

IANA RAFAELLA DE SANTIAGO SILVA

**TESTE INDIRETO PARA A DETERMINAÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE
OXIGÊNIO DURANTE CORRIDA EM PISCINA FUNDA**

Recife, 2010

IANA RAFAELLA DE SANTIAGO SILVA

**TESTE INDIRETO PARA A DETERMINAÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE
OXIGÊNIO DURANTE CORRIDA EM PISCINA FUNDA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa Associado de Pós-Graduação em
Educação Física UPE/UFPB como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano

Orientador: Prof. Dr. Manoel da Cunha Costa

Recife, 2010

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

A dissertação de título **Teste indireto para a determinação do consumo máximo de oxigênio durante corrida em piscina funda**

Elaborada por Iana Rafaella de Santiago Silva

Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do grau de MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA na área de concentração: Saúde, desempenho e movimento humano.

Data: _____ de Março 2010.

Prof. Dr. Mauro Virgílio Gomes de Barros

Coordenador do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE/UFPB

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Florisbela de Arruda Câmara e Siqueira Campos
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Wagner Luiz do Prado
Universidade de Pernambuco

Prof. Dr. Guilherme Laurentino de Lima Filho
Universidade de Pernambuco

Recife - PE

2010

Ao meu esposo, Anderson, por todo o seu amor, paciência, pelas palavras de incentivo e pelo apoio nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais pelo incentivo em todos os momentos de minha vida e que nunca negaram apoio aos meus estudos e objetivos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Manoel da Cunha Costa, pelos conhecimentos acadêmicos transmitidos, pela paciência e por acreditar em meu trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Florisbela de Arruda Câmara e Siqueira Campos, que gentilmente me auxiliou no melhoramento desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Wagner Luiz do Prado por todas as considerações e críticas construtivas.

Ao Prof. Dr. Guilherme Laurentino de Lima Filho pelas suas contribuições.

A todos os docentes do Programa Associado de Pós – Graduação em Educação Física UFPB/UPE pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus amigos do mestrado, em especial, Naiane Ferraz Bandeira, Suênia Karla Pacheco Porpino, Rômulo José Dantas Medeiros e a Leonardo Oliveira.

À Tatiana Acioli pela grande ajuda na coleta de dados.

À estudante Mariana Berenguer.

Ao professor Fernando Guimarães.

A todos os alunos que se voluntariaram a participar do estudo.

Enfim, a todos aqueles que direta e indiretamente me ajudaram na realização deste sonho. Muito obrigada!

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.”

Fernando Pessoa

RESUMO

SILVA, I. R. S. Teste indireto para a determinação do consumo máximo de oxigênio durante corrida em piscina funda. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba/Universidade de Pernambuco, 2010, 70p.

As atividades na água têm sido amplamente utilizadas pelos diversos profissionais da área da saúde, devido aos inúmeros benefícios que a água proporciona. Este estudo tem como objetivo desenvolver um teste indireto para avaliação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) durante corrida em piscina funda (CPF). Foram avaliados indivíduos do gênero masculino, com 40 indivíduos divididos em dois grupos (A e B) com 20 indivíduos cada com faixa etária de 18 a 25 anos de idade. O grupo A ($20,85 \pm 1,93$ anos; $22,81 \pm 2,63 \text{kg/m}^2$) realizou testes em piscina e em esteira utilizando um analisador de gases e o grupo B ($21,10 \pm 1,68$ anos; $22,10 \pm 1,65 \text{kg/m}^2$) participou de dois testes indiretos em piscina com avaliadores diferentes. Para o teste direto em esteira foi realizado o protocolo de rampa. O teste direto em piscina consistiu em executar o movimento a corrida sem tocar o chão utilizando um colete para flutuação, a intensidade foi controlada através de um metrônomo, iniciando com 100 ciclos por minuto (cpm) e a cada estágio de 1 minuto, um incremento 4cpm, ao final de cada estágio registramos as variáveis frequência cardíaca (FC) e VO_2 . O grupo B realizou o teste em piscina seguindo o protocolo citado anteriormente, ao final de cada estágio coletava-se a FC. Utilizou-se o teste t emparelhado, teste de Wilcoxon, Mann-Whitney, equação de regressão linear simples e múltipla e também o Coeficiente Linear de Pearson e de Correlação Intra-classe. Após o cálculo da regressão linear obteve-se duas equações: $VO_2 \text{ l/min} = (0,015 \times FC)$ e $(0,069 \times E + 0,011 \times FC)$, resultando em um EPE variando entre 0,135 e 0,104 assim como o R^2 0,980 e 0,984 respectivamente. Um fator de correção foi criado para classificação do $VO_{2máx}$ a partir das tabelas existentes na literatura: $VO_{2máx} \times 1,491$ ($R^2=0,983$; EPE=0,265). Não foram encontradas diferenças significativas entre as medidas dos avaliadores para as variáveis: FC e $VO_{2máx}$. Podemos concluir que a metodologia é prática e eficaz, podendo ser aplicada por qualquer profissional da área.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo de oxigênio, Regressão linear e Corrida.

ABSTRACT

SILVA, I. R. S. Indirect test for the determination of maximum oxygen consumption during deep water running. Master thesis. Universidade Federal da Paraíba/Universidade de Pernambuco, 2010, 70p.

Activities in water have been widely used by various professionals in the health field, due to the many benefits that water provides. This study aims to develop an indirect test for assessment of maximal oxygen (VO_{2max}) during deep water running (DWR). The target population of this study consisted of men, physically active and with good adaptation to water. The sample was made of 40 individuals divided into two groups (A and B) with 20 individuals from 18 to 25 years old, where the group A (20.85 ± 1.93 years, $22.81 \pm 2.63 \text{ kg/m}^2$) conducted tests in the pool and treadmill using a gas analyzer and group B (21.10 ± 1.68 years, $22.10 \pm 1.65 \text{ kg/m}^2$) participated in two indirect tests in the pool with different evaluators. For the direct test was performed on the treadmill ramp protocol with a maximum duration of 12 minutes. The direct test in the pool was to perform the movement of running without touching the ground using a fluctuation vest, the intensity was controlled through a metronome, starting with 100 cycles per minute (CPM) and each stage lasting 1 minute and the increment 4 CPM been made until complete fatigue or failure to perform the asked movement, at the end of each stage we recorded the variables heart rate (HR) and VO_2 . Group B has performed the test in the pool following the protocol mentioned above using only the heart rate monitors and the end of each stage was collected HR. We used the paired 'T' test, Wilcoxon test, Mann-Whitney, equation of simple linear regression and multiple as well as the Pearson's coefficient and the intraclass correlation. After the calculation of the linear regression was obtained two equations: $VO_{2max} \text{ l / min} = (0.015 \times \text{HR})$ and $(0.069 \times \text{HR} + 0.011 \times \text{S})$, resulting in a SEE ranging between 0.135 and 0.104 and R^2 0.980 and 0.984 respectively. A correction factor was created for classification of VO_{2max} from the tables in the literature: $VO_{2max} \times 1,491$ ($R^2 = 0.983$, $SEE = 0.265$). No significant differences were found between measures of evaluators to the variables HR and VO_{2max} . We concluded that the methodology is practical and effective and can be applied by any healthcare professional.

Key words: Oxygen uptake, linear regression and race.

LISTA DE GRÁFICOS E FIGURAS

Gráfico 1 - Comparação entre o consumo máximo de oxigênio medido na esteira, na piscina e na piscina com incremento do fator de correção.....	38
Gráfico 2: Comportamento da equação utilizando a variável frequência cardíaca versus a medida direta do $VO_{2máx}$	40
Gráfico 3: Comportamento da equação utilizando as variáveis estágio e frequência cardíaca versus a medida direta do $VO_{2máx}$	41
Gráfico 4: Médias da frequência cardíaca (FC) por estágios para os avaliadores 1 e 2.....	45
Gráfico 5: Médias de $VO_{2máx}$ por estágios para o avaliadores 1 e 2 com a equação 2.....	45
Gráfico 6: Médias de $VO_{2máx}$ por estágios para o avaliadores 1 e 2 com a equação 3.....	46
Figura 1: Utilização dos equipamentos para a coleta direta em piscina.....	34
Figura 2: Gesto motor padronizado para a corrida na água.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Medidas descritivas dos grupos A e B e sua comparação com o teste Mann – Whitney (n= 40).....	37
Tabela 2: Medidas descritivas para Freqüência cardíaca máxima atingida ($FC_{m\acute{a}x}$), Consumo Máximo de Oxigênio absoluto ($VO_{2m\acute{a}x}$ Abs) e Consumo Máximo de Oxigênio relativo ($VO_{2m\acute{a}x}$ Rel) da amostra do Grupo A (n=20).....	38
Tabela 3: Modelos de equação de regressão linear simples e múltipla para a variável dependente $Y = VO_2$, erro padrão de estimativa (EPE), estatística F da ANOVA (Est. F), valor-p de F, coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de determinação R^2 ajustado (R^2_{adj}).....	39
Tabela 4: Medidas descritivas para as variáveis frequências cardíacas (FC), Teste de Wilcoxon (Valor-p), Correlação de Pearson (r) e Coeficiente de correlação intra-classe para os avaliadores 1 e 2 nos estágios E1 a E12.....	42
Tabela 5: Medidas descritivas para as variáveis de consumo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) calculado pela equação 2, Teste de Wilcoxon (Valor-p), Correlação de Pearson (r) e Coeficiente de correlação intra-classe para os avaliadores A e B para os estágios E1 a E12.....	43
Tabela 6: Medidas descritivas para as variáveis de consumo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) calculado pela equação 3, Teste de Wilcoxon (Valor-p), Correlação de Pearson (r) e Coeficiente de correlação intra-classe para os avaliadores A e B para os estágios E1 a E12.....	44
Tabela 7: Medidas descritivas para as variáveis de consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) estimado pelas equações 2 e 3, Teste de Wilcoxon (Valor-p), Correlação de Pearson (r) e Coeficiente de correlação intra-classe para os avaliadores 1 e 2.....	44

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	61
APÊNDICE II: Ficha Individual de Coleta de Dados.....	64

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Parecer do Comitê de Ética.....	66
ANEXO B: Matéria para imprensa.....	68

LISTA DE SIGLAS

A	Estatura
CCC	Corrida <i>Cross Country</i>
CCI	Coefficiente de Correlação Intraclasse
CE	Corrida em Esteira
CEJ	Corrida na água com elevação de joelhos
CLP	Coefficiente Linear de Pearson
CPF	Corrida em Piscina Funda
CPM	Ciclos por minuto
CPR	Corrida em Piscina Rasa
CT	Corrida em Terra
E	Estágio
EPE	Erro Padrão de Estimativa
FatC	Fator de Correção
FC	Frequência Cardíaca
FC _{INI}	Frequência Cardíaca Inicial
FC _{máx}	Frequência Cardíaca Máxima
FC _{REC}	Frequência Cardíaca de recuperação
FC _{REP}	Frequência Cardíaca em repouso
IMC	Índice de Massa Corporal
P	Massa Corporal
QR	Quociente Respiratório
VO ₂	Consumo de Oxigênio
VO _{2MÁX}	Consumo Máximo de Oxigênio
VO _{2MÁX ABS}	Consumo Máximo de Oxigênio Absoluto
VO _{2MÁX REL}	Consumo Máximo de Oxigênio Relativo
VO _{2PICO}	Consumo de Oxigênio de Pico
VO _{2REP}	Consumo de Oxigênio em Repouso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	JUSTIFICATIVA.....	18
3	OBJETIVOS.....	19
3.1	Objetivo Geral.....	19
3.2	Objetivos Específicos.....	19
4	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
4.1	Propriedades físicas da água.....	19
4.2	Principais atividades aquáticas em posição vertical.....	22
4.3	Alterações fisiológicas em meio aquático.....	24
4.4	Testes cardiorrespiratórios em posição vertical no meio aquático.....	26
5	METODOLOGIA.....	29
5.1	Caracterização da pesquisa.....	29
5.2	População e Amostra.....	29
5.3	Aspectos Éticos.....	30
5.4	Variáveis.....	30
5.5	Instrumento para a coleta de dados.....	31
5.6	Procedimentos metodológicos para a coleta de dados.....	32
5.7	Análise estatística.....	36
6	RESULTADOS.....	37
6.1	Testes com medida direta do consumo máximo de oxigênio (Momentos 1 e 2).....	37
6.2	Testes Indiretos (Momento 3).....	41
7	DISCUSSÃO.....	47

7.1	Testes com medida direta do consumo máximo de oxigênio (Momentos 1 e 2).....	47
7.2	Testes Indiretos (Momento 3).....	49
7.3	Limitações do estudo.....	50
8	CONCLUSÕES.....	51

REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade o homem vem se utilizando das propriedades físicas da água, o uso do meio aquático já era feito pelo homem da pré-história, onde se usava principalmente para sobrevivência, recreação e terapia. Hipócrates, por exemplo, usava a água no tratamento de doenças, os romanos utilizavam os banhos com finalidades recreacionais e curativas (Bonachela, 1994).

Nas últimas décadas as atividades na água têm sido amplamente utilizadas pelos diversos profissionais da área da saúde devido aos inúmeros benefícios que a água proporciona. O exercício aquático é uma modalidade comum de reabilitação e condicionamento físico, onde se pode proporcionar em uma só atividade a melhoria do sistema cardiorrespiratório e muscular. (Dolbow *et al*, 2008).

E estas características estão relacionadas com os princípios da hidrostática, hidrodinâmica e da termodinâmica, visto que agem sobre o corpo humano promovendo alterações fisiológicas tanto em repouso quanto em exercício. Entre estes princípios destacam-se a massa, o peso, a densidade, a flutuação, a pressão hidrostática, a viscosidade, o calor específico da água e a resistência (Ruoti *et al*, 2000).

Os estudos das alterações fisiológicas no organismo são de grande utilidade para que a prescrição de exercícios neste ambiente seja mais precisa e individualizada, uma vez que, do ponto de vista prático, é fácil percebermos a aplicação das propriedades físicas da água, a exemplo temos a flutuabilidade, o ser humano ao imergir em meio líquido sofre uma redução no peso corporal e do impacto sobre as articulações, a pressão hidrostática provoca o aumento do retorno venoso para a região central do corpo (Christie *et al*, 1990). A densidade do meio causa uma maior resistência da água em relação à oferecida pelo ar (Frangolias e Rhodes, 1995) e o maior calor específico da água comparado com o da terra aumenta a capacidade de transferência de calor (Srámek *et al*, 2000)

Uma das atividades aquáticas em posição vertical que vem sendo alvo de muitas pesquisas é a corrida na água, recomendada para indivíduos que possuem problemas nas articulações dos membros inferiores, com massa corporal elevada e

como também para reabilitação cardíaca (Green, Cable e Elms, 1990; Pantoja *et al*, 2006; Kilding, Scott e Mullineaux, 2007; Mcghee, Power e Steele, 2007). Esta corrida pode ser realizada de duas formas: corrida em piscina rasa (CPR) e em piscina funda (CPF).

A CPR consiste em executar o movimento da corrida terrestre no meio aquático, podendo ser realizada de maneira estacionária ou com deslocamentos e em diversas profundidades, mas sempre tocando os pés no piso da piscina (Silva e Kruehl, 2008). A CPF consiste em uma corrida aquática que simula os movimentos da corrida em terra, porém sem impacto articular, onde o indivíduo utiliza um colete flutuador mantendo-se imerso, com a cabeça fora da água sem tocar o piso da piscina (Dale, 2007), este tipo de exercício está se tornando, no âmbito do esporte de alto rendimento, uma forma popular principalmente durante os períodos de recuperação de lesões (Brinks *et al*, 2009).

Entretanto a grande dificuldade nesta área é a avaliação da principal capacidade física trabalhada na CPF, que é a cardiorrespiratória, esta permite aos profissionais com base nos resultados dos testes, classificarem o nível da aptidão física do indivíduo, quantificar a intensidade do esforço a ser realizado, em suma prescrever um programa de treinamento de maneira mais segura (Davis, 2002).

A avaliação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) pode ser mensurada por meio de testes diretos, onde é analisado, durante o esforço, o volume e a proporção dos gases na respiração por meio de um analisador de gases (ergoespirômetro). Este é um equipamento sofisticado e requer treinamento do examinador, o que torna difícil sua utilização nas avaliações em academias e clubes. (Fontoura, Formentin e Abech, 2008).

No meio aquático encontramos alguns estudos que abordam a elaboração de protocolos para medir o $VO_{2máx}$, onde pode-se perceber que a maioria dos protocolos utilizam o analisador de gases, tornando difícil sua aplicação prática nos locais onde esta modalidade é praticada (Brown *et al*, 1997; Sherman e Michaud, 1997; Mercer e Jensen, 1997).

Outra forma muito utilizada é por meio de testes indiretos, utilizando apenas ergômetros (esteira, bicicleta ergométrica, pista, banco ou degraus) possuindo menos sofisticação e garantindo fácil aplicação, estes buscam um valor

aproximado, que permite a estimativa da capacidade aeróbia e na maioria das vezes são calculados em função da frequência cardíaca (FC), da distância percorrida e da sobrecarga do ergômetro. Esses métodos baseiam-se na teoria de que existe uma relação linear entre a FC e o consumo e oxigênio submáximo, sendo possível chegar aos valores de $VO_{2máx}$ pela estimativa da $FC_{máx}$ (Fontoura, Formentin e Abech, 2008).

Desta forma é essencial que seja criado um protocolo eficaz, de fácil aplicação, baixo custo e que não necessite de equipamentos sofisticados para que todos os praticantes da CPF possam ser avaliados. E por haver uma carência por parte dos profissionais ligados à essa área em mensurar a capacidade cardiorrespiratória em indivíduos imersos em posição vertical no meio aquático de maneira indireta, esta pesquisa se propõe a desenvolver um protocolo de corrida em piscina funda para determinação da capacidade cardiorrespiratória.

2 JUSTIFICATIVA

Avaliar o consumo máximo de oxigênio é de fundamental importância para a classificação da capacidade aeróbia do indivíduo de maneira específica e individualizada. Justificamos o presente estudo no sentido que proporcionará aos profissionais que atuam com atividades aquáticas um protocolo confiável e prático para a determinação do $VO_{2máx}$ dentro de uma perspectiva ecológica, ou seja, um instrumento que leve em consideração as propriedades físicas da água assim como as alterações hemodinâmicas ocorridas com o indivíduo durante o exercício em piscina funda.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver o protocolo indireto para avaliação do consumo máximo de oxigênio durante corrida em piscina funda (CPF).

3.2 Objetivos específicos

- Estabelecer protocolo para avaliação cardiorrespiratória em meio aquático;
- Estabelecer uma equação para a estimativa do $VO_{2m\acute{a}x}$;
- Estabelecer um fator de correção para classificação do consumo máximo de oxigênio na água utilizando as tabelas existentes;
- Verificar a reprodutibilidade da metodologia proposta.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Propriedades físicas da água

Para um melhor entendimento sobre a base das atividades desenvolvidas em meio aquático, é preciso conhecer como os princípios físicos da água atuam no corpo humano imerso em meio aquático. Quando os humanos estão imersos na água, ocorrem mudanças de caráter fisiológico tanto em repouso quanto em exercício, essas alterações são chamadas de efeitos da imersão, que estão inteiramente ligados às propriedades físicas da água (Marques e Pereira, 1999).

Aboarrage (2008) com base em Skinner e Thompson (1985) afirma que as propriedades físicas da água são: massa; peso; densidade; flutuação; pressão hidrostática; calor específico; resistência; viscosidade e refração.

- a) Massa: é a quantidade de matéria que uma substância compreende e que não se altera, é medida em quilogramas (Bonachela, 2001; Di Masi, 2000).
- b) Peso: é a resultante das forças gravitacionais sobre a massa (Skinner e Thomson, 1985)
- c) Densidade: é a quantidade de massa ocupada em determinado volume a determinada temperatura, depende tanto da massa do corpo como também do volume que ocupa (Di Masi, 2000).
- d) Flutuação: também conhecido como o princípio de Arquimedes, o qual diz que quando um corpo está completa ou parcialmente imerso em meio líquido em repouso, este sofre um empuxo (força exercida de baixo para cima), e é devido a esta força que os corpos imersos apresentam peso corporal inferior ao apresentado no solo (Sacchelli, Accacio e Radi, 2007).

Quanto maior a imersão, maior a redução no peso corporal , pois mais água estará se deslocando para cima, aumentando o empuxo. Bates e Hanson (1998) salientam que os efeitos da flutuação atuam na sustentação da massa, fazendo com que o nosso peso seja reduzido e desta forma, as pessoas que se exercitam na água sentem-se mais leves sentindo menos peso nas articulações.

- e) Pressão hidrostática: é definida como a pressão exercida pelas moléculas de um fluido sobre um corpo imerso, que segundo a Lei de Pascal, a pressão é exercida igualmente sobre toda a superfície de um corpo submerso em repouso, a uma determinada profundidade, onde a pressão aumenta de acordo com a profundidade e com a densidade do fluido (Lindle, Wasserman e See, 2001).

Esta propriedade estimula a circulação periférica, fortalece a musculatura envolvida na respiração. Ainda sobre as vantagens, Bonachela (2001) cita que também é responsável pelo efeito massageador que é perceptível nas atividades aquáticas, o que diminui as dores musculares pós-exercício. É possível que a pressão hidrostática seja responsável indiretamente pela diminuição da frequência cardíaca (FC) durante a imersão do corpo em meio aquático, agindo como um compressor sobre todos os

sistemas do corpo, inclusive o sistema vascular, facilitando o retorno venoso (Kruel, 1994; Aboarrage, 1997)

f) Calor específico: O calor específico da água é superior o do ar, a perda de calor na água é 25 vezes a do ar, esta perda pode acontecer tanto por condução (movimento de energia térmica de algo mais quente para algo mais frio) ou por convecção (perda de calor causada pelo movimento da água contra o corpo, mesmo se água e o corpo estiverem na mesma temperatura) (Bates e Hanson, 1998).

g) Resistência: é a sobrecarga natural exercida pela água (Aboarrage, 1997).

Com relação à movimentação do corpo humano na água, Campos e Popov (1998) afirmam que a resistência depende da quão lisa for a superfície de um corpo durante seu deslocamento na água, desta forma será tanto maior, quanto menor for a velocidade de movimento desse corpo, ou seja, quanto maior a superfície de atrito maior também será sua resistência. E à medida que aumentamos a área da resistência frontal de um objeto, o dispêndio de energia é maior para a realização do movimento (Di Masi, 2000), deste modo a resistência da água é a principal força a ser vencida durante a locomoção no meio líquido (Caputo *et al*, 2006).

h) Viscosidade: a resistência oferecida pela água quando nos deslocamos, está diretamente relacionada à viscosidade, pois o atrito entre as moléculas de um líquido é que causa a resistência (Di Masi, 2000). Sabe-se que a viscosidade atua como uma resistência ao movimento, uma vez que as moléculas de um líquido tendem a aderir à superfície de um corpo movendo-se através dele (Skinner e Thomson, 1985).

O ar é menos viscoso do que a água, portanto há mais resistência ao movimento executado dentro da piscina do que em terra (Bonachela, 2001). A temperatura influencia diretamente na viscosidade do meio, onde Bates e Hanson (1998) afirmam que em virtude do aumento da temperatura da água, a viscosidade diminui porque as moléculas estão mais afastadas e ainda atua como uma resistência aos movimentos.

- i) Refração: é a deflexão de um raio quando ele passa de um meio mais denso a um menos denso ou vice-versa. Quando um raio passa de um meio mais rarefeito a um meio mais denso, como do ar para a água, ele se reflete no sentido normal, por exemplo: a piscina sempre parece ser mais rasa do que realmente é (Skinner e Thomson, 1985).

A temperatura apesar de não ser uma das propriedades da água, influencia na densidade e na viscosidade assim como nas respostas cardiovasculares, os valores de temperatura ideais para o esforço em meio líquido é de 27 a 32°C (Associação Mundial de Esportes Aquáticos).

4.2 Principais atividades aquáticas em posição vertical

4.2.1 Hidroginástica

A Hidroginástica é constituída de exercícios aquáticos específicos que se baseiam na exploração da resistência da água como sobrecarga. A água faz com que a execução dos movimentos seja facilitada, e propicie aos adeptos uma melhora no condicionamento físico com o impacto articular reduzido tornando-se uma alternativa de condicionamento de forma agradável e com menor desgaste físico (Guedes e Guedes, 1998).

A Hidroginástica teve seu início e desenvolvimento na Alemanha, visando atender inicialmente um grupo de pessoas com mais idade que precisavam praticar uma atividade física segura, sem causar lesões às articulações e lhes proporcionassem bem estar físico. A prática de exercícios dentro d'água chegou aos Estados Unidos da América para que os médicos desenvolvessem inicialmente um programa de reabilitação, logo após, as técnicas foram aperfeiçoadas dando as primeiras características da modalidade (Bonachela, 2001).

Com o passar do tempo suas características iniciais foram sendo mudadas e ampliando cada vez mais os grupos de adeptos, na qual só era praticada por idosos e pessoas em fase de reabilitação, hoje temos adolescentes e adultos saudáveis, pode-

se também incluir os atletas de alto nível de várias modalidades que a praticam como complementação de seus treinamentos (Rocha, 1994)

4.2.2 Caminhada ou Corrida em piscina rasa e funda

Esta modalidade simula os movimentos da caminhada e corrida, sem alteração do gesto motor, em piscina rasa e/ou funda. A caminhada aquática em piscina rasa consiste em movimentos de caminhada/corrída com a água no mínimo na altura do quadril. Enquanto que o *jogging* aquático pode ser também chamado de caminhada/corrída em piscina funda, onde consiste em exercícios variados assim como a própria caminhada e corrida, com os indivíduos suspensos utilizando coletes flutuantes. (Reilly, Dowzer e Cable, 2003; Barela, Stolf e Duarte, 2006)

Segundo Ritchie e Mopkins (1991), as caminhadas aquáticas (piscina rasa e funda) surgem como um método de treinamento da condição física, especialmente durante a recuperação de lesões de atletas, com o objetivo de diminuir o impacto articular, nos Estados Unidos da América também está sendo indicada para obesos, cardiopatas e idosos.

4.2.3 Hidroterapia

A palavra Hidroterapia é derivada das palavras gregas *hydor* – água e *therapia* – cura, mas não existe uma evidencia muito nítida sobre quando a água foi utilizada pela primeira vez para finalidades curativas, mas é sabido que Hipócrates (460 – 375 a.C.) empregava água quente e fria no tratamento das doenças (Skinner e Thomson, 1985).

Conforme Champion (2000), a Hidroterapia como uma modalidade de reabilitação possui uma longa história e é tão importante atualmente quanto foi no passado. Hoje, com o crescimento da popularidade desta atividade, os fisioterapeutas são encorajados a utilizar a água, aproveitando ao máximo suas qualidades.

4.3 Alterações fisiológicas em meio aquático

A água é um ambiente que difere do ar em vários aspectos, principalmente no que se refere às alterações fisiológicas no ser humano durante a imersão. O exercício físico na água causa reações fisiológicas diferentes quando comparadas com o exercício em terra, devido ao efeito hidrostático da água no sistema cardiovascular com a sua capacidade de intensificar a perda de calor comparada ao ar (Nicolai *et al*, 2009). Logo, o corpo ao imergir em meio aquático é exposto a uma pressão hidrostática, viscosidade do meio, condições térmicas, e algumas vezes, a estímulos reflexos circulatórios, que podem alterar as respostas cardiocirculatórias (Kruehl, 2004). Os efeitos destas trocas podem variar com a postura, com a intensidade dos exercícios, com o tipo de movimentos de braços e com a temperatura da água (Denison *et al*, 1972).

As pesquisas com relação às possíveis diferenças que podem existir entre os exercícios realizados dentro e fora da água tiveram início em 1974, no Canadá, onde foram investigadas comparando-se as respostas fisiológicas máximas e submáxima, obtidas durante o ciclismo realizado com e sem imersão na água (Denadai, Rosas e Denadai, 1997).

O exercício físico na água ocasiona uma redução na frequência cardíaca em relação à terra devido ao efeito hidrostático da água no sistema cardiorrespiratório (Avellini, Shapiro e Pandolf, 1983).

Existem alguns aspectos que interferem nas respostas fisiológicas durante o exercício, entre eles temos a temperatura da água e a profundidade de imersão. Conforme Graef *et al*, (2005) quando compararam a FC fora e dentro da água encontraram uma redução na FC durante a imersão nas três diferentes temperaturas aquáticas (27, 30 e 33°C), apresentando uma bradicardia mais acentuada conforme o aumento da temperatura da água. Outro estudo também examinou as respostas da FC em diferentes temperaturas, 32°C, 20°C e 14°C. A imersão na água com a temperatura de 32°C apresentou uma diminuição de 9 bpm, para 20°C, os valores foram similares da temperatura anterior corroborando com o estudo citado anteriormente, enquanto que a imersão em água fria (14°C) foi encontrado um aumento na FC de 3 bpm, os autores explicam que este resultado foi observado

devido aos tremores que o corpo produzia durante a imersão que podem ser considerados como um exercício leve (Srámek *et al*, 2000).

No tocante a profundidade, Gleim e Nicholas (1989) imergiram indivíduos no meio aquático e compararam as respostas da FC com o ambiente fora da água, nenhuma diferença significativa foi encontrada para a FC de repouso entre as diferentes profundidades de imersão avaliadas (maléolo, patela, coxa e cicatriz umbilical).

Kruel (1994) analisou a FC em diferentes profundidades do corpo na água (tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro, pescoço e ombro com os braços fora d'água), e encontrou uma redução da FC à medida que o corpo vai imergindo nas diferentes profundidades, com exceção do nível da água no pescoço e ombro com os braços fora d'água.

No que diz respeito ao consumo de oxigênio no repouso durante a imersão, Alberton e Kruel (2009) afirmam que existe certa divergência no comportamento desta variável. Kruel *et al* (2006) analisaram os efeitos da posição corporal e da imersão no meio aquático sobre o consumo de oxigênio (VO_2) no repouso e não encontraram diferenças significativas entre as posições corporais ortostática em terra e ortostática imerso. Houve diferenças quando comparadas situações com posições corporais diferentes, decúbito dorsal e ortostática imerso.

Vários estudos analisaram as respostas fisiológicas submáximas e máximas da CPF assim como a comparação dessas com as obtidas em terra: corrida em pista e em esteira rolante (Ritchie e Hopkins, 1991; Town e Bradley, 1991; Svedenhag e Segen, 1992 e Michaud *et al*, 1995; Mcghee, Power e Steele, 2007; Phillips, L.egge e Jones, 2008).

Com relação à intensidade máxima do exercício, os estudos relatam uma redução na frequência cardíaca máxima e no $VO_{2máx}$ quando comparados com o exercício em terra. Tiggemann *et al* (2007) compararam a corrida em piscina funda (CPF) com a corrida em esteira (CE) e encontraram valores significativamente menores na corrida em piscina funda. Dowzer *et al* (1999) compararam três tipos de corrida, corrida em terra (CT), corrida em piscina rasa (CPR) e em piscina funda (CPF) obtendo valores de frequência cardíaca e $VO_{2máx}$ significativamente menores para a CPF quando comparada com as demais condições.

Phillips, Legge e Jones (2008) também encontraram valores de $FC_{Máx}$ e $VO_{2máx}$ significativamente menores na corrida em piscina funda do que na corrida em terra. Brown *et al* (1997) tiveram como objetivo investigar diferenças nas variáveis fisiológicas entre os gêneros com relação a CPF e a CE, concluindo que não houve diferenças significativas entre os gêneros tanto na CPF quanto na CE, mas entre as corridas dentro e fora da água apresentaram valores significativamente menores na água independente do gênero.

Nos estudos com intensidades submáximas, DeMaere e Ruby (1997) encontraram valores semelhantes entre as respostas da CE e da CPF em duas intensidades diferentes, ou seja, não apresentaram respostas significativamente diferentes.

Kilgore *et al* (2006) obtiveram valores próximos entre a CE e dois estilos diferentes de CPF: corrida na água chamada de *cross country* (CCC) e a Corrida na água com elevação de joelhos (CEJ), eles concluíram que a CCC apresenta valores semelhantes aos da CE, desta maneira o consumo máximo de oxigênio durante exercícios em piscina funda depende diretamente do gesto motor.

4.4 Testes cardiorrespiratórios em posição vertical no meio aquático

Na literatura pesquisada encontramos sete estudos relacionados à medida do consumo de oxigênio em meio aquático na posição vertical. Todos os autores afirmam a necessidade de prescrever o exercício físico com base em testes específicos, ou seja, é preciso que os testes sejam realizados no meio onde indivíduo irá ser treinado.

O primeiro teste a surgir foi o de Wilder, Brennan, e Schotte (1993), trata-se de um teste máximo progressivo em piscina funda, que consiste em correr sem tocar o chão da piscina, este indivíduo utiliza um colete flutuador preso a borda da piscina, em seguida executa o movimento da corrida seguindo um ritmo do metrônomo. Neste caso calculou-se uma correlação entre ritmo e frequência cardíaca ($r^2=0,98$), não há medida direta do consumo de oxigênio, e assim o autor conclui que o ritmo pode ser utilizado como uma medida para prescrição do exercício na água.

O estudo de Hamer e Slocombe (1997) também aborda a relação entre a cadência/ritmo e a frequência cardíaca, se diferencia do estudo anterior por que este leva em consideração a percepção subjetiva de esforço ou escala de Borg.

Outro teste publicado foi de corrida em piscina rasa, conhecido como teste de 500 jardas, onde o indivíduo executa a corrida na largura da piscina com a água na altura do mamilo (ida e volta até completar a distancia do protocolo). Para este teste foi utilizado a esteira para a medida direta do $VO_{2máx}$ fora da água e em seguida a corrida em piscina para a elaboração da equação. Ao final os autores Kaminsky *et al* (1993) afirmaram que para a equação deve-se levar em consideração o tempo que foi percorrido a distância, o percentual de gordura e a estatura do individuo, obtendo uma correlação positiva ($r^2= 0,86$).

Semelhante ao teste anterior Sherman e Michaud (1997) desenvolveram um teste de corrida em piscina funda com cadência fixa durante 15 minutos, após a análise dos resultados, elaboraram uma equação de estimativa para o $VO_{2máx}$, onde utilizaram algumas variáveis para compor (Medida direta do consumo de oxigênio, cadência, percepção subjetiva de esforço, massa corporal e gênero), logo elaboraram uma equação de regressão obtendo um $r^2 =0,931$.

Brown *et al* (1997) elaboram duas equações para cada gênero com a finalidade de predizer o $VO_{2máx}$ durante a corrida em piscina funda, o protocolo elaborado foi com sete estágios com três minutos cada e a cadência variando de 72 a 144 com, as equações elaboradas obtiveram o r^2 variando de 0,905 a 0,955 para homens e r^2 0,944 a 0,970 para mulheres,

Em 1997 foi publicado outro estudo que verificou a confiabilidade e a validade de um teste com ritmo contínuo de corrida em piscina funda (Mercer e Jensen, 1997) utiliznado um sistema de polias que aumenta a carga em 570 gramas a cada estagio de um minuto, até a exaustão, para a validade e confiabilidade do consumo máximo de oxigênio obtiveram os seguintes resultados respectivamente: $r^2=0,93$ e $r^2=0,97$, quando comparado com teste em esteira.

O último estudo encontrado em relação à elaboração de testes que consiste na corrida em piscina rasa, e se difere dos demais por que, com base nos resultados das distâncias percorridas pelos indivíduos, foi elaborada uma tabela de

classificação para os níveis de condicionamento de acordo com a idade. (Silva e Maranhão Neto, 2006).

Na literatura até o presente momento não foi encontrado nenhum teste indireto para avaliação do consumo máximo de oxigênio durante corrida em piscina funda, onde o único incremento de sobrecarga é o aumento da cadência a cada estágio, com duração de até 12 minutos.

5 METODOLOGIA

5.1 Caracterização da Pesquisa

Esta pesquisa se caracteriza por ser descritiva do tipo correlacional, de caráter transversal e com dados primários.

5.2 População e Amostra

O estudo foi realizado com uma população de acadêmicos de Educação Física da Universidade de Pernambuco (UPE) do gênero masculino. A amostra constou de 40 indivíduos de 18 a 25 anos de idade, sendo classificada como não-probabilística do tipo intencional (Marconi e Lakatos, 2008). Escolheu-se esta faixa etária porque Akalan, Kravitz e Robergs (2004) afirmam que aos 20 anos em média os indivíduos chegam a sua maior capacidade cardiorrespiratória e que a partir dos 30 anos a capacidade física começa a diminuir.

A amostra foi subdividida em dois grupos (A e B), através de sorteio, com 20 indivíduos cada, onde o grupo A participou dos testes com medida direta (esteira e piscina) e o grupo B dos testes com medida indireta (teste e reteste na piscina).

- Cálculo do tamanho da amostra

O cálculo para determinação da amostra foi realizado como auxílio do programa GPower 3.0, adotamos um nível de significância de 5% e um poder de 82% para todas as variáveis, com base neste cálculo o tamanho da amostra cada grupo foi composto de 20 indivíduos.

- Critérios de inclusão

Indivíduos do gênero masculino na faixa etária de 18 a 25 anos, com boa adaptação ao meio aquático (flutuar, deslocar e mergulhar), sem experiência com a

corrida em piscina funda, fisicamente ativos (Questionário internacional de atividade física na versão curta- IPAQ) e indivíduos aparentemente saudáveis (Questionário de prontidão para a atividade física – PAR Q).

- Critérios de exclusão

Fumantes, usuários de substâncias com ação cardiovascular, indivíduos lesionados.

5.3 Aspectos Éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade de Pernambuco, sob protocolo de nº. 166/08 (ANEXO A). Os indivíduos foram abordados nas dependências da Escola Superior de Educação Física (ESEF) da Universidade de Pernambuco (UPE) e com base nos critérios de inclusão, foram convidados a participar, em seguida foi feito um sorteio para a determinação dos componentes dos grupos.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE I) contendo as informações da pesquisa, objetivos, bem como informados os possíveis riscos e benefícios do estudo, além da confidencialidade das informações a serem adquiridas, foi entregue aos participantes para que fosse lido e assinado antes de qualquer procedimento de coleta.

5.4 Variáveis

5.4.1 Dependentes

$VO_{2máx}$ – Consumo Máximo de Oxigênio

FC – Frequência Cardíaca

5.4.2 Independentes

E – Estágios/ Cadências

5.4.2 Controle

Tágua – Temperatura da água

5.4.3 Interveniente

Tamb – Temperatura do ambiente

5.5 Instrumentos para coleta de dados

Ficha Individual de Coleta de Dados - Para a coleta de dados iniciais registrou-se informações referentes aos indivíduos: nome, data de nascimento, massa corporal, estatura. Esta mesma ficha foi utilizada para a coleta dos resultados dos testes na água onde preenchemos os seguintes dados: Data da realização do teste, horário, nome, pressão barométrica, temperatura do ambiente, temperatura da água, frequência cardíaca e VO_2 em repouso e no exercício para cada estágio (APÊNDICE II).

Estadiômetro - Utilizamos um estadiômetro de madeira com uma base fixa no solo e um cursor que desliza para medir a estatura do indivíduo em posição ortostática com resolução de 1mm.

Balança - Para a determinação da massa corporal, uma balança da marca FILIZOLA com resolução de 100gr.

Plicômetro – Utilizou-se um plicômetro da marca LANGE, com resolução de 1mm, para a medida das dobras cutâneas.

Termômetro - Para a verificação da temperatura, um termômetro químico (líquido vermelho) da marca INCOTERM, com resolução de 0,5°C.

Barômetro - A medida da pressão atmosférica foi feita através de um barômetro de modelo BARIGO, com resolução de 1 HPa.

Analizador de gases - As variáveis respiratórias foram obtidas de forma direta utilizando-se o analisador de gases da marca CÓRTEX modelo Matlyzer 2B.

Snorkel - Foi utilizado um snorkel da marca FUN DIVE adaptado para acoplar à turbina do analisador de gases e um clipe nasal.

Sensor de Frequência Cardíaca - Para a avaliação da frequência cardíaca recorreremos a um transmissor T31 com o relógio de pulso FS1 da marca POLAR.

Colete Flutuador - Para auxiliar na flutuação os indivíduos utilizaram um colete com capacidade de sustentação acima de 120 kg da marca CORETECH.

Metrônomo - Para a realização dos testes utilizamos um metrônomo mecânico com amplitude de 40 a 200 bpm da marca CSR.

Esteira - Para o teste em esteira utilizamos a esteira Super ATL de marca INBRASPORT.

5.6 Procedimentos metodológicos para a coleta de dados

A pesquisa foi dividida em três momentos, o momento 1 realizou-se na esteira para a coleta direta dos dados, no momento 2 a coleta direta foi feita na piscina e no momento 3 para os dados indiretos.

Antes da realização de cada momento, um único avaliador realizou medidas peso e estatura, padronizadas pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (2000). Em seguida os indivíduos foram orientados a respeito da alimentação da sessão experimental, onde eles deveriam se alimentar normalmente sendo que a última refeição precisaria ser duas horas antes dos testes (Cunha, 2008).

Para a distribuição dos grupos realizou-se um sorteio, as coletas foram realizados de acordo com o cronograma pré estabelecido levando em consideração

a disponibilidade do laboratório assim como a temperatura do ambiente da piscina, uma vez que a mesma não possui cobertura.

Para o grupo B os testes foram realizados no mesmo horário uma vez que foi preciso seguir os mesmos procedimentos e horários com avaliador diferente para a avaliação da reprodutibilidade.

Para verificarmos se o indivíduo atingiu o consumo máximo de oxigênio recorreremos a alguns critérios: (1) um platô ou decréscimo no VO_2 , (2) coeficiente de troca respiratória maior que 1,15; (3) alcance da frequência cardíaca máxima predita pela idade (Robergs e Roberts, 2002), estes critérios foram seguidos em todas as etapas do estudo.

- Momento 1 (Teste direto em esteira)

Foi realizado um protocolo de rampa, em esteira rolante com inclinação de 1% para a determinação do consumo máximo de oxigênio, de acordo com Myers *et al* (1992), para adquirirmos melhores resultados na medida do $VO_{2máx}$ em um teste de esforço, os acréscimos de carga devem ser constantes em intensidade e duração, num período não inferior a oito e nem superior a doze minutos, estas características são mais facilmente definidas em um protocolo individualizado do tipo rampa.

Os testes foram feitos em uma sala ampla e bem iluminada com temperatura controlada entre 24 e 26°. Seguimos o protocolo adaptado de Myers *et al* (1992), iniciamos com 4 km/h prevendo um aumento até 20% acima do $VO_{2máx}$ previsto com o tempo mínimo de 9 minutos e o máximo de 12 e inclinação fixa à 1%.

- Momento 2 (Teste direto em piscina)

O analisador metabólico devidamente calibrado e adaptado ao snorkel foi utilizado. O transmissor de FC e o colete flutuador foram fixados no sujeito para permitir a sua flutuabilidade, sendo preso à borda da piscina para evitar o deslocamento horizontal. A figura 1 apresenta a utilização dos equipamentos.



Figura 1: Utilização dos equipamentos para coleta direta em piscina

As temperaturas: água e ambiente foram medidas e avisos sonoros (bips) foram reproduzidos para indicar a cadência dos estágios. Os sujeitos foram instruídos a manter a cadência, sendo encorajados verbalmente durante todo o esforço. Antes do início da medida todos os indivíduos realizaram uma sessão prévia de familiarização com a técnica.

Com relação ao gesto motor o indivíduo executou o movimento da corrida flutuando, como descreve Dale (2007), tronco ereto, sua cabeça confortavelmente fora da água, os braços movendo-se alternadamente com os joelhos, semelhante ao movimento em terra, o joelho com elevação em 90 graus e os pés aproximando-se da cinemática da corrida em terra, conforme a figura 2.



Figura 2: Gestor motor padronizado para a corrida na água

O protocolo aconteceu de maneira incremental, onde se realizou um aquecimento de dois minutos com uma cadência de 80 ciclos por minuto (cpm), em seguida foi acrescido 20 cpm para o início dos estágios, iniciando assim com 100 ciclos por minuto (cpm) e a cada estágio com duração de 1 minuto, sendo feito o incremento 4cpm até a fadiga voluntária ou falha na execução do movimento padronizado, ao final de cada estágio registramos as variáveis: VO_2 e FC.

- Momento 3 (Teste indireto em piscina)

O principal objetivo do momento 3 foi de verificar a reprodutibilidade da metodologia proposta, ou seja, analisar o grau em que as medidas repetidas de uma mesma variável são reproduzidas sob as mesmas condições e pelo mesmo avaliador em distintas ocasiões (Morrow *et al*, 2006), neste caso, utilizamos a reprodutibilidade teste reteste, o mesmo indivíduo como avaliadores diferentes (avaliador 1 e avaliador 2), estes avaliadores foram treinados pelo orientador da pesquisa.

Após o momento 2 da pesquisa foi elaborado um arquivo *MPEG Audio Layer-3* (MP3) com todas as etapas do teste (cpm), incluindo ainda uma faixa de aquecimento (adaptação) e uma de recuperação. As faixas são contínuas e a cada mudança de ritmo, ou seja, a cada estágio há um aviso sonoro indicando o momento em que o indivíduo se encontra e o incremento na cadência, desta maneira foi possível testarmos a praticidade da aplicação do teste uma vez que não foi preciso utilizar o metrônomo.

Os sujeitos foram submetidos a duas sessões de testes com intervalo de sete dias com avaliador diferente, para o gesto motor e o protocolo utilizamos o mesmo padrão do aplicado no momento 2.

5.7 Análise Estatística

Dados de variáveis quantitativas foram reportados por média±desvio-padrão (DP) e valores máximos e mínimos. Verificou-se a normalidade dos dados (Teste de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov) antes das análises. O teste de *Mann-Whitney* foi utilizado para comparação das características dos dois grupos (A e B).

Para o grupo A utilizou-se o teste t-Student pareado para as variáveis com distribuição normal e o teste de Wilcoxon para as outras variáveis, foi utilizada também a regressão linear simples para a determinação do fator de correção e a regressão múltipla para os modelos que estimam o $VO_{2máx}$.

O grupo B não apresentou distribuição normal, desta maneira recorreremos ao teste de Wilcoxon para comparações entre diferentes avaliadores em dias distintos. Análises de reprodutibilidade foram efetuadas para o teste em piscina funda (Coeficiente linear de Pearson - CLP e de correlação intra-classe - CCI).

6 RESULTADOS

6.1 Testes com medida direta do consumo máximo de oxigênio (Momentos 1 e 2)

A tabela 1 caracteriza a amostra apresentando os resultados médios de variabilidade das variáveis: idade, estatura, massa corporal e índice de massa corporal (IMC) dos grupos que participaram dos testes com medidas diretas tanto na esteira quanto na piscina (Grupo A), assim como dos participantes dos testes com medidas indiretas (Grupo B), desta maneira o teste estatístico aplicado não apresentou diferenças significativas entre os grupos.

Tabela 1 – Medidas descritivas dos grupos A e B e sua comparação com o teste não-paramétrico Mann – Whitney (n=40)

Variável	Grupo A Média ± DP	Grupo B Média ± DP	Teste de <i>Mann-Whitney</i>
Idade (anos)	20,85 ± 1,93	21,10±1,68	0,779
Massa corporal (kg)	69,39 ± 8,97	68,90±7,24	0,841
Estatura (cm)	174,4 ± 7,41	174,6±5,35	0,841
IMC (kg/m ²)	22,81 ± 2,63	22,10±1,65	0,718

IMC: Índice de massa corporal

DP: Duplo produto

Os resultados obtidos nos testes em esteira e em piscina estão descritos na tabela 2, onde podemos visualizar a diferença medida para as variáveis $FC_{m\acute{a}x}$ e $VO_{2m\acute{a}x}$, os testes realizados em piscina obtiveram valores menores, apresentando uma diferença significativa (22bpm para a $FC_{m\acute{a}x}$ e 1,28 l/min para o $VO_{2m\acute{a}x}$.)

Tabela 2 – Medidas descritivas para frequência cardíaca máxima atingida ($FC_{m\acute{a}x}$), consumo máximo de oxigênio absoluto ($VO_{2m\acute{a}x}$ Abs) e consumo máximo de oxigênio relativo ($VO_{2m\acute{a}x}$ Rel) dos testes em esteira e em piscina da amostra do Grupo A (n=20).

Variável	Média ± DP	Min. – Max.	Teste
$FC_{m\acute{a}x}$ (bpm)	193,60 ± 6,27(esteira)	183 – 205	Wilcoxon
	171,5 ± 13,38(piscina)	141 – 188	< 0,001
$VO_{2m\acute{a}x}$ Abs (l/min)	3,79 ± 0,48(esteira)	3,13 – 4,93	<i>t-student</i> <
	2,51 ± 0,38(piscina)	1,97 – 3,32	0,001
$VO_{2m\acute{a}x}$ Rel (ml/kg.min)	55,13 ± 5,94(esteira)	46,32 – 64,09	<i>t-student</i> <
	36,59 ± 5,78(piscina)	28,50 – 48,84	0,001

Um fator de correção (FatC) foi estabelecido através da regressão linear resultando no valor 1,491 (R^2 – 0,983 e $R^2_{ajustado}$ – 0,982, o erro padrão de estimativa obtido foi de 0,265).

Contudo ao aplicarmos o FatC no $VO_{2m\acute{a}x}$ em piscina encontramos valores semelhantes ao da esteira, onde através do teste *t-Student* não foi encontrada diferença significativa ($p = 0,702$), para uma melhor visualização elaboramos o gráfico 1 comparando os valores medidos das situações com e sem o fator de correção.

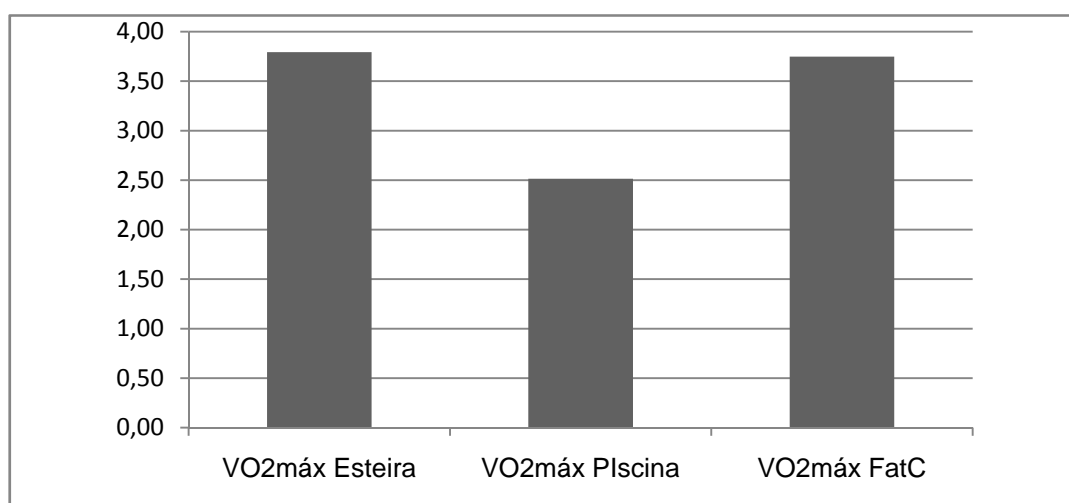


Gráfico 1 – Comparação entre o consumo máximo de oxigênio absoluto (l/min) medido na esteira, na piscina e na piscina com incremento do fator de correção.

Em seguida foram elaborados alguns modelos de equação através da regressão linear, a tabela 3 apresenta alguns modelos de equação, utilizando as variáveis: Estágio (E), Frequência cardíaca (FC), Massa corporal (P) e Estatura (A). Todos os modelos apresentaram um erro padrão de estimativa (EPE) baixo, onde ele mede a variabilidade em torno da linha ajustada de regressão, observamos também que para todos os modelos o coeficiente de determinação (R^2) é alto, uma vez que este cálculo mede a associação das duas variáveis, ou seja, houve uma variação de 0,985 a 0,949 (98,5% a 94,9%). Calculou-se também a estatística F, que é aplicada para testar o efeito conjugado das variáveis independentes sobre a dependente, desta maneira encontramos para todos os modelos um excelente nível de significância ($p < 0,05$).

Tabela 3: Modelos de equação de regressão linear simples e múltipla para a variável dependente $Y = VO_2$, Erro padrão da estimativa (EPE), Estatística F da ANOVA (Est. F), Valor-P de F, Coeficiente de determinação (R^2) e Coeficiente de determinação R^2 ajustado (R^2 adj.).

Modelo	Equação	EPE	F		R^2	
			Est. F	Valor-p	R^2	R^2 adj.
E Equação1	$Y = 0,235E$	0,330	372,39	0,000	0,951	0,949
FC Equação2*	$Y = 0,015FC$	0,135	934,69	0,000	0,980	0,979
E + FC Equação3*	$Y = 0,069E + 0,011FC$	0,104	612,51	0,000	0,986	0,984
E + FC + P Equação4	$Y = 0,6E + 0,006FC + 0,011P$	0,099	430,95	0,000	0,987	0,985
E + FC + P + A Equação5	$Y = 0,069E + 0,012FC + 0,016P - 0,008A$	0,097	328,08	0,000	0,988	0,985

Y – $VO_{2máx}$ / E – Estágios / FC – Frequência cardíaca / P – Massa Corporal / A – Estatura.

Diante do exposto podemos perceber que todas as cinco equações são aceitáveis diante dos principais critérios de aceitação de uma equação de regressão, como podemos ver na tabela anterior valores altos de R^2 e baixo EPE (Sell, 2005).

O método Stepwise indicou duas equações utilizando as variáveis Frequência Cardíaca e Estágio: Equação 2 - $VO_{2máx\ absoluto} = 0,015 \times FC$ ($R^2_{ajust} = 0,949$ e o EPE = 0,135) para a Equação 3 - $VO_{2máx\ absoluto} = 0,069 \times E + 0,011 \times FC$ ($R^2_{ajust} = 0,984$ e o EPE = 0,104).

No entanto como a intenção do estudo foi de uma criação de um teste prático se não for possível medir a frequência cardíaca ao final do teste pode-se utilizar, embora com um pouco de menos precisão, o modelo com somente o Estágio como variável independente.

Para uma melhor visualização de como as duas equações se aproximaram dos valores medidos elaboramos os gráficos abaixo exibindo os comportamentos dos resultados obtidos através das equações 2 e 3 com os valores medidos em piscina: Gráfico 2 variável frequência cardíaca (FC) e Gráfico 3 com as variáveis E + FC.

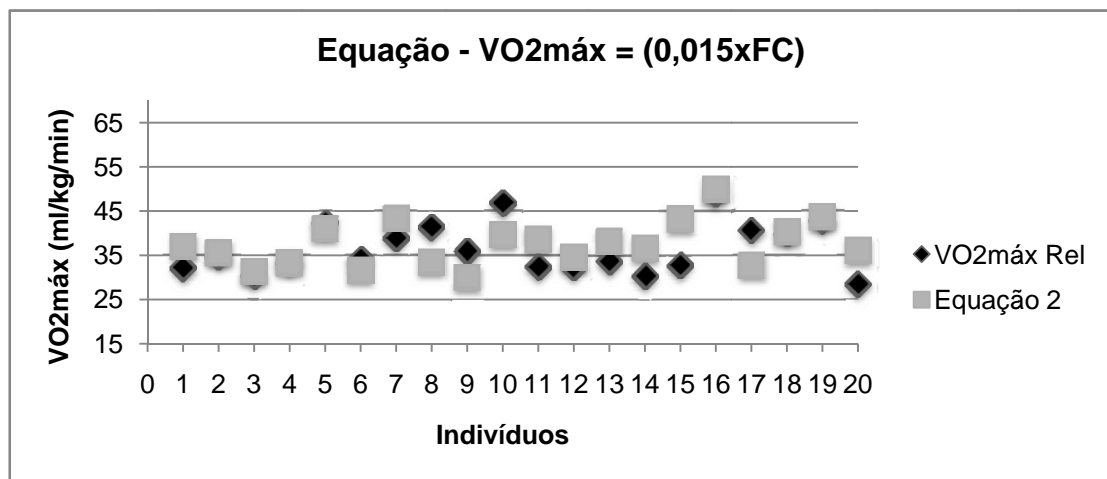


Gráfico 2 – Comportamento da equação utilizando a variável frequência cardíaca versus a medida direta do $VO_{2máx}$.

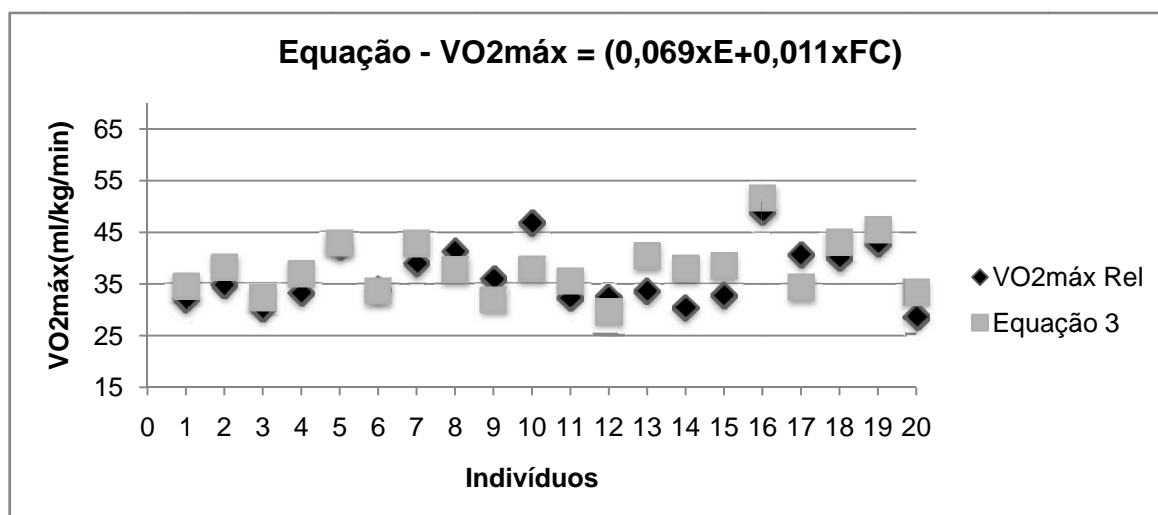


Gráfico 3 – Comportamento da equação utilizando as variáveis estágio e frequência cardíaca versus a medida direta do $VO_{2m\acute{a}x}$.

Realizamos a comparação da classificação do $VO_{2m\acute{a}x}$ medido entre os meios de avaliação Piscina com FatC e Esteira para os cinco modelos de equação, onde podemos afirmar que não há diferenças estatísticas na classificação obtida com os valores medidos e calculados pelos modelos de regressão uma vez que o teste *t-Student* não detectou esta diferença ao nível de significância de 5%.

6.2 Testes Indiretos (Momento 3)

Ao analisarmos a reprodutibilidade do protocolo verificou-se que quando examinadas as medidas durante os estágios do teste, os quais representam na presente proposta um incremento de carga (intensidade), os valores de FC foram gradativamente aumentando (tabela 4).

Na mesma tabela destaca-se que o número de sujeitos (n) foi inversamente proporcional à intensidade, considerando-se que apenas de 8 sujeitos para a primeira coleta e 9 para a segunda, completaram o estágio final do teste.

Tabela 4 - Medidas descritivas para as variáveis de frequência cardíaca, Teste de Wilcoxon (Valor-p), Correlação de Pearson (r) e Coeficiente de correlação intra-classe para os avaliadores 1 e 2 nos estágios E1 a E12.

Estágio	N		Avaliador 1	Avaliador 2	Valor-p	r	CCI (IC _{95%})
	A	B	Média±DP	Média±DP			
E1	20	20	132,30±13,66	133,25±20,55	0,872	0,727	0,803 (0,502 ; 0,922)
E2	20	20	139,65±16,03	138,35±20,88	0,532	0,771	0,854 (0,631 ; 0,942)
E3	20	20	146,20±17,40	143,90±19,55	0,076	0,849	0,915 (0,786 ; 0,966)
E4	20	19	151,15±15,66	147,11±20,66	0,088	0,806	0,869 (0,659 ; 0,949)
E5	20	19	158,65±16,31	153,26±18,87	0,07	0,769	0,863 (0,644 ; 0,947)
E6	19	19	162,63±15,02	158,58±19,36	0,099	0,851	0,903 (0,750 ; 0,963)
E7	17	18	166,76±15,50	162,78±17,08	0,097	0,837	0,907 (0,744 ; 0,966)
E8	14	17	169,21±14,97	165,24±15,51	0,026*	0,888	0,939 (0,810 ; 0,980)
E9	12	17	170,92±14,69	168,88±15,13	0,065	0,893	0,939 (0,788 ; 0,982)
E10	10	15	175,00±15,46	172,73±14,38	0,065	0,872	0,930 (0,716 ; 0,982)
E11	8	12	177,25±12,94	176,58±14,90	0,396	0,812	0,876 (0,382 ; 0,975)
E12	8	9	180,75±11,91	177,00±15,67	0,205	0,899	0,919 (0,584 ; 0,984)

A tabela 5 apresenta a comparação do $VO_{2\text{máx}}$ estimado entre os avaliadores 1 e 2 para a equação 2. Podemos perceber que os valores foram semelhantes, ou seja, não apresentaram diferenças significativas. A correlação de Pearson variou entre 0,724 a 0,897 o que significa dizer que apresentou uma correlação positiva de moderada a forte.

Tabela 5 - Medidas descritivas para as variáveis de consumo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) estimado pela equação 2, Teste de Wilcoxon (Valor-p), Correlação de Pearson (r) e Coeficiente de correlação intra-classe para os avaliadores 1 e 2 para os estágios E1 a E12.

Estágio	N		Avaliador 1	Avaliador 2	Valor-p	r	CCI (IC _{95%})
	A	B	Média±DP	Média±DP			
E1	20	20	1,99±0,20	2,00±0,31	0,888	0,724	0,800 (0,495 ;0,921)
E2	20	20	2,10±0,24	2,09±0,31	0,559	0,768	0,852 (0,6250,941)
E3	20	20	2,20±0,26	2,16±0,29	0,079	0,851	0,917 (0,789;0,967)
E4	20	19	2,27±0,23	2,21±0,31	0,093	0,805	0,868(0,658;0,949)
E5	20	19	2,38±0,24	2,30±0,28	0,070	0,769	0,862(0,642;0,947)
E6	19	19	2,44±0,22	2,38±0,29	0,099	0,850	0,903(0,748;0,963)
E7	17	18	2,50±0,23	2,44±2,27	0,097	0,839	0,909(0,747;0,967)
E8	14	17	2,54±0,22	2,46±0,24	0,026	0,887	0,939(0,809;0,980)
E9	12	17	2,56±0,22	2,49±0,25	0,026	0,893	0,939(0,788;0,982)
E10	10	15	2,62±0,23	2,55±0,25	0,065	0,872	0,930(0,718;0,983)
E11	8	12	2,66±0,19	2,59±0,26	0,065	0,805	0,872(0,362;0,974)
E12	8	9	2,71±0,18	2,66±0,24	0,233	0,897	0,918(0,590;0,984)

Conforme exibido na tabela 6 a comparação do $VO_{2m\acute{a}x}$ estimado entre os avaliadores 1 e 2 para a equação 3 são iguais estatisticamente, sendo que os valores se aproximam ao passo que a intensidade aumenta, neste caso a correlação variou entre 0,359 a 0,902 (positiva fraca a forte).

Tabela 6 - Medidas descritivas para as variáveis de consumo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) estimado pela equação 3, Teste de Wilcoxon (Valor-p), Correlação de Pearson (r) e Coeficiente de correlação intra-classe para os avaliadores 1 e 2 para os estágios E1 a E12.

Estágio	T1	T2	Avaliador 1	Avaliador 2	Valor-p	r	CCI (IC95%)
			Média±DP	Média±DP			
E1	20	20	2,10±0,14	2,17±0,17	0,121	0,359	0,521(0,000;0,810)
E2	20	20	2,19±0,16	2,23±0,18	0,296	0,461	0,629(0,063;0,853)
E3	20	20	2,25±0,14	2,29±0,18	0,468	0,678	0,801(0,496;0,921)
E4	20	19	2,31±0,13	2,35±0,20	0,408	0,685	0,776(0,419;0,914)
E5	20	19	2,39±0,13	2,42±0,18	0,546	0,723	0,814(0,516;0,928)
E6	19	19	2,45±0,13	2,47±0,19	0,387	0,763	0,834(0,570;0,936)
E7	17	18	2,52±0,12	2,55±0,16	0,393	0,717	0,821(0,506;0,935)
E8	14	17	2,60±0,15	2,59±0,17	0,826	0,747	0,851(0,536;0,952)
E9	12	17	2,65±0,16	2,62±0,17	0,307	0,741	0,850(0,479;0,957)
E10	10	15	2,72±0,15	2,77±0,18	0,113	0,869	0,922(0,688;0,981)
E11	8	12	2,77±0,14	2,73±0,18	0,327	0,805	0,873(0,364;0,975)
E12	8	9	2,81±0,13	2,77±0,18	0,205	0,902	0,919(0,597;0,984)

T1: Teste com avaliador 1/ T2: Teste com avaliador 2

A tabela 7 apresenta a comparação dos valores finais do consumo máximo de oxigênio estimado nas equações 2 e 3, podemos perceber que a correlação de *Pearson* encontrada foi classificada como positiva, assim como o CCI apresentou valores aceitáveis para a reprodutibilidade.

Tabela 7 - Medidas descritivas para as variáveis de consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) estimado pelas equações 2 e 3, Teste de Wilcoxon (Valor-p), Correlação de Pearson (r) e Coeficiente de correlação intra-classe para os avaliadores 1 e 2.

Equação	Avaliador 1	Avaliador 2	Valor-p	r	CCI (IC95%)
	Média±DP	Média±DP			
Equação 2	2,70±0,13	2,68±0,17	0,537	0,777	0,859(0,643;0,944)
Equação 3	2,62±0,21	2,67±0,20	0,212	0,747	0,855(0,635;0,943)

Conforme ilustrado pelo gráfico 4 , que apresenta as médias da FC durante o teste para os avaliadores 1 e 2, há similaridade nas observações.

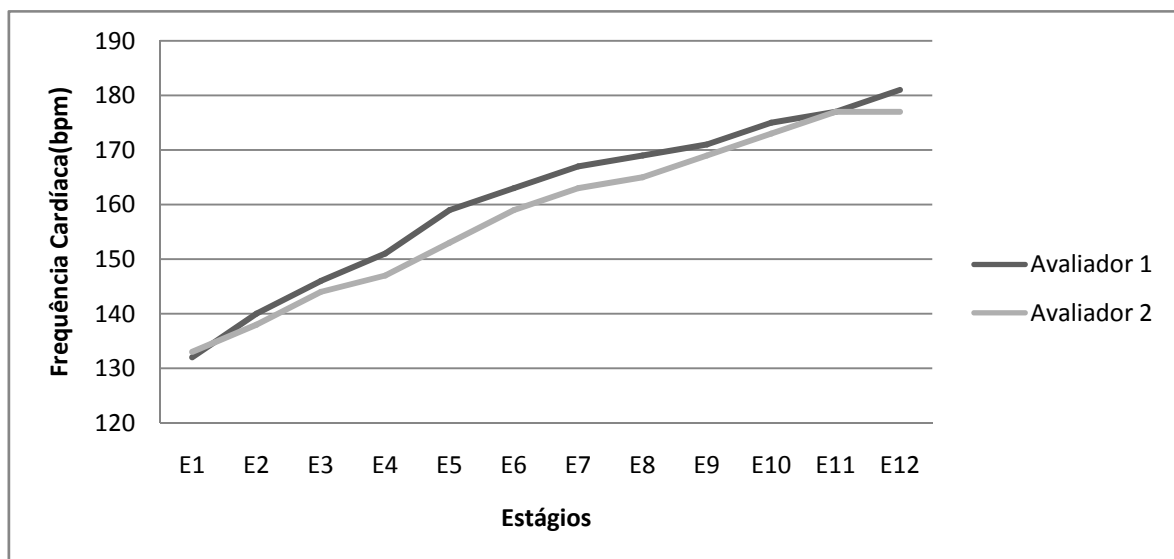


Gráfico 4 - Médias da frequência cardíaca (FC) por estágios para os avaliadores 1 e 2.

Através do gráfico abaixo (5) percebe-se a similaridade dos valores do $VO_{2máx}$ calculado a partir da equação 2 entre os dois avaliadores.

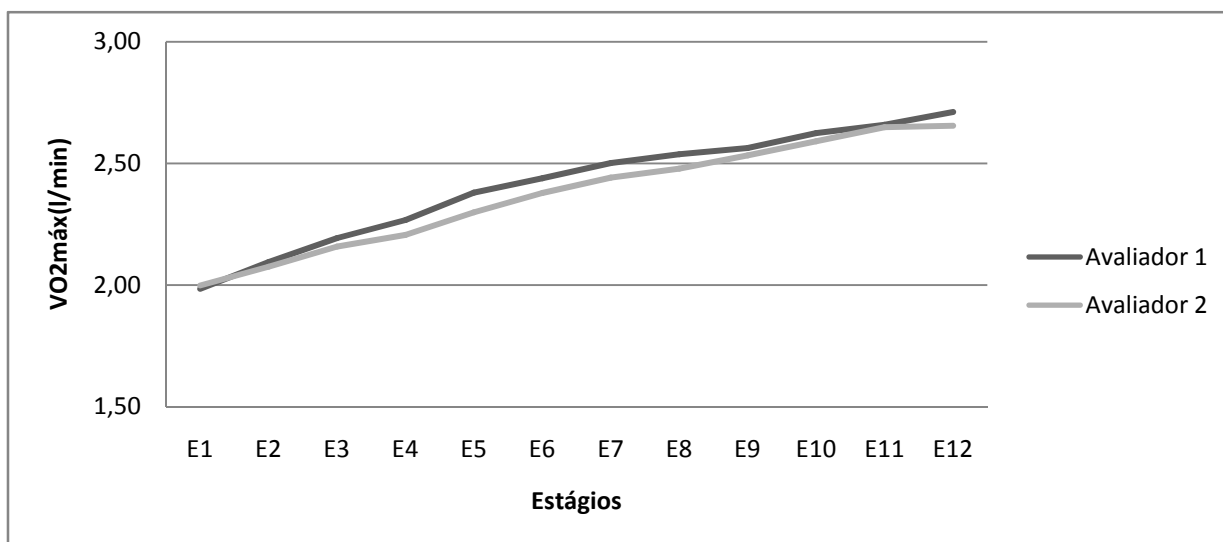


Gráfico 5: Médias de $VO_{2máx}$ por estágios para o avaliadores 1 e 2 com a equação 2

O comportamento do $VO_{2máx}$ para a equação 3 pode ser observado a partir do gráfico 6 que há uma certa similaridade nos resultados calculados. Podemos

visualizar também que neste gráfico há certo distanciamento no início dos estágios entre os avaliadores.

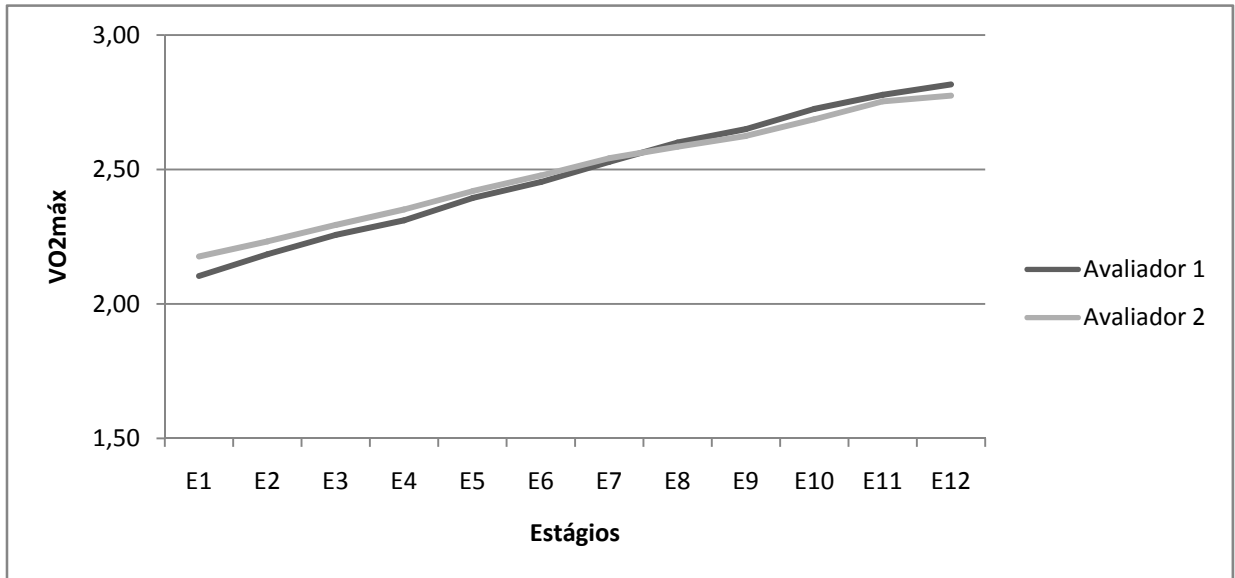


Gráfico 6: Médias de $VO_{2máx}$ por estágios para o avaliadores 1 e 2 com a equação 3

7 DISCUSSÃO

7.1 Testes com medida direta do consumo máximo de oxigênio (Momentos 1 e 2)

Os resultados encontrados neste estudo evidenciam um comportamento das variáveis: $VO_{2máx}$ e $FC_{máx}$ significativamente menores para o teste realizado na piscina quando comparado com o teste em esteira, estes efeitos também foram encontrados em estudos que utilizaram diferentes intensidades e tipos de protocolos aquáticos (Frangolias e Rhodes, 1995; Mercer e Jenser, 1998; Nakanishi *et al.*, 1999b e Phillips *et al.*, 2008).

Utilizando o protocolo semelhante ao deste estudo (colete preso a borda), Frongolias e Rhodes (1995), encontraram redução de 15 bpm para o exercício na água, esta alteração foi atribuída ao aumento do volume sanguíneo central causado pela pressão hidrostática. Butts *et al.* (1991b) compararam respostas fisiológicas entre a CPF e a corrida em terra, os participantes também foram presos a borda, e para o incremento da intensidade utilizou-se o aumento da frequência de passadas, como resultado encontraram valores menores no exercício em imersão, 17 bpm menor durante CPF, além disso, o $VO_{2máx}$ encontrado no meio líquido também foi menor (15%) esta alteração foi justificada pela redução do trabalho muscular devido à flutuabilidade do corpo.

Concordando com a ideia do aumento da flutuabilidade interferindo no trabalho metabólico durante a CPF, o estudo de Town e Bradley (1991), comparou os valores de $VO_{2máx}$ e $FC_{máx}$ durante a corrida progressiva na esteira, CPR e a CPF, deste modo as respostas durante a corrida em esteira (65 ml/kg/min e 180bpm) foram semelhantes ao da corrida em piscina rasa (60 ml/kg/min e 162bpm) e a CPF apresentou valores menores (47 ml/kg/min e 158bpm).

E com base em nossos achado foi preciso criar um fator de correção para que a capacidade cardiorrespiratória no meio líquido seja classificada através de tabelas existentes no meio terrestre. Uma vez que ao classificarmos o valor obtido do $VO_{2máx}$ em piscina a partir da tabela de classificação da *American Heart Association* (1972), percebemos que os resultados foram muito baixos, o que não era condizente com a condição física do indivíduo e sua classificação da esteira, desta maneira é preciso que haja a aplicação do fator de correção, possibilitando a correção das

interferências do meio líquido. Alguns testes indiretos apresentam o fator de correção, como por exemplo, o teste de ÅSTRAND (Cicloergômetro, Submáximo), possui o fator para cada idade.

Este fator é necessário, pois o $VO_{2máx}$ no meio líquido, na maioria dos estudos, é inferior ao da esteira (Dowzer et al,1999; Tiggemann et al,2007). Portanto após o produto do FatC com o $VO_{2máx}$ calculado podemos classificar a capacidade cardiorrespiratória do avaliado de acordo com as tabelas de classificação padronizadas existentes para a avaliação em meio terrestre.

Em termos práticos, para melhor compreensão: Um $VO_{2máx}$ medido igual a 2,51 l/min, se fossemos classificar por este valor resultaria em uma classificação regular, desta maneira sabemos que este indivíduo atingiu um $VO_{2máx}$ na esteira de 3,79 l/min (classificação excelente). Portanto o fator de correção será multiplicado pelo $VO_{2máx}$ ($1,491 \times VO_{2máx}$) assim o valor final é de 3,74 na classificação excelente.

Com relação à estimativa do $VO_{2máx}$ criamos alguns modelos de equação para o teste indireto. Entretanto, para a escolha da equação com melhor ajuste recorreremos ao método *Backwards stepwise*, este método é baseado em um algoritmo estatístico que avalia a importância de cada variável independente na equação (Pacagnella Júnior et al, 2009), desta maneira foram indicadas duas alternativas de modelos: o primeiro com a FC e o segundo com a FC + E. Os modelos de regressão linear que além das variáveis preditoras E e FC acrescentam as variáveis A e P não contribuem significativamente para um modelo melhor, a pouca importância destas variáveis se dá pelo fato da pouca contribuição com o aumento do R^2 (apenas 2%).

E para estes resultados conforme Lohman (1992) citado por Florindo et al (2004) afirmam que para uma técnica preditiva ser válida na comparação com uma técnica padrão-ouro, o coeficiente de correlação deve ser superior a 0,80.

Kaminsky *et.al.* (1993) analisou a validade do teste de corrida em piscina rasa em três equações, uma apenas com a variável tempo ($R^2_{ajust} = 0,62$ e o EPE = 5,14), outra com o tempo e o percentual de gordura ($R^2_{ajust} = 0,82$ e o EPE = 3,59) e por fim com tempo, percentual de gordura e estatura ($R^2_{ajust} = 0,86$ e o EPE = 3,19), e concluiu que qualquer uma das equações pode ser utilizada.

Carvalho (2008) criou uma equação de predição indireta do $VO_{2máx}$ para o teste no cicloergômetro aquático, o seu modelo apresentou um $r^2 = 0,863$ em que as variáveis $VO_{2máx}$ e rotações por minuto (RPM) foram utilizadas. Os nossos estudos também encontraram valores semelhantes aos de Almeida, Ricardo e Araújo (2004) quando validaram o Teste de Exercícios de 4 segundos em Posição Ortostática, as correlações encontradas entre os protocolos foram de 0,84; 0,85 e 0,93.

Pela ausência de estudos na água abordando teste reteste recorreremos à área do treinamento para discutirmos os nossos resultados, o que podemos ver nos estudos de Denadai *et al* que, ao verificar a validade e a reprodutibilidade da resposta do lactato sanguíneo durante o teste Shuttle Run em jogadores de futebol, não encontraram correlação significativa ($r = 0,62$) entre o Limiar de Lactato e o *Individual anaerobic threshold*. Enquanto que para Limiar de Lactato no teste de 1200m e no teste de Shuttle Run a correlação significativa foi de $r = 0,80$.

7.2 Testes Indiretos (Momento 3)

Para os testes indiretos pode-se verificar que as variáveis FC obtida e $VO_{2máx}$ calculado nas duas equações aumentaram linearmente em relação ao incremento das cadências durante o exercício de corrida em piscina funda e estas respostas foram reprodutíveis entre avaliadores distintos. Esse fato pode ser verificado pelos altos valores de correlação encontrados e, em média, houve similaridade estatística entre as medições dos avaliadores. Isto significa que independente do avaliador, os escores no protocolo empregado são consistentes de um avaliador para o outro (Morrow *et al*, 2006).

Nossos resultados foram semelhantes aos de Ikuo, Tomo e Shigeru (1999) porque verificaram que a FC foi proporcional e de maneira linear para as respostas cardiorrespiratórias durante corrida em piscina funda no protocolo de incremento da intensidade.

Deste modo, Graef *et al* (2005) afirma que para a mensuração da intensidade do exercício, a frequência cardíaca é a variável mais utilizada devido à facilidade na aplicação e por suas relações com a intensidade de exercício, portanto na equação desenvolvida

Ao desenvolver um teste de corrida em piscina, Brown *et al* (1997), verificou que existe uma relação linear entre VO_2 , FC e cadência, e esta relação também foi observada por Wilder, Brennan, e Schotte, (1993) onde analisaram a relação entre as cadências e a FC durante a corrida em piscina funda, encontrando assim uma correlação de 0,73, apresentando um comportamento linear a cada incremento, e para correlação intra-individual um $r=0,98$ desta maneira justificando os nossos achados

O aumento do número de indivíduos que ultrapassaram os estágios da primeira execução do protocolo, traduzido por melhoras entre tentativas repetidas, são reportadas na literatura no que se refere a um desempenho significativamente melhor em sua segunda tentativa devido à adaptação sofrida pelo indivíduo (Coelho *et al*, 2007).

À luz da literatura específica, poucas investigações avaliaram a reprodutibilidade interavaliador ou teste-reteste dos protocolos de DWR. Mercer e Jensen (1997) analisaram a reprodutibilidade e validade de um protocolo de corrida em piscina funda em uma amostra de homens e mulheres adultos, encontrando similaridade para as respostas do VO_{2pico} e FC entre sucessivos testes de corrida em piscina funda ($p>.05$), além de boas correlações (0.74 - 0.94). Estudos comparativos da corrida em meio aquático *versus* terrestre são comuns (Killgore *et al*,2006; Phillips, Legge e Jones, 2008), entretanto a riqueza de detalhes apresentadas por estágio em nosso estudo é peculiar.

7.3 Limitações do estudo

Verificou-se que este protocolo possui limitações no tocante à dificuldade de visualização da execução do gesto motor devido à refração da água. Adicionalmente, o colete flutuador utilizado não apresenta uma individualização, o que pode permitir uma maior proporção entre a massa corporal e a massa do colete. Outro fator limitante foi em relação aos horários dos testes diretos, pois realizamos pela manhã os testes de esteira e no final da tarde, os da piscina, uma vez que a área aquática da Escola Superior de Educação Física não possui cobertura, sendo preciso realizá-los com uma temperatura ambiente mais amena.

8 CONCLUSÕES

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

- ✓ As equações desenvolvidas permitem o cálculo do $VO_{2\text{máx}}$ com segurança e facilidade.
- ✓ O fator de correção possibilita a classificação da capacidade cardiorrespiratória do indivíduo no meio líquido a partir do protocolo proposto utilizando as tabelas de classificação existentes na literatura para o meio terrestre.
- ✓ A metodologia é prática e eficaz, podendo ser aplicada por qualquer profissional da área. Necessitando apenas do arquivo *MPEG Audio Layer 3* (MP3) com todas as cadências e um manual de aplicação do protocolo incluindo a equação de sua escolha.
- ✓ O protocolo se mostrou reprodutivo, objetivo e adequado para cálculo do consumo máximo de oxigênio no meio aquático durante corrida em piscina funda.
- ✓ Os profissionais que trabalham com atividades aquáticas em posição vertical terão como avaliar, prescrever e acompanhar os resultados dos indivíduos dentro dos princípios da especificidade e da individualidade biológica, e sem aquisição de equipamentos sofisticados.

REFERÊNCIAS

ABOARRAJE, A.M.J.; **Treinamento de força na água: uma estratégia de observação e abordagem pedagógica.** São Paulo: Phorte, 2008, 216p.

_____ **Hidroesporte: treinamento complementar.** Londrina: Midiograf, 1997, 157p.

AFONSO, L. dos S.; SANTOS, J.F.B. dos; LOPES, J.R; TAMBELLI, R.; SANTOS, E.H.R.; BACK, F.A.; MENNA-BARRETO, L.; LIMA, J.R.P. Frequência cardíaca máxima em esteira ergométrica em diferentes horários. **Revista Brasileira Medicina Esporte**, vol. 12, n.6, p.318-22, 2006.

AKALAN, C.; KRAVITZ, L.; ROBERGS, R.R. $VO_{2m\acute{a}x}$: Essentials of the most widely used test in exercise physiology. **Health and Fitness Journal**. 8(3):5-9, 2004.

ALBERTI, L.R.; CALDEIRA, D.A.M.; ROCHA, R.F.; PETROIANU, A. Influência do ritmo circadiano na resistência física de ratos. **Anais da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pernambuco**. 50 (1):27-32, 2005.

ALBERTON, C. L; KRUEL, L. F. M. Influência da imersão nas respostas cardiorrespiratórias em repouso. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 15(3): 228-232, 2009.

ALMEIDA M. B., RICARDO, D. R., ARAÚJO C. G.; Fidedignidade intra e interdias do teste de exercício de quatro segundos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 9(5), 2003.

AVELLINI, B. A.; SHAPIRO, Y.; PANDOLF, K. B. Cardio-respiratory physical training in water and on land. **European Journal of Applied Physiology**. 50: 255 – 263, 1983.

BARELA, A. M. F.; Stolf, S. F.; Duarte, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. **Journal of Electromyography and Kinesiology**.16:250-6, 2006.

BATES, A.; HANSON N. **Exercícios Aquáticos Terapêuticos**. São Paulo: Manole, 1998, 320p.

BONACHELA, V. **Hidro localizada**. Rio de Janeiro: Sprint, 2001, 166p

_____ **Manual básico de hidrogenástica**. Rio de Janeiro: Sprint, 1994,93p.

BRINKS, J., FRANKLIN, B.A., SPRING T. Water exercise in patients with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescriptive guidelines. **American Journal of Lifestyle Medicine**. 3(4): 290-299, 2009.

BROWN, S.P.; CHITWOOD L.F.; ALVAREZ J.G.; BEASON K.R.; MCLEMORE D.R. Predicting oxygen consumption during deep water running: gender differences. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 11(3): 188-193, 1997.

CAMPOS, Í. S. L.; POPOV, S. N. **Exercício físico em terra e água; uma proposta de prevenção e reabilitação**. Belém: Editora Supercores,1998,151p.

CAPUTO, F.; OLIVEIRA, M.F.M.; DENADAI, B.S.; GRECO, C.C. Fatores intrínsecos do custo energético da locomoção durante a natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 12(6):399-404, 2006.

CARVALHO, R. G. S. **Análise da atividade muscular e consumo de oxigênio no ciclismo dentro e fora da água**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

COELHO, C. C.; AQUINO, E. S.; ALMEIDA, D. C.; OLIVEIRA, G. C.; PINTO, R. C.; REZENDE, I. M. O.; PASSOS, C. Análise comparativa e reprodutibilidade do teste de caminhada com carga progressiva (modificado) em crianças normais e em portadoras de fibrose cística. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, 33(2): 168 – 174, 2007.

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. **Jornal of applied physiology**. V. 69, N. 2, P. 657-664, 1990.

CUNHA, H. S. Biomarcadores salivares e suas alterações durante testes físicos máximos resistidos e teste máximo aeróbio. **Revista Horizonte Científico**. V.1, N 8, 2008.

DALE, B. R. Deep water running for injured runners. **Human Kinetics**. 8-10, 2007.

DAVIS, J.A.; STORER, T.W.; CAIOZZO, V.J.; PHAM, P.H. Lower reference limit for maximal oxygen uptake in men and women. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. 22: 332- 8,2002.

DEMAERE, J.M.; RUBY, B.C. Effects of deep water and treadmill running on oxygen uptake and energy expenditure in seasonally trained cross country runners. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**.37(3): 175-81, 1997.

DENADAI, B.S., HIGINO, W.P., FARIA et al; Validade e reprodutibilidade da resposta do lactato sanguíneo durante o teste *shuttle run* em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 10 (2): 71-78, 2002.

DENADAI, B.S.; ROSAS, R.; DENADAI, M.L.D. Limiar Aeróbio e Anaeróbio na corrida aquática: Comparação com os valores obtidos na corrida em pista. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. 2(1): 23-28, 1997.

DENISON, D. M.; WAGNER, P. D.; KINGABY, G. L.; WEST, J. B. Cardiorespiratory responses to exercise in air and underwater. **Jornal of applied physiology**. 33(4): 426-430, 1972.

DI MASI, F. **Hidro: propriedades físicas e aspectos fisiológicos**. Rio de Janeiro: Sprint, 2000, 97p.

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

DOWZER, C.N.; REILLY, T.; CABLE, N.T.; NEVILL, A. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. **Ergonomics**. 42(2): 275-81, 1999.

FLORINDO A. A., LATORRE M. R. D. O., SANTOS E. C. M., BORELLI A. et al; Validação de métodos de estimativa da gordura corporal em portadores do HIV/Aids. **Revista Saúde Pública**. 38(5):643-9, 2004.

FONTOURA A. S., FORMENTIN C. M., ABECH E. A. **Guia prático de Avaliação Física: Uma abordagem didática, abrangente e atualizada**. São Paulo: Phorte.2008, 271p.

GLEIM, G. W.; NICHOLAS, J. A. Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. **American Journal of Sports Medicine**. 17(2): 248-252, 1989.

GRAEF, F.; TARTARUGA, L.; ALBERTON, C.; KRUEL, L.F.M. Frequência cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. 5(3):266-273, 2005.

GREEN, J. H.; CABLE, N. T.; ELMS, N. Heart rate and oxygen consumption during walking on land and in deep water. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 49-52, 1990.

HAMER, P.; SLOCOMBE, B. The psychophysical and heart rate relationship between treadmill and deep-water running. **Australian Journal of Physiotherapy**. 43(4):265-271, 1997.

IKUO, T.; TOMO, O.; SHIGERU, O. The physiological responses and RPE to different water flow and belt velocities during "flowmill" walking in water. **Journal of Health Science**. 3:61-667, 1999.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE ADVANCEMENT OF KINANTROPOMETRY (ISAK). **International Standards for Anthropometric Assessment**, Austrália, 2000.

KAMINSKY, L.A.; WEHRLI, K.W.; MAHON, A.D.; ROBBINS, G.C.; POWERS D.L.; WHALEY, M.H. Evaluation of a shallow water running test for the estimation of peak aerobic power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 25(11):1287-92, 1993.

KILDING, A.E.; SCOTT, M.A.; MULLINEAUX, D.R. A kinematic comparison of deep water running and overground running in endurance runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 21(2): 476-80, 2007.

KILLGORE, G.L.; WILCOX, A.R.; CASTER, B.L.; WOOD, T.M. A lower-extremities kinematic comparison of deep-water running styles and treadmill running. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 20 (4):919-27, 2006.

KRUEL, L. F. K. **Peso Hidrostático e Frequência Cardíaca em Pessoas Submetidas a Diferentes Profundidades de Água**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 1994.

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 e Saúde**. 11:25-31, 2006.

LINDLE, M. J.; WASSERMAN, F. J.; SEE, L. J. **Manual do profissional de fitness aquático**. Rio de Janeiro: Shape, 2001, 450p.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6ªed. São Paulo: Atlas, 2008, 315p.

MARQUES, M.; PEREIRA, N. **Hidroginástica: exercícios comentados: cinesiologia aplicada à hidroginástica**. Rio de Janeiro: Ney Pereira, 1999, 143 p.

MCGHEE, D.E.; POWER, B.M.; STEELE, J.R. Buoyancy and breast bounce: Does deep water running reduce exercise-induced breast discomfort? **British Journal of Sports Medicine**. 41(12):879-83, 2007.

MERCER, J.A.; JENSEN, R.L. Reliability and validity of a deep water running graded exercise test. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**. 1(4):213-222, 1997.

MICHAUD, T.J.; BRENNAN, D.K.; WILDER, R.P.; SHERMAN, N.S. Aquarunning and gains in cardiorespiratory fitness. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 9:78-84,1995.

MORROW, J. R.; JACKSON, A. W.; DISCH, J. G.; MOOD, DALE P. **Medida e avaliação do desempenho humano**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

MYERS, J.; BUCHANAN, B.S.N.; SMITH, D.; NEUTEL, J.; BOWES, E.; WALSH, D. Individualized ramp treadmill: observation on a new protocol. **Chest**. 101: 2363-41, 1992.

NIKOLAI, A.L.; NOVOTNY, B.A.; BOHNEN, C. L.; SCHIEIS, K. M.; DAILECK, L. C. Cardiovascular and metabolic responses to water aerobics exercise in middle-aged and older adults. **Journal of Physical Activity and Health**. 6: 333-338, 2009.

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. **Motriz**. 12: 271-276, 2006.

PHILLIPS, V.K.; LEGGE, M.; JONES, L.M. Maximal physiological responses between aquatic and land exercise in overweight women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 40 (5): 959-64, 2008.

POMPEU, F. Exercícios com banco: Dos testes empíricos ao Step Training. **Sprint**. Rio de Janeiro, 1990.

REILLY, T.; DOWZER, C.N.; CABLE, N.T. The physiology of deep-water running. **Journal of Sports Sciences**. 21(12): 959 – 72, 2003.

RISCH, W. D.; KOUBENEC, H. J.; BECKMANN, U.; LANGE, S.; GAUER, O. H. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. **Pflügers Achieve**. 374(2), 1978.

RITCHIE, S. E.; HOPKINS, W. G. The intensity of exercise in deep-water running. **International Journal of Sports Medicine**. 12(1): 27-29, 1991.

ROBERGS, R.; ROBERTS, S. **Fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde**. São Paulo: Editora Phorte, 2002.

ROCHA, J. C. C. **Hidroginástica: Teoria e Prática**, 2ª edição, Rio de Janeiro: Sprint, 1994.

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

SACCHELLI, T.; ACCACIO, L. M. P.; RADL, A. L. M. **Manuais de Fisioterapia: Fisioterapia Aquática**. São Paulo: Manole, 2007, 368p.

SELL, I. Utilização da regressão linear como ferramenta de decisão na gestão de custos. **IX Congresso Internacional de Custos**, 2005, Florianópolis.

SHERMAN, N.W.; MICHAUD, T.J. VO_{2max} estimation in healthy adults using submaximal deep-water running. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 11(2):73-76, 1997.

SHONO, T.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; UEDA, T.; OTOKI, K. Physiological responses to water-walking in middle aged women. **Applied Human Science**. 2:119-23, 2000.

SILVA, M.H.A.; MARANHÃO NETO, G.A. Proposta de teste de corrida em piscina rasa para mulheres praticantes de hidroginástica: fidedignidade e classificação da distancia percorrida. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 12(4):286-290, 2006.

SKINER, A. T.; THOMSON, A. M. **Duffield: Exercícios na água**. Ed Manole. 3ª ed. São Paulo. 1985.

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

SVEDENHAG, J.; SEGEN, J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 24(10):1155-1160, 1992.

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

TIGGEMANN, C.L.; ALBERTON, C.L.; POSSER, M.S.; BRIDI, J.; KRUEL, L.F.M. Comparação de variáveis cardiorrespiratórias máximas entre a corrida em piscina funda e a corrida em esteira. **Motriz**. 13:266-272, 2007.

TOWN, G.P.; BRADLEY, S.S. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 23: 238-241, 1991.

WILDER, R. D.; BRENNAN, D. K.; SCHOTTE, D. E. A standard measure for exercise prescription for aqua running. **American Journal of Sports Medicine**. 21:45-48, 1993.

APÊNDICE

I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a):

Esta pesquisa é sobre o “**Teste Indireto para a determinação do consumo máximo de oxigênio em corrida em piscina funda**” e está sendo desenvolvida por Lana Rafaella de Santiago Silva, aluna do Curso Mestrado em Educação Física da Universidade Federal da Paraíba/Universidade de Pernambuco, sob a orientação do Prof. Dr. Manoel da Cunha Costa.

Os objetivos do estudo são:

- Estabelecer protocolo para avaliação cardiorrespiratória em meio líquido
- Verificar a reprodutibilidade da metodologia proposta
- Estabelecer a equação de regressão

A finalidade deste trabalho é desenvolver um teste indireto para avaliação do consumo máximo de oxigênio em piscina funda, e assim facilitar a avaliação cardiorrespiratória em praticantes de atividades aquáticas em posição vertical.

Solicitamos a sua colaboração para realizar quatro testes de corrida, um em esteira e três em piscina com intervalo de uma semana entre os testes, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de avaliação e desempenho humano e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Informamos que essa pesquisa oferece risco de afogamento, contudo teremos todo o suporte para evitar que isto venha a acontecer.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador (a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que vem recebendo na Instituição (*se for o caso*).

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa

ou Responsável Legal

Contato com o Pesquisador (a) Responsável:

Espaço para
impressão
dactiloscópica

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para a pesquisadora:
(83)88130248

Endereço: Rua Arnóbio Marques, N 310, Santo Amaro. CEP: 50100-130

Telefone: (81) 318333373

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura do Pesquisador Participante

APÊNDICE

II – Ficha de Individual de Coleta de Dados

FICHA INDIVIDUAL DE COLETA DE DADOS

Nome: _____ Telefone: _____

Data de Nascimento: ___/___/___ Idade: _____

Massa Corporal: _____ Estatura: _____

Endereço: _____

Plano de Saúde: _____

Data da realização do teste:

Horário:

Pressão barométrica:

Temperatura do ambiente:

Temperatura da água:

Frequência cardíaca em repouso:

VO₂ em repouso:

1º Estágio: FC: _____ / VO₂: _____

2º Estágio: FC: _____ / VO₂: _____

Último estágio alcançado: _____

FC: _____ / VO₂: _____

ANEXO

A – Parecer do Comitê de Ética

**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP**

Registro CEP/UPE: 166/08

Registro CAAE: 0151.0.097.000-08

Título: Teste de baixo custo para a determinação do consumo máximo de oxigênio em piscina

Pesquisador(a) Responsável: Iana Rafaela Santiago Silva

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco CEP/UPE, no exercício de suas atribuições legais e em consonância com as Resoluções do Conselho Nacional da Saúde, resolve considerar **"APROVADO"** o projeto referenciado no caput deste documento.

O CEP informa ao pesquisador que tem por obrigação:

- Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e/ou do TCLE. Nestas circunstâncias, a inclusão de pacientes deve ser temporariamente suspensa até a resposta do Comitê, após análise das mudanças propostas;
- Comunicar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do estudo;
- Apresentar relatório parcial e o final até 60 dias após o término da pesquisa.

O CEP/UPE agradece a oportunidade de poder contribuir na apreciação do referido projeto e encontra-se à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Certo de oportunamente poder contar com nova apreciação, reitero votos de sucesso.

Recife, 13 de novembro de 2008


Prof.ª Dra. Rosa Fireman Dutra
Coordenadora do Comitê de Ética da UPE

ANEXO

B – Matéria para imprensa

Profissionais de Educação Física passam a ter ferramenta para avaliação do consumo máximo de oxigênio na água

Pesquisadores do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE/UFPB, desenvolvem teste para avaliação da capacidade cardiorrespiratória na água (consumo máximo de oxigênio), esse é o produto da dissertação de conclusão de mestrado da Professora Iana Rafaella de Santiago Silva orientada pelo e o Prof. Dr. Manoel da Cunha Costa.

Este estudo desenvolveu um teste de medida indireta para determinação do consumo máximo de oxigênio durante corrida em piscina funda, onde os profissionais que trabalham com atividades aquáticas terão como avaliar, prescrever e acompanhar os resultados dos indivíduos dentro dos princípios da especificidade e da individualidade biológica, e sem aquisição de equipamentos sofisticados.

A corrida em piscina funda conhecida mundialmente por Deep Water Running (DWR) consiste em uma corrida aquática que simula os movimentos da corrida em terra, porém sem impacto articular, onde o indivíduo utiliza um colete flutuador mantendo-se imerso, com a cabeça fora da água sem tocar o fundo da piscina, este tipo de exercício está se tornando, no âmbito, do esporte de alto rendimento, uma forma popular principalmente durante os períodos de recuperação de lesões.

A Corrida em piscina funda vem sendo usada também para indivíduos que possuem problemas nas articulações dos membros inferiores, com massa corporal elevada e como também para reabilitação cardíaca

A grande dificuldade nesta área é a avaliação da principal capacidade física trabalhada na piscina funda, que é a capacidade cardiorrespiratória, esta permite aos profissionais com base nos resultados dos testes, classificarem o nível da aptidão física do indivíduo, quantificar a intensidade do esforço a ser realizado, em suma prescrever um programa de treinamento de maneira mais segura.

Participaram deste estudo 40 voluntários de 18 a 25 anos, estudantes de Educação Física da Escola Superior de Educação Física da Universidade de Pernambuco (ESEF / UPE), que realizaram testes em esteira rolante e na piscina utilizando equipamentos sofisticados de análise disponíveis no Laboratório de Avaliação da Performance Humana da ESEF/ UPE.

Ao final do estudo foi desenvolvido um protocolo de avaliação de baixo custo, e fácil aplicação, onde com a utilização de um arquivo de áudio em MP3 (com uma progressão de velocidade em diferentes estágios) e o registro da frequência cardíaca, aplicada a equação desenvolvida calcula-se de forma prática e eficaz a capacidade cardiorrespiratória do aluno/atleta.

Portanto destacamos que em breve a ferramenta será disponibilizada gratuitamente via download do arquivo de áudio e das instruções de aplicação, após a publicação do artigo e o registro da patente.

Março de 2010.