximas, a amplitude do sinal eletromiográfico pode apresentar padrões de ativação muscular semelhante entre os meios, mesmo que a velocidade angular do quadril seja mais baixa nesse meio, devido à maior resistência ao avanço proporcionada pela água.

5.2. SUGESTÕES

A partir dos resultados encontrados e conhecimentos adquiridos, bem como as limitações do estudo, sugerimos futuras linhas de pesquisas:

- Desenvolver estudos semelhantes com outros ritmos de execução, ou mesmo com exercício realizado de forma progressiva;
- Desenvolver estudos semelhantes com outros exercícios;
- Desenvolver estudos semelhantes com a análise de outros grupos musculares;
- Desenvolver estudos semelhantes com a análise eletromiográfica de cada fase do movimento;
- Desenvolver estudos semelhantes com a análise cinemática de outras articulações.

5.3. APLICAÇÕES PRÁTICAS

Em aulas de hidroginástica, o gasto energético decorrente da realização do exercício de corrida estacionária pode ser maximizado com o uso de maiores ritmos de execução. Todavia, para a obtenção de uma atividade neuromuscular elevada para os músculos vasto lateral, porção curta do bíceps femoral, reto femoral e semitendinoso é necessário que o exercício seja executado em intensidades máximas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERTON, C.L.; COERTJENS, M.; FIGUEIREDO, P.A.P.; KRUEL, L.F.M. Behavior of oxygen uptake in water exercises performed at different cadences in and out of water. **Med. Sci. Sports Exerc.** 37(5):S103, 2005.
2. ALBERTON, C.L.; BLACK, G.L.; VENDRUSCULO, A.P.; BRENTANO, M.A.; BORGES JR., N.G.; KRUEL, L.F.M. Muscle activation in water exercise: Agonist and antagonist action with or without resistive equipment. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 6(Supl.1):71, 2006.
3. ALBERTON, C.L.; OLKOSKI, M.M.; BECKER, M.E.; PINTO, S.S.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses of post-menopause women to different hydrogymnastic exercises. **International Journal of Aquatic Research and Education.** *In press*, 2007a.
4. ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; COERTJENS, M.; BEYER, P.O.; MAROCCO, L.F.; KRUEL, L.F.M. Electromyographic activity alterations during isometric actions performed in aquatic environment and on land. **Med. Sci. Sports Exerc.** 39(5):S258, 2007b.
5. ALVES, R.V.; MOTA, J.; COSTA, M.C.; ALVES, J.G.B. Physical fitness and elderly health effects of hydrogymnastics. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 10(1):38-43, 2004.
6. ARBORELIUS, M.; BALDLIN, U.I.; LILJA, B.; LUNDGREN, C.E.G. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. **Aerospace Med.** 43:590-598, 1972.
7. AVELLINI, B.A.; SHAPIRO, Y.; PANDOLF, K.B. Cardio-respiratory physical training in water and on Land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 50:255-263, 1983.
8. BARELA, A.M.F.; STOLF, S.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 16:250-256, 2006.
9. BARELA, A.M.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** *In press*, 2006.

10. BARELLA, R.E.; MÜLLER, F.G.; SEVERO, C.R.; CARDOSO, A.S.; FIGUEIREDO, P.A.P.; BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. Efeitos de um treinamento de força aplicado em mulheres praticantes de hidroginástica. **Rev. Bras. Fisiol. Exerc.** 3(1):136, 2004.
11. BECK, T.W.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O.; WEIR, J.P.; CRAMER, J.T.; COBURN, J.W.; MALEK, M.H. The effects of interelectrode distance on electromyographic amplitude and mean power frequency during isocinetic and isometric muscle actions of the biceps brachii. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 15:482-495, 2005.
12. BECKER, M.E.; ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; OLKOSKI, M.M.; KRUEL, L.F.M. Comparação dos efeitos de diferentes exercícios de hidroginástica nos parâmetros cardiorrespiratórios e na sensação subjetiva de esforço entre mulheres pós-menopáusicas e mulheres jovens. **Rev. Bras. Med. Esp.** *In press*, 2007.
13. BENELLI, P.; DITROILO, M.; DE VITO, G. Physiological responses to fitness activities: A comparison between land-based and water aerobics exercise. **J. Strength Cond. Res.** 18(4):719-722, 2004.
14. BENFIELD, R.D.; NEWTON, E.R.; HORTOBÁGYI, T. Waterproofing EMG instrumentation. **Biol. Res. Nurs.** 8(3):195-201, 2007.
15. BLACK, G.L. **Estudo comparativo entre respostas eletromiográficas realizadas com exercícios de velocidade e resistência variável no meio líquido.** Porto Alegre, 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
16. BRITO, R.N.; ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; SOUZA, P.V. Análise comparativa da marcha humana em solo à subaquática em dois níveis de imersão: Joelho e quadril. **Rev. Bras. Fisioter.** 8(1):7-12, 2004.
17. BUSHMAN, B.A.; FLYNN, M.G.; ANDRES, F.F.; LAMBERT, C.P.; TAYLOR, M.S.; BRAUN, W.A. Effect of 4 wk of deep water run training on running performance. **Med. Sci. Sports Exerc.** 29(5):694-699, 1997.
18. BUTTS, N.K.; TUCKER, M.; GREENING, C. Physiologic responses to maximal treadmill and deep water running in men and women. **Am. J. Sports Med.** 19(6):612-614, 1991.
19. CAMPBELL, J.A.; D'ACQUISTO, L.J.; D'ACQUISTO, D.M.; CLINE, M.G. Metabolic and cardiovascular response to shallow water exercise in young and older women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 35(4):675-681, 2003.
20. CARDOSO, A.S.; TARTARUGA, L.A.P.; BARELLA, R.E.; BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. Effects of a deep water training program on women's muscle strength. **FIEP Bulletin.** 74:590-593, 2004.

21. CASSADY, S.L.; NIELSEN, D.H. Cardiorespiratory responses of healthy subjects to calisthenics performed on land versus in water. **Phys. Ther.** 75:532-538, 1992.
22. CHRISTIE, J.L.; SHELDAL, L.M.; TRISTANI, F.E.; WANN, L.S.; SAGAR, K.B.; LEVANDOSKI, S.G.; PTACIN, M.J.; SOBOCINSKY, K.A.; MORRIS, R.D. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):657-664, 1990.
23. CHU, K.S.; RHODES, E.C. Physiological and cardiovascular changes associated with deep water running in the young: Possible implications for the elderly. **Sports Med.** 31(1):33-46, 2001.
24. CLARYS, J.P. Hydrodynamics and electromyography: ergonomics aspects in aquatics. **Appl. Ergon.** 16(1):11-24, 1985.
25. COLADO, J.C.; TELLA, V.; LLOP, F. Response to resistance exercise performed in water versus on land. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 6(Supl.2):361-365, 2006.
26. CONNELLY, T.P.; SHELDAL, L.M.; TRISTANI, F.E.; LEVANDOSKY, S.G.; KALKHOFF, R.K.; HOFFMAN, M.D.; KALBFLEISH, J.H. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):651-656, 1990.
27. COSTILL, D.L.; CAHILL, P.J.; EDDY, D. Metabolic responses to submaximal exercise in three water temperatures. **J. Appl. Physiol.** 22(4):628-632, 1967.
28. COULANGE, M.; HUG, F.; KIPSON, N.; ROBINET, C.; DESRUELLE, A.V.; MELIN, B.; JIMENEZ, C.; GALLAND, F.; JAMMES, Y. Consequences of prolonged total body immersion in cold water on muscle performance and EMG activity. **Pflügers Arch.** 452:91-101, 2006.
29. CRAIG, A.B.; DVORAK, M. Thermal regulation during water immersion. **J. Appl. Physiol.** 21:1577-1585, 1966.
30. CRAIG, A.B.; DVORAK, M. Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. **Med. Sci. Sports Med.** 1(3):124-130, 1969.
31. D'ACQUISTO, L.; D'ACQUISTO, D.; RENNE, D. Metabolic and cardiovascular responses in older women during shallow-water exercise. **J. Strength Cond. Res.** 15(1):12-19, 2001.
32. DAINTY, D.A.; NORMAN, R.W. **Standardizing biomechanical testing in sport.** Champaign: Human Kinetics, 1987.

33. DAVIDSON, K.; McNAUGHTON, L. Deep water running and road training improve VO₂max in untrained women. **J. Strength Cond. Res.** 14(2):191-195, 2000.
34. DeLUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomec.** 13:135-163, 1997.
35. DeMAERE, J.; RUBY, B.C. Effects of deep water and treadmill running on oxygen uptake and energy expenditure in seasonally trained cross country runners. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 37:175-181, 1997.
36. DOWZER, C.N.; REILLY, T. Deep-water running. **Sports Exercise and Injury.** 4:56-61, 1998.
37. DOWZER, C.N.; REILLY, T.; CABLE, N.; NEVILL, A. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. **Ergonomics.** 42(2):275-281, 1999.
38. ECKERSON, J.; ANDERSON, T. Physiological response to water aerobics. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 32(3):255-261, 1992.
39. ENOKA, R.M. Muscle strength and its development: New perspectives. **Sports Med.** 6:146-168, 1988.
40. ERVILHA, U.F., DUARTE, M., AMADIO, A.C. Padrão do sinal eletromiográfico de músculos do membro inferior e cinemática do joelho durante o andar em ambiente aquático e terrestre. In: Congresso Brasileiro de Biomecânica, 9, 2001. Gramado. **Anais...** Porto Alegre: Escola de Educação Física da UFRGS, 2001. v.2, p.290-294.
41. EVANS, B.W., CURETON, K.J., PURVIS, J.W. Metabolic and circulatory responses to walking and jogging in water. **Research Quarterly.** 49:442-449, 1978.
42. FIGUEIREDO, P.A.P. **Análise eletromiográfica de exercícios abdominais realizados por mulheres no meio líquido.** Porto Alegre, 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
43. FIGUEIREDO, P.A.P.; BORGES JR, N.G.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Methodology of isolate the system to collect EMG signal in the water. **Aquatic Fitness Research Journal.** 3(1):32, 2006.
44. FINKELSTEIN, I.; ALBERTON, C.L.; FIGUEIREDO, P.A.P.; GARCIA, D.R.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Comportamento da frequência cardíaca, pressão arterial e peso hidrostático de gestantes em diferentes profundidades de imersão. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet.** 26(9):685-690, 2004.

45. FINUCANE, S.; RAFEEI, T.; KUES, J.; LAMB, R.; MAYHEW, T. Reproducibility of electromyographic recordings of submaximal concentric and eccentric muscle contractions in humans. **Electroenc. Clin. Neuroph.** 109:290-296, 1998.
46. FRANGOLIAS, D.D; RHODES, E.C. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. **Med. Sci. Sports Exerc.** 27(7):1007-1013, 1995.
47. FRANGOLIAS, D.D; RHODES, E.C. Metabolic responses and mechanisms during water immersion running and exercise. **Sports Med.** 22(1):38-53, 1996.
48. FUJISAWA, H.; SUENAGA, N.; MINAMI, A. Electromyographic study during isometric exercise of the shoulder in head-out water immersion. **J. Shoulder Elbow Surg.** 7:491-494, 1998.
49. FUJISHIMA, K.; SHIMIZU, T.; OGAKI, T.; HOTTA, N.; KANAYA, S.; SHONO, R.; UEDA, T. Thermoregulatory responses to low-intensity prolonged swimming in water at various temperatures and treadmill walking on land. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 20(3):199-206, 2001.
50. 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. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 22(2):83-88, 2003.
51. GAPPMAIER, E.; LAKE, W.; NELSON, A.G.; FISHER, A.G. Aerobic exercise in water versus walking on land: Effects on indices of fat reduction and weight loss of obese women. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 46(4):564-69, 2006.
52. GLASS, B.; WILSON, D.; BLESSING, D.; MILLER, E. A physiological comparison of suspended deep water running to hard surface running. **J. Strength Cond. Res.** 9(1):17-21, 1995.
53. GLEIM, G.W.; NICHOLAS, J.A. Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. **Am. J. Sports Med.** 17(2):248-252, 1989.
54. GOLLHOFER, A.; HORSTMANN, G.A.; SCHMIDTBLEICHER, D.; SCHÖNTHAL, D. Reproducibility of electromyographic patterns in stretch-shortening type contractions. **Eur. J. Appl. Physiol.** 60:7-14, 1990.
55. GREEN, J.H.; CABLE, N.T.; ELMS, H. Heart rate and oxygen consumption during walking on land. **J. Sports. Med. Phys. Fitness.** 30:49-52, 1990.

56. HAKKINEN, K.; KOMI, P.V. Electromyographic changes during strength training and detraining. **Med. Sci. Sports Exerc.** 15(6):455-460, 1983.
57. HALL, J.; McDONALD, I.A.; MADDISON, P.J.; O'HARE, J.P. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. **Eur. J. Appl. Physiol.** 77:278-284, 1998.
58. HALL, S. **Biomecânica Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.
59. HAUSSWIRTH, C.; BIGARD, A.X.; GUEZENNEC, C.Y. Relationships between running mechanics and energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon. **Int. J. Sports Med.** 18(5):330-339, 1997.
60. HEBERLEIN, T.; PEREZ, H.R.; WYGAND, J.; CONNOR, K. The metabolic cost of high impact aerobic and hydroaerobic exercise in middle-aged females. **Med. Sci. Sports Exerc.** 19(2):S89, 1987.
61. HEITHOLD, K.; GLASS, S.C. Variations in the heart rate and perception of effort during land and water aerobics in older women. **J. Exerc. Physiol.** 5(4):22-28, 2002
62. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Avaliação da composição corporal aplicada**. São Paulo: Manole, 2000.
63. HOF, A.L.; ELZINGA, H.; GRIMMIUS, W.; HALBERTSMA, J.P.K. Speed dependence of averaged EMG profiles in walking. **Gait & Posture.** 16:78-86, 2002.
64. HOWLEY, E.T.; BASSET Jr., D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med. Sci. Sports Exerc.** 27:1292-1301, 1995.
65. HUG, F.; DECHERCHI, P.; NARQUESTE, T.; JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 14:187-195, 2004.
66. IKAI, M.; ISHII, K.; MIYASHITA, M. An electromyographic study of swimming. **Jap. Res. J. Phys. Educ.** 7:55-87, 1964.
67. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12:175-182, 1980.
68. JOHNSON, B.L.; STROMME, S.B.; ADAMCZYK, J.W.; TENNOE, K.O. Comparison of oxygen uptake and heart rate during exercises on land and in water. **Phys. Ther.** 57(3):273-278, 1977.

69. KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; SATO, D.; NOMURA, T. Lower extremity muscle activity during different types and speeds of underwater movement. **J. Physiol. Anthropol.** 26(2): 197-200, 2007.
70. KATZ, V.L. Exercise in water during pregnancy. **Clin. Obstet. Gynecol.** 46(2): 432-441, 2003.
71. KELLY, B.T.; ROSKIN, L.A.; KIRKENDALL, D.T.; SPEER, K.P. Shoulder muscle activation during aquatic and dry land exercises in nonimpaired subjects. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.** 30(4):204-210, 2000.
72. KING, G.A.; McLAUGHLIN, J.E.; HOWLEY, E.T.; BASSET, D.R.; AINSWORTH, B.E. Validation of Aerosport KB1-C portable metabolic system. **Int. J. Sports Med.** 20:304-308, 1999.
73. KNUTSON, L.M.; SODERBERG, G.L.; BALLANTYNE, B.T.; CLARKE, W.R. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 4(1):47-59, 1994.
74. KOLLMITZER, J.; EBENBICHLER, G.; KOPF, A. Reliability of surface electromyographic measurements. **Clin. Neurophysiol.** 110:725-734, 1999.
75. KRUEL, L.F.M. **Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água.** Santa Maria, 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.
76. KRUEL, L.F.M. **Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água.** Santa Maria, 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
77. KRUEL, L.F.M.; TARTARUGA, L.A.P. Estudo do percentual de redução no peso hidrostático através do método de imersão vertical em pessoas do sexo feminino em distintas faixas etárias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9, 2001. Gramado. **Anais...** Porto Alegre: Escola de Educação Física da UFRGS, 2001. v.1, p. 186-191.
78. KRUEL, L.F.M., TARTARUGA, L.A.P., DIAS, A.C., SILVA, R.C., PICANÇO, P.S. P. & RANGEL, A.B. Frequência cardíaca durante imersão no meio aquático. **Fit. Perform. J.** 1(6):46-51, 2002.
79. KRUEL, L.F.M.; TARTARUGA, L.A.P.; ALBERTON, C.L.; TURRA, N.A.; PETKOWICZ, R. Effects of hydrostatic weight on heart rate during immersion in water. **Aquatic Fitness Research Journal.** 1(1):4, 2004.
80. KRUEL, L.F.M.; COERTJENS, M.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BRENTANO, M.A. Efeito da imersão sobre o comportamento do consumo de oxigênio em repouso. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde.** 11(2): 25-31, 2006.

81. KRUEL, L.F.M.; TARTARUGA, L.A.P.; COERTJENS, M.; DIAS, A.B.C.; SILVA, R.C.; RANGEL, A.C.B. Determination of the heart frequency during vertical immersion in water. **Acta Physiol. Submetido**, 2007.
82. LEE, D.T.; TONER, M.M.; McARDLE, W.D.; VRABAS, I.S.; PANDOLF, K.B. Thermal and metabolic responses to cold-water immersion at knee, hip, and shoulder levels. **J. Appl. Physiol.** 82(5):1523-1530, 1997.
83. SMITH, L.K.; WEISS, E.L.; LEHMKUHL, L.D. **Cinesiologia clínica de Brunstrom**. 5. ed. São Paulo: Editora Manole Ltda., 1997.
84. MacINTOSH, B.R.; NEPTUNE, R.R.; HORTON, J.F. Cadence, power, and muscle activation in cycle ergometry. **Med. Sci. Sports Exerc.** 32(7):1281-1287, 2000.
85. MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.** 23(4):119-127, 2004.
86. 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. **Eur. J. Appl. Physiol.** 94:54-61, 2005.
87. 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.** 25:222-228, 2007.
88. McARDLE, W.D.; MAGEL, J.R.; LESMES, G.R.; PECHAR, G.S. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25 and 33°C. **J. Appl. Physiol.** 40:85-90, 1976.
89. MCGINNIS, P.M. **Biomechanics of sport and exercise**. Champaign: Human Kinetics, 2005.
90. MEKJAVICK, I.B.; BLIGH, J. The increased oxygen uptake upon immersion. **Eur. J. Appl. Physiol.** 58:556-562, 1989.
91. MERCER, J.A.; JENSEN, R.L. Heart rate at equivalent submaximal levels of VO₂ do not differ between deep water running and treadmill running. **J. Strength Cond. Res.** 12(3):161-165, 1998.
92. MICHAUD, T.J.; RODRIGUEZ-ZAYAS, J.; ANDRES, F.F.; FLYNN, M.G.; LAMBERT, C.P. Comparative exercise responses of deep-water and treadmill running. **J. Strength Cond. Res.** 9(2):104-109, 1995a.

93. MICHAUD, T.J.; BRENNAN, D.K.; WILDER, R.P.; SHERMAN, N.W. Aquarunning and gains in cardiorespiratory fitness. **J. Strength Cond. Res.** 9(2):78-84, 1995b.
94. 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. **Disabil. Rehabil.** 26(12):724-732, 2004.
95. MIYOSHI, T.; NAKAZAWA, K.; TANIZAKI, M.; SATO, T.; AKAI, M. Altered activation pattern in synergistic ankle plantarflexor muscles in a reduced-gravity environment. **Gait & Posture.** 24:94-99, 2006.
96. MONTGOMERY, D.C. Design and analysis of experiments. New York: Wiley, 1991.
97. MORAES, E.Z.C.; KRUEL, L.F.M.; SAMPEDRO, R.M.F.; LOPES, L.F.D.; Metodologia de medida de esforço para exercícios de hidroginástica em diferentes profundidades de água. **Revista Kinesis.** 43-64, 2002.
98. MÜLLER, F.G. **A treinabilidade da força muscular em idosas praticantes de hidroginástica.** Florianópolis, 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina.
99. MÜLLER, E.S.M., BLACK, G.L., FIGUEIREDO, P.P., KRUEL, L.F.M., HANISH, C., APPELL, H.J. Comparação eletromiográfica do exercício abdominal dentro e fora da água. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 5(3):255-265, 2005.
100. MÜLLER, F.G.; ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Freqüência Cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 5(3):266-273, 2005.
101. MÜLLER, F.G., KRUEL, L.F.M. Freqüência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e aplicações na prescrição do exercício – uma revisão. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 12(4):221-228, 2006.
102. NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; YOKO, Y. Maximal responses to deep water running at termoneutral temperature. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 18(2):31-35, 1999a.
103. NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; YOKO, Y. Physiological responses to maximal treadmill and deep water running in the young and the middle aged males. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 18(3):81-86, 1999b.
104. NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during

- strenght training and detraining of the human quadriceps. **Eur. J. Appl. Physiol.** 59:310-319, 1989.
105. NETTER, F.H. **Atlas de anatomia humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
 106. ODA, S.; MATSUMOTO, T.; NAGAKAWA, K.; MORIYA, K. Relaxation effects in humans of underwater exercise of moderate intensity. **Eur. J. Appl. Physiol.** 80:253-259, 1999.
 107. OLSON, M.S.; WILLIFORD, H.N.; BLESSING, D.L.; GREATHOUSE, R. The cardiovascular and metabolic effects of bench stepping exercise in females. **Med. Sci. Sports Exerc.** 23(11):1311-1318, 1991.
 108. PANTOJA, P.D.; VENDRUSCULO, A.P.; FAYH, A.P.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Respostas hemodinâmicas, cardiorrespiratórias e ocorrência de lesão muscular no meio aquático e terrestre em mulher não ativa: estudo de caso. **Revista Motriz.** 12(3):277-282, 2007.
 109. PARK, K.S.; CHOI, J.K.; PARK, Y.S. Cardiovascular regulation during water immersion. **Appl. Human. Sci.** 18(6):233-241, 1999.
 110. PARKER, S.B.; HURLEY, B.F.; HANLON, D.P.; VACCARO, P. Failure of target heart rate to accurately monitor intensity during aerobic dance. **Med. Sci. Sports Exerc.** 21(2):230-234, 1989.
 111. PAULA, K.C.; PAULA, D.C. Hidroginástica na terceira idade. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 4(1):24-27, 1998.
 112. PERRY, J.; PINK, M.; JOBE, F.W.; KERRIGAN, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M.L. The painful shoulder during the backstroke: An EMG and cinematographic analysis of twelve muscles. **Clin. J. Sport Med.** 2(1):13-20, 1992.
 113. PINK, M.; PERRY, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M.L.; KERRIGAN, J. The normal shoulder during freestyle swimming: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **Am. J. Sports Med.** 19(6):569-576, 1991.
 114. PINK, M.; JOBE, F.W.; PERRY, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M.L.; KERRIGAN, J. The painful shoulder during the butterfly: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **Clin. Orthop.** 288:60-72, 1993a.
 115. PINK, M.; JOBE, F.W.; PERRY, J.; KERRIGAN, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M.L. The normal shoulder during the butterfly swim stroke: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **Clin. Orthop.** 288:48-59, 1993b.

116. PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BECKER, M.E.; OLKOSKI, M.M.; KRUEL, L.F.M. Respostas cardiorrespiratórias em exercícios de hidroginástica executados com e sem o uso de equipamento resistivo. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 6(3): 336-341, 2006.
117. PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; FIGUEIREDO, P.A.P.; TIGGEMANN, C.L.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses to a hydrogymnastic exercise performed in different situations with the use of Aquafins™. **Med. Sci. Sports Exerc.** 39(5):S347, 2007.
118. POHL, M.B.; McNAUGHTON, L.R. The physiological responses to running and walking in water at different depths. **Research in Sports Medicine.** 11:63-78, 2003.
119. 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 on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 80:52-56, 1999.
120. PÖYHÖNEN, T.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; MÄLKIÄ, E. Determination of hydrodynamic drag forces and drag coefficients on human leg/foot model during knee exercise. **Clin. Biomech.** 15:256-260, 2000.
121. PÖYHÖNEN, T.; KYROLAINEN, H.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** 82:1446-52, 2001a.
122. PÖYHÖNEN, T.; KYROLAINEN, H.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. **Clin. Biomech.** 16:496-504, 2001b.
123. PÖYHÖNEN, T.; AVELA, J. Effect of head-out immersion on neuromuscular function of the plantarflexor muscles. **Aviat. Space Environ. Med.** 73:1215-1218, 2002.
124. PÖYHÖNEN, T.; SIPILÄ, S.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 34(12): 2103-2109, 2002.
125. RAINOLDI, A.; MELCHIORRI, G.; CARUSO, I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. **J. Neurosci. Methods.** 134:37-43, 2004a.
126. RAINOLDI, A.; CESCO, C.; BOTTIN, A.; CASALE, R.; CARUSO, I. Surface EMG alterations induced by underwater recording. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 14:325-331, 2004b.

127. REILLY, T.; DOWZER, C.N.; CABLE, N.T. The physiology of deep water running. **J. Sports Sci.** 21:959-972, 2003.
128. RENNIE, D.W.; PRAMPERO, P.; CERRETELLI, P. Effects of water immersion on cardiac output, heart rate, and stroke volume of man at rest and during exercise. **Med. Dello Sport.** 24:223-228, 1971.
129. RESNICK, R.; HALLIDAY, D. **Física.** v.2. 4. ed. Ri de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1984.
130. RITCHIE, S.E.; HOPKINS, W.G. The intensity of exercise in deep-water running. **Int. J. Sports Med.** 12(1):27-29, 1991.
131. ROBERT, J.J.; JONES, L.; BOBO, M. The physiologic response of exercising in the water and on land with and without the X1000 walk'n tone exercise belt. **Res. Q. Exerc. Sport.** 67(3):310-315, 1996.
132. ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; SCHÜTZ, G.R.; SOUZA, P.V. Dynamometric analysis of the maximum force applied in aquatic human gait at 1.3 m of immersion. **Gait & Posture.** 24(4):412-417, 2006.
133. ROY, S.H.; DeLUCA, C.J.; SCHNEIDER, J. Effects of electrode location on myoelectric conduction velocity and median frequency estimates. **J. Appl. Physiol.** 61(4):1510-1517, 1986.
134. RUWE, P.A.; PINK, M.; JOBE, F.W.; PERRY, J.; SCOVAZZO, M.L. The normal and the painful shoulders during the breaststroke: Electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **Am. J. Sports Med.** 22(6):789-796, 1994.
135. SBRICCOLI, P.; BAZZUCCHI, I.; ROSPONI, A.; BERNARDI, M.; DeVITO, G.; FELICI, F. Amplitude and spectral characteristics of biceps brachii SEMG depend upon speed of isometric force generation. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 13:139-47, 2003.
136. SHELDAHL, L.M.; WANN, L.S.; CLIFFORD, P.S.; TRISTANI, F.E.; WOLF, L.G.; KALBFLEISH, J.H. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. **J. Appl. Physiol.** 52(6):1662-1667, 1984.
137. SHELDAHL, L.M. Special ergometric techniques and weight reduction. **Med. Sci. Sports Exerc.** 18(1): 25-30, 1985.
138. SHIMIZU, T.; KOSAKA, M.; FUJISHIMA, K. Human thermoregulatory responses during prolonged walking in water at 25, 30 and 35°C. **J. Appl. Physiol.** 78:473-478, 1998.
139. SHONO, T.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; UEDA, T.; OTOKI, K.; TERAMOTO, K.; SHIMIZU, T. Physiological responses and RPE

- during underwater treadmill walking in women of middle and advanced age. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 19(4):195-200, 2000.
140. SHONO, T.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; MASUMOTO, K. Cardiorespiratory response to low-intensity walking in water and on land in elderly women. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 20(5): 269-274, 2001a.
 141. SHONO, T.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; UEDA, T. Physiological responses to water-walking in middle aged women. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 20(2): 119-123, 2001b.
 142. SKINNER, A.; THOMSOM, A. **Duffield: Exercícios na Água.** 3. ed. São Paulo: Manole, 1985.
 143. SRÁMEK, P.; SIMECKOVÁ, M.; JANSKI, L.; SAVLÍKOVÁ, J.; VYBÍRAL, S. Human Physiological responses to immersion into water of different temperatures. **Eur. J. Appl. Physiol.** 81:436-442, 2000.
 144. SUOMI, R.; COLLIER, D. Effects of arthritis exercise programs on functional fitness and perceived activities of daily living measures in older adults with arthritis. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** 84:1589-1594, 2003.
 145. SVEDENHAG, J.; SEGER, J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. **Med. Sci. Sports Exerc.** 24(10):1155-1160, 1992.
 146. TAKESHIMA, N.; ROGERS, M.E.; WATANABE, W.F.; BRECHUE, W.F.; OKADA, A.; YAMADA, T.; ISLAM, M.M; HAYANO, J. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 33(3): 544-551, 2002.
 147. TARTARUGA, L.A.P. **Efeitos fisiológicos e biomecânicos do treinamento complementar de corrida em piscina funda no desempenho de corredores de rendimento.** Porto Alegre, 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
 148. TAUNTON, J.E.; RHODES, E.C.; WOLSKI, L.A.; DONELLY, M.; WARREN, J.; ELLIOT, J.; McFARLANE, L.; LESLIE, J.; MITCHELL, J.; LAURIDSEN, B. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of woman aged 65-75 years. **Gerontology.** 42:204-210, 1996.
 149. TESCH, P.A.; PLOUTZ-SNYDER, L.L.; YSTROM, L.; CASTRO, M.J.; DUDLEY, G.A. Skeletal muscle glycogen loss evoked by resistance exercise. **J. Strength Cond. Res.** 12(2):67-73, 1998.
 150. TOWN, G.P.; BRADLEY, S.S. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. **Med. Sci. Sports Exerc.** 23(2):238-241, 1991.

151. VENDRUSCULO, A.P. **Análise de lesão muscular e comportamento do $VO_{2\text{máx}}$ entre um programa de treinamento de corrida em piscina funda e corrida em terra.** Porto Alegre, 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
152. VENEZIANO, W.H.; ROCHA, A.F.; GONÇALVES, C.A.; PENA, A.G.; CARMO, J.C.; NASCIMENTO, F.A.O.; RAINOLDI, A. Confounding factors in water EMG recordings: an approach to a definitive standard. **Med. Biol. Eng. Comput.** 44:348-351, 2006.
153. WATENPAUGH, D.E.; PUMP, B.; BIE, P.; NORSK, P. Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion? **J. Appl. Physiol.** 89:621-628, 2000.
154. WHITLEY, J.D.; SCHOENE, L.L. Comparison of heart rate responses: water walking versus treadmill walking. **Phys. Ther.** 67(10):1501-1504, 1987.
155. WILBER, R.L.; MOFFATT, R.L.; SCOTT, B.E.; LEE, D.T.; CUCUZZO, N.A. Influence of water run training on the maintenance of aerobic performance. **Med. Sci. Sports Exerc.** 28(8):1056-1062, 1996.
156. WILDER, R.P.; BRENNAN, D.; SCHOTTE D.E. A standard measure for exercise prescription for aqua running. **Am. J. Sports Med.** 21:45-48, 1993.
157. WILDER, R.P.; BRENNAN, D.K. Physiological responses to deep water running in athletes. **Sports Med.** 16(6):374-380, 1993.
158. WILDER, R.P.; BRENNAN, D.K. Aqua running. In: O'CONNOR, F.; WILDER, R.P. **The Textbook of Running Medicine.** New York: McGraw-Hill, p. 579-588, 2001.
159. WILLIFORD, H.N.; BLESSING, D.L.; OLSON, M.S.; SMITH, F.H. Is low-impact aerobic dance an effective cardiovascular workout? **Sports Med.** 17(3):95-109, 1989.
160. YAMAJI, K.; GREENLEY, M.; NORTHEY, D.R.; HUGHSOM, R.L. Oxygen uptake and heart rate responses to treadmill and water running. **Can. J. Spt. Sci.** 15:296-298, 1990.
161. YAZAWA, R.H.; RIVET, R.E.; FRANÇA, N.M.; SOUZA, M.T. Antropometria e flexibilidade em senhoras praticantes de ginástica aquática. **Rev. Bras. Cienc. Movim.** 3(4):23-29, 1989.

ANEXOS

ANEXO A

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, _____,
portador do documento de identidade número _____,
concordo voluntariamente em participar do estudo "Respostas
Cardiorrespiratórias e Neuromusculares de Exercícios realizados por Mulheres
em Diferentes Cadências no Meio Aquático e Terrestre".

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pela mestrandia
Cristine Lima Alberton, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências do
Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, com o objetivo de analisar as respostas cardiorrespiratórias
e eletromiográficas de exercícios de hidroginástica, executados em diferentes
cadências no meio aquático e terrestre. Estou ciente de que as informações
obtidas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da
dissertação da referida autora e pelo Programa anteriormente citados, e que
todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos
avaliados.

* Compreendo que serei solicitado a:

1. Fazer-me medidas corporais;
2. Fazer-me exercitar em esteira rolante, com avaliação cardiorrespiratória até o máximo esforço;
3. Dispor-me à preparação da pele, que inclui os seguintes procedimentos: depilação, abrasão e limpeza com álcool;
4. Dispor-me à fixação de eletrodos de superfície e à colocação de adesivos impermeáveis na região anterior e posterior da coxa;
5. Realizar testes de contração voluntária máxima para a flexão e extensão do quadril, e flexão e extensão do joelho, nos meios terrestre e aquático;
6. Realizar exercícios de hidroginástica, divididos em quatro sessões, duas no meio aquático e duas no meio terrestre.

* Eu entendo que durante o teste de esforço máximo e os testes submáximos:

1. Eu estarei respirando através de uma máscara, no qual estará anexado à um analisador de gases, e que meu nariz estará ocluído (fechado);
2. Eu estarei usando eletrodos de superfície na região anterior e posterior da coxa;
3. Os procedimentos expostos acima têm sido explicados para mim por Cristine Lima Alberton, algum bolsista ou assistente;
4. Eu entendo que os testes que serão realizados podem envolver dor e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais da minha frequência cardíaca e pressão sanguínea ou mesmo um ataque

cardíaco durante os testes. Porém, eu entendo que minha FC será monitorada durante todos os testes através de um freqüencímetro, e que eu posso terminar o teste em qualquer momento sob meu critério.

- * Eu entendo que serei orientado que minha participação nesse estudo e conseqüentemente a melhora de conhecimentos sobre respostas cardiorrespiratórias e eletromiográficas não me darão qualquer vantagem educacional;
- * Eu entendo que Cristine Lima Alberton e/ou bolsistas irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a estes procedimentos;
- * Eu entendo que todos os dados relativos a minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;
- * Eu entendo que não há compensação monetária pela minha participação nesse estudo;
- * Eu entendo que no surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação, não será providenciada nenhuma compensação financeira. Eu entendo que não terá nenhum médico ou desfibrilador presente durante os testes. Apesar disso, estará disponível no laboratório uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência (3331-0212).
- * Eu entendo que eu posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Krueel, com a autora do estudo Cristine Lima Alberton ou qualquer bolsista ou assistente, para quaisquer problemas referentes a minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação nos meus direitos.

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Participante:

Nome completo: _____

Assinatura do sujeito(participante): _____

Assinatura do pesquisador: _____

CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS

Eu, _____
 permito que os pesquisadores obtenham fotografias de minha pessoa para fins de pesquisa. Eu concordo que o material obtido possa ser publicado em aulas, congressos, palestras ou periódicos científicos. Porém, a minha pessoa não deve ser identificada por nome em qualquer uma das vias de publicação ou uso.

As fotografias ficarão sob propriedades e guarda dos pesquisadores do GPAT, sob orientação do Prof Dr. Luiz Fernando Martins Krueel e mestrandia Cristine Lima Alberton.

Assinatura: _____ Data: _____

ANEXO B



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
CARTA DE APROVAÇÃO

pro.pesq

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul analisou o projeto:

Número : 2006566

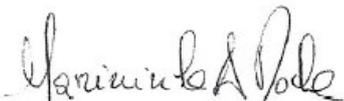
Título : RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E NEUROMUSCULARES DE EXERCÍCIOS REALIZADOS EM DIFERENTES CADÊNCIAS NO MEIO AQUÁTICO E TERRESTRE

Pesquisador (es) :

<u>NOME</u>	<u>PARTICIPAÇÃO</u>	<u>EMAIL</u>	<u>FONE</u>
LUIZ FERNANDO MARTINS KRUEL	PESQ RESPONSÁVEL	kruel@esef.ufrgs.br	33085869
CRISTINE LIMA ALBERTON	PESQUISADOR	tinalberton@yahoo.com.br	

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião nº 08 , ata nº 74 , de 27/07/2006 , por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, segunda-feira, 9 de abril de 2007


r/ LUIZ CARLOS BOMBASSARO
Coordenador do CEP-UFRGS

ANEXO C

FICHA DE DADOS INDIVIDUAIS

Nome: _____

Data de Nascimento: _____ Idade: _____

Tempo de Prática de Hidroginástica: _____

Massa Corporal: _____ Estatura: _____

 $VO_{2m\acute{a}x}$: _____ $FC_{m\acute{a}x}$: _____

Dobras cutâneas	1	2	3	Final
Triceptal				
Subescapular				
Peitoral				
Axilar-média				
Supra-ilíaca				
Abdominal				
Coxa				

% Massa Corporal Magra: _____

% Gordura Corporal: _____

Somatório das Dobras: _____

ANEXO D

FICHA DE COLETA DE DADOS – VO₂máx

Data:

Pressão Barométrica:

Nome:

Idade:

Massa Corporal:

Estatura:

	Velocidade	VO ₂	VCO ₂	Ve	FC
20"	4 km/h				
40"	4 km/h				
1'	4 km/h				
1'20"	4 km/h				
1'40"	4 km/h				
2'	5 km/h				
2'20"	5 km/h				
2'40"	5 km/h				
3'	6 km/h				
3'20"	6 km/h				
3'40"	6 km/h				
4'	7 km/h				
4'20"	7 km/h				
4'40"	7 km/h				
5'	8 km/h				
5'20"	8 km/h				
5'40"	8 km/h				
6'	9 km/h				
6'20"	9 km/h				
6'40"	9 km/h				
7'	10 km/h				
7'20"	10 km/h				
7'40"	10 km/h				
8'	11 km/h				
8'20"	11 km/h				
8'40"	11 km/h				
9'	12 km/h				
9'20"	12 km/h				
9'40"	12 km/h				
10'	13 km/h				
10'20"	13 km/h				
10'40"	13 km/h				
11'	14 km/h				
11'20"	14 km/h				
11'40"	14 km/h				
12'	15 km/h				
12'20"	15 km/h				
12'40"	15 km/h				
13'	16 km/h				
13'20"	16 km/h				
13'40"	16 km/h				
14'	17 km/h				
14'20"	17 km/h				
14'40"	17 km/h				
15'	18 km/h				

ANEXO E

FICHA DE COLETA DE DADOS

Código:

Data:

Nome:

Massa Corporal:

Temperatura ambiente:

Pressão Barométrica:

Idade:

Estatura:

Temperatura da água:

Repouso Decúbito Dorsal

Tempo	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		

Repouso em pé

Tempo	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		

CORRIDA - Meio: _____

Cadência:

	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		
3'20"		
3'40"		
4'		
4'20"		

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

CORRIDA - Meio: _____

Cadência:

	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		
3'20"		
3'40"		
4'		
4'20"		

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

CORRIDA - Meio: _____

Cadência:

	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		
3'20"		
3'40"		
4'		
4'20"		

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

Repouso Decúbito Dorsal

Tempo	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		

Repouso em pé

Tempo	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		

CORRIDA - Meio: _____

Cadência:

	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		
3'20"		
3'40"		
4'		
4'20"		

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

CORRIDA - Meio: _____

Cadência:

	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		
3'20"		
3'40"		
4'		
4'20"		

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

CORRIDA - Meio: _____

Cadência:

	FC	VO ₂
20"		
40"		
1'		
1'20"		
1'40"		
2'		
2'20"		
2'40"		
3'		
3'20"		
3'40"		
4'		
4'20"		

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

ANEXO F

RESULTADOS DO TESTE T PARA AS VARIÁVEIS
CARDIORRESPIRATÓRIAS DE REPOUSO

Tabela 21 – Teste T pareado para as variáveis cardiorrespiratórias de repouso frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto (VO₂ abs.) e consumo de oxigênio relativo (VO₂ rel.), nas posições de decúbito dorsal (DD) e ortostase (OR), nas situações pré-exercício terrestre e aquático.

		Diferenças entre os pares					T	gl	Sig.
		Média	DP	EP	95% do Intervalo de Confiança				
					Inferior	Superior			
Par 1	FC DD pré-terra - FC DD pré-água	1,494	5,755	1,735	-2,372	5,360	0,861	10	0,409
Par 2	VO2 abs DD pré-terra - VO2 abs DD pré-água	-0,013	0,052	0,017	-0,054	0,027	-0,763	8	0,467
Par 3	VO2 rel DD pré-terra - VO2 rel DD pré-água	-0,233	0,869	0,290	-0,901	0,435	-0,806	8	0,444
Par 4	FC OR pré-terra - FC OR pré-água	-1,769	6,337	1,911	-6,027	2,488	-0,926	10	0,376
Par 5	VO2 abs OR pré-terra - VO2 abs OR pré-água	-0,026	0,084	0,028	-0,089	0,039	-0,916	8	0,386
Par 6	VO2 rel OR pré-terra - VO2 rel OR pré-água	-0,356	1,473	0,491	-1,488	0,776	-0,724	8	0,489

ANEXO G

RESULTADOS DO TESTE T PARA AS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES
NA CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA MÁXIMA

Tabela 22 – Teste T pareado para as variáveis neuromusculares valor RMS dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST) nas situações pré e pós-exercício.

		Diferenças entre os pares					t	Gl	Sig.
		Média	DP	EP	95% do Intervalo de Confiança				
					Inferior	Superior			
Par 1	PréVL – PósVL	41,062	70,727	22,366	-9,533	91,658	1,836	9	0,100
Par 2	PréRF – PósRF	167,153	154,447	69,071	-24,618	358,925	2,420	7	0,073
Par 3	PréBF – PósBF	-37,897	187,509	62,503	-182,030	106,235	-0,606	8	0,561
Par 4	PréST – PósST	107,407	230,119	81,359	-84,977	299,792	1,320	7	0,228

ANEXO H

RESULTADOS DO TESTE DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
 INTRACLASSE PARA AS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES NA
 CONTRAÇÃO VOLUNTÁRIA MÁXIMA

Tabela 23 – Coeficiente de Correlação Intraclassa para as variáveis neuromusculares valor RMS dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF) e semitendinoso (ST) entre as situações pré e pós-exercício.

	ICC	95% do Intervalo de Confiança		gl	Sig.
		Inferior	Superior		
Par 1 PréVL – PósVL	0,920	0,714	0,980	9	0,000
Par 2 PréRF – PósRF	0,942	0,552	0,994	7	0,003
Par 3 PréBF – PósBF	0,764	0,256	0,941	8	0,005
Par 4 PréST – PósST	0,819	0,335	0,961	7	0,003

ANEXO I

RESULTADOS DO TESTE T E TESTE DE WILCOXON PARA A VARIÁVEL
DURAÇÃO DE UM CICLO COMPLETO DE EXERCÍCIO

Tabela 24 – Teste T pareado para a variável duração de um ciclo completo de exercício entre os meios terrestre e aquático nas cadências submáximas de esforço (60, 80 e 100 bpm).

		Diferenças entre os pares				t	gl	Sig,	
		Média	DP	EP	95% do Intervalo de Confiança				
					Inferior				Superior
Par 1	TE100 – AG100	0,01000	0,04767	0,01376	-0,02029	0,04029	0,727	11	0,483
Par 2	TE80 – AG80	-0,01917	0,03288	0,00949	-0,04006	0,00172	-2,019	11	0,068
Par 3	TE60 – AG60	-0,00083	0,04719	0,01362	-0,03081	0,02915	-0,061	11	0,952

Tabela 25 – Teste de Wilcoxon para a variável duração de um ciclo completo de exercício entre os meios terrestre e aquático na cadência máxima de esforço.

		N	Rank Médio	Soma dos Ranks	Z	Asymp, Sig,
TEMax -	Ranks Negativos	11(a)	6,00	66,00	-2,934(d)	0,003
AGMax	Ranks Positivos	0(b)	0,00	0,00		
	Ties	0(c)				
	Total	11				

a TEMax < AGMax

b TEMax > AGMax

c TEMax = AGMax

d Baseado nos ranks positivos.

ANEXO J

TABELAS DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA AS
VARIÁVEIS CINEMÁTICAS

Tabela 26 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável posição angular máxima de flexão do quadril.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	0,008	11	0,001	7,663	0,000
	Erro	0,007	67	9,74E-005(b)		
Meio	Hipótese	0,000	1	0,000	2,779	0,100
	Erro	0,007	67	9,74E-005(b)		
Cadência	Hipótese	0,000	3	0,000	1,409	0,248
	Erro	0,007	67	9,74E-005(b)		
meio * cadência	Hipótese	0,000	3	0,000	1,097	0,357
	Erro	0,007	67	9,74E-005(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 27 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável velocidade angular média do quadril.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	0,306	11	0,028	8,733	0,000
	Erro	0,519	163	0,003(b)		
Meio	Hipótese	1,054	1	1,054	331,225	0,000
	Erro	0,519	163	0,003(b)		
Cadência	Hipótese	3,522	3	1,174	368,878	0,000
	Erro	0,519	163	0,003(b)		
Fase	Hipótese	0,007	1	0,007	2,270	0,134
	Erro	0,519	163	0,003(b)		
meio * fase	Hipótese	9,39E-005	1	9,39E-005	0,030	0,864
	Erro	0,519	163	0,003(b)		
meio * cadência	Hipótese	0,005	3	0,002	0,515	0,673
	Erro	0,519	163	0,003(b)		
cadência * fase	Hipótese	0,024	3	0,008	2,514	0,060
	Erro	0,519	163	0,003(b)		
meio * cadência * fase	Hipótese	0,006	3	0,002	0,580	0,629
	Erro	0,519	163	0,003(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 28 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável velocidade angular de pico do quadril.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	0,208	11	0,019	7,854	0,000
	Erro	0,393	163	0,002(b)		
Meio	Hipótese	1,539	1	1,539	638,079	0,000
	Erro	0,393	163	0,002(b)		
Cadência	Hipótese	2,989	3	0,996	413,233	0,000
	Erro	0,393	163	0,002(b)		
Fase	Hipótese	0,054	1	0,054	22,361	0,000
	Erro	0,393	163	0,002(b)		
meio * fase	Hipótese	0,017	1	0,017	6,863	0,010
	Erro	0,393	163	0,002(b)		
meio * cadência	Hipótese	0,015	3	0,005	2,092	0,103
	Erro	0,393	163	0,002(b)		
cadência * fase	Hipótese	0,003	3	0,001	0,385	0,764
	Erro	0,393	163	0,002(b)		
meio * cadência * fase	Hipótese	0,005	3	0,002	0,759	0,518
	Erro	0,393	163	0,002(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

ANEXO L

TABELAS DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA AS
VARIÁVEIS CARDIORRESPIRATÓRIAS

Tabela 29 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável frequência cardíaca.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	12829,520	11	1166,320	14,951	0,000
	Erro	4212,504	54	78,009(b)		
Meio	Hipótese	39795,349	1	39795,349	510,136	0,000
	Erro	4212,504	54	78,009(b)		
Cadência	Hipótese	11937,533	2	5968,767	76,513	0,000
	Erro	4212,504	54	78,009(b)		
meio * cadência	Hipótese	424,949	2	212,474	2,724	0,075
	Erro	4212,504	54	78,009(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 30 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável consumo de oxigênio absoluto.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	1,913	11	0,174	7,143	0,000
	Erro	1,144	47	0,024(b)		
Meio	Hipótese	3,182	1	3,182	130,733	0,000
	Erro	1,144	47	0,024(b)		
Cadência	Hipótese	2,499	2	1,249	51,329	0,000
	Erro	1,144	47	0,024(b)		
meio * cadência	Hipótese	,019	2	0,009	0,390	0,679
	Erro	1,144	47	0,024(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 31 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável consumo de oxigênio relativo.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	627,564	11	57,051	7,964	0,000
	Erro	336,686	47	7,164(b)		
Meio	Hipótese	909,784	1	909,784	127,002	0,000
	Erro	336,686	47	7,164(b)		
Cadência	Hipótese	779,405	2	389,702	54,401	0,000
	Erro	336,686	47	7,164(b)		
meio * cadência	Hipótese	7,579	2	3,790	0,529	0,593
	Erro	336,686	47	7,164(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 32 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável percentual da frequência cardíaca máxima.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	2158,669	10	215,867	10,628	0,000
	Erro	995,212	49	20,310(b)		
Meio	Hipótese	10155,698	1	10155,698	500,023	0,000
	Erro	995,212	49	20,310(b)		
Cadência	Hipótese	2801,535	2	1400,767	68,968	0,000
	Erro	995,212	49	20,310(b)		
meio * cadência	Hipótese	138,299	2	69,149	3,405	0,041
	Erro	995,212	49	20,310(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 33 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável percentual do consumo de oxigênio máximo.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	1553,843	10	155,384	6,190	0,000
	Erro	1054,325	42	25,103(b)		
Meio	Hipótese	4152,412	1	4152,412	165,415	0,000
	Erro	1054,325	42	25,103(b)		
Cadência	Hipótese	2818,782	2	1409,391	56,144	0,000
	Erro	1054,325	42	25,103(b)		
meio * cadência	Hipótese	21,248	2	10,624	0,423	0,658
	Erro	1054,325	42	25,103(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

ANEXO M

TABELAS DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA AS
VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES

Tabela 34 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável %CVM do músculo vasto lateral.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	1,742	11	0,158	5,804	0,000
	Erro	1,883	69	0,027(b)		
Meio	Hipótese	2,181	1	2,181	79,939	0,000
	Erro	1,883	69	0,027(b)		
Cadência	Hipótese	6,845	3	2,282	83,628	0,000
	Erro	1,883	69	0,027(b)		
meio * cadência	Hipótese	0,593	3	0,198	7,248	0,000
	Erro	1,883	69	0,027(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 35 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável %CVM do músculo bíceps femoral.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	2,327	11	0,212	13,105	0,000
	Erro	1,065	66	0,016(b)		
Meio	Hipótese	2,194	1	2,194	135,936	0,000
	Erro	1,065	66	0,016(b)		
Cadência	Hipótese	3,255	3	1,085	67,221	0,000
	Erro	1,065	66	0,016(b)		
meio * cadência	Hipótese	0,316	3	0,105	6,517	0,001
	Erro	1,065	66	0,016(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 36 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável %CVM do músculo reto femoral.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	4,164	11	0,379	16,196	0,000
	Erro	1,589	68	0,023(b)		
Meio	Hipótese	2,226	1	2,226	95,261	0,000
	Erro	1,589	68	0,023(b)		
Cadência	Hipótese	5,704	3	1,901	81,348	0,000
	Erro	1,589	68	0,023(b)		
meio * cadência	Hipótese	0,341	3	0,114	4,858	0,004
	Erro	1,589	68	0,023(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

Tabela 37 – Análise de variância com bloqueamento do sujeito para a variável %CVM do músculo semitendinoso.

Fonte de Variação		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	Sig.
Sujeito	Hipótese	3,644	11	0,331	31,607	0,000
	Erro	0,535	51	0,010(b)		
Meio	Hipótese	0,441	1	0,441	42,065	0,000
	Erro	0,535	51	0,010(b)		
Cadência	Hipótese	4,526	3	1,509	143,946	0,000
	Erro	0,535	51	0,010(b)		
meio * cadência	Hipótese	0,100	3	0,033	3,175	0,032
	Erro	0,535	51	0,010(b)		

b Erro da Média dos Quadrados

ANEXO N

TABELAS DAS ANÁLISES DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS
TRANSFORMADAS PARA LOGARITMO DE BASE 10

Tabela 38 – Análise descritiva dos resultados transformados para logaritmo de base 10: médias, erros-padrão da média (EP), valores mínimos (Mín) e máximos (Máx) da variável posição angular máxima de flexão do quadril (PAMFQ) para as diferentes cadências (Cad) nos meios terrestre e aquático.

Variável	Cad	Meio Terrestre				Meio Aquático			
		Média	EP	Mín	Máx	Média	EP	Mín	Máx
Log ₁₀ - PAMFQ (°)	60 bpm	1,95	± 0,01	1,93	1,98	1,95	± 0,01	1,93	1,98
	80 bpm	1,95	± 0,01	1,93	1,97	1,95	± 0,01	1,93	1,98
	100 bpm	1,95	± 0,01	1,93	1,96	1,95	± 0,01	1,93	1,98
	Máxima	1,95	± 0,01	1,93	1,97	1,95	± 0,01	1,92	1,97

Tabela 39 – Análise descritiva dos resultados transformados para logaritmo de base 10: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular de pico do quadril (VAPQ) para as fases de flexão e extensão nas diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.

Variáveis	Fase	Cadência	Meio Terrestre		Meio Aquático	
			Média	EP	Média	EP
Log ₁₀ - VAMQ (°·s ⁻¹)	Flexão	60 bpm	2,16	± 0,01	2,01	± 0,02
		80 bpm	2,25	± 0,02	2,10	± 0,02
		100 bpm	2,33	± 0,02	2,17	± 0,02
		Máxima	2,50	± 0,02	2,35	± 0,01
	Extensão	60 bpm	2,10	± 0,03	1,98	± 0,02
		80 bpm	2,24	± 0,03	2,08	± 0,02
		100 bpm	2,31	± 0,02	2,16	± 0,02
		Máxima	2,53	± 0,02	2,37	± 0,02
Log ₁₀ - VAPQ (°·s ⁻¹)	Flexão	60 bpm	2,39	± 0,01	2,20	± 0,02
		80 bpm	2,49	± 0,01	2,30	± 0,02
		100 bpm	2,57	± 0,01	2,34	± 0,02
		Máxima	2,72	± 0,02	2,55	± 0,02
	Extensão	60 bpm	2,38	± 0,02	2,25	± 0,02
		80 bpm	2,52	± 0,02	2,36	± 0,02
		100 bpm	2,58	± 0,01	2,40	± 0,02
		Máxima	2,75	± 0,02	2,58	± 0,02

ANEXO O

TABELAS DAS ANÁLISES DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS

NEUROMUSCULARES TRANSFORMADAS PARA LOGARITMO DE BASE 10

Tabela 40 – Análise descritiva dos resultados transformados para logaritmo de base 10: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis percentual da contração voluntária máxima dos músculos vasto lateral (%CVM VL), reto femoral (%CVM RF), bíceps femoral (%CVM BF) e semitendinoso (%CVM ST) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.

Variáveis	Cadência	Meio Terrestre		Meio Aquático	
		Média	EP	Média	EP
Log₁₀- %CVM VL (%)	60 bpm	1,27	± 0,06	0,98	± 0,07
	80 bpm	1,37	± 0,06	0,99	± 0,06
	100 bpm	1,42	± 0,05	0,95	± 0,07
	Máxima	1,88	± 0,07	1,79	± 0,07
Log₁₀- %CVM RF (%)	60 bpm	1,23	± 0,07	0,79	± 0,08
	80 bpm	1,23	± 0,06	0,81	± 0,10
	100 bpm	1,26	± 0,07	0,95	± 0,12
	Máxima	1,77	± 0,08	1,64	± 0,08
Log₁₀- %CVM BF (%)	60 bpm	1,36	± 0,06	0,93	± 0,06
	80 bpm	1,41	± 0,05	0,97	± 0,07
	100 bpm	1,42	± 0,05	1,05	± 0,08
	Máxima	1,71	± 0,07	1,60	± 0,07
Log₁₀- %CVM ST (%)	60 bpm	1,19	± 0,07	1,02	± 0,10
	80 bpm	1,31	± 0,08	1,20	± 0,11
	100 bpm	1,45	± 0,08	1,26	± 0,11
	Máxima	1,92	± 0,07	2,01	± 0,06

ANEXO P

TABELA DOS RESULTADOS DESCRITIVOS DA POSIÇÃO ANGULAR
CORRESPONDENTE À VELOCIDADE ANGULAR DE PICO DO QUADRIL

Tabela 41 – Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) da variável posição angular correspondente à velocidade angular de pico do quadril (PAPQ) para as diferentes cadências executadas nos meios terrestre e aquático.

Variáveis	Fase	Cadência	Meio Terrestre		Meio Aquático	
			Média	EP	Média	EP
PAPQ (°)	Flexão	60 bpm	70,74	± 0,82	77,57	± 1,04
		80 bpm	71,01	± 0,57	80,96	± 1,09
		100 bpm	71,76	± 0,26	80,01	± 0,91
		Máximo	79,86	± 1,07	82,02	± 0,98
	Extensão	60 bpm	74,77	± 1,14	77,66	± 0,70
		80 bpm	74,26	± 0,75	81,32	± 0,83
		100 bpm	73,23	± 0,66	81,27	± 0,99
		Máximo	76,27	± 0,84	79,36	± 0,95