

**JUAN MARCELO SIMÕES CÁCERES**

**PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE ADULTOS  
SEM TESTE DE EXERCÍCIOS FÍSICOS**

**FLORIANÓPOLIS – SC**

**2011**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E ESPORTE - CEFID**

**JUAN MARCELO SIMÕES CÁCERES**

**PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE ADULTOS  
SEM TESTE DE EXERCÍCIOS FÍSICOS**

Dissertação apresentada à banca examinadora, como requisito final para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Magnus Benetti

**FLORIANÓPOLIS – SC**

**2011**

**JUAN MARCELO SIMÕES CÁCERES**

**PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA DE ADULTOS  
SEM TESTE DE EXERCÍCIOS FÍSICOS**

Dissertação aprovada como requisito final para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

**Banca Examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Magnus Benetti  
UDESC

Membro: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Tales de Carvalho  
UDESC

Membro: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fabrizio Caputto  
UDESC

Membro: \_\_\_\_\_  
Dr. Artur Haddad Herdy  
CardioSport

Suplente: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alexandro Andrade  
UDESC

**FLORIANÓPOLIS 04 DE MARÇO DE 2011**

Dedico esta dissertação,

A minha companheira e amada esposa Ciane V. S. Cáceres que me apoiou, acreditou e incentivou meus estudos em todos os momentos e sem a qual, minha jornada teria sido muito mais difícil.

## RESUMO

A ferramenta mais precisa para avaliação da aptidão cardiorrespiratória (ACR) é o teste cardiopulmonar de esforço (TCPE). Entretanto, para sua utilização, são necessários equipamentos de custo elevado, técnicos bem treinados e tempo, restringindo sua utilização em estudos populacionais. Tendo em vista essa problemática, este estudo tem por objetivo o desenvolvimento de equações de regressão para predição da ACR de adultos, por meio de variáveis de simples mensuração. Foram utilizados os dados de 8.293 sujeitos, sendo 5.291 homens e 3.235 mulheres, pertencentes às classes sociais A, B e C, com idades entre 18 e 65 anos da cidade de Florianópolis, SC. Foram analisados os dados de: gênero, idade, estatura, massa corporal, frequência cardíaca pré-esforço, índice de massa corporal, hipertensão arterial, diabetes, dislipidemia e tabagismo. Após a realização dos procedimentos estatísticos, foram desenvolvidas sete equações, o modelo GN3 ( $VO_{2\text{pico}} = 71,147 - 0,338 (\text{idade}) + 10,081 (\text{gênero}) - 0,766 (\text{IMC}) - 0,103 (\text{FCpré-esf}) + 1,452 (\text{condicionamento}) - 3,150 (\text{tabagismo}) - 1,962 (\text{dislipidemia}) - 1,585 (\text{hipertensão}) - 2,134 (\text{diabetes})$ ) apresentou maior significância estatística por ser a única das equações desenvolvidas em que o procedimento de validação cruzada foi realizado e por apresentar valores de correlação (0,746),  $R^2$  ajustado (0,561) e EPE (6,88 ml/kg/min.) semelhantes aos outros dois modelos que também apresentaram bons resultados nesses três parâmetros. Conclui-se que os modelos desenvolvidos de predição da ACR são alternativa viável e prática para predição do  $VO_{2\text{pico}}$  em grandes populações e estudos epidemiológicos ou avaliação inicial de uma única pessoa quando um TCPE não for possível.

**Palavras-chave:** Aptidão cardiorrespiratória. sem exercício. Equação de regressão. Epidemiologia.

## ABSTRACT

The most accurate tool to assess cardiorespiratory fitness (CRF) is the cardiopulmonary exercise testing (CPET). However, for its use are required expensive equipment, trained technicians and time, restricting their use in population studies. Given this problem, this study aims to develop regression equations for predicting CRF of adults, using simple measurement variables. The study used data from 8293 subjects, 5291 men and 3235 women belonging to social classes A, B and C, aged between 18 and 65 years of Florianópolis, SC. In order to develop equations to predict the CRF, the data analyzed were: gender, age, height, body weight, resting heart rate, body mass index, hypertension, diabetes, dyslipidemia and smoking. After the statistical analyzes procedures seven equations were developed. The model GN3 ( $VO_{2peak} = 71,147 - 0,338 (\text{age}) + 10,081 (\text{genre}) - 0,766 (\text{BMI}) - 0,103 (\text{HRrest}) + 1,452 (\text{conditioning}) - 3,150 (\text{smoking}) - 1,962 (\text{dyslipidemia}) - 1,585 (\text{hypertension}) - 2,134 (\text{diabetes})$ ) showed the highest statistical significance because this was the only model developed in which the cross-validation was performed and showed values of correlation (0.746), adjusted R2 (0.561) and SEE (6.88 ml / kg / min.) similar to the other two models that also showed good results in these three parameters. It is concluded that the models developed to predict CRF are feasible and practical for prediction of  $VO_{2peak}$  in large populations and epidemiological studies or initial assessment of a single person when a CPET is not possible to be performed.

**Key words:** Cardiorespiratory fitness. non-exercise. regression equation.

epidemiology.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de referência de $VO_{2máx.}$ para homens e mulheres ativos e sedentários em ml/kg/min.....	22
Tabela 2 - Caracterização da amostra .....	47
Tabela 3 - Porcentagem de comorbidades da amostra e diferença entre homens e mulheres.....	48
Tabela 4 - Caracterização dos indivíduos do grupo G1.....	49
Tabela 5 - Caracterização dos indivíduos do grupo G2.....	50
Tabela 6 - Porcentagem de comorbidades e diferença entre homens e mulheres no grupo G1.....	51
Tabela 7 - Porcentagem de comorbidades e diferença entre homens e mulheres no grupo G2.....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Equações preditivas do $VO_{2máx.}/ VO_{2pico}$ sem testes de exercícios físicos.....	36
Quadro 2 - Equações preditivas da duração do teste em esteira sem realização de exercícios físicos.....	39
Quadro 3 - Equações generalizadas.....	52
Quadro 4 – Equações específicas para o sexo feminino e masculino.....	53
Quadro 5 - Equação generalizada com procedimento de validação cruzada.....	54
Quadro 6 - Peso- $\beta$ das três variáveis de maior valor preditivo de cada equação	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de inclusão/exclusão e definição do n amostral final.....	46
Figura 2- Divisão da amostra em grupo de desenvolvimento de equação e validação cruzada.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACLS – Aerobics Center Longitudinal Study  
ACSM - American College of Sports Medicine  
ACR – Aptidão cardiorrespiratória  
ADNFS – Allied Dunbar National Fitness Survey  
ATP – Trifosfato de adenosina  
AVE – Acidente vascular encefálico  
cm – Centímetro  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono  
D – Densidade corporal  
ID – Idade  
ECG – Eletrocardiograma  
EPE – Erro padrão de estimativa  
EUA – Estados Unidos da América  
FC – Frequência cardíaca  
FC<sub>pré-esf</sub> – Frequência cardíaca pré-esforço  
FeCO<sub>2</sub> – Volume de CO<sub>2</sub> eliminado pelos pulmões para a atmosfera  
FeO<sub>2</sub> – Volume de O<sub>2</sub> extraído da atmosfera pelos pulmões  
G% – Percentual de gordura  
h – Hora  
H – Homem  
IMC – Índice de massa corporal  
kg – Quilograma  
km – Quilômetro  
LA1 – Limiar anaeróbio

LA2 ou PCR – Ponto de compensação respiratória  
m – Metro  
M – Mulher  
MC – Massa corporal  
MET – Unidade metabólica  
min – Minuto  
ml – Mililitro  
mm – Milímetro  
N – Número de participantes (amostra)  
NASA – National Aeronautics and Space Administration  
NHANES – National Health and Nutrition Examination Survey  
O<sub>2</sub> – Oxigênio  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
PH – Potencial hidrogeniônico  
PRESS – Método de análise estatística  
r – Estatística de correlação  
R<sup>2</sup> – Coeficiente de explicação  
sem. – Semana  
VCO<sub>2</sub> – Volume de dióxido de carbono produzido durante esforço  
VO<sub>2</sub> – Volume de oxigênio  
VO<sub>2</sub><sup>máx.</sup> – Consumo máximo de oxigênio  
VO<sub>2</sub><sup>pico</sup> – Consumo de oxigênio de pico

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	18
1.4 HIPÓTESES.....	18
1.5 DEFINIÇÕES DE OPERACIONAIS.....	18
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	20
2.1 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA.....	20
2.2 IMPORTÂNCIA DA MENSURAÇÃO DO MÁXIMO CONSUMO DE O <sub>2</sub> .....	22
2.3 PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA SEM TESTES DE EXERCÍCIOS, COM VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS.....	23
<b>3 MÉTODO</b> .....	41
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	41
3.2 SUJEITOS DO ESTUDO.....	41
3.2.1 População.....	41
3.2.2 Amostra.....	41
3.2.2.1 Critérios de inclusão.....	41
3.2.2.2 Critérios de exclusão.....	42

3.2.3 Comitê de ética.....	42
3.2.4 Limitações do estudo.....	42
3.4 INSTRUMENTOS.....	43
3.4.1 MEDIDAS REALISADAS NOS AVALIADOS.....	43
3.4.2 TESTE CERDIOPULMONAR.....	43
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A aptidão cardiorrespiratória é definida como a capacidade dos sistemas respiratório e cardiovascular fornecerem oxigênio para resíntese de Trifosfato de Adenosina (ATP), durante atividade física contínua (CASPERSEN et al., 1985; NIEMAN, 1999).

A aptidão cardiorrespiratória é considerada um determinante fisiológico de *performance* de corridas de média e longa distâncias (MIDGLEY et al., 2006). Entretanto, sua utilidade não se restringe ao desempenho desportivo, mas também como medida diagnóstica de saúde e prescrição de exercícios físicos (AÑES 2002; FERREIRA; MAGALHÃES, 2006).

Estudos epidemiológicos demonstram que baixos níveis de ACR estão associados com o aumento de doenças cardiovasculares, diabetes mellitus e alguns tipos de câncer (BERKEY et al., 2000; TANASESCU et al., 2002; LEE et al., 2010), sendo considerado fator de risco independente para óbito por todas as causas e justificando a sua avaliação em nível populacional (BOUCHARD et al., 1994; PATE et al. 1995; LEE et al., 2010).

Para quantificação da aptidão cardiorrespiratória, dois parâmetros, bastante utilizados e com pouca diferença entre si, são o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx.}$ ) e o consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ) (NOAKES, 1988).

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx.}$ ) é definido como a máxima quantidade de oxigênio ( $O_2$ ) que pode ser absorvido da atmosfera, transportado e utilizado pelas células para respiração celular, durante atividade física (HILL; LUPTON, 1923). Conforme esses autores, o consumo do  $O_2$  aumenta linearmente com a intensidade do exercício até o ponto em que esse consumo não aumente, mesmo com o sujeito sendo capaz de suportar o incremento da carga, ponto em que ocorre um platô no consumo de  $O_2$ , que passa a ser chamado de consumo máximo de oxigênio.

Todavia, segundo Noakes (1988), somente metade das pessoas apresentam esse quadro de platô no consumo de  $O_2$ . Nesse caso, é empregado o termo “consumo de oxigênio de pico” ( $VO_{2\text{pico}}$ ) para identificar os casos em que o platô não foi identificado (JACKSON et al., 1995; NOAKES, 1988). O  $VO_{2\text{pico}}$  é o maior valor de consumo de oxigênio alcançado durante o exercício, podendo ou não corresponder ao  $VO_{2\text{máx.}}$  (WASSERMAN et al., 1994).

O método considerado padrão ouro para mensuração do  $VO_{2\text{pico}}$  ou  $VO_{2\text{máx.}}$  é o teste cardiopulmonar de esforço; contudo, sua utilização é limitada por questões econômicas e técnicas (SKINNER; MCLELLAN, 1980; WASSERMAN et al., 1994; ACSM, 2003). Nesse teste, existe ainda risco de lesão em potencial, não sendo recomendada a sua utilização para populações de idosos, doentes, obesos e pessoas com algum tipo de lesão, sem a supervisão médica (ACSM, 2003).

A relação da aptidão cardiorrespiratória, com subsequente incidência de Acidente Vascular Encefálico (AVE) em homens foi analisada por Kurl et al., (2003). Nesse estudo foram acompanhados 2.011 indivíduos, por um período de 11 anos, sendo verificado que indivíduos com  $VO_{2\text{máx.}}$  inferior a 25 ml/kg/min apresentam risco relativo de acidente vascular cerebral hemorrágico e isquêmico 2,3 vezes maior quando comparados aos que apresentam valores superiores a 35 ml/kg/min.

Conforme Laka et al., (1994), em estudo de segmento de 5 anos em 1.453 indivíduos, os homens com  $VO_{2\text{máx.}}$  superior a 34ml/kg/min apresentam metade do risco de morte por doença cardiovascular, do que possuem valor inferior. Entretanto, Church e colaboradores (2005) verificaram que o nível de condicionamento necessário para promover um efeito redutor do risco de mortalidade deveria ser mais elevado. Seus estudos observaram que o risco relativo de morte foi de aproximadamente 2,7 para indivíduos diabéticos com baixa aptidão cardiorrespiratória, quando comparados aos indivíduos com o nível mais alto de condicionamento (42 ml/kg/min).

Além da aptidão cardiorrespiratória, as variáveis antropométricas também exercem influência no desempenho desportivo e na saúde (BRAY, 1987; PETROSKI, 1995; FLEGAL *et al.*, 2001; CHOPRA *et al.*, 2002; JANSEN et al., 2003). Segundo Beunen e Borms (1990), estudos envolvendo medidas antropométricas se preocupam com a forma, as dimensões, a proporção, a

composição corporal, a maturação e o desenvolvimento. Com a utilização de algumas dessas medidas, Ho et al., (2001) analisaram homens e mulheres, objetivando verificar a associação entre obesidade central e geral com fatores de risco cardiovascular. Nesse estudo, foi observada correlação do risco cardiovascular com o índice de massa corporal (IMC) para os homens e a razão cintura estatura para as mulheres (HO et al., 2001).

Corroborando com esse achado, Stolk et al., (2008) analisaram a gordura intra-abdominal de 600 indivíduos consecutivos, participantes do *Secondary Manifestations of Arterial Disease Study*, no qual verificaram elevada razão de chance (OR = 1,19; 95%; IC: 1,08–1,32) para desenvolvimento de síndrome metabólica independentemente do sexo.

Os problemas citados anteriormente, relativos à mensuração da aptidão cardiorrespiratória pelo padrão ouro, passaram a ser motivo de busca por métodos alternativos para a mensuração da aptidão cardiorrespiratória; dentre eles, estão os métodos sem exercícios físicos, que se apresentam com custo baixo, requerem pouco tempo para sua aplicação e podem ser utilizados para grandes grupos (JACKSON et al., 1990; HEIL et al., 1995; GEORGE et al., 1997; MARANHÃO NETO; FARINATTI, 2003; JURCA et al., 2005; MAILEY et al., 2010).

Maranhão Neto e Farinatti (2003) realizaram um estudo de revisão sistemática sobre as equações de predição de  $VO_{2máx}$ . sem testes de exercícios físicos. Foram encontrados, entre os anos de 1966 e 2002, somente 14 artigos com o objetivo de predição da aptidão cardiorrespiratória com a utilização de variáveis antropométricas e sem a realização de exercícios físicos. Segundo os autores, poucos desses apresentaram erro padrão de estimativa, equação completa, tamanho amostral suficiente e validação cruzada, fornecendo poucas equações cuja validação permita um grau de generalização aceitável.

Isso demonstra que existem poucos estudos, na literatura, envolvendo variáveis antropométricas como preditoras da aptidão cardiorrespiratória, com a finalidade de serem utilizados em pesquisas epidemiológicas ou quando uma avaliação ergoespirométrica não for acessível ou indicada por fatores econômicos, equipamentos e/ou profissionais qualificados (MARANHÃO NETO E FARINATTI, 2003).

Dessa maneira, ao considerar o estudo de Maranhão Neto et al. (2004), em que esses autores constataram a ausência de alguns critérios como justificativa teórica, critério de validação, erro padrão de estimativa, validação cruzada e equação relatada. Assim como, ao pesquisar nas bases de dados Periódicos CAPES, Pubmed, Lilacs e Embase foram encontrados somente os estudos de LIMA e ABATTI (2006) e BARBOSA et al., (2008) com este delineamento para a população brasileira, o presente estudo tem por objetivo desenvolver equações de regressão para a predição da aptidão cardiorrespiratória, por meio de variáveis de simples mensuração e dentre obrigatoriamente pelo menos uma variável antropométrica .

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver equações de regressão para predição da  $VO_{2\text{pico}}$  de indivíduos adultos sem realização de testes de exercícios físicos.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- A) Desenvolver equações para predição da  $VO_{2\text{pico}}$  de adultos por meio de gênero, frequência cardíaca pré-esforço, idade, massa corporal, estatura, IMC, hipertensão, tabagismo, diabetes, dislipidemia e classificação da capacidade funcional para sedentários e indivíduos fisicamente ativos com idades entre 18 e 65 anos;
- B) Avaliar com que acuracidade a aptidão cardiorrespiratória é estimada com a utilização das variáveis preditoras de gênero, frequência cardíaca pré-esforço, idade, massa corporal, estatura, IMC, hipertensão, tabagismo, diabetes, dislipidemia e condicionamento.

### 1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo pesquisou indivíduos que realizaram avaliações antropométricas e ergoespirométricas na Clínica CardioSport de Florianópolis. Foram analisadas as avaliações de pessoas com idades entre 18 e 65 anos. As informações utilizadas no estudo foram originárias de pessoas sedentárias e fisicamente ativas.

Foi verificada a influência das variáveis preditoras de gênero, frequência cardíaca pré-esforço, idade, massa corporal, estatura, IMC, hipertensão, tabagismo, diabetes, dislipidemia e classificação da capacidade funcional na  $VO_{2\text{pico}}$  e realizadas tentativas de confecção de equações de predição de  $VO_{2\text{pico}}$ .

### 1.4 HIPÓTESES

O gênero, frequência cardíaca pré-esforço, idade, massa corporal, estatura, IMC, hipertensão, tabagismo, diabetes, dislipidemia e condicionamento são preditores do  $VO_{2\text{pico}}$  em adultos.

### 1.5 DEFINIÇÕES DE OPERACIONAIS

a) **Aptidão cardiorrespiratória:** será considerada como o maior consumo de oxigênio, apresentando ou não platô, verificado pelo teste cardiopulmonar de esforço para todos os sujeitos ou predito por equação de regressão.

b) **Variáveis antropométricas:** são medidas obtidas por meio de protocolos pré-estabelecidos a ponto de analisar estruturas corporais específicas.

c) **Teste cardiopulmonar de esforço:** método de mensuração da  $VO_{2\text{pico}}$  com análise direta dos gases expirados. Nesse teste, a intensidade é

gradualmente incrementada até que o avaliado atinja fadiga ou o teste seja interrompido por alguma alteração clínica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

A aptidão cardiorrespiratória é definida, segundo Caspersen et al., (1985) e Nieman (1999), como a capacidade de o indivíduo manter-se por um período de tempo prolongado em atividades físicas que envolvam grandes grupos musculares, a ponto de o sistema cardiovascular e respiratório ajustarem-se às demandas energéticas.

De acordo com Haskell e Kiermanm (2000), a determinação do  $VO_{2máx.}$  é o principal critério para se quantificar a aptidão cardiorrespiratória. Esse é definido como a máxima quantidade de oxigênio que pode ser absorvido da atmosfera, transportado e utilizado pelas células com a finalidade de respiração celular durante o exercício físico (HILL; LUPTON, 1923). Também podemos definir o  $VO_{2máx.}$ , de acordo com a equação modificada de Fick (YAMABE *et al.*, 1997) como o produto do máximo débito cardíaco pela máxima diferença arteriovenosa de  $O_2$ ; dessa maneira, qualquer estrutura fisiológica ou processo que altere alguma dessas variáveis pode, conseqüentemente, alterá-lo (MIDGLEY *et al.*, 2006).

Diversos fatores influenciam o  $VO_{2máx.}$ , dentre eles, o sexo do indivíduo, idade, tipo de exercício realizado, nível de atividade física regular, dimensões e composição corporal (NEDER; NERY, 2002).

Com relação ao aprimoramento do  $VO_{2máx.}$ , esse não foi claramente comprovado desde sua concepção em 1923. Todavia, a adaptação morfológica do miocárdio, levando aumento do débito cardíaco, parece ser o maior influenciador. Outro fator que poderá contribuir para o incremento do  $VO_{2máx.}$  é o aumento da capilarização da musculatura esquelética e o aumento da capacidade oxidativa das fibras musculares (MIDGLEY *et al.*, 2006).

Existem diversos testes e protocolos diretos e indiretos para se mensurar a aptidão cardiorrespiratória cuja escolha irá depender da disponibilidade de tempo, recursos financeiros e recursos humanos (SKINNER; MCLELLAN, 1980). Dentre as

diversas maneiras de avaliação, o teste cardiopulmonar computadorizado, considerado padrão ouro, proporcionou grande avanço na prescrição de exercícios para saúde e desempenho, pois avalia de maneira precisa a aptidão cardiorrespiratória. Nesse método, o  $VO_{2máx.}$  é medido de maneira direta, sendo possível também a determinação do limiar anaeróbio (LA1) e o ponto de compensação respiratória (LA2 ou PCR), fornecendo parâmetros para prescrição de exercícios (SKINNER; MCLELLAN, 1980; WASSERMAN *et al.*, 1994).

O teste cardiopulmonar de esforço, consiste em obter a medida do fluxo de ar inspirado/expirado e a quantificação das frações de oxigênio ( $FeO_2$ ) e do gás carbônico ( $FeCO_2$ ). Esse teste é realizado enquanto o avaliado se exercita, geralmente sobre uma esteira rolante ou uma bicicleta ergométrica, respeitando a especificidade da modalidade (NEDER; NERY, 2002). Atualmente, pode-se realizar testes de análise direta de gases por meio do equipamento portátil em ambiente aberto, permitindo maior especificidade na prescrição de exercício (BALDARI; GUIDETTI, 2000).

Conforme Hill e Lupton (1923) o  $VO_2$  aumenta linearmente com o aumento da intensidade do exercício; dessa maneira, a identificação do  $VO_{2máx.}$  em teste progressivo ocorre quando o  $VO_2$  não aumenta, mesmo com o indivíduo sendo capaz da realização do exercício com uma intensidade maior de esforço. A partir desse ponto, ocorre um platô no  $VO_2$ ; o esforço, realizado além dessa intensidade, aumenta a contribuição do metabolismo anaeróbio para ressíntese de ATP, provocando acúmulo de lactato, acidose e, conseqüentemente, exaustão. Entretanto, somente metade dos indivíduos apresenta esse quadro de platô de  $VO_2$  (NOAKES, 1988). Dessa maneira, emprega-se a expressão “consumo de oxigênio de pico” ( $VO_{2pico}$ ) para designar os casos em que o platô não foi verificado (NOAKES, 1988; JACKSON *et al.*, 1995). O  $VO_{2pico}$  é o maior valor de consumo de oxigênio alcançado durante o exercício, podendo ou não corresponder ao  $VO_{2 máx.}$  (WASSERMAN *et al.*, 1994; JACKSON *et al.*, 1995).

A Tabela 1 apresenta o  $VO_{2máx.}$  desejável para homens e mulheres sedentários e praticantes de algumas modalidades desportivas, conforme proposta de Herdy e Uhlendorf, (2011), para população do sul do Brasil.

Tabela 1: Valores de referência de  $VO_{2m\acute{a}x.}$  para homens e mulheres ativos e sedentários em ml/kg/min

Idade	Homens ativos	Homens sedentários	Mulheres ativas	Mulheres sedentárias
15-24	50,6	47,4	38,9	35,6
25-34	47,4	41,9	38,1	34,0
35-44	45,4	39,0	34,9	30,0
45-54	40,5	35,6	31,1	27,2
55-64	35,3	30,0	28,6	23,9
65-74	30,0	23,1	25,1	21,2

Fonte: Adaptado de Herdy e Uhlendorf, 2011

O limiar anaeróbio (limiar 1), pode ser definido como o ponto a partir do qual a atividade física é de tal intensidade que a energia produzida não provém em sua totalidade do metabolismo aeróbio. Acima do limiar anaeróbio (limiar 1), a produção de lactato, decorrente da queima anaeróbia de carboidrato é tamponado pelo organismo (SKINNER; MCLELLAN, 1980; WASSERMAN *et al.*, 1994 ).

No ponto de compensação respiratória, ocorre uma segunda quebra da curva de produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), proveniente do tamponamento do  $H^+$ , que, no caso de progressivo aumento de carga, rapidamente cruza a curva de  $VO_2$ . Caracteriza-se por atividades com acidose metabólica não mais compensada, portanto, de curta duração. É o momento em que os pulmões equilibram o PH (potencial hidrogeniônico) do sangue, revertendo a acidose láctica (SILVA; TORRES, 2002; NEGRÃO; BARRETO, 2005).

## 2.2 IMPORTÂNCIA DA MENSURAÇÃO DO MÁXIMO CONSUMO DE $O_2$

O  $VO_{2m\acute{a}x.}$ , provavelmente, foi o primeiro determinante fisiológico das corridas de média e longa distância a ser identificado (MIDGLEY *et al.*, 2006). Sua importância em ditar a velocidade da corrida aumenta na medida em que a distância

da prova aumenta e a contribuição do sistema anaeróbio na produção de energia diminui (JOYNER, 1991).

Esse índice é considerado um importante determinante fisiológico de *performance* de provas de média e longa duração. Esse índice indica o limite superior em que um atleta pode desenvolver o seu  $VO_2$  de *performance* ou seja, máxima carga de trabalho sem acúmulo de lactato (JOYNER *et al.*, 1991; MIDGLEY *et al.*, 2006).

Entretanto, sua utilidade não se restringe ao desempenho desportivo: é também utilizado como medida diagnóstica de saúde (KURL *et al.*, 2003; CHURCH *et al.*, 2005). Baixos desempenhos nessa capacidade funcional são considerados um dos maiores problemas de saúde pública (KURL *et al.*, 2003), estando associados a um risco aumentado de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e metabólicas. Por esses motivos, o desenvolvimento da aptidão cardiorrespiratória é amplamente utilizado como principal componente em programas de reabilitação cardíaca (KURL *et al.*, 2003; WISLØFF *et al.*, 2007).

Nesse sentido, o estudo de Tanasescu *et al.*, (2002), envolvendo 44.452 homens da área da saúde, com idades entre 40 e 75 anos, demonstrou que o implemento de uma unidade metabólica (MET) na intensidade do exercício reduz em 4% o risco de doença coronariana, independentemente do volume de treinamento. Também foi verificado que ao implemento de 50 MET-h/sem. em atividade física acumulada, foi associada uma redução de 26% no risco de doença coronariana .

### 2.3 PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA SEM TESTES DE EXERCÍCIOS, COM VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS

Conforme mencionado anteriormente, o método padrão ouro para mensuração da aptidão cardiorrespiratória é o teste cardiopulmonar de esforço (SKINNER; MCLELLAN, 1980; WASSERMAN *et al.*, 1994). Contudo, esse procedimento, em diversas situações, não se mostra como maneira viável de avaliação, devido à necessidade de equipamentos caros, espaço suficiente e técnicos bem treinados; dependendo da população a ser avaliada, faz-se necessária

supervisão médica (RANKIN *et al.*, 1996; MATHEUS *et al.*, 1999; MARANHÃO NETO; FARINATTI, 2003; MAILEY *et al.*, 2010).

Com o propósito de evitar algumas das desvantagens dos procedimentos do teste cardiopulmonar de esforço, métodos alternativos foram desenvolvidos para determinação da aptidão cardiorrespiratória. Dentre esses, estão os métodos sem exercícios (MARANHÃO NETO; FARINATTI, 2003; JURCA *et al.*, 2005; MAILEY *et al.*, 2010).

Tais métodos normalmente utilizam como variáveis preditoras alguma combinação das variáveis de frequência cardíaca de repouso, massa corporal, estatura, IMC, circunferências, dobras cutâneas ou percentual de gordura, diâmetros ósseos, tabagismo e questionários sobre percepção de esforço para percorrer determinada distância ou nível de atividade física, realizada em algum período anterior à avaliação (JACKSON *et al.*, 1990; HEIL *et al.*, 1995 ; GEORGE *et al.*, 1997; JURCA *et al.*, 2005; MAILEY *et al.*, 2010).

Estudos envolvendo variáveis antropométricas na predição da aptidão cardiorrespiratória são bem documentados em publicações internacionais, todavia, são escassas as pesquisas destinadas a população brasileira (LIMA D.F.; ABATTI P.J., 2006 e BARBOSA *et al.* 2008). Os estudos encontrados com esse propósito desde 1960, na literatura estrangeira e nacional, serão apresentados a seguir, em ordem cronológica:

O primeiro estudo encontrado remonta do início da década de 70, com o artigo de Bruce *et al.*, (1973) que analisaram os dados de 298 indivíduos adultos saudáveis, do sexo masculino e feminino, ativos e sedentários. Desenvolveu-se uma equação de predição da aptidão cardiorrespiratória por meio da utilização de análise de regressão múltipla (*StepWise*), segundo a qual, as variáveis em ordem de importância foram gênero, idade, nível de atividade física, massa corporal, estatura e histórico de tabagismo. Todavia, ainda conforme tal análise, a aptidão cardiorrespiratória desses indivíduos pode ser predita apenas com a utilização do gênero, idade e nível de atividade física, dividida em dois grupos, ativos e sedentários, sem perda considerável da acuracidade. Esse estudo destaca a importância de informações sobre o nível de atividade física autorrelatada na predição da aptidão cardiorrespiratória. As equações resultantes dessa pesquisa e

das seguintes, juntamente com seus respectivos erros padrão de estimativa e  $R^2$  ajustado, são apresentados nos Quadros 1 e 2.

Em 1980, Verma et al., desenvolveram uma equação, utilizando apenas variáveis antropométricas de simples mensuração. A amostra foi constituída de 120 homens indianos, com idades entre 19 e 34 anos. Utilizou-se, como método de referência (variável dependente), a análise direta do  $VO_2$ , mediante a utilização de cicloergômetro e, como preditoras (variáveis independentes), 27 variáveis antropométricas, das quais foram selecionadas pela análise de regressão linear (StepWise) apenas estatura, massa corporal, diâmetro do cotovelo e dobra cutânea peitoral (VERMA et al., 1980).

Leon et al., (1981) analisaram os dados de 175 homens aparentemente saudáveis, com idades entre 36 e 59 anos. Foi verificada a relação do tempo total de esteira (método de referência) com medidas antropométricas, índice de atividade física no trabalho e de lazer, medidas fisiológicas, colesterol e hábitos pessoais (variáveis preditoras). Para a seleção da combinação ótima das variáveis preditoras, utilizadas para compor a equação de predição do tempo total de esteira, foi utilizada a análise de regressão linear múltipla (Stepwise). A análise estatística mostrou que as variáveis de maior valor preditivo foram: atividade física de lazer intensa ( $r= 0,44$ ), atividade de lazer total ( $r= 0,41$ ), frequência cardíaca de repouso ( $r= -0,32$ ), idade ( $r= -0,32$ ), IMC ( $r= -0,32$ ), consumo de bebidas com cafeína ( $r= -0,27$ ), consumo de cigarros ( $r= -0,26$ ), atividade física de lazer leve ( $r= 0,26$ ), força de preensão de mão ( $r= 0,23$ ) e massa corporal ( $r= -0,22$ ) (LEON et al., 1981). Ao final do trabalho, os autores concluem que boas estimativas do nível da capacidade de trabalho e condicionamento físico de homens de meia idade podem ser obtidos por questionários padronizados e medidas físicas simples.

Alguns anos mais tarde, em 1989, Blair et al., utilizaram os dados de 3.943 mulheres (42,5 anos  $\pm$  9,5) e de 15.627 (41,1 anos  $\pm$  10,7) homens, pacientes da Clínica Cooper, no estado do Texas, nos Estados Unidos (EUA) para desenvolver equações de predição da aptidão cardiorrespiratória. Foram desenvolvidas equações, utilizando gênero, idade, tabagismo, frequência cardíaca de repouso, peso relativo, índice de participação em exercícios no mês que se passou (1- nenhum, 2- outro exercício que não fosse caminhada ou corrida recreativa, 3- de 1,6

a 16 km/sem de caminhada ou corrida recreativa, 4- de 17 a 32 km/sem de caminhada ou corrida e 5- mais de 32km/sem de caminhada ou corrida. A amostra foi dividida em 5 quintis por idade (20-29, 30-39, 40-49, 50-59 e  $\geq 60$  anos), sendo confeccionada uma equação para cada quintil (BLAIR et al., 1989).

Com esse estudo, os autores concluem que a aptidão cardiorrespiratória pode ser predita sem exercícios físicos em estudos epidemiológicos. Todavia, devido à natureza da amostra utilizada no estudo (alto nível socioeconômico e cultural), mesmo com o grande número de participantes, esse pode não ser representativo da população geral dos EUA (BLAIR et al., 1989).

Jackson et al., (1990) publicaram um trabalho em que construíram um modelo preditor da aptidão cardiorrespiratória e compararam sua acuracidade ao Teste de Estágio Simples de Astrand. Nessa pesquisa, foram avaliados 2.009 indivíduos: 1.814 homens e 195 mulheres, aparentemente saudáveis, funcionários da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Essa amostra foi dividida em dois grupos, um para validação e outro para validação cruzada. Além desse grupo de pessoas aparentemente saudáveis, foram formados dois grupos para validação cruzada, compostos por hipertensos (n=59) e pessoas com alteração de eletrocardiograma de esforço (n=71). Esse estudo utilizou como método de referência o  $VO_{2\text{pico}}$  e, como variáveis preditoras, o percentual de gordura (G%), IMC, idade e o índice obtido no questionário de atividades físicas da NASA (Índice PA-R).

Após o tratamento estatístico, os autores desenvolveram duas equações: uma delas, utilizando o G%, idade e Índice PA-R, e a outra equação, o IMC, idade e o Índice PA-R. A equação que utiliza o G% apresenta uma acuracidade ligeiramente superior àquela que utiliza o IMC, com um r de 0,821 e 0,794, respectivamente. Dessa maneira, segundo os autores, em estudos epidemiológicos, a facilidade em se utilizar o IMC compensaria a perda na acuracidade do valor obtido (JACKSON et al., 1990).

Entretanto, essas equações apresentam perda na capacidade de precisão em indivíduos com elevada aptidão cardiorrespiratória, possuidores de  $VO_{2\text{pico}}$  superior a 55 ml/kg/min, o que não se apresenta como um problema grave, pois

esses indivíduos representam apenas 4% da população estudada (JACKSON et al., 1990).

Na validação cruzada dos modelos sem exercícios para os hipertensos e alteração de ECG de esforço, observou-se uma correlação um pouco mais baixa: 0.74 e 0.69 para equação para hipertensos de G% e IMC, respectivamente e 0.78 e 0.76 para equação para alteração de ECG de G% e IMC, respectivamente (JACKSON et al., 1990).

Ao se comparar a acuracidade dos modelos sem exercícios físicos desenvolvidos com o teste com exercícios submáximo, ambas as equações sem exercícios se mostraram mais acuradas que os modelos de Astrand (JACKSON et al., 1990).

Heil et al., (1995) publicaram um trabalho, no qual utilizaram uma amostra de 229 mulheres e 210 homens aparentemente saudáveis, com idade entre 20 e 79 anos. Nesse artigo, os autores propuseram equações de predição da aptidão cardiorrespiratória, utilizando como variáveis preditoras o Índice PA-R (questionário utilizado no estudo de Jackson *et al.*, 1990), além das variáveis de gênero, idade ou idade<sup>2</sup> e G% ou IMC e como método de referência a análise direta do consumo de O<sub>2</sub>. Foram propostas três equações: uma generalizada ( $R^2 = 0.77$ , EPE = 4.90 ml/kg/min.) e duas gênero específicas (mulheres:  $R^2 = 0.72$ , EPE = 4,64 ml/kg/min. e homens:  $R^2 = 0.72$ , EPE 5,02 ml/kg/min.).

Nessa pesquisa, os autores tiveram a preocupação em realizar validação cruzada para verificar a estabilidade dos modelos propostos. Dessa maneira, concluíram que os modelos sem exercícios físicos podem ser preditores válidos da aptidão cardiorrespiratória para grupos heterogêneos (HEIL et al., 1995).

Todavia, no mesmo ano, em estudo realizado por Whaley et al., (1995), foi verificado o insucesso dos modelos de predição da aptidão cardiorrespiratória sem exercícios em estudos epidemiológicos.

O estudo utilizou uma amostra de 1.415 homens (41,6+-11 anos) e 935 mulheres (41,9+-11 anos), divididos em grupos: de validação (H=702, M=473) e de validação cruzada (H=713, M=462). Foram utilizadas, como variáveis preditoras, o gênero, idade, frequência cardíaca de repouso, massa corporal, IMC, tabagismo,

G% e hábitos de atividades físicas e, como método de referência, o  $VO_{2\text{pico}}$ . Os modelos desenvolvidos apresentam um  $R^2$  de 0,72 e EPE de 5,38 ml/kg/min. para a equação que utiliza o G% como marcador da composição corporal e  $R^2$  de 0,70 e EPE de 5,60 ml/kg/min para o modelo que utiliza o IMC. Dessa forma, as equações desenvolvidas foram consideradas válidas (WHALEY et al., 1995).

Apesar dos modelos desenvolvidos serem considerados válidos em identificar grande quantidade de variação da medida do  $VO_{2\text{pico}}$ , foram considerados inadequados no que se refere à utilização em estudos epidemiológicos. Isso ocorre devido à grande variação nos escores obtidos, o que torna impossível a distinção entre os grupos de extrema aptidão cardiorrespiratória (WHALEY et al., 1995).

Rankin et al., (1996) avaliaram 97 cardiopatas (59 +-10 anos), sendo o primeiro estudo dedicado a essa população, envolvendo algumas variáveis antropométricas. Foram avaliados 85 homens e 12 mulheres. O tratamento estatístico Análise de Regressão Linear Múltipla (Stepwise) selecionou para o modelo as variáveis preditoras estatura (cm), massa corporal (kg) e o questionário SAQ, composto por 13 itens que incluem uma variedade de atividades físicas comuns, associadas com cuidados pessoais, deambulação e tarefas domésticas e recreacionais. Como variável de referência, foi utilizado o  $VO_{2\text{pico}}$ . Nesse trabalho, foi desenvolvida uma equação que não faz distinção entre gênero, apresentando um  $R^2$  de 0,504 e um EPE de 5,43 ml/kg/min. Ao final, os autores concluem que esse estudo, assim como outros questionários desenvolvidos anteriormente, não deveriam ser utilizados para substituir teste de exercícios de um indivíduo, quando se requer uma medida da capacidade funcional precisa. Entretanto, pode ser uma boa ferramenta para estudos populacionais ou grupos de cardiopatas, quando o teste cardiopulmonar de esforço for impraticável por limitações técnicas ou econômicas.

Williford et al., (1996) realizaram validação cruzada das equações desenvolvidas por Jackson et al., (1990) para uma amostra de 165 mulheres com idades entre 18 e 45 anos. Os pesquisadores verificaram resultados semelhantes aos do estudo original, inclusive a mesma perda na precisão de predição em indivíduos com  $VO_{2\text{pico}}$  superior a 55 ml/kg/min.. Por esse motivo foram excluídos os indivíduos que apresentaram tal consumo de  $O_2$  (n=16) para aumentar o poder de

predição das equações e reduzindo a amostra a 149 mulheres. Em análise adicional foi verificado a capacidade das equações identificarem as mulheres que estariam em situação de risco devido a baixa aptidão cardiorrespiratória. Os pesquisadores estabeleceram situação de risco mulheres com menos de 9 METs (31,5 ml/kg/min.) e dessa maneira as equações foram capazes de prever 87% das pessoas que apresentaram  $VO_{2\text{pico}}$  inferior a 31,5 ml/kg/min. Com esse estudo os pesquisadores concluem que esse procedimento é uma alternativa viável em situações em que um teste cardiopulmonar de esforço não é uma opção ou quando o nível de aptidão cardiorrespiratória é um interesse de perspectiva de risco para a saúde.

Em estudo realizado com 50 homens e 50 mulheres universitários, com idades entre 18 e 29 anos, George et al., (1997) desenvolveram uma equação para predição da aptidão cardiorrespiratória sem exercícios físicos, com a utilização do  $VO_{2\text{máx}}$  como método de referência. Após análise estatística, permaneceram no modelo as variáveis preditoras de gênero (0 para mulheres e 1 para homens), IMC, habilidade funcional percebida que consistia na percepção de esforço da pessoa em caminhar ou correr uma distância pré-estabelecida (com escores variando de 1 a 13) e uma modificação do questionário PA-R, utilizado por Jackson et al., (1990), em que os escores foram ampliados de 7 para 10. Todavia, apesar da boa precisão verificada pelo estudo, esse não pode ser generalizado para uma faixa ampla de idades, devido à amostra consistir unicamente de adultos jovens universitários.

A equação desenvolvida apresenta um  $R^2$  de 0,722 e um EPE de 3,44 ml/kg/min. Dessa maneira, os autores concluíram que o modelo desenvolvido prediz o  $VO_{2\text{máx}}$  com uma acuracidade comparável com os melhores modelos de regressão com exercícios. O estudo realizou validação cruzada para a equação desenvolvida e também para as equações de Jackson et al., (1990), Ainsworth et al., (1992) e Heil et al., (1995) (GEORGE et al., 1997).

Verna et al., (1998) realizaram nova tentativa de elaborar equações preditivas da aptidão cardiorrespiratória com a utilização apenas de características físicas. Em seu estudo, foram analisados 146 homens indianos com idade entre 21 e 58 anos, que tiveram seu  $VO_{2\text{máx}}$  (método de referência), mensurado de maneira direta com a utilização de cicloergômetro. Como variáveis preditoras, foram utilizadas a idade, massa corporal e estatura. Nesse estudo foram desenvolvidas quatro equações com

a utilização de análise de regressão linear múltipla. De acordo com o modelo estatístico utilizado, a melhor equação é a que envolve as três variáveis, apresentando um  $R^2$  de 0,311 e um EPE de 5,64 ml/kg/min.

No ano seguinte, Matheus et al., (1999) desenvolveram equações de predição da aptidão cardiorrespiratória com a utilização de uma amostra de 409 mulheres e 390 homens. Os avaliados foram divididos em quintis de acordo com sua aptidão cardiorrespiratória.

No estudo, a equação desenvolvida que melhor se relacionou com o método de referência ( $VO_{2máx.}$ ) utilizou como variáveis preditoras o gênero, idade, idade<sup>2</sup>, índice PA-R, estatura e massa corporal. Essa equação apresenta um  $R^2$  de 0,74 e um EPE de 5,64 ml/kg/min (MATHEUS et al.,1999).

O modelo desenvolvido classificou os avaliados no quintil correto ou adjacente de sua aptidão cardiorrespiratória em 83% dos casos. Classificações incorretas extremas (indivíduo com baixa aptidão ser classificado como alta aptidão) ocorreram em somente 0,13% dos avaliados (MATHEUS et al.,1999).

Nesse mesmo trabalho, os autores tiveram a preocupação de realizar a validação cruzada, utilizando o método PRESS em que todos os indivíduos fazem parte do grupo de validação e de validação cruzada (MATHEUS et al.,1999).

Segundo os autores, a aptidão cardiorrespiratória predita por intermédio de modelos sem exercícios físicos pode ser uma variável de exposição útil em estudos epidemiológicos em que os testes com exercícios não são viáveis (MATHEUS et al.,1999).

Heil et al., (2002) avaliaram a habilidade de uma equação de predição da aptidão cardiorrespiratória em verificar alterações no  $VO_{2máx.}$  após a intervenção com exercícios físicos. Com essa finalidade, avaliaram 272 mulheres e 374 homens, com idades entre 35 e 75 anos, em que coletaram os dados de gênero, massa corporal, estatura e minutos diários de caminhada auto-relatada. De posse desses dados foi desenvolvida uma equação com a utilização de análise de regressão múltipla que foi aplicada no início das atividades (T0) e 6 meses após (T6). Ao final os pesquisadores concluem que a equação foi apenas razoavelmente efetiva em verificar mudanças no  $VO_{2máx.}$ , sendo os resultados sistematicamente subestimados.

Dustman-Allen et al., (2003) realizaram tentativa de validação cruzada da equação de George et al., (1997) para predição da aptidão cardiorrespiratória, em uma população de 28 mulheres ( $23,2 \pm 2,8$  anos) e 38 homens ( $24,1 \pm 2,8$  anos). No entanto, com base nos resultados, os pesquisadores consideraram o protocolo inadequado para esta população (estudo não apresentado no quadro X).

Bradshaw, D.I. et al., (2005), desenvolveram uma equação para predição da aptidão cardiorrespiratória ( $R^2=0,865$ ; EPE= 3,45 ml/kg/min). A amostra foi formada por 100 adultos do sexo masculino e feminino, com idades entre 18 e 65 anos. O estudo utiliza como variáveis preditoras o gênero, idade, IMC, habilidade percebida para caminhar, trotar ou correr distancias pré-estipuladas (PFA) e o índice PA-R modificado. Ao final do estudo conclui-se que a equação desenvolvida apresenta resultados relativamente precisos para estimar a aptidão cardiorrespiratória de homens e mulheres com idade entre 18 e 65 anos.

Em importante estudo, Jurca et al., (2005) analisaram informações de avaliados da NASA ( $n=1.863$ ), Aerobics Center Longitudinal Study (ACLS,  $n=46.190$ ) e Allied Dunbar National Fitness Survey (ADNFS,  $N=1.706$ ). A amostra desse estudo envolveu homens e mulheres com idades entre 20 e 70 anos em que a aptidão cardiorrespiratória, analisada de forma direta (NASA e ADNFS) e de maneira indireta (ACLS), foi utilizada como método de referência. O gênero, a idade, o IMC, a frequência cardíaca de repouso e o índice de atividade física, obtido por questionário desenvolvido para a utilização em cada um dos estudos, foram utilizados como variáveis preditoras.

Nesse trabalho, foi desenvolvida uma equação para cada um dos bancos de dados em que apresentaram um  $R^2$  de 0,65 (NASA), 0,60 (ACLS) e 0,53 (ADNFS) e EPE de 5,07 ml/kg/min (NASA), 5,25 ml/kg/min (ACLS) e 6,89 ml/kg/min (ADNFS) (JURCA et al., 2005).

Em análise adicional, foi realizada a validação cruzada das equações desenvolvidas para os outros dois grupos. Os maiores coeficientes de validação cruzada foram obtidos quando a equação desenvolvida pela amostra da NASA foi aplicada para os sujeitos do ACLS ( $R=0,76$ ) e DNFS ( $R=0,75$ ). Essa equação também apresentou os menores valores de EPE (quadro 7), conforme demonstrado anteriormente. O modelo desenvolvido apresenta o resultado em METs estimado

(JURCA et al., 2005); por esse motivo, foi adicionado o valor de 3,5, multiplicando o resultado total da equação para transformação em consumo de  $O_2$  (TEBEXRENI et al. 2001).

Ao término do estudo, os autores concluíram que a aptidão cardiorrespiratória pode ser predita em adultos por testes sem exercícios físicos, envolvendo gênero, idade, IMC, frequência cardíaca de repouso e atividade física autorrelatada (JURCA et al., 2005).

Eldridge, (2005) avaliou 105 bombeiros do sexo masculino, com o objetivo de verificar se a equação de predição da aptidão cardiorrespiratória, que utiliza o percentual de gordura, desenvolvida por Jackson et a., (1990) poderiam ser utilizados para essa população. Nesse estudo o percentual de gordura foi avaliado de duas maneiras: conforme o protocolo original por dobras cutâneas e por intermédio de equipamento de pletismografia (LMI BodPod) sem que houvesse diferença significativa entre os dois procedimentos ao serem aplicados na equação. Segundo os pesquisadores os resultados sugerem que a equação pode prever o  $VO_{2máx.}$  de bombeiros, no entanto os resultados subestimam o  $VO_{2máx.}$  dessa população.

Wier et al.,(2006) realizaram estudo com o objetivo de verificar o uso da circunferência de cintura como marcador da composição corporal e comparar a precisão da equação desenvolvida com equações que utilizam o percentual de gordura e o IMC com o mesmo objetivo. Foram avaliados 2801 indivíduos do sexo masculino e feminino, funcionários da NASA, com idades entre 19 e 82 anos. Nesse estudo foi utilizado como variável de referência o  $VO_{2máx.}$  medido de maneira direta e como variáveis preditoras o questionário sobre nível de atividade física da NASA (PASS), circunferência de cintura, percentual de gordura por dobras cutâneas e IMC. Esse estudo desenvolveu três equações, cada uma delas com utilização do IMC ou percentual de gordura ou circunferência de cintura. Os pesquisadores concluíram que a circunferência de cintura pode ser utilizada como substituto para composição corporal e que as três equações desenvolvidas apresentam precisão similares para prever o  $VO_{2máx.}$

Sanada et al. (2006), realizaram estudo objetivando a predição da aptidão cardiorrespiratória sem realização de testes de exercícios físicos, mediante

avaliação de 60 jovens universitários japoneses saudáveis (idade não relatada), do sexo masculino e fisicamente ativos. Os pesquisadores utilizaram o  $VO_{2máx.}$  como variável de referência e a massa muscular e dimensões cardíacas, medidas com equipamento de ultrassom, como variáveis preditoras. Os procedimentos estatísticos selecionaram o volume de ejeção e a massa muscular da coxa para compor a equação, contudo a mesma não foi apresentada no artigo. Segundo os pesquisadores, estes resultados sugerem que a aptidão cardiorrespiratória pode ser predita pela massa muscular da coxa e volume de ejeção cardíaco. Contudo esse estudo apresenta como limitação o custo de mensuração das variáveis propostas, tempo para avaliação e por se caracterizar de jovens japoneses universitários e fisicamente ativos restringe sua utilização em estudos epidemiológicos.

Duque et al., (2009) avaliaram 70 indivíduos com dor lombar crônica, com o objetivo de desenvolver uma equação de predição da aptidão cardiorrespiratória. O método de referência utilizado foi o  $VO_{2máx.}$  medido de maneira direta em cicloergometro e as variáveis preditoras selecionadas foram gênero, IMC e intensidade de atividade física de lazer (PALT). Segundo os autores a equação deveria ser validada em uma população independente de pacientes com dor lombar crônica antes de ser utilizada na prática clínica.

Mailey et al., (2010) realizaram um estudo de validação da equação de Jurca et al., (2005) para uma população de idosos saudáveis ( $n=172$ ), com idades entre 60 e 80 anos. Os resultados demonstraram que a equação de predição permitiu estimativas válidas da aptidão cardiorrespiratória para essa população e apresentou  $R^2 = 0,54$  e  $EPE = 3.4$  ml/kg/min. Em análise adicional, foi verificada uma correlação relativamente forte ( $r=0,66$ ) do modelo proposto com o método de referência (análise direta dos gases), segundo os autores, similar a outros testes submáximos de campo já estabelecidos.

Segundo Mailey et al., (2010), quando se objetiva realizar avaliações pré-exercício para populações de risco ou em pesquisas que necessitam uma mensuração precisa da aptidão cardiorrespiratória, não existe substituto aceitável para o teste cardiopulmonar de esforço. Entretanto, se uma estimativa razoável da aptidão cardiorrespiratória é suficiente e a precisão não é a preocupação principal, então, os benefícios de um modelo de regressão sem exercícios, como o proposto

por Jurca et al., (2005), podem ser consideráveis tanto em pesquisa quanto na análise clínica.

No Brasil pouco se contribuiu com pesquisas sobre este tema. Foram encontrados somente 5 artigos, 2 deles são artigos de revisão, 1 de validação de equações de outros países para nossa população e 2 objetivando o desenvolvimento de equações para a população brasileira.

Os brasileiros que deram início a estes estudos foram Maranhão Neto e Farinatti (2003) e Maranhão Neto et al. (2004) com a publicação de dois artigos, nos quais realizaram revisão sistemática nos bancos de dados do Medline, Silver Platter e Lilacs. Os estudos compreenderam o período entre 1966 e dezembro de 2002. Seu objetivo foi o de realizar um levantamento dos estudos que elaboraram equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem a realização de exercícios e verificar qualidade das mesmas.

Nesses estudos, os autores encontraram apenas 24 trabalhos envolvendo o tema; desses, somente 14 utilizavam medidas antropométricas nas equações e eram destinadas a adultos. Destaca-se, ainda, que das equações que restaram, três não prediziam diretamente o  $VO_{2m\acute{a}x.}$ , e sim o tempo de duração ou a intensidade máxima do teste em esteira, tornando-o duplamente indireto, demonstrando a carência de estudos nesse campo, principalmente no Brasil, onde até esse momento não havia ocorrido nenhuma publicação (MARANHÃO NETO; FARINATTI, 2003; MARANHÃO NETO et al., 2004).

Pesquisas de desenvolvimento de equações de predição da aptidão cardiorrespiratória, destinadas à população brasileira, datam de 2006 com o estudo de Lima e Abatti, (2006). Nesse estudo foram avaliados 30 jovens universitários do sexo masculino, com idades entre 20 e 30 anos. Os pesquisadores propuseram uma equação de predição da aptidão cardiorrespiratória sem a realização de testes que envolvam exercícios físicos. A equação desenvolvida utilizou como método de referência o  $VO_{2m\acute{a}x.}$ , medido de maneira direta em esteira ergométrica e como variáveis preditoras o IMC e a idade. Nesse artigo os autores concluem que a equação desenvolvida é uma opção simples, prática e eficiente de predição da aptidão cardiorrespiratória para jovens universitários do sexo masculino (LIMA; ABATTI, 2006).

Corroborando com o estudo anterior, Barbosa et al. (2008) desenvolveram duas equações de predição da aptidão cardiorrespiratória com base em análise de 243 indivíduos do sexo masculino e feminino com idades entre 17 e 45 anos. As equações desenvolvidas utilizam como variáveis preditoras gênero, idade, IMC, massa corporal, aptidão física (1 sedentários, 2 moderadamente ativos, 3 ativos e 4 muito ativos) e como método de referência o  $VO_{2máx.}$  avaliado de maneira direta em esteira ergométrica. Nesse estudo os autores concluem que as equações desenvolvidas podem ser utilizadas em pesquisas epidemiológicas que avaliem brasileiros jovens.

Quadro 1. Equações preditivas do  $VO_{2m\acute{a}x.}/VO_{2pico}$  sem testes de exerc\u00edcios f\u00edsicos

Autor	G\u00e9nero	Idade	N	Valida\u00e7\u00e3o cruzada	Equa\u00e7\u00e3o	R <sup>2</sup> ajustado	EPE
Bruce <i>et al.</i> , 1973	M/F	29-73	298	N\u00e3o	85,42- 13,73 (g\u00e9nero 1h, 2m)- 0,409 (idade)- 3,24 (atividade f\u00edsica)- 0,114 (MC)	0,669	4,84 ml/kg/min.
Verma <i>et al.</i> , (1980)	M	19-34	120	N\u00e3o	126,810- 0,3577(MC)- 0,4996 (estatura)- 0,4972(dobra cut\u00e2nea peitoral)+ 4,2538(di\u00e2m.cotovelo)	0,349	5,079 ml/kg/min.
Jackson <i>et al.</i> , (1990)	M/F	18-70	2 139	Sim	$VO_{2pico} = 50,513 + 1,589$ (\u00edndice PA-R 0-7) $- 0,289$ (idade) $- 0,552$ (%G) $+ 5,863$ (g\u00e9nero- fem.=0, masc.=1)	0,66	5,35 ml/kg/min.
					$VO_{2pico} = 56,363 + 1,921$ (\u00edndice PA-R 0-7) $- 0,381$ (idade) $- 0,754$ (IMC) $+ 10,987$ (g\u00e9nero- fem.=0, masc.=1)	0,61	5,70 ml/kg/min.
Heil <i>et al.</i> , (1995)	M/F	20-79	439	Sim	$36,580 - 0,541$ (G%) $+ 1,347$ (PA-R) $+ 0,558$ (idade) $- 7,81$ (idade <sup>2</sup> ) $+ 3,706$ (g\u00e9nero 0 p/feminino, 1 p/masculino)	0,77	4,90 ml/kg/min.
	F				$40,088 - 0,431$ (G%) $+ 1,197$ (PA-R) $+ 0,297$ (idade) $- 5,25$ (idade <sup>2</sup> )	0,72	4,64 ml/kg/min.
	M				$36,392 - 0,692$ (G%) $+ 1,368$ (PA-R) $+ 0,842$ (idade) $- 1,05$ (idade <sup>2</sup> )	0,72	5,02 ml/kg/min.
Whaley <i>et al.</i> , 1995	M/F	41,9 +- 11	2.350	Sim	$61,66 - 0,328$ (idade) $+ 5,45$ (g\u00e9nero 0 p/mulher, 1 p/homem) $+ 1,832$ (atividade f\u00edsica 1-6) $- 0,436$ (G%) $- 0,143$ (FC rep.) $- 0,446$ (tabagismo 1-8)	0,726	5,38 ml/kg/min.
	M/F	41,6 +- 11			$64,62 - 0,339$ (idade) $+ 9,006$ (g\u00e9nero 0 p/mulher, 1 p/homem) $+ 2,069$ (atividade f\u00edsica 1-6) $- 0,601$ (IMC) $- 0,143$ (FC rep.) $- 0,409$ (tabagismo 1-8)	0,703	5,60 ml/kg/min.
Rankin <i>et al.</i> , 1996	M/F	59 +-10	97	N\u00e3o	$2,36$ (SAQ) $+ 0,35$ (estatura em cm) $- 0,19$ (idade) $- 0,16$ (peso em kg) $- 33,89$	0,504	5,43ml/kg/min.
Williford <i>et al.</i> , (1996)	F	18-45	149	Sim	$VO_{2pico} = 50,513 + 1,589$ (\u00edndice PA-R 0-7) $- 0,289$ (idade) $- 0,552$ (%G)	0,705	4,5 ml/kg/min.
					$VO_{2pico} = 56,363 + 1,921$ (\u00edndice PA-R 0-7) $- 0,381$ (idade) $- 0,754$ (IMC)	0,689	4,7 ml/kg/min.

George <i>et al.</i> , 1997	M/F	18-29	100	Sim	$44,895 + 7,042 (\text{gênero } 0-1) - 0,823 (\text{IMC}) + 0,738 (\text{habilidade funcional percebida } 1-13) + 0,688 (\text{PA-R modificado } 0-10)$	0,722	3,44 ml/kg/min.
Verna <i>et al.</i> , 1998	M	21-58	146	Não	$0,135 - 0,025 (\text{idade}) + 0,014 (\text{estatura}) + 0,017 (\text{MC})$	0,311	5,64 ml/kg/min.
					$0,016 - 0,022 (\text{idade}) + 0,021 (\text{estatura})$	0,225	5,96 ml/kg/min.
					$2,256 - 0,024 (\text{idade}) + 0,019 (\text{MC})$	0,287	5,72 ml/kg/min.
					$1,192 + 0,004 (\text{estatura}) + 0,012 (\text{MC})$	0,055	6,58 ml/kg/min.
Matheus <i>et al.</i> , 1999	M/F	19-79	799	Sim	$34,142 + 0,133 (\text{idade}) - 0,005 (\text{idade})^2 + 11,403 (\text{gênero } 0 \text{ p/mulher, } 1 \text{ p/homem}) + 1,463 (\text{PA-R } 0-7) + 9,170 (\text{estatura}) - 0,254 (\text{massa corporal})$	0,74	5,64 ml/kg/min.
Heil <i>et al.</i> , (2002)	M/F	35-75	646	Sim	Não Relatada	Não Relatado	Não Relatado
Bradshaw <i>et al.</i> , 2005	M/F	18-65	100	Sim	$48,0730 + (6,1779 \times \text{gênero}) - (0,2463 \times \text{ID}) - (0,6186 \times \text{IMC}) + (0,7115 \times \text{PFA}) + (0,6709 \times \text{PA-R modificado})$	0,865	3,45 ml/kg/min.
Jurca <i>et al.</i> , 2005	M/F	20-70	49.759	Sim	$(\text{Gênero } (0 \text{ p/mulher, } 1 \text{ p/homem}) - 0,10 (\text{idade}) - 0,17 (\text{IMC}) - 0,03 (\text{FC repouso}) + (\text{escore do índice de atividade física}) + 18,07) \times 3,5$	0,65	5,25 ml/kg/min.
Eldridge, 2005	M	Não relatado	105	Sim	$\text{VO}_{2\text{pico}} = 50,513 + 1,589 (\text{índice PA-R } 0-7) - 0,289 (\text{idade}) - 0,552 (\%G) + 5,863 (\text{gênero- fem.=0, masc.=1})$	0,465	3,74 ml/kg/min.
Lima e Abatti, 2006	M	20-30	30	Sim	$(0,02 \times \text{IMC}) + (0,02595 \times \text{ID}) + 3,947$	Não relatado	3,01 ml/kg/min.
Wier <i>et al.</i> 2006	M/F	17-82	2.801	Sim	$59,416 - 0,327(\text{idade}) + 11,488 (\text{gênero } 1 \text{ p/homem, } 0 \text{ p/mulher}) + 1.297(\text{PASS}) - 0,266 (\text{circunf. Cintura})$	0,656	4,80
					$51,936 - 0,308(\text{idade}) + 4,065 (\text{gênero } 1 \text{ p/homem, } 0 \text{ p/mulher}) + 1.217(\text{PASS}) - 0,483 (\text{G}\%)$	0,672	4,72
					$57,402 - 0,372(\text{idade}) + 8,596 (\text{gênero } 1 \text{ p/homem, } 0 \text{ p/mulher}) + 1.396(\text{PASS}) - 0,683 (\text{IMC})$	0,64	4,90

Sanada et al. (2006),	M	N/R	60	Sim	Não Relatada	0,72	6,40 ml/kg/min.
Barbosa et al., 2008	M/F	17-45	243	Sim	$25,04 + (\text{gênero (1 mulher, 2 homem)} \times 2,86) + (\text{aptidão} \times 10) - (\text{IMC} \times 0,27)$ $23,01 + (\text{gênero (1 mulher, 2 homem)} \times 2,25) + (\text{aptidão} \times 10,07) - (\text{IMC} \times 0,08)$	0,90	Menor que 3,44 ml/kg/min.
Duque et al., 2009	M?F	N/R	70	Não	$35,3377 - 0,475411 \times \text{IMC} + 0,155232 \times \text{PALT} + 7,97682 \times \text{gênero (0 p/ mulher, 1 p/ homem)}$	0,38	6,08 ml/kg/min.
Mailey et al. 2010	M/F	60-80	172	Sim	$(\text{Gênero (0 p/mulher, 1 p/homem)} - 0,10 (\text{idade}) - 0,17 (\text{IMC}) - 0,03 (\text{FC repouso}) + (\text{escore do índice de atividade física}) + 18,07) \times 3.5$	0,54	3,4 ml/kg/min.

Quadro 2. Equações preditivas duração do teste em esteira sem realização de exercícios físicos

Autor	Gênero	Idade	N	Validação cruzada	Equação	R <sup>2</sup> ajustado	EPE
Leon <i>et al.</i> , 1980	M	36-59	175	Não	15,583+ 0,235(atividade física intensa de lazer)- 0,051(idade)- 0,147(IMC)- 0,405(tabagismo 1 nunca, 2 ex fumante, 3 fumante)+ 0,353 (suor ou dispneia no trabalho 1 sim, 0 não)- 0,008 (copos de café, chá ou cola/sem)+ 0,012 (força de prensão manual)+ 0,316 (charuto ou cachimbo 1nunca, 2 ex fumante, 3 fumante)+ 0,395 (suor ou dispneia no lazer 1 sim, 0 não)- 0,189 (média de horas de sono)- 0,015( frequência cardíaca repouso)	0,56	Não informado
Blair <i>et al.</i> , 1989	F	42,5 +- 9,5	19 570 (Total)	Não	Mulheres 20-29 anos 1.619,7 – 395,5 (peso relativo) – 6,8 (FC de repouso) + 110,6 (índ. de ativ. física 1-5) – 36,4 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,48	Não informado
					Mulheres 30-39 anos 1.486,4 – 461,1 (peso relativo) – 4,9 (FC de repouso) + 110,3 (índ. de ativ. física 1-5) – 40,9 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,50	
					Mulheres 40-49 anos 1.349,7 – 436,4 (peso relativo) –4,2 (FC de repouso) + 105,0 (índ. de ativ. física 1-5) – 64,7 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,50	
					Mulheres 50-59 anos 1.120,0 – 279,1 (peso relativo) –4,6 (FC de repouso) + 86,6 (índ. de ativ. física 1-5) – 38,0 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,38	
					Mulheres mais de 60 anos 892,1 – 200,5 (peso relativo) – 2,9 (FC de repouso) + 47,3 (índ. de ativ. física 1-5) – 61,2 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,20	

Blair <i>et al.</i> , 1989  (continuação)	M	41,1+- 10,7			Homens 20-29 anos 2.092,8 – 591,7 (peso relativo) – 5,4 (FC de repouso) + 106,6 (índ. de ativ. física 1-5) – 82,0 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,57	Não informado
					Homens 30-39 anos 1.998,7 – 563,7 (peso relativo) – 5,3 (FC de repouso) + 111,2 (índ. de ativ. física 1-5) – 88,5 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,59	
					Homens 40-49 anos 1.981,8 – 551,0 (peso relativo) – 6,2 (FC de repouso) + 103,5 (índ. de ativ. física 1-5) – 89,6 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,56	
					Homens 50-59 anos 1.797,2 – 475,1 (peso relativo) – 6,6 (FC de repouso) + 100,7 (índ. de ativ. física 1-5) – 84,0 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,50	
					Homens mais de 60 anos 1.627,3 – 469,6 (peso relativo) – 6,6 (FC de repouso) + 91,7 (índ. de ativ. física 1-5) – 70,0 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,40	

### 3 MÉTODO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se por ser um estudo descritivo correlacional (THOMAS; NELSON, 2002) com delineamento transversal retrospectivo, que utiliza como variáveis independentes gênero, frequência cardíaca pré-esforço, idade, massa corporal, estatura, IMC, hipertensão, tabagismo, diabetes, dislipidemia e condicionamento e como variável dependente, o  $VO_{2\text{pico}}$ .

#### 3.2 SUJEITOS DO ESTUDO

##### 3.2.1 População

Dados de 11.795 homens e mulheres pertencentes as classes sociais A, B e C que realizaram teste cardiopulmonar de esforço na clínica CardioSport de Florianópolis – SC entre o período de janeiro de 2004 e dezembro de 2009.

##### 3.2.2 Amostra

Após a aplicação dos critérios de inclusão/exclusão, a amostra constituiu-se de 8.293 testes cardiopulmonares (figura 1), sendo desses: ativos 5.597 (M=1.969, H=3.628), sedentários 2.696 (M=1.188, H=1.508).

##### 3.2.2.1 Critérios de inclusão

Foram pré-selecionados para o estudo:

- Dados de indivíduos que não realizem nenhuma atividade física regular (sedentários);
- Dados de indivíduos que realizem exercícios físicos, com uma frequência semanal igual ou superior a 2 vezes e duração da sessão de treinamento de pelo menos 30 min.

### 3.2.2.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos do estudo, dados de indivíduos que:

- Não tenham idade entre 18 e 65 anos;
- Apresentaram  $VO_{2\text{pico}}$  inferior a 16 ml/kg/min.;
- Apresentaram doenças cardíacas e/ou pulmonares.

Do mesmo modo foram excluídos:

- Dados visivelmente incorretos (erros de digitação);
- Avaliações incompletas;
- Quociente respiratórios (R) < 1,1.

### 3.2.3 Comitê de ética

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos (protocolo nº 97/2010), da Universidade do Estado de Santa Catarina (ANEXO A), o qual está de acordo com as normas éticas estabelecidas pela Resolução CNS 196/96 e com a Declaração de Helsinque.

A clínica CardioSport solicita de todos os avaliados previamente a realização dos testes cardiopulmonares de esforço a assinatura de um termo de consentimento de utilização dos dados coletados para fins de pesquisa. Todavia, devido ao grande tamanho amostral, foi solicitado e atendido pelo comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos, da Universidade do Estado de Santa Catarina, a dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### 3.2.4 Limitações do estudo

Este estudo apresenta como limitação o caráter retrospectivo das variáveis utilizadas e a presença ou não de doenças por vezes foi baseada somente nos questionamentos que precederam a realização do teste cardiopulmonar de esforço.

## 3.4 INSTRUMENTOS

### 3.4.1 Medidas realizadas nos avaliados

- Estatura (cm): estadiômetro da marca SANNY® (precisão de 0,1cm);
- Massa corporal (kg): balança Filizola® com resolução de 100 gramas;
- Cálculo do IMC: massa corporal (kg) dividida pelo quadrado da estatura (m);
- Frequência cardíaca pré-esforço (bpm): medida após os 5 min. de repouso que precederam o TCP com eletrocardiograma Elite de 3 derivações;
- Diabetes, hipertensão arterial e dislipidemias: verificados por exames solicitados pelos médicos ou informados pelo avaliado.

### 3.4.2 Teste cardiopulmonar

Os exames foram realizados com protocolo de rampa, segundo orientações da Sociedade Brasileira de Cardiologia para Teste Cardiopulmonar. Para determinação do consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ) a clínica CardioSport utilizou esteira rolante motorizada Imbrasport-ATL®, Brasil 1999 juntamente com Eletrocardiograma (ECG) de 3 derivações (Elite fabricado pela Micromed Brasília, DF - Brasil) em repouso e em esforço. A análise do  $VO_{2pico}$  foi determinada por intermédio de um analisador de gases tipo "mixing chamber", Metalyzer II, Cortex®, Alemanha, 2004, com utilização do software acoplado Ergo PC Elite Versão 3.3.6.2 (Micromed®, Brasil).

Os sujeitos foram orientados a não realizarem esforços intensos nas últimas 48h e a se apresentarem nos testes descansados, alimentados e hidratados. Os testes foram realizados em sala climatizada com temperatura entre 20 a 23 °C e umidade relativa do ar entre 60 e 65%.

Antes do início do exame, os indivíduos permaneceram sentados por 5 minutos com os equipamentos acoplados. Decorridos os 5 minutos, foi iniciado o teste de esforço pelo protocolo de rampa, sendo realizado aumento progressivo e constante de velocidade de inclinação da esteira a cada minuto, com cargas individualizadas para cada paciente.

Todos os sujeitos foram encorajados a realizar o exercício no seu máximo, sendo considerado  $VO_{2pico}$  o máximo consumo de  $O_2$  observado no minuto completo que

precedeu a exaustão.

A clínica também interrompeu os testes quando sintomas de fadiga, dispneia ou angina progressiva impediram a continuação do mesmo, assim como a presença de sinais de alteração eletrocardiográfica significativa. O período de recuperação pós-teste foi de 5 minutos, com carga inferior a inicial.

Neste trabalho, as expressões  $VO_{2máx.}$  e  $VO_{2pico}$  foram empregadas da mesma maneira que utilizadas nos estudos originais, ou seja, com referência à máxima quantidade de  $O_2$  utilizada por um indivíduo em teste ergoespirométrico, em situações de exercício ou em equações de predição empregadas, isto é, a intensidade de exercício em que o consumo de  $O_2$  não aumenta, mesmo com o incremento da carga, com presença de platô ( $VO_{2máx.}$ ) ou sem ( $VO_{2pico}$ ). Todavia, devido ao fato de o termo  $VO_{2pico}$  ser mais utilizado em estudos atuais e o platô no consumo de  $O_2$  ser pouco verificado nos exames, sempre que for feita referência aos resultados deste estudo, este será adotado como critério de quantificação da aptidão cardiorrespiratória.

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Antes da análise estatística, foi realizada limpeza dos dados em planilha do Microsoft Excel<sup>®</sup> de forma que permanecessem apenas os dados pertinentes ao estudo. Foram excluídas as avaliações que apresentaram algum valor impossível em qualquer variável analisada, dados em branco, avaliações de pessoas aparentemente normais que apresentaram  $VO_{2pico}$  inferior a 16 ml/kg/min. e dados de pessoas que apresentaram idade fora da faixa etária que o estudo se propôs a analisar.

Após a limpeza os dados foram transferidos para o programa SPSS versão 17.0 para Windows<sup>®</sup> para subsequente análise. Os dados dos indivíduos considerados aptos a participarem do estudo ( $n=8.293$ ), foram utilizados de duas maneiras: Primeiramente o grupo total foi analisado de maneira que foram desenvolvidas seis equações e posteriormente a amostra foi dividida em dois grupos (G1 e G2), de maneira aleatória. O grupo G1, composto por 6.293 indivíduos, destes 3.913 homens e 2.380 mulheres, foi utilizado como grupo desenvolvimento de uma equação e o grupo G2 constituído por 2.000 pessoas, 1.223 homens e 777 mulheres foi utilizado para validação cruzada da equação desenvolvida no grupo G1. Com relação ao número de integrantes homens e mulheres dos grupos G1 e G2, a formação foi realizada de maneira que os dois grupos

apresentassem o mesmo percentual de cada gênero encontrado na amostra total (61,9% de homens e 38,1% de mulheres).

Inicialmente foi realizado teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade de cada variável. Em seguida realizou-se análise descritiva para caracterizar a amostra verificando a média, desvio padrão e valores mínimos e máximos das variáveis do trabalho. O acesso das comorbidades foi realizado por meio de tabela de contingência, por meio de proporção de casos, sendo realizado o teste estatístico qui-quadrado ( $\chi^2$ ) de Pearson para examinar as associações entre as variáveis categóricas.

Para o desenvolvimento da equação, primeiramente procedeu-se à regressão múltipla pelo método enter. Este passo foi realizado para estudar a associação entre a variável dependente e cada variável preditora. A partir disso foram selecionadas as variáveis para entrar no modelo final. Foram consideradas variáveis candidatas a entrar no modelo de regressão múltipla todas as variáveis que apresentaram significância estatística menor ou igual a 5% ( $p < 0,05$ ).

As equações definitivas, a partir da regressão linear múltipla, foram construídas por intermédio do método stepwise. As variáveis foram incluídas a partir da análise anterior e permaneceram no modelo final a partir da correlação parcial controlada pelas variáveis que já estão no modelo apresentado  $p < 0,05$ .

A fim de verificar a qualidade da equação desenvolvida, foi calculado o coeficiente de explicação ( $R^2$  ajustado) e a análise de resíduos com o objetivo de checar as suposições do modelo de regressão linear e a identificação de outliers.

Para determinação da validade da equação desenvolvida, foi verificado o nível de significância estatística das variáveis independentes, coeficientes de correlação e erro padrão de estimativa. Para validação cruzada, foi utilizado o correlação de Pearson ( $r$ ), cálculo do EPE e  $R^2$  ajustado. Na análise estatística adotou-se significância de  $p < 0,05$  e intervalo de confiança de 95%.

#### 4. RESULTADOS

A amostra inicial do estudo constituiu-se de 11.795 indivíduos; desse total foram excluídos os dados de 3.502 pessoas: 3.058 por apresentarem idade fora da faixa etária que o estudo se propôs a analisar; 323 por erro em algum dos dados analisados (valores impossíveis), 75 pela ausência de algum dos dados e 46 pessoas, aparentemente normais, por apresentarem  $VO_{2\text{pico}}$  inferior a 16 ml/kg/min. Ao final da aplicação dos critérios de exclusão, permaneceram os dados de 8.293 indivíduos (Figura 1).



Figura 1 – Processo de inclusão/exclusão e definição do n amostral final

A distribuição dos dados foi considerada normal; todavia, foram verificados *outliers* – tais dados foram mantidos por serem valores possíveis entre os seres humanos. A amostra apresentou estatura com variação entre 142,5 e 208 cm e massa corporal de 39 a 145 kg. O  $VO_{2\text{pico}}$  geral da amostra variou entre 16 e 75,57 ml/kg/min. Entre as mulheres (N=3.157), o  $VO_{2\text{pico}}$  médio foi de 31,38 ml/kg/min.; nos homens (N=5.136), foi verificada média de 40,65 ml/kg/min. A caracterização amostral dos sujeitos estudados (N=8.293) é apresentada na tabela 2, por meio dos valores mínimos, máximos, média e desvio padrão

das variáveis de idade, estatura, massa corporal, IMC e frequência cardíaca de repouso e  $VO_{2\text{pico}}$ .

Tabela 2 - Caracterização da amostra

	Variável	Mínimo	Máximo	Média	DP
<b>Mulheres</b> N=3.157	Idade (anos)	18,02	65	40,45	12,4
	Estatura (cm)	142,50	190	162,71	6,5
	MC (kg)	39	111	62,64	10,5
	IMC	15,99	39,84	23,68	3,9
	FC rep	41	130	83,90	13,8
	$VO_{2\text{pico}}$	16	62,84	31,38	7,6
<b>Homens</b> N=5.136	Idade (anos)	18,00	65	39,58	12,5
	Estatura (cm)	145	208	176,31	7,2
	MC (kg)	42,20	145	81,17	12,6
	IMC	16,73	39,89	26,09	3,6
	FC rep	41	130	77,39	13,3
	$VO_{2\text{pico}}$	16,05	75,57	40,65	10,4

N= número de indivíduos; MC= massa corporal; DP= desvio padrão

Das quatro comorbidades analisadas, mulheres e homens apresentam quadro estatisticamente diferente para dislipidemia e diabetes, em que as mulheres apresentam valores percentuais inferiores aos homens. As comorbidades de homens e mulheres estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 - Porcentagem de comorbidades da amostra e diferença entre homens e mulheres

	<b>H</b>				<b>M</b>				$\chi^2$	<b>p</b>
	<b>(N=5.136)</b>				<b>(N=3.157)</b>					
	Sim		Não		Sim		Não			
N	%	N	%	N	%	N	%			
Dislipidemia	394	7,7	4.628	92,3	186	5,9	2.925	94,1	9,520	0,002*
Hipertensão	568	11,1	4.454	88,9	331	10,5	2.780	89,5	0,668	0,414
Tabagismo	222	4,3	4.800	95,7	123	3,9	2.988	96,1	0,891	0,345
Diabetes	114	2,2	4.908	97,8	46	1,5	3.165	98,5	6,009	0,014*

N=número de indivíduos; H=homem; M=mulher; \*p<0,05

Com a utilização dessa amostra (8.293 indivíduos), foram desenvolvidas seis equações. Em análise adicional, a amostra foi dividida em dois grupos (G1 e G2), de maneira aleatória, mantendo-se os mesmos percentuais de homens e mulheres. O grupo G1, composto por 6.293 indivíduos, foi utilizado para o desenvolvimento de nova equação, e o grupo G2 para validação cruzada da mesma (figura 2).

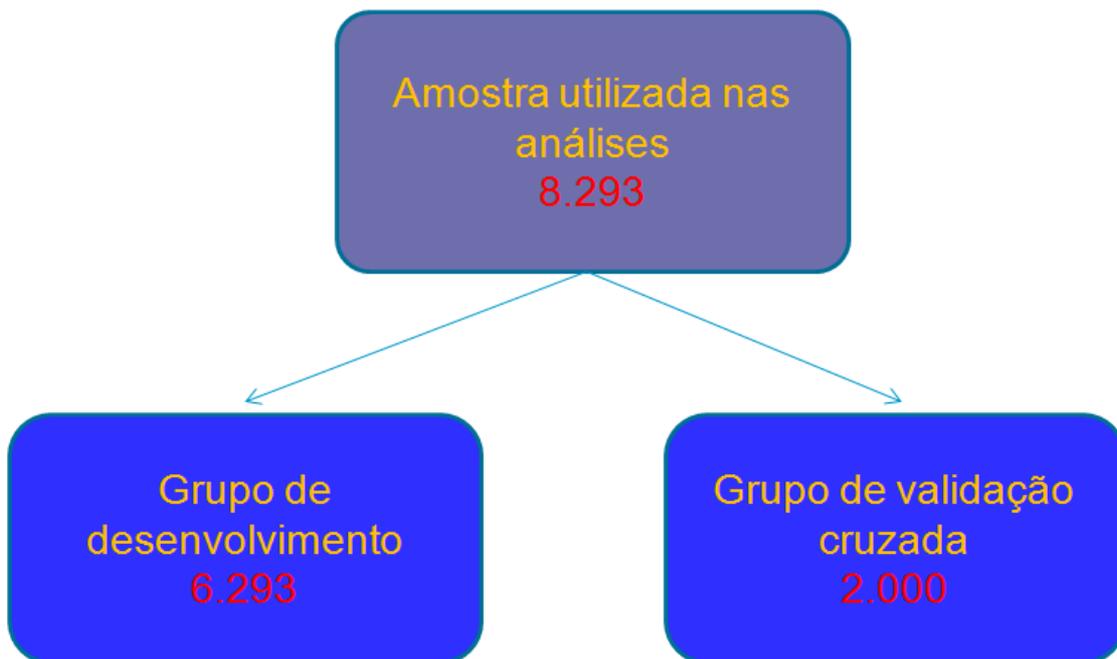


Figura 2 – Divisão da amostra em grupo de desenvolvimento de equação e validação cruzada

Entre as mulheres, os grupos G1 e G2 apresentaram  $VO_{2\text{pico}}$  médio de 31,56 e 30,9 ml/kg/min., respectivamente, enquanto que os homens, 40,56 ml/kg/min. para grupo G1 e 40,96 para grupo G2. Essas informações, juntamente com dados de idade, estatura, massa corporal, IMC e frequência cardíaca de repouso de homens e mulheres, estão apresentadas nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4- Caracterização dos indivíduos do grupo G1

	Variável	Mínimo	Máximo	Média	DP
<b>Mulheres</b> <b>N=2.414</b>	Idade (anos)	18,02	64,95	40,18	12,4
	Estatura (cm)	142,50	185	162,56	6,5
	MC (kg)	39	111	62,44	10,6
	IMC	15,99	39,84	23,65	3,9
	FC rep	41	129	83,88	13,9
	$VO_{2\text{pico}}$	16	62,84	31,53	7,6
<b>Homens</b> <b>N=3.879</b>	Idade (anos)	18,04	65	40,56	10,4
	Estatura (cm)	145	208	176,35	7,2
	MC (kg)	46	145	81,33	12,6
	IMC	16,98	39,89	26,13	3,6
	FC rep	41,00	130	77,31	13,3
	$VO_{2\text{pico}}$	16,05	75,57	40,56	10,4

N= número de indivíduos; MC= massa corporal; DP= desvio padrão

Tabela 5 - Caracterização dos indivíduos do grupo G2

		Variável	Mínimo	Máximo	Média	DP
<b>Mulheres</b> <b>N=743</b>		Idade (anos)	18,16	65	41,31	12,1
		Estatura (cm)	145	190	163,20	6,4
		MC (kg)	43	107	63,29	10,2
		IMC	16,65	39,82	23,8	3,9
		FC rep	47	130	83,95	13,6
		VO <sub>2pico</sub>	16	60,39	30,9	7,6
<b>Homens</b> <b>N=1.257</b>		Idade (anos)	18	64,93	39,33	12,4
		Estatura (cm)	146	203	176,18	7,0
		MC (kg)	42,20	133	80,7	12,4
		IMC	16,73	39,51	25,98	3,6
		FC rep	41	130	77,65	13,3
		VO <sub>2pico</sub>	16,59	71,16	40,93	10,5

N= número de indivíduos; MC= massa corporal; DP= desvio padrão

Com relação às comorbidades, o grupo G1 apresentou quadro semelhante ao da amostra total, em que mulheres apresentaram valores percentuais inferiores aos homens, com relação a presença de diabetes e dislipidemias. No grupo G2 o mesmo não ocorreu, homens e mulheres apresentaram valores percentuais semelhantes com relação as quatro comorbidades avaliadas (tabelas 6 e 7).

Tabela 6 - Porcentagem de comorbidades e diferença entre homens e mulheres no grupo G1

	<b>H</b>				<b>M</b>				$\chi^2$	<b>p</b>
	<b>(N=3.879)</b>				<b>(N=2.414)</b>					
	Sim		Não		Sim		Não			
N	%	N	%	N	%	N	%			
Dislipidemia	312	8,0	3567	92,0	146	6,0	2268	94,0	8,778	0,003*
Hipertensão	447	11,5	3432	88,5	249	10,3	2165	89,7	2,210	0,137
Tabagismo	162	4,2	3717	95,8	96	4,0	2318	96,0	0,151	0,698
Diabetes	94	2,4	3785	97,6	37	1,5	2377	98,5	5,790	0,016*

N=número de indivíduos; H=homem; M=mulher; \*p<0,05

Tabela 7 - Porcentagem de comorbidades e diferença entre homens e mulheres no grupo G2

	<b>H</b>				<b>M</b>				$\chi^2$	<b>p</b>
	<b>(N=1.257)</b>				<b>(N=743)</b>					
	Sim		Não		Sim		Não			
N	%	N	%	N	%	N	%			
Dislipidemia	82	6,5	1175	93,5	40	5,4	703	94,6	1,059	0,303
Hipertensão	121	9,6	1136	90,4	82	11,0	661	89,0	1,018	0,313
Tabagismo	60	4,8	1197	95,2	27	3,6	716	96,4	1,457	0,227
Diabetes	20	1,6	1237	98,4	9	1,2	734	98,8	0,471	0,492

N=número de indivíduos; H=homem; M=mulher

## Regressão

Para se verificar a associação da variável dependente com as 11 variáveis predictoras, utilizou-se a regressão linear múltipla pelo método *enter*. Após se constatar a associação das variáveis estudadas com o  $VO_{2\text{pico}}$ , procedeu-se à análise de regressão linear múltipla pelo método *StepWise*. Por esse método, desenvolveram-se seis

equações, duas generalizadas (Quadro 3) e quatro gênero específicas (Quadro 4), com a utilização da amostra total na regressão. As equações GN1 e GN2 são equações generalizadas, em que o gênero faz parte da fórmula; as equações M1 e M2 são destinadas ao sexo masculino e as equações F1 e F2 ao sexo feminino. Em todos os modelos desenvolvidos (equações mencionadas acima e a equação GN3 que será tratada adiante), as variáveis independentes demonstraram-se preditoras, estatisticamente significantes ( $p < 0,001$ ), da aptidão cardiorrespiratória.

Quadro 3 - Equações generalizadas

Título	Equação	r	R <sup>2</sup> ajustado	EPE
GN1	$VO_{2pico} = 38,698 - 342 (\text{idade}) + 10,342 (\text{gênero}) - 0,250 (\text{MC}) - 3,935 (\text{condicionamento}) + 0,191 (\text{estatura}) - 0,083 (\text{FCpré-esf}) - 1,957 (\text{dislipidemia}) - 1,608 (\text{hipertensão}) - 2,468 (\text{tabagismo}) - 1,861 (\text{diabetes})$	0,765	0,585	6,745 ml/kg/min.
GN2	$VO_{2pico} = 29,666 - 0,346 (\text{idade}) + 10,773 (\text{gênero}) - 0,270 (\text{MC}) - 4,180 (\text{condicionamento}) + 0,211 (\text{estatura}) - 2,571 (\text{tabagismo})$	0,754	0,568	6,881 ml/kg/min.

Legenda: GN1: equação generalizada 1; GN2: equação generalizada 2; r: valor da correlação; R<sup>2</sup> ajustado: coeficiente de explicação ajustado; EPE: erro padrão de estimativa; VO<sub>2</sub> pico: consumo de oxigênio de pico (ml/kg/min). Valores a serem aplicados nas fórmulas: idade em anos completos; estatura em centímetros (cm); massa corporal em quilogramas (kg); gênero: mulher (0) e homem (1); condicionamento: sedentários (0) e ativos (1); dislipidemia: não (0) e sim (1); tabagismo: não (0) e sim (1); hipertensão: não (0) e sim (1); diabetes: não (0) e sim (1) e FCpré-esf: valor em batimentos por minuto (bpm).

A equação generalizada GN1 apresentou o maior coeficiente de explicação (R<sup>2</sup> ajustado), apresentado no quadro 3, enquanto que a equação gênero específica F2, destinada ao sexo feminino, apresentou coeficiente de explicação mais baixo (quadro 4).

Quadro 4 - Equações específicas para o sexo feminino e masculino

Título	Equação	r	R <sup>2</sup> ajustado	EPE
M1	$VO_{2\text{pico}} = 47,189 - 0,394 (\text{idade}) - 0,282 (\text{MC}) - 4,289 (\text{condicionamento}) + 0,231 (\text{estatura}) - 0,90 (\text{FCpré-esf}) - 2,092 (\text{dislipidemia}) - 1,925 (\text{hipertensão}) - 2,901 (\text{tabagismo}) - 2,295 (\text{diabetes})$	0,729	0,531	7,150 ml/kg/min.
M2	$VO_{2\text{pico}} = 39,390 - 0,409 (\text{idade}) - 0,307 (\text{MC}) - 4,437 (\text{condicionamento}) + 0,254 (\text{estatura}) - 3,081 (\text{tabagismo})$	0,714	0,510	7,309 ml/kg/min.
F1	$VO_{2\text{pico}} = 37,844 - 0,250 (\text{idade}) - 0,208 (\text{MC}) - 3,428 (\text{condicionamento}) + 0,139 (\text{estatura}) - 0,053 (\text{FCpré-esf}) - 1,327 (\text{dislipidemia}) - 1,508 (\text{tabagismo}) - 1,009 (\text{hipertensão})$	0,661	0,436	5,687 ml/kg/min.
F2	$VO_{2\text{pico}} = 31,733 - 0,244 (\text{idade}) - 0,219 (\text{MC}) - 3,598 (\text{condicionamento}) + 0,151 (\text{estatura}) - 1,486 (\text{tabagismo})$	0,652	0,425	5,743 ml/kg/min.

Legenda: M1: equação masculina 1; M2: equação masculina 2; F1: equação feminina 1; F2: equação feminina 2; r: valor da correlação; R<sup>2</sup> ajustado: coeficiente de explicação ajustado; EPE: erro padrão de estimativa; VO<sub>2</sub> pico: consumo de oxigênio de pico (ml/kg/min); Valores a serem aplicados nas fórmulas: idade em anos completos; estatura em centímetros (cm); massa corporal em quilogramas (kg); condicionamento: sedentários (0) e ativos (1); dislipidemia: não (0) e sim (1); tabagismo: não (0) e sim (1); hipertensão: não (0) e sim (1); diabetes: não (0) e sim (1) e FCpré-esf: valor em batimentos por minuto (bpm).

Em análise adicional, conforme mencionado anteriormente, foi desenvolvida uma nova equação generalizada (GN3), com a utilização do grupo G1 e, em seguida, foi realizada a validação cruzada da mesma com a utilização do grupo G2. Os procedimentos que antecederam ao desenvolvimento e à validação cruzada dessa equação foram os mesmos adotados para as seis equações anteriores. A nova equação desenvolvida e validada está apresentada no quadro 5.

Quadro 5 - Equação generalizada com procedimento de validação cruzada

Título	Equação	r	R <sup>2</sup> ajustado	EPE
GN3	$VO_{2pico} = 71,147 - 0,338 (\text{idade}) + 10,081$ $(\text{gênero}) - 0,766 (\text{IMC}) - 0,103 (\text{FCpré-esf}) +$ $1,452 (\text{condicionamento}) - 3,150 (\text{tabagismo}) -$ $1,962 (\text{dislipidemia}) - 1,585 (\text{hipertensão}) - 2,134$ $(\text{diabetes})$	0,746	0,555	6,932 ml/kg/min.

Legenda: GN3: equação generalizada 3; r: valor da correlação; R<sup>2</sup> ajustado: coeficiente de explicação ajustado; EPE: erro padrão de estimativa; VO<sub>2</sub> pico: consumo de oxigênio de pico (ml/kg/min). Valores a serem aplicados nas fórmulas: idade em anos completos; condicionamento: sedentários (0) e ativos (1); dislipidemia: não (0) e sim (1); tabagismo: não (0) e sim (1); hipertensão: não (0) e sim (1); diabetes: não (0) e sim (1) e FCpré-esf: valor em batimentos por minuto (bpm).

A equação GN3 apresentou resultados bastante semelhantes aos verificados nas equações GN1 e GN2. Ao se realizar a validação cruzada dessa equação (GN3) para o grupo G2, essa apresentou uma correlação significativa de 0,75 ( $p < 0,000$ ) com o método de referência do grupo G2, R<sup>2</sup> ajustado de 0,56 e EPE de 6,11 ml/kg/min., sendo considerada válida para estimar a aptidão cardiorrespiratória desse grupo.

As variáveis que apresentaram maior importância nas sete equações desenvolvidas foram gênero, idade, massa corporal, IMC e condicionamento. O quadro 6 apresenta o peso- $\beta$  das três variáveis de maior impacto na predição da ACR em cada uma das sete equações desenvolvidas. Em todos os modelos em que o gênero compõe a equação, seus valores foram os mais elevados, seguidos da idade e massa corporal e do IMC na equação GN3, sendo essa a única equação que utilizou tal variável. O condicionamento (sedentário ou ativo) apresentou maior importância nos modelos F1, F2, M1 e M2.

Quadro 6 – Peso- $\beta$  das três variáveis de maior valor preditivo de cada equação

Equação \ Variável	GN1	GN2	GN3	F1	F2	M1	M2
Gênero	0,474*	0,500*	0,472*	-----	-----	-----	-----
Idade	-0,407*	-0,412*	-0,407*	-0,408*	-0,398*	-0,474*	-0,491*
MC	-0,354*	-0,383*	-----	-0,290*	-0,304*	-0,339*	-0,369*
IMC	-----	-----	-0,289*	-----	-----	-----	-----
Condicionamento	-----	-----	-----	-0,219*	-0,230*	-0,187*	-0,198*

Legenda: GN1: equação generalizada 1; GN2: equação generalizada 2; GN3: equação generalizada 3; F1: equação para o sexo feminino 1; F2: equação para o sexo feminino 2; M1: equação para o sexo masculino 1; M2: equação para o sexo masculino 2; MC: massa corporal; IMC: índice de massa corporal; \*  $P < 0,001$

## 5. DISCUSSÃO

Mesmo que considerada um indicativo de risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e outras doenças crônico-degenerativas, a avaliação e utilização da ACR, seja pelo método direto ou pelo indireto com a realização de exercícios físicos, é limitada pelo custo de equipamentos, espaço, tempo e qualificação profissional (NETO e FARINATTI, 2003). A obtenção desses dados por intermédio de equações de regressão sem testes que envolvam exercícios físicos é uma alternativa econômica, prática e eficiente, podendo ser utilizada em grandes populações e estudos epidemiológicos (BERKEY et al., 2000; JURCA et al., 2005; DUQUE et al., 2009; MAILEY et al., 2010).

Contudo, Whaley et al. (1995), mesmo concluindo que os modelos de predição da ACR são válidos, pois satisfazem os critérios estatísticos, em oposição aos estudos anteriores, consideram-nos insuficientemente acurados para predizer a ACR em estudos epidemiológicos destinados a verificar situação de risco de desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas. Os pesquisadores alcançaram essa conclusão ao analisarem o EPE de seus modelos de regressão, que atingiu 5,4 ml/kg/min. Com esses dados, o intervalo de confiança de 95% é 10,6 ml/kg/min; com base nessas informações, um homem com um  $VO_{2\text{pico}}$  de 36,6 ml/kg/min poderia ter seus escores em um intervalo de variação entre 26 e 47 ml/kg/min.

Porém, em oposição ao estudo de Whaley et al. (1995), Matheus et al. (1999) concluíram que a aptidão cardiorrespiratória pode ser predita sem exercícios físicos em estudos epidemiológicos. Seus avaliados foram divididos em quintis de acordo com sua aptidão cardiorrespiratória (medida de maneira direta). O modelo desenvolvido classificou os avaliados no quintil correto ou adjacente de sua aptidão cardiorrespiratória em 83% dos casos. A classificação de indivíduos com baixa aptidão cardiorrespiratória, classificados como alta, ocorreu somente em 0,13% dos casos (MATHEUS et al., 1999).

Os resultados deste estudo demonstram que modelos de predição da ACR sem exercícios podem promover estimativas válidas do  $VO_{2\text{pico}}$ . As equações desenvolvidas predizem a ACR com razoável precisão para homens e mulheres, aparentemente saudáveis, ativos e sedentários, com idades entre 18 e 65 anos, de diversos grupos étnicos e pertencentes às classes sociais A, B e C.

A melhor equação desenvolvida neste estudo (GN1) apresenta  $R^2$  ajustado = 0,585 e EPE de 6,745 ml/kg/min. Tal equação, assim como os modelos GN2, F1, F2, M1 e M2 foram desenvolvidas com a utilização da amostra total (N = 8.293 indivíduos), sem a realização do procedimento de validação cruzada. Somente no modelo GN3 esse procedimento foi realizado, o que aumenta a confiabilidade dos resultados obtidos. Nessa equação, os valores de  $R^2$  ajustado (0,555) e EPE (6,932 ml/kg/min) foram bastante semelhantes aos valores verificados no modelo GN1, e, por esse motivo, é recomendada a sua utilização para avaliar indivíduos com características semelhantes a amostra, a menos que não seja conveniente devido às variáveis necessárias.

Os resultados obtidos são semelhantes aos reportados por Rankin et al. (1996) ( $R^2$  ajustado = 0,504 e EPE 5,43 ml/kg/min); Leon et al. (1980) ( $R^2$  ajustado = 0,56 e EPE não informado) e Blair et al. (1989) ( $R^2$  ajustado 0,59 e EPE não informado) e também à equação que utiliza IMC de Jackson et al. (1990) ( $R^2$  ajustado = 0,61 e EPE = 5,70 ml/kg/min).

No artigo de Jackson et al. (1990) desenvolveu-se equação que apresenta  $R^2$  ajustado = 0,66 e EPE = 5,35 ml/kg/min com utilização do G%, índice PA-R, idade e gênero. Entretanto, essa equação apresenta dificuldade para sua utilização devido à necessidade de se calcular o G%. Como alternativa, esses pesquisadores propuseram outra equação em que utilizam o IMC como substituto para o G%. Tal procedimento reduz a precisão do resultado ( $R^2$  ajustado = 0,61 e EPE = 5,70 ml/kg/min.), o que é compensado pela facilidade em se utilizar o IMC. O estudo aqui desenvolvido também apresenta equações alternativas. Os modelos (equações GN2, F2, M2) apresentam pequena redução na precisão; contudo, as variáveis utilizadas são de simples mensuração e podem ser utilizadas em situações nas quais não é possível a obtenção de informações sobre FCpré-esf, hipertensão arterial, diabetes e dislipidemia, tornando-se uma alternativa viável de utilização simples e rápida.

Dos estudos realizados anteriormente que apresentaram precisão superior ao verificado neste trabalho (Bruce et al., 1973; Jackson et al., 1990 (equação com G%); Heil et al., 1995; Whaley et al., 1995; Williford et al., 1996; George et al., 1997; Matheus et al., 1999; Heil et al., 2002; Bradshaw et al., 2005; Jurca et al., 2005; Sanada et al., 2006; Barbosa et al., 2008), todos utilizam algum tipo de instrumento mais apurado (questionários) para verificação do nível de atividade física, realizado pelo avaliado ou sua

sensação subjetiva para percorrer determinadas distâncias, à exceção de Sanada et al. (2006) e Heil et al. (2002), que não apresentam tais informações.

Nesses trabalhos, verificou-se por intermédio de seus escores de peso- $\beta$ , que esses dados estão entre os que mais contribuem para a predição da ACR. Contudo, não foi possível a obtenção dessas variáveis neste estudo por se tratar de análise de banco de dados; somente foi realizada a divisão da amostra entre ativos e sedentários. A obtenção de tais informações, possivelmente, aumentaria consideravelmente a precisão dos modelos aqui desenvolvidos.

Outro aspecto importante verificado no estudo de Jackson et al. (1990), é a diminuição na precisão dos modelos quando aplicados a indivíduos com elevada aptidão cardiorrespiratória (ACR > 55 ml/kg/min). Todavia, segundo os pesquisadores, esse não é considerado um grave problema, pois indivíduos com uma ACR dessa magnitude representaram somente 4% da população estudada. O presente estudo não verificou essa perda de precisão em indivíduos altamente treinados ao se analisar os valores de  $r$ ,  $R^2$  ajustado e EPE deste grupo em separado (dados não apresentados). Mesmo que isso ocorresse, deve-se ter em mente que o objetivo desse tipo de procedimento é identificar pessoas com baixo nível de ACR a ponto de sua saúde estar em risco e não indivíduos com alto nível de  $VO_{2\text{pico}}$ .

Pesquisadores brasileiros pouco se dedicaram ao desenvolvimento de equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem testes que envolvam exercícios físicos. Os únicos estudos encontrados destinados à população brasileira (Lima e Abatti, 2006; Barbosa et al. 2008) utilizaram tamanho amostral inferior ao utilizado neste trabalho e analisaram populações específicas, sendo 30 jovens universitários do sexo masculino, com idades entre 20 e 30 anos no estudo de Lima e Abati (2006), e 243 indivíduos do sexo masculino e feminino, com idades entre 17 e 45 anos, no estudo de Barbosa et al. (2008). A importância deste estudo para o Brasil é devido ao grande tamanho amostral (8.293 indivíduos, sendo 3.157 mulheres e 5.136 homens), ampla faixa etária (de 18 a 65 anos) e nível de aptidão cardiorrespiratória com variação de 16 a 75,57 ml/kg/min. Outro fator importante é que este estudo envolve pessoas pertencentes a classes sociais A, B e C, abrangendo grupos de pessoas com hábitos de vida bastante heterogêneos. O conjunto desses fatores proporciona potencial de generalização elevado para população do sul do Brasil.

É importante destacar ainda que o tamanho da amostra utilizada é fator significativo quando se objetiva desenvolver um instrumento para ser utilizado em grandes populações, influenciando diretamente o seu potencial de generalização. As equações aqui desenvolvidas utilizaram uma amostra de tamanho representativo para o objetivo do estudo (8.293 avaliações), apresentando N (amostra) consideravelmente maior que os estudos anteriores, sobretudo aos artigos de Lima e Abatti (2006) e de Barbosa et al. (2008), desenvolvidos no Brasil. De todos os estudos encontrados e estudados, somente cinco utilizaram uma amostra composta por mais de 1.000 (mil) indivíduos: são os trabalhos de Blair et al. (1989), com 19.570 avaliações; Jackson et al. (1990), com 2.139 avaliações; Whaley et al. (1995), com 2.350; Jurca et al. (2005), que utilizaram quatro bancos de dados com um total de 49.759 indivíduos avaliados e Wier et al. (2006), com 2.801.

Todavia, esta pesquisa apresenta precisão reduzida ao se comparar com o estudo de Barbosa et al. (2008). Tal trabalho apresenta um coeficiente de explicação superior ao encontrado nesta investigação. Na referida pesquisa, obtiveram-se valores de  $R^2$  ajustado = 0,90, enquanto a melhor equação que este estudo desenvolveu apresentou valores de  $R^2$  ajustado de 0,585. O erro padrão de estimativa (EPE) no estudo de Barbosa et al. (2008) foi menor (EPE= 3,44 ml/kg/min) em comparação ao verificado nesta investigação (EPE de 6,73 ml/kg/min). Esse resultado, possivelmente, deve-se à reduzida amplitude da idade dos indivíduos avaliados no artigo de Barbosa et al. (2008) e da classificação da aptidão cardiorrespiratória em quatro categorias.

Conforme pode ser visualizado por intermédio do peso- $\beta$  (indicador da força preditiva das variáveis independentes) no quadro 5, a variável que revelou maior impacto na predição ACR nas equações GN1, GN2 e GN3 foi o gênero, apresentando valores de 0,474; 0,500 e 0,472, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos 0,500 encontrados por Mailey et al. (2010) e 0,530 e 0,500 verificados por George et al. (1997) e superiores aos valores de 0,180 encontrados por Heil et al. (1995) e de 0,260 por Whaley et al. (1995). Essa influência é suportada por Cooper (1977), MCardle (1998) e Tebexreni et al. (2001), que afirmam que indivíduos do sexo masculino apresentam desempenho na aptidão cardiorrespiratória superior ao sexo feminino. Essas diferenças se devem, principalmente, à composição corporal e hematócrito.

Já nas equações específicas para o sexo feminino (F1 e F2) e sexo masculino (M1 e M2), a idade apresentou maior importância. Os valores de peso- $\beta$  variam entre -0,398 e

-0,491 nessas equações, sendo esses semelhantes ao valor de -0,450 encontrado por Mailey et al. 2010. Contudo, esses resultados são estatisticamente mais significantes do que os obtidos nos estudos de Heil et al. (1995), Whaley et al. (1995) e Bradshaw et al. (2005). Segundo a literatura, o consumo de O<sub>2</sub> diminui entre oito e 10% por década de vida após os 25 anos de idade (COOPER, 1977; JACKSON et al., 1996; TEBEXRENI et al., 2001; RAVAGNANI et al., 2005). Ravagnani et al. (2005) observaram que um indivíduo na faixa etária entre 60-69 apresenta cerca de 60% do VO<sub>2máx.</sub> de quando estava na faixa etária entre 20-29 anos. Dessa maneira, a utilização de tal variável é justificada pela ampla faixa etária que as equações abrangem.

Esse quadro se deve à redução de massa muscular, aumento do tecido adiposo, redução da diferença artério-venosa de O<sub>2</sub>, redução da frequência cardíaca máxima, redução do volume de ejeção, redução do débito cardíaco, aumento da pressão sanguínea e aumento da resistência vascular sistêmica em esforço máximo (POLLOCK et al., 1997; SPINA et al., 1999).

Segundo Sandvik et al. (1995), indivíduos que fazem uso de tabaco apresentam uma aptidão cardiorrespiratória reduzida, devido principalmente a alterações na função pulmonar. A abstinência de cigarro por apenas 24 horas proporciona melhor tolerância ao exercício físico onde a aptidão cardiorrespiratória é exigida, o que demonstra a grande influência dessa variável no desempenho da aptidão cardiorrespiratória (MALFATT e LOUZADA, 2009). Alguns artigos utilizaram o tabagismo como variável preditora de suas equações: Whaley et al. (1995) encontraram valores de peso- $\beta$  de -0,064 ( $p < 0,001$ ), valor semelhante a -0,060 ( $p < 0,001$ ), obtido nas equações GN3 e -0,047 ( $p < 0,001$ ), encontrado no modelo GN1. Blair et al. (1989), que desenvolveram dez equações para os sexos masculino e feminino, obtiveram valores de peso- $\beta$  que variaram entre -0,03 e -0,09 ( $p < 0,005$ ) para mulheres e -0,04 e -0,13 para homens ( $p < 0,005$ ), o que demonstra que o tabagismo contribui sutilmente para a predição.

Blair et al. (1989) observaram em seu estudo que a frequência cardíaca de repouso contribuía para a predição da ACR com variação de peso- $\beta$  entre -0,177 e -0,273 ( $p < 0,005$ ). De fato, segundo Fox et al. (1991), uma frequência cardíaca reduzida é característica de pessoas com melhor aptidão cardiorrespiratória. Isso ocorre devido ao maior volume de ejeção e, conseqüentemente, maior débito cardíaco. Esses valores encontrados por Blair et al. (1989) são melhores que os -0,111 e -0,138 encontrados nas equações GN1 e GN3 ( $p < 0,001$ ), respectivamente, deste trabalho. Todavia, no estudo de

Mailey et al. (2010), que se propuseram a validar os modelos desenvolvidos por Jurca et al. (2005), a FCrep não foi associada com a ACR, em contraste com o estudo original em que essa variável obteve valores de correlação de Pearson entre -0,23 e -0,42 ( $p < 0,01$ ).

Segundo Bray (1987), as avaliações de massa corporal e estatura são dados amplamente disponíveis em nosso meio, proveniente de exames de seguros de vida e avaliações de saúde. Esses dados apresentaram bom valor preditivo para a população utilizada neste estudo. A massa corporal foi a medida que apresentou o terceiro melhor escore de peso- $\beta$  (-0,354) ( $p < 0,001$ ) no modelo GN1, enquanto que o modelo GN2 apresentou resultado mais modesto (-0,270) ( $p < 0,001$ ). Nos modelos GN1 e GN2, esse resultado difere muito do escore de 0,434 ( $p < 0,001$ ) encontrado por Whaley et al. (1995) (equação não apresentada). Nas equações GN1 e GN2, que predizem o  $VO_{2\text{pico}}$  relativo a massa corporal, o sinal negativo em frente ao número indica que na medida em que a massa corporal cresce o  $VO_{2\text{pico}}$  diminui, ocorrendo o contrário na situação inversa, enquanto que no estudo de Whaley et al. (1995) por se tratar de predição do  $VO_{2\text{pico}}$  em valores absolutos (l/min.) não existe esse sinal, e dessa maneira, como é de se esperar, o  $VO_{2\text{pico}}$  absoluto aumenta quando a massa corporal também aumenta e diminui na situação contrária.

A estatura nos modelos GN1 e GN2 apresentam escores de peso- $\beta$  de 0,174 e 0,192 ( $p < 0,001$ ), respectivamente. Outros estudos utilizaram essa variável em suas equações: Verma et al. (1980); Rankin et al. (1996); Verna et al. (1998) e Matheus et al. (1999); contudo, não apresentaram o impacto desse dado nos modelos desenvolvidos e, dessa maneira, não se obteve parâmetros para comparação. São poucos os estudos que utilizam essa informação para a predição.

Com utilização das variáveis de peso e estatura, deriva-se o índice de Quetelet, publicado em 1835, por Adolphe Quetelet, mais conhecido como índice de massa corporal (IMC). Este trabalho utilizou o IMC, na equação GN3, como marcador da composição corporal. Neste estudo, o modelo obteve peso- $\beta$  de -0,289 ( $p < 0,001$ ), corroborando com o valor de -0,270, encontrado por Bradshaw et al. (2005) e -0,330 ( $p < 0,001$ ) por Mailey et al. (2010). O valor obtido foi mais significativo que o escore de -0,034 ( $p < 0,001$ ), obtido por Whaley et al. (1995), e menos significativo que -0,450 ( $p < 0,0001$ ), encontrado por George et al. (1997).

Não é recomendada a utilização da estatura e massa corporal em conjunto com o IMC, devido ao fato dessas informações estarem explicando o mesmo fenômeno.

As variáveis independentes listadas foram amplamente utilizadas nos estudos que tratam da aptidão cardiorrespiratória sem a execução de testes de exercícios físicos (BRUCE et al., 1973; VERMA et al., 1980; LEON et al., 1980; BLAIR et al., 1989; JACKSON et al., 1990; HEIL et al., 1995; WHALEY et al., 1995; WILLIFORD et al., 1996; GEORGE et al., 1997; VERNA et al., 1998; MATHEUS et al., 1999; HEIL et al., 2002; BRADSHAW et al., 2005; JURCA et al., 2005; ELDRIDGE 2005; LIMA e ABATTI 2006; WIER et al., 2006; SANADA et al., 2006; BARBOSA et al., 2008; DUQUE et al., 2009; MAILEY et al., 2010) e sua influência comprovada pelos procedimentos estatísticos utilizados. Contudo, em nenhum dos trabalhos que precederam a este, foi avaliada a interferência de alterações metabólicas (dislipidemia e diabetes) e hemodinâmicas (hipertensão arterial) na predição da ACR. Essas variáveis demonstraram-se como estatisticamente significantes para a predição; todavia, quando removidas, seu impacto é pequeno na redução dos valores de  $R^2$  ajustado e EPE.

Isso pode ser visualizado ao se comparar as equações GN1 com GN2 (Quadro 9) em que ocorre uma sensível redução no  $R^2$  ajustado de 0,017 e aumento no EPE de 0,136 ml/kg/min. Isso também ocorre nas equações M1 com M2 (Quadro 10), apresentando redução no  $R^2$  ajustado de 0,021 e aumento no EPE de 0,159 ml/kg/min e também nos modelos F1 com F2 (Quadro 10), em que ocorre redução no  $R^2$  ajustado de 0,011 e aumento no EPE de 0,056 ml/kg/min. Por esse motivo, os modelos GN2, F2 e M2 podem ser utilizados quando não for possível ou conveniente obter tais informações, sem perda considerável na precisão.

Com respeito à validação cruzada, procedimento realizado somente com a equação GN3, essa apresentou correlação de Pearson significativa ( $r=0,75$  e  $p<0,000$ ) dos valores preditos com os escores mensurados pelo método de referência (TCPE), explicando 56% da variação do  $VO_{2\text{pico}}$  ( $R^2$  ajustado = 0,5607) e apresentando EPE = 6,11 ml/kg/min. Valores esses, ligeiramente inferiores aos observados por Jackson et al. (1990), na validação cruzada para indivíduos aparentemente saudáveis ( $r=0,82$  e EPE=5,00 ml/kg/min para equação com G% e  $r=0,79$  e EPE=5,3 ml/kg/min para equação com IMC); todavia quadro mais estável ao verificado por Eldridge (2005), em que encontrou  $r=0,68$  e EPE=3,74 ml/kg/min. Bradshaw et al. (2005) obtiveram resultados consideravelmente superiores em sua validação cruzada com a utilização do método *Press* ( $r=0,91$  e EPE=3,63 ml/kg/min), demonstrando boa estabilidade de seu modelo. O estudo dos brasileiros Barbosa et al. (2008) apresentou resultados de correlação excelentes para sua validação cruzada ( $r=0,95$  e EPE = 3,44 ml/kg/min).

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, observaram-se vantagens em se utilizar equações sem exercícios físicos para predição da aptidão cardiorrespiratória. Os modelos desenvolvidos podem prever a ACR por intermédio de variáveis de simples aferição, para uma ampla faixa da população da região sul do Brasil, sem a necessidade de custos administrativos elevados e com reduzido tempo de avaliação. As equações desenvolvidas se apresentam como alternativa prática para predição do  $VO_{2\text{pico}}$  em grandes populações e estudos epidemiológicos ou avaliação inicial de uma única pessoa, fornecendo grau de precisão comparável aos modelos de exercícios submáximos já estabelecidos.

A equação GN3 apresenta maior confiabilidade de utilização devido ao fato de ser a única em que foi realizada a validação cruzada e por apresentar valores de  $r$ ,  $R^2$  ajustado e EPE entre as três equações com valores mais representativos desses parâmetros, por essa razão é recomendada a sua utilização, todavia caso seja inviável a obtenção de informações de diabetes, hipertensão arterial, dislipidemia e frequência cardíaca pré-esforço, é indicada a utilização da equação generalizada GN2.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ANDRADE J.; BRITO F.S.; VILAS-BOAS F.; CASTRO I.; OLIVEIRA J.A.; GUIMARÃES J.I.; et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. II Diretrizes sobre teste ergométrico. **Arq Bras Cardiol**. v.78 (supl. 1), p.1-17, 2002.

AÑES C. R. R. O Exercício Físico no Controle do Sobrepeso Corporal e da Obesidade. Disponível em <http://www.efdeportes.com>. **Revista Digital - Buenos Aires**, v.8, n.52, Set, 2002. Acesso: 20 de março de 2009.

HERDY A.H e UHLENDORF D. Valores de Referência para o Teste Cardiopulmonar para Homens e Mulheres Sedentários e Ativos. **Arq Bras Cardiol**; v.96, n.1, p.54-59, 2011.

BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Med Sci Sports Exerc**, v.32, n.10, p.1798–1802, 2000.

BARBOSA et al. Modelo Matemático para Levantamento Epidemiológico da Aptidão Física Cardiorrespiratória sem Teste de Esforço. **Rev Salud Publica**, v. 10, n.2, p.260-68, 2008.

BERKEY C.S. *et al.* Activity, Dietary Intake, and weight changes in a Longitudinal Study of Preadolescent and Adolescents Boys and Girls. **Pediatrics**. v.105, n.4, p.56-64, 2000.

BEUNEN, G.; BORMS. J. Cineantropometria raízes, desenvolvimento e futuro. **Rev Bras Ci Movimento**. v.4, n.3, p.76-97, 1990.

Blair S.N. et al. Surrogate measures of physical activity and physical fitness. **Am J Epidemiol**. v.129, n.6, p.1145-56, 1989.

BRADSHAW, D.I. et al. An Accurate  $VO_{2max}$ . Nonexercise Regression Model for 18-65-Year-Old Adults. **RQES**. v.76, N.4, P.426, 2005.

BRAY, G. A. Overweight is risking fate. Classification, Prevalence and Risks. **Annals of New York Academy of Sciences**. v.249, p.14-28, 1987.

BRUCE, R.A. et al. Maximal oxygen and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **Am Heart J**. v.85, n.4, p.546-62, 1973.

BOUCHARD C, SHEPHARD RJ, STEPHENS T. **Physical activity, fitness, and health: international proceedings and consensus statement**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSEN, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Rep**, v.100, n.2, p.126-13, 1985.

CHOPRA, M.; GALBRAITH, S.; DARNTHON-HIL, I. A Global Response to a Global Problem: the epidemic of overnutrition. **Bulletin of the World Health Organization**. v.80, n.12, p.952-958, 2002.

CHURCH T.S. *et al.* Cardiorespiratory Fitness and Body Mass Index as Predictors of Cardiovascular Disease Mortality Among Men With Diabetes. **Arch Intern Med**, v.165, p.2114-2120, 2005.

COOPER, K. H. **The aerobic way**. New York: Bantam Books, 1977.

DUQUE I.L.; PARRA J.H.; DUVALLET A. A New Non Exercise-based  $VO_{2max}$ . Prediction Equation for Patients with Chronic Low Back Pain. **J Occup Rehabil**. v.19, s/n, p.293-99, 2009.

- DUSTMAN-ALLEN, K M.; PLOWMAN, S A. FACSM; LOONEY, M A. Validation of A Non-Exercise Regression Equation for the Prediction of Maximal Aerobic Capacity. **Med Sci Sports Exerc.** May 2003 - Volume 35 - Issue 5 - p S310 (SUPLEMENTO).
- ELDRIDGE, JAMES A. Validation of a Non Exercise Model For The Prediction of  $VO_{2max}$  in firefighters: 2073 Board #212 2:00 PM - 3:30 PM. **Med Sci Sports Exerc.** May 2005 - Volume 37 - Issue 5 - p S404 (SUPLEMENTO).
- FERREIRA, V. A.; MAGALHÃES, E. Obesidade no Brasil: tendências atuais. **Revista Portuguesa de Saúde Pública.** v.24, n.2, p.71-81, 2006.
- FLEGAL, K. M.; TROIANO, R. P.; BALLARD-BARBASH R. Aim for a Health Weight: what is the Target? **The Journal of Nutrition**, v.131, p.440S-450S, 2001.
- FOX, E.L.; BOWERS R.W.; FOSS M.L. **Bases Fisiológicas da Educação Física e Desportos.** 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.
- GEORGE, J.D. et al. Non-exercise  $VO_{2max}$  estimation for physically active college students. **Med Sci Sports Exerc.** v.29(3), s.n., 415-23,1997.
- GUIMARÃES, JI. et al. Normatização de Técnicas e Equipamentos para Realização de Exames em Ergometria e Ergoespirometria. **Arq Bras Cardiol**; v.80, p. 458-64, 2003.
- HASKELL, W. L.; KIERNANM, M. Methodologic issues in measuring physical activity and physical fitness when evaluating the role of dietary supplements for physically active people. **Am J Clin Nutr**, v. 72, n. 2, 541 S-50S, 2000.
- HEIL D.P. et al. Nonexercise regression models to estimate peak oxygen consumption. **Med Sci Sports Exerc.** v.27, n.4, p.599-606, 1995.
- HEIL, D.P.; FREEDSON, P.S.; Mathews, C.E.; Dunn, A.L.; Pruitt, L. Assessing Change in  $Vo_{2max}$  With A Non-Exercise Regression Model. **Med Sci Sports Exerc.** May 2002 - Volume 34 - Issue 5 - p S229. (SUPLEMENTO).

HILL, A.V.; LUPTON H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. **Q J Med.** s/v, s/n, 16: p.135-71, 1923.

HO, S. C. et al. Association between simple anthropometric indices and cardiovascular risk factors. **International Journal of Obesity**, v.25, s.n., p.1689-1697, 2001.

JACKSON, A. S. et al. Prediction of functional aerobic capacity exercise testing. **Med Sci Sports Exerc.** v.22, n.6, p.863-70,1990.

JACKSON, A. S. et al. Changes in Aerobic Power of Men Aged 25-70 Yr. **Med Sci Sports Exerc.** v. 27, n.1, p.113-120, 1995.

JANSEN, I.; KATZMARZYK, P. T.; ROSS R. Waist Circumference and not Body Mass Index Explains Obesity-related Health Risk. **American Journal of Clinical Nutrition.** v.79, s.n., p.379-84, 2004.

JOYNER, M. J. Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. **J Appl Physiol.** v.70, n.2, p.683-687, 1991.

JURCA, R. et al. Assessing Cardiorespiratory Fitness Without Performing Exercise Testing. **Am J Prev Med.** v.29 , n.3 , p.185-193, 2005.

KURL, S. et al. Cardiorespiratory Fitness and the Risk for Stroke in Men. **Arch Intern Med.** v.163, s.n., p. 1682-1688, 2003.

LAKA, T. A. et al. Relation of Leisure-Time Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness to the Risk of Acute Myocardial Infarction in Men. **N Engl J Med**, v.330, n.22, p.1549-1554, 1994.

LEE, D. et al. Mortality trends in the general population: the importance of Cardiorespiratory fitness. **J. Psychopharmacology**, v.24, n.11, s. 4. p.27–35. 2010.

LEON, A.S. et al. Relationship of physical characteristics and life habits to treadmill capacity. **Am J Epidemiol.** v.113, n.6, p.653-60, 1981.

LIMA D.F.; ABATTI P.J. Formulação de equação preditiva do  $VO_{2máx}$ . baseada em dados que independem de exercícios físicos. **Semina**, v.27, n.2, p. 139-49, 2006.

MALFATT C.R.M.; LOUZADA G.F. Abstinência aguda ao tabagismo melhora parâmetros cardiovasculares durante teste máximo em normotensos. **Fisioter Mov.** v.22, n.2, p.201-209, 2009.

MAILEY, E.L. et al. Construct Validation of a Non-Exercise Measure of Cardiorespiratory Fitness in Older Adults. **BMC Public Health**, v.10, n.59, s/p, 2010.

MARANHÃO NETO, G. A; FARINATTI, P. T. V. Equações de Predição da Aptidão Cardiorrespiratória sem testes de exercícios e sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos: revisão descritiva e análise dos estudos. **Rev Bras Med Esporte**, v.9, n.5, p. 304-314, 2003.

MARANHÃO NETO, G.A.; LOURENÇO P.M.C.; FARINATTI P.T.V. Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem testes de exercício e sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos: uma revisão sistemática. **Cad Saúde Pública**, v.20, n.1, p.48-56, 2004.

MCARDLE, W. D.; KATCH F.I.; KATCH V.L. **Fisiologia do exercício** – energia, nutrição e desempenho. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.

MATTHEWS C.E. et al. Classification of Cardiorespiratory Fitness Without Exercise Testing. **Med Sci Sports Exerc.** v.31, n.3, p. 486-93, 1999.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; WILKINSON, M. Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? Empirical Research Findings, Current Opinions, Physiological Rationale and Practical Recommendations. **Sports Med**, v.36, n.2, p.117-132, 2006.

NEDER, J. A; NERY, L. E. Teste de exercício cardiopulmonar. **J Pneumol.** v.28, n.3, p.S116-S216, 2002.

NEGRÃO, C. E; BARRETO, A. C. P. **Cardiologia do Exercício: do atleta ao cardiopata.** Barueri: Manole, 2005.

NIEMAN, D. C. **Exercício e Saúde**. São Paulo: Manole, 1999.

NOAKES, T. D. Implications of Exercise Testing for Prediction of Athletic Performance: a contemporary perspective. **Med Sci Sports Exerc**. v. 20, n.4, p. 319-330, 1988.

PATE R.R. ET AL. , PRATT M, BLAIR S.N, HASKELL W.L, MACERA C.A, BOUCHARD C, ET AL. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. **JAMA** , v.273, n.5, p.402-7. 1995

PETROSKI, E. L. **Cineantropometria**: caminhos metodológicos no Brasil. In FERREIRA NETO A, GOELLNER S.V., BRACHT V., organizadores. *As Ciências do Esporte no Brasil*. Campinas: Ed. Autores Associados; p.81-101, 1995.

POLLOCK, M. L. et al. Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. **J Appl Physiol**. v.82, s/n, p.1508-16. 1997.

RANKIN S.L. et al. A Specific Activity Questionnaire to Measure the Functional Capacity of Cardiac Patients. **Am J Cardiol**. v.77, s.n., p. 1220-1223, 1996.

RAVAGNANI F.C.P; COELHO C.F; BURINI R.C. Declínio do consumo máximo de oxigênio em função da idade em indivíduos adultos do sexo masculino submetidos ao teste ergoespirométrico. **R Bras Ci e Mov**. v.13, n.3, p.23-28, 2005.

SANADA K. et al. Development of nonexercise prediction models of maximal oxygen uptake in health Japanese Young men. **Eur J Appl Physiol**. v.99; s/n; p.143-148, 2007.

SANDVIK L.; ERIKSSSEN G.; THAULOW E. Long term effects of smoking on physical fitness and lung function: a longitudinal study of 1393 middle aged Norwegian men for seven years. **BMJ**, n.311, s/v, p.715-8, 1995.

SILVA, A. C; TORRES, F. C. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. **Rev Bras Med Esporte**. v.8, n.3, 2002.

SKINNER, J. S.; MCLELLAN, T. H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Res Quaterly Exerc Sport**, v.51, n.1, p. 234-48, 1980.

SPINA, R.J., Cardiovascular adaptations to endurance exercise training in older men and women. **Exerc Sport Sci. Reviews**. v.27, s/n, p.317-332, 1999.

STOLK, R. P. et al. Ultrasound measurements of intraabdominal fat estimate the metabolic syndrome better than do measurements of waist circumference. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.77, n.4, p.857-860, 2003.

TANASESCU, M. et al. Exercise type and intensity in relation to coronary heart disease in men. **JAMA**, v.288, n.16, p.1994-2000, 2002.

TEBEXRENI, A.S.; LIMA E.V.; TAMBEIRO V.L.; BARROS NETO T.L. Protocolos Tradicionais em Ergometria, Suas Aplicações Práticas Versus Protocolo de Rampa. **Ver Soc Caridiol**, v.11, n.3, p.519-28, 2001.

THOMAS, J.R.; NELSON J.K. **Métodos de Pesquisa em Atividade Física**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

VERMA, S.S. et al. Prediction of maximal aerobic power in healthy Indian males from anthropometric measurements. **Z Morphol Anthropol**, v.71, n.1, p.101-6, 1980.

VERMA S.S. et al. Prediction of maximal aerobic power in healthy Indian males 21-58 years of age. **Z Morphol Anthropol**, v.82, n.1, p.103-10, 1998.

WASSERMAN, K. et al. **Principles of exercise testing and interpretation**. 2. ed. Philadelphia: Lea & Febiger; p.102, 106, 1994.

[WIER L.T.](#); [JACKSON A.S.](#); [AYERS G.W.](#); [ARENARE B.](#) Nonexercise models for estimating VO<sub>2</sub>max with waist girth, percent fat, or BMI. **Med Sci Sports Exerc**. v.38, n.3, p.555-61, 2006.

WILLIFORD, H.N.; SCHARFF-OLSON, M.; WANG, N.; BLESSING, D.L.; SMITH, F.H.; DUEY, W.J. Cross-validation of non-exercise predictions of VO<sub>2</sub>peak in women. **Med Sci Sports Exerc.** v.28, n.7, p.926-30, 1996.

WILMORE, J. H. E.; COSTILL, D. L. **Physiology of Sports and Exercise.** Champaign: Human Kinetics, 1994.

[WISLØFF, U.](#) et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. [Circulation.](#) v.115, n.24, p.3086-3094, 2007.

WHALEY, M.H. et al. Failure of predicted VO<sub>2</sub>máx to discriminate physical fitness in epidemiological studies. **Med Sci Sports Exerc.** v.27, n.1, p.85-91, 1995.

YAMABE, H. et al. Clinical application of cardiac output during ramp exercise calculated using the equation: comparison with the 2-stage bicycle ergometer exercise protocol in the supine position. **Jpn Circ J.** v.6, s.n., p.94, 1997.

## **ANEXOS**

ANEXO A – Carta de aceite do “Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos”  
(protocolo nº 97/2010), da Universidade do Estado de Santa Catarina.



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

Florianópolis, 28 de outubro de 2010.

Nº. de Referência: **97/2010- Emenda**

A(o) Pesquisador(a),  
**Prof. Magnus Benetti**

Analisamos a **Emenda** ao projeto de pesquisa intitulado “**Predição da aptidão cardiorrespiratória de adultos sem teste de exercícios físicos**” enviado previamente por V. S.<sup>a</sup>. Desta forma, comunicamos que o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos tem como resultado à **Aprovação** da referida solicitação.

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

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

Atenciosamente,

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

ANEXO B – Carta de recebimento de artigo de revisão submetido à Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, intitulado **“PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA SEM TESTE DE EXERCÍCIO”**.

## [RBCDH] Agradecimento pela Submissão

Quarta-feira, 2 de Fevereiro de 2011 16:46

**De:** "Edio Luiz Petroski" <petroski@cds.ufsc.br>

**Para:** "Juan Marcelo Cáceres" <juansimoes@yahoo.com.br>

Juan Marcelo Cáceres,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA SEM TESTE DE EXERCÍCIO" para Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/author/submission/17973>

Login: juansimoes

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Edio Luiz Petroski

Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano

---

Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance - Revista

Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano -

<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbdch></p>

ANEXO C – Artigo de revisão submetido à Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano intitulado **“PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA SEM TESTE DE EXERCÍCIO”**.

ARTIGO DE REVISÃO

## **PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA SEM TESTE DE EXERCÍCIO**

### **PREDICTION OF CARDIORRESPIRATORY FITNESS WITHOUT EXERCISE TESTING**

Título simplificado: Predição da Aptidão Cardiorrespiratória

**Magnus Benetti<sup>1</sup>; Anderson Zampier Ulbrich<sup>1</sup>; Tiago Facchini Panigas<sup>1</sup> e Juan Marcelo Simões Cáceres<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>. Centro de Ciências da Saúde e do Esporte (CEFID) – Universidade do Estado de Santa Catarina – (UDESC).

#### **Endereço para correspondência:**

Juan Marcelo Simões Cáceres

Rod. Amaro Antonio Vieira 2489/107 – Itacorubi – Florianópolis – SC.

E-mail: juansimoes@yahoo.com.br

Fontes de Financiamento

Não se aplica.

**Total de palavras do texto: 5114.**

## RESUMO

### PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA SEM TESTE DE EXERCÍCIO

Baixos níveis de aptidão cardiorrespiratória (ACR) estão associados a risco elevado de desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas, todavia sua mensuração pelo método padrão ouro é limitada por fatores envolvendo custos, técnicos treinados, espaço físico e tempo para as avaliações, sendo em alguns casos necessário acompanhamento médico. Por essa razão o presente estudo se propôs a buscar na literatura pesquisas com propostas alternativas de predição da ACR sem exercícios físicos, destinados a adultos e idosos, com utilização de pelo menos uma variável antropométrica e verificar sua validade. Realizou-se busca de artigos nas bases de dados Periódicos CAPES, *Pubmed*, *Lilacs* e *Embase* pelos descritores *nonexercise*, *prediction models*, *cardiorespiratory fitness*, *aerobic capacity*, *maximal oxygen uptake* entre outros e seus respectivos descritores em português. Encontrou-se um total de 24 artigos, todavia somente dois destinados a população Brasileira. Os resultados encontrados sugerem que equações de predição da ACR sem testes de exercícios físicos podem fornecer dados importantes em estudos epidemiológicos ou quando um teste cardiopulmonar de esforço não for indicado ou acessível. Novas pesquisas deverão adotar procedimentos estatísticos consistentes, aplicados a uma amostra de tamanho representativo, constituição étnica e classes sociais variadas, para que seja possível generalização para grande parte da população brasileira. Faz-se necessária também o estudo em grupos especiais como portadores de doenças cardiovasculares, metabólicas, população idosa, entre outros. Esta é uma área que possui grande campo para ser explorado no Brasil, sendo necessárias novas pesquisas.

Palavras chave: Consumo de oxigênio de pico; variáveis antropométricas; equações de predição; epidemiologia.

## ABSTRACT

### PREDICTION OF CARDIORRESPIRATORY FITNESS WITHOUT EXERCISE TESTING

Low levels of Cardiorespiratory fitness (CRF) are associated with increased risk of developing chronic degenerative diseases, however its measurement by the gold standard method is limited by factors involving cost, trained technicians, physical space and time for

evaluations, and in some cases necessary medical monitoring. For this reason the present study aimed to search in the literature for research with alternative proposals for predicting ACR without exercise, intended for adults and elderly, using at least one anthropometric variable and verify its validity. We conducted the article search in the databases CAPES journals, PubMed, Lilacs and Embase by the descriptors nonexercise, prediction models, Cardiorespiratory fitness, aerobic capacity, maximal oxygen uptake among others and their descriptors in Portuguese. We found a total of 24 articles, but only two for the Brazilian population. The results suggest that prediction equations of CRF without exercise testing can provide important data for epidemiological studies or when a cardiopulmonary exercise test is not suitable or affordable. Further research should adopt consistent statistical procedures applied to a representative sample size, ethnic make-up and various social classes, to be able to be generalized to a large part of the population. It is also necessary the study in special groups such as patients with cardiovascular and metabolic diseases, the elderly, among others. This is an area that has a great field to be explored in Brazil and requires further research.

Key words: Maximum oxygen uptake; prediction model; anthropometric measurements; epidemiologic.

# PREDIÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA SEM TESTE DE EXERCÍCIO

## INTRODUÇÃO

A aptidão cardiorrespiratória (ACR) é considerada determinante fisiológico de *performance* de corridas de média e longa distâncias<sup>1</sup>. Entretanto, sua utilidade não se restringe ao desempenho desportivo, é utilizada como medida diagnóstica de saúde<sup>2-3</sup>. Baixos desempenhos estão associados com risco aumentado de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, metabólicas e alguns tipos de câncer, justificando sua avaliação em nível populacional<sup>4-7</sup>.

A determinação do consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ) é o principal critério para quantificação da ACR<sup>8</sup>. Com essa finalidade, o teste padrão ouro para sua mensuração é o teste cardiopulmonar de esforço com análise direta de gases (TCPE)<sup>9,10</sup>. Contudo, sua utilização é limitada por fatores envolvendo custos, técnicos treinados, espaço e tempo para as avaliações, sendo em alguns casos necessário acompanhamento médico<sup>9-11</sup>.

As limitações supracitadas tornaram-se motivo de busca por métodos alternativos para mensuração da ACR; dentre eles estão métodos sem exercícios físicos, que apresentam baixo custo, requerem pouco tempo e podem ser utilizados para estudos populacionais<sup>7,12-16</sup>.

Estudos envolvendo variáveis antropométricas na predição da ACR são bem documentados em publicações internacionais, mas artigos destinados a população brasileira são escassos<sup>17,18</sup>. Desta maneira o presente estudo objetiva realizar revisão das pesquisas nacionais e internacionais que tratam da predição da ACR sem realização de testes de exercícios físicos e com utilização pelo menos uma variável antropométrica, verificando sua validade, fidedignidade e evolução.

## MÉTODO

Adotou-se como critério de inclusão, estudos originais com objetivo de predição da ACR sem realização de testes que envolvam exercícios físicos e utilizem variáveis de simples mensuração, dentre elas pelo menos uma antropométrica.

Para obtenção dos artigos foi realizada revisão nas bases de dados Periódicos CAPES, *Pubmed*, *Lilacs* e *Embase*, mediante os seguintes descritores: *exercise testing*, *functional capacity*, *cardiorespiratory fitness*, *aerobic capacity*, *physical fitness*, *maximal*

*oxygen uptake, nonexercise, prediction models*, e seus respectivos descritores em português. Após análise dos manuscritos, buscou-se por meio de sua bibliografia artigos que complementassem a busca realizada.

## **PREDIÇÃO DA ACR SEM TESTES DE EXERCÍCIOS, ENVOLVENDO VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS: LITERATURA INTERNACIONAL**

Equações de predição da ACR, normalmente, utilizam tratamento estatístico análise de regressão linear múltipla com método para selecionar as variáveis preditoras. As mais utilizadas são: frequência cardíaca de repouso, massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), circunferências, dobras cutâneas ou percentual de gordura (G%), diâmetros ósseos, tabagismo e questionários sobre percepção de esforço para percorrer determinada distância ou sobre atividade física realizada em algum período anterior à avaliação<sup>11,13-15</sup>. Os trabalhos encontrados com essa finalidade na literatura estrangeira são detalhados a seguir:

Em 1973, Bruce et al.<sup>19</sup> iniciaram esse enfoque científico ao analisarem 298 adultos saudáveis, de ambos os sexos, ativos e sedentários. Desenvolveu-se equação de predição da ACR por intermédio de análise de regressão múltipla, segundo a qual, as variáveis selecionadas foram gênero, idade e nível de atividade física, destacando a importância dessa informação na predição da ACR. As equações resultantes dessa pesquisa e das seguintes, juntamente com seus respectivos erros padrão de estimativa (EPE) e seu coeficiente de explicação ajustado ( $R^2$ ), são apresentadas nos Quadros 1 e 2.

Verma et al.<sup>20</sup> em 1980, analisaram 27 variáveis antropométricas de homens indianos entre 19 e 34 anos. Utilizou-se, como método de referência (variável dependente), a análise direta do consumo de oxigênio ( $O_2$ ) em cicloergômetro. Para formação da equação foram selecionadas pela análise de regressão linear a estatura, massa corporal, diâmetro do cotovelo e dobra cutânea peitoral, porém a equação apresentou precisão reduzida.

O estudo de Leon et al.<sup>21</sup> e posteriormente de Blair et al.<sup>22</sup> objetivaram a predição do tempo total de esteira, o que torna a avaliação duplamente indireta. No primeiro estudo foram avaliados 175 homens aparentemente saudáveis, com idades entre 36 e 59 anos. A equação apresentou  $R^2$  ajustado de 0,56, todavia seu EPE não foi informado, que limita sua análise. Blair et al.<sup>22</sup> avaliaram dados de 3.943 mulheres (42,5 anos  $\pm$  9,5) e 15.627 homens (41,1 anos  $\pm$  10,7). A amostra foi dividida em quintis por idade (20-29, 30-39, 40-

49, 50-59 e  $\geq 60$  anos) para desenvolver a equação. Os autores concluíram que a ACR pode ser predita sem exercícios físicos para estudos epidemiológicos. Todavia à natureza da amostra utilizada (alto nível socioeconômico e cultural) pode não ser representativa da população norte americana<sup>22</sup>.

Jackson et al.<sup>12</sup> desenvolveram modelo preditor da ACR e compararam sua acuracidade ao Teste de Estágio Simples de Astrand. Nessa pesquisa, foram avaliados 1.814 homens e 195 mulheres, funcionários da *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. A amostra foi dividida em dois grupos, um para desenvolvimento de equações e outro para validação cruzada. Com utilização do  $VO_{2\text{pico}}$  medido de maneira direta desenvolveu-se uma equação com utilização do G%, questionário de atividades físicas da NASA (PA-R) e idade ( $r=0,821$ ), e outra com pequena redução da correlação por meio do IMC, PA-R e idade ( $r=0,794$ ). Segundo os autores, em estudos epidemiológicos, a facilidade em se utilizar o IMC compensaria a perda na acuracidade do resultado. Ao se comparar as equações com o protocolo de Astrand, ambas demonstraram maior precisão.

No sentido de expandir a utilização das equações de Jackson et al.<sup>12</sup>, Williford et al.<sup>23</sup> procederam a validação em amostra de mulheres adultas e encontraram resultados semelhantes aos do estudo de referência, concluindo que a aplicação dessas equações é alternativa viável em situações nas quais um TCPE não é uma opção. Somado a isso, Eldridge<sup>24</sup> verificou resultados menos promissores e subestimados do  $VO_{2\text{max}}$  ao avaliar bombeiros do sexo masculino.

Heil et al.<sup>13</sup> avaliaram mulheres e homens aparentemente saudáveis entre 20 e 79 anos. Neste foram propostos três equações: uma generalizada ( $R^2$  ajustado = 0,77, EPE = 4,90 ml/kg/min.) e duas gênero específicas (mulheres:  $R^2$  ajustado = 0,72, EPE = 4,64 ml/kg/min; e homens:  $R^2$  ajustado=0,72, EPE 5,02 ml/kg/min.). Na realização da validação cruzada para verificar a estabilidade dos modelos, conclui-se serem preditores válidos da ACR para grupos heterogêneos.

Em contrapartida, Whaley et al.<sup>25</sup>, verificaram insucesso dos modelos de predição da ACR sem exercícios em estudos epidemiológicos. O estudo utilizou amostra de 1.415 homens ( $41,6\pm 11$  anos) e 935 mulheres ( $41,9\pm 11$  anos), divididos em grupos de validação e validação cruzada. As equações desenvolvidas foram consideradas válidas, porém inadequadas para estudos epidemiológicos devido à variação nos escores, tornando impossível a distinção entre os grupos de extrema ACR.

Em 1996 foi publicado o primeiro estudo que desenvolveu equação para cardiopatas com amostra composta na maioria por homens e acima dos 50 anos. A

análise de regressão linear múltipla selecionou para o modelo: estatura (cm), massa corporal (kg) e o questionário *Specific Activity Questionnaire* (SAQ) ( $R^2$  ajustado =0,504 e EPE=5,43 ml/kg/min.). Como variável de referência, foi utilizada análise direta do  $VO_{2\text{pico}}$ . Concluíram que o modelo é adequado para estudos populacionais ou grupos de cardiopatas, quando o TCPE for impraticável<sup>26</sup>.

Em estudo<sup>14</sup> realizado com universitários de ambos os sexos, com idades entre 18 e 29 anos, desenvolveram equação, com bom valor preditivo e acuracidade comparável aos melhores modelos de regressão com exercícios. Para compor a equação, que teve como método de referência a análise direta do consumo de  $O_2$ , o tratamento estatístico selecionou: gênero, IMC, habilidade funcional percebida (percepção de esforço para caminhar ou correr distância pré-estabelecida) e questionário PA-R modificado (escores ampliados de 7 para 10). Em tentativa de validação cruzada da mesma equação, Dustman-Allen et al.<sup>27</sup> avaliaram homens e mulheres jovens e consideraram a mesma inadequada pela baixa precisão.

Verma et al.<sup>28</sup> realizaram pesquisa apenas com características físicas. Foram analisados 146 homens indianos com idade entre 21 e 58 anos, que tiveram seu  $VO_{2\text{máx}}$  mensurado de maneira direta em cicloergômetro. As variáveis preditoras utilizadas foram idade, massa corporal e estatura. Desenvolveram quatro equações, porém o melhor modelo explica somente 31,1% da variação do consumo de oxigênio e EPE = 5,64 ml/kg/min.

Por outro lado, as equações de Matheus et al.<sup>29</sup> tiveram melhores valores de predição da ACR para mulheres e homens, divididos em quintis de acordo com sua ACR. A diferença na precisão deste estudo com o anterior, provavelmente se deve à inclusão de informações sobre atividade física. Ainda nesse estudo, a melhor equação apresentou  $R^2$  ajustado =0,74 e EPE=5,64 ml/kg/min., e classificou os avaliados no quintil correto ou adjacente de sua ACR em 83% dos casos. Classificações incorretas extremas (baixa aptidão classificada como alta) ocorreram em somente 0,13% dos avaliados.

Em interessante estudo, Heil et al.<sup>30</sup> avaliaram a capacidade de uma equação de predição da ACR verificar alterações no  $VO_{2\text{máx}}$  após a intervenção com exercícios físicos. Foram avaliadas 272 mulheres e 374 homens, com idades entre 35 e 75 anos. Os dados mensurados foram gênero, massa corporal, estatura e minutos diários de caminhada auto-relatada. Os dados foram coletados no início das atividades e seis meses após, obtendo como resultado razoavelmente efetivo em verificar mudanças no  $VO_{2\text{máx}}$ , todavia subestima os resultados.

O estudo que apresentou os melhores valores de explicação da variação da ACR foi o de Bradshaw et al.<sup>31</sup>. Nesse verificou-se elevado coeficiente de correlação do modelo de predição ( $R^2$  ajustado = 0,865; EPE = 3,45 ml/kg/min), com amostra constituída por 50 homens e 50 mulheres entre 18 e 65 anos. As variáveis preditoras foram: gênero, idade, IMC, habilidade percebida para caminhar, trotar ou correr distâncias pré-estipuladas (PFA) e o índice PA-R modificado.

Outro estudo<sup>15</sup> com bons valores de explicação para predição do  $VO_2$  foi desenvolvido por meio da análise de dados da NASA (n=1.863), *Aerobics Center Longitudinal Study* (ACLS, n=46.190) e *Allied Dunbar National Fitness Survey* (ADNFS, N=1.706). Cada banco de dados gerou uma equação, no qual apresentou  $R^2$  ajustado de 0,65 (NASA), 0,60 (ACLS) e 0,53 (ADNFS) e EPE de 5,07 ml/kg/min, 5,25 ml/kg/min e 6,89 ml/kg/min, respectivamente. Em análise adicional, foi realizada a validação cruzada de cada equação para os outros dois grupos. Importante destaque a essa equação é o seu resultado em METs, desta forma para a comparação modelos desenvolvidos, foi adicionado o valor de 3,5, multiplicando o resultado total da equação para transformação em consumo de  $O_2$ <sup>32</sup> (quadro 1).

Mailey et al.<sup>16</sup> validaram a melhor equação desenvolvida na pesquisa de Jurca et al.<sup>15</sup>, para uma população de idosos saudáveis (n=172), com idades superiores a 60 anos. Os resultados demonstraram que a predição permitiu estimativas válidas da ACR para essa população ( $R^2$  ajustado = 0,54 e EPE = 3,4 ml/kg/min.). Segundo os pesquisadores, quando se objetiva realizar avaliações pré-exercício para populações de risco ou em pesquisas que necessitam uma mensuração precisa da ACR, não existe substituto aceitável para o TCPE. Entretanto, se uma estimativa razoável da ACR é suficiente e a precisão não é a preocupação principal, então, os benefícios de um modelo de regressão sem exercícios podem ser consideráveis tanto em pesquisa quanto na análise clínica<sup>16</sup>.

Em pesquisa que avaliou adultos e idosos de ambos os sexos conseguiu determinar três modelos de predição da ACR. Cada modelo utilizou como marcador da composição corporal, a circunferência de cintura ou IMC ou G%. Os autores concluíram que a circunferência de cintura pode ser utilizada como substituto para composição corporal e que as equações desenvolvidas apresentam precisão similar para prever o  $VO_{2máx.}$ <sup>33</sup>.

Sanada et al.<sup>34</sup>, ao avaliarem jovens universitários japoneses saudáveis, do sexo masculino e fisicamente ativos, constataram que a ACR pode ser predita pela massa muscular da coxa e volume de ejeção cardíaco. Entretanto existe a limitação do elevado custo de mensuração das variáveis propostas e tempo necessário para as medidas; e

pelo fato de a amostra ser composta por jovens japoneses universitários e fisicamente ativos sua utilização em estudos epidemiológicos torna-se restrita.

Com o objetivo de prever a ACR em populações com outras características, Duque et al.<sup>35</sup> avaliaram o  $VO_{2máx.}$  de indivíduos com dor lombar crônica medido de maneira direta em cicloergometro. As variáveis preditoras selecionadas foram gênero, IMC e intensidade de atividade física de lazer (PALT). Segundo os autores a equação deveria ser validada em uma população independente de pacientes com dor lombar crônica antes de ser utilizada na prática clínica.

## **PREDIÇÃO DA ACR SEM TESTES DE EXERCÍCIOS, ENVOLVENDO VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS: LITERATURA NACIONAL**

No Brasil pouco se pesquisou sobre este enfoque científico, encontrando-se somente dois artigos. Pesquisas de desenvolvimento de equações destinadas à população brasileira iniciaram em 2006. Nesse ano Lima e Abatti<sup>17</sup> publicaram artigo no qual avaliaram 30 jovens universitários do sexo masculino, com idades entre 20 e 30 anos. Nesse estudo foi proposta uma equação de predição da ACR sem a realização de testes com exercícios físicos. A equação desenvolvida utilizou como método de referência o  $VO_{2máx.}$ , medido de maneira direta em esteira ergométrica e como variáveis preditoras o IMC e a idade. O trabalho não relata o valor de  $R^2$  ajustado, somente o erro padrão de estimativa (EPE= 3,01 ml/kg/min.). Concluíram que a equação desenvolvida é uma opção simples, prática e eficiente de predição da ACR para jovens daquela população.

Corroborando com o estudo anterior, Barbosa et al.<sup>18</sup> desenvolveram duas equações com base na análise de 243 indivíduos do sexo masculino e feminino com idades entre 17 e 45 anos. As equações basearam-se no gênero, idade, IMC, massa corporal e aptidão física (1 sedentários, 2 moderadamente ativos, 3 ativos e 4 muito ativos). Como método de referência foi avaliado o  $VO_{2máx.}$  de maneira direta em esteira ergométrica. As equações apresentaram elevado valor de coeficiente de explicação ( $R^2$  ajustado=0,90) e baixo erro padrão de estimativa (EPE=3,44). Nesse estudo os autores concluíram que as equações desenvolvidas podiam ser utilizadas em pesquisas epidemiológicas que avaliassem jovens brasileiros.

Quadro 1. Equações preditivas do  $VO_{2m\acute{a}x.}/VO_{2pico}$  sem testes de exerc\u00edcios f\u00edsicos

Autor	G\u00e9nero	Idade	N	Valida\u00e7\u00e3o cruzada	Equa\u00e7\u00e3o	R <sup>2</sup> ajustado	EPE
Bruce <i>et al.</i> , 1973	M/F	29-73	298	N\u00e3o	$85,42 - 13,73$ (g\u00e9nero 1h, 2m) - $0,409$ (idade) - $3,24$ (atividade f\u00edsica) - $0,114$ (MC)	0,669	4,84 ml/kg/min.
Verma <i>et al.</i> , 1980	M	19-34	120	N\u00e3o	$126,810 - 0,3577$ (MC) - $0,4996$ (estatura) - $0,4972$ (dobra cut\u00e2nea peitoral) + $4,2538$ (di\u00e2m.cotovelo)	0,349	5,079 ml/kg/min.
Jackson <i>et al.</i> , 1990	M/F	18-70	2 139	Sim	$VO_{2pico} = 50,513 + 1,589$ (\u00edndice PA-R 0-7) - $0,289$ (idade) - $0,552$ (%G) + $5,863$ (g\u00e9nero- fem.=0, masc.=1)	0,66	5,35 ml/kg/min.
					$VO_{2pico} = 56,363 + 1,921$ (\u00edndice PA-R 0-7) - $0,381$ (idade) - $0,754$ (IMC) + $10,987$ (g\u00e9nero- fem.=0, masc.=1)	0,61	5,70 ml/kg/min.
Heil <i>et al.</i> , 1995	M/F	20-79	439	Sim	$36,580 - 0,541$ (G%) + $1,347$ (PA-R) + $0,558$ (idade) - $7,81$ (idade <sup>2</sup> ) + $3,706$ (g\u00e9nero 0 p/feminino, 1 p/masculino)	0,77	4,90 ml/kg/min.
	F				$40,088 - 0,431$ (G%) + $1,197$ (PA-R) + $0,297$ (idade) - $5,25$ (idade <sup>2</sup> )	0,72	4,64 ml/kg/min.
	M				$36,392 - 0,692$ (G%) + $1,368$ (PA-R) + $0,842$ (idade) - $1,05$ (idade <sup>2</sup> )	0,72	5,02 ml/kg/min.
Whaley <i>et al.</i> , 1995	M/F	41,9 +- 11	2.350	Sim	$61,66 - 0,328$ (id) + $5,45$ (g\u00e9nero 0 p/mulher, 1 p/homem) + $1,832$ (atividade f\u00edsica 1-6) - $0,436$ (G%) - $0,143$ (FC rep.) - $0,446$ (tabagismo 1-8)	0,726	5,38 ml/kg/min.
	M/F	41,6 +- 11			$64,62 - 0,339$ (id) + $9,006$ (g\u00e9nero 0 p/mulher, 1 p/homem) + $2,069$ (atividade f\u00edsica 1-6) - $0,601$ (IMC) - $0,143$ (FC rep.) - $0,409$ (tabagismo 1-8)	0,703	5,60 ml/kg/min.
Rankin <i>et al.</i> , 1996	M/F	59 +-10	97	N\u00e3o	$2,36$ (SAQ) + $0,35$ (estatura em cm) - $0,19$ (idade) - $0,16$ (peso em kg) - $33,89$	0,504	5,43ml/kg/min.
Williford <i>et al.</i> , (1996)	F	18-45	149	Sim	$VO_{2pico} = 50,513 + 1,589$ (\u00edndice PA-R 0-7) - $0,289$ (idade) - $0,552$ (%G)	0,705	4,5 ml/kg/min.
					$VO_{2pico} = 56,363 + 1,921$ (\u00edndice PA-R 0-7) - $0,381$ (idade) - $0,754$ (IMC)	0,689	4,7 ml/kg/min.
George <i>et al.</i> , 1997	M/F	18-29	100	Sim	$44,895 + 7,042$ (g\u00e9nero 0-1) - $0,823$ (IMC) + $0,738$ (habilidade funcional percebida 1-13) + $0,688$ (PA-R modificado 0-10)	0,722	3,44 ml/kg/min.
Verma <i>et al.</i> , 1998	M	21-58	146	N\u00e3o	$0,135 - 0,025$ (idade) + $0,014$ (estatura) + $0,017$ (MC)	0,311	5,64 ml/kg/min.
					$0,016 - 0,022$ (idade) + $0,021$ (estatura)	0,225	5,96 ml/kg/min.
					$2,256 - 0,024$ (idade) + $0,019$ (MC)	0,287	5,72 ml/kg/min.
					$1,192 + 0,004$ (estatura) + $0,012$ (MC)	0,055	6,58 ml/kg/min.
Matheus <i>et al.</i> , 1999	M/F	19-79	799	Sim	$34,142 + 0,133$ (idade) - $0,005$ (idade) <sup>2</sup> + $11,403$ (g\u00e9nero 0 p/mulher, 1 p/homem) + $1,463$ (PA-R 0-7) + $9,170$ (estatura) - $0,254$ (massa corporal)	0,74	5,64 ml/kg/min.
Heil <i>et al.</i> , (2002)	M/F	35-75	646	Sim	N\u00e3o Relatada	N\u00e3o Relatado	N\u00e3o Relatado
Bradshaw D.l., 2005	M/F	18-65	100	Sim	$48,0730 + (6,1779 \times \text{g\u00e9nero}) - (0,2463 \times \text{ID}) - (0,6186 \times \text{IMC}) + (0,7115 \times \text{PFA}) + (0,6709 \times \text{PA-R modificado})$	0,865	3,45 ml/kg/min.

Jurca <i>et al.</i> , 2005	M/F	20-70	49.759	Sim	(Gênero (0 p/mulher, 1 p/homem) – 0,10 (idade) – 0,17 (IMC) – 0,03 (FC repouso) + (escore do índice de atividade física) + 18,07) x 3.5	0,65	5.25 ml/kg/min.
Eldridge, 2005	M	Não relatado	105	Sim	$VO_{2pico} = 50,513 + 1,589 (\text{índice PA-R 0-7}) - 0,289 (\text{idade}) - 0,552 (\%G) + 5,863 (\text{gênero- fem.=0, masc.=1})$	0,465	3,74 ml/kg/min.
Lima e Abatti, 2006	M	20-30	30	Sim	$(0,02 \times \text{IMC}) + (0,02595 \times \text{ID}) + 3,947$	Não relatado	3,01 ml/kg/min.
Wier <i>et al.</i> 2006	M/F	17-82	2.801	Sim	$59,416 - 0,327(\text{idade}) + 11,488 (\text{gênero 1 p/homem, 0 p/mulher}) + 1.297(\text{PASS}) - 0,266 (\text{circunf. Cintura})$	0,656	4,80
					$51,936 - 0,308(\text{idade}) + 4,065 (\text{gênero 1 p/homem, 0 p/mulher}) + 1.217(\text{PASS}) - 0,483 (G\%)$	0,672	4,72
					$57,402 - 0,372(\text{idade}) + 8,596 (\text{gênero 1 p/homem, 0 p/mulher}) + 1.396(\text{PASS}) - 0,683 (\text{IMC})$	0,64	4,90
Sanada <i>et al.</i> (2006),	M	N/R	60	Sim	N/R	0,72	6,40 ml/kg/min.
Barbosa <i>et al.</i> , 2008	M/F	17-45	243	Sim	$25,04 + (\text{gênero (1 mulher, 2 homem)} \times 2,86) + (\text{aptidão} \times 10) - (\text{IMC} \times 0,27)$ $23,01 + (\text{gênero (1 mulher, 2 homem)} \times 2,25) + (\text{aptidão} \times 10,07) - (\text{IMC} \times 0,08)$	0,90	Menor que 3,44 ml/kg/min
Duque <i>et al.</i> , 2009	M?F	N/R	70	Não	$35,3377 - 0,475411 \times \text{IMC} + 0,155232 \times \text{PALT} + 7,97682 \times \text{gênero (0 p/mulher, 1 p/homem)}$	0,38	6,08 ml/kg/min.
Mailey <i>et al.</i> 2010	M/F	60-80	172	Sim	(Gênero (0 p/mulher, 1 p/homem) – 0,10 (idade) – 0,17 (IMC) – 0,03 (FC repouso) + (escore do índice de atividade física) + 18,07) x 3.5	0,54	3,4 ml/kg/min.

Quadro 2. Equações preditivas duração do teste em esteira sem realização de exercícios físicos

Autor	Gênero	Idade	N	Validação cruzada	Equação	R <sup>2</sup> ajustado	EPE
Leon <i>et al.</i> , 1980	M	36-59	175	Não	15,583+ 0,235(atividade física intensa de lazer)- 0,051(idade)- 0,147(IMC)- 0,405(tabagismo 1 nunca, 2 ex fumante, 3 fumante)+ 0,353 (suor ou dispneia no trabalho 1 sim, 0 não)- 0,008 (copos de café, chá ou cola/sem)+ 0,012 (força de prensão manual)+ 0,316 (charuto ou cachimbo 1nunca, 2 ex fumante, 3 fumante)+ 0,395 (suor ou dispneia no lazer 1 sim, 0 não)- 0,189 (média de horas de sono)- 0,015( frequência cardíaca repouso)	0,56	Não informado
Blair <i>et al.</i> , 1989	F	42,5 +- 9,5	19 570 (Total)	Não	Mulheres 20-29 anos 1.619,7 – 395,5 (peso relativo) – 6,8 (FC de repouso) + 110,6 (índ. de ativ. física 1-5) – 36,4 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,48	Não informado
					Mulheres 30-39 anos 1.486,4 – 461,1 (peso relativo) – 4,9 (FC de repouso) + 110,3 (índ. de ativ. física 1-5) – 40,9 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,50	
					Mulheres 40-49 anos 1.349,7 – 436,4 (peso relativo) –4,2 (FC de repouso) + 105,0 (índ. de ativ. física 1-5) – 64,7 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,50	
					Mulheres 50-59 anos 1.120,0 – 279,1 (peso relativo) –4,6 (FC de repouso) + 86,6 (índ. de ativ. física 1-5) – 38,0 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,38	
	Mulheres mais de 60 anos 892,1 – 200,5 (peso relativo) – 2,9 (FC de repouso) + 47,3 (índ. de ativ. física 1-5) – 61,2 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,20					
	M	41,1+- 10,7			Homens 20-29 anos 2.092,8 – 591,7 (peso relativo) – 5,4 (FC de repouso) + 106,6 (índ. de ativ. física 1-5) – 82,0 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,57	
					Homens 30-39 anos 1.998,7 – 563,7 (peso relativo) – 5,3 (FC de repouso) + 111,2 (índ. de ativ. física 1-5) – 88,5 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,59	
					Homens 40-49 anos 1.981,8 – 551,0 (peso relativo) – 6,2 (FC de repouso) + 103,5 (índ. de ativ. física 1-5) – 89,6 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,56	
Homens 50-59 anos 1.797,2 – 475,1 (peso relativo) – 6,6 (FC de repouso) + 100,7 (índ. de ativ. física 1-5) – 84,0 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)			0,50				
Blair <i>et al.</i> ,							Homens mais de 60 anos

1989 (continuação)					1.627,3 – 469,6 (peso relativo) – 6,6 (FC de repouso) + 91,7 (índ. de ativ. física 1-5) – 70,0 (tabagismo 0 p/não -1 p/sim)	0,40	Não informado
-----------------------	--	--	--	--	--	------	------------------

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Equações de predição da ACR sem testes de exercícios físicos podem fornecer dados importantes em estudos epidemiológicos ou quando TCPE não for indicado por limitações clínicas, econômicas ou técnicas, proporcionando avaliação rápida, custo baixo e grau de precisão comparável aos modelos de exercícios submáximos já estabelecidos. Tais equações podem permitir a verificação do grau de risco de desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas associadas à baixa ACR de uma população ou servir como avaliação inicial de um indivíduo.

Com relação à precisão verificou-se a importância maior de algumas variáveis. Quando informações sobre atividade física do avaliado fazem parte da equação, sua precisão aumenta consideravelmente.

Ao se analisar as equações desenvolvidas, percebe-se sua evolução com o passar dos anos, em que pesquisadores estão se preocupando em realizar procedimentos estatísticos que garantam a precisão e confiabilidade dos resultados obtidos, como a validação cruzada. No Brasil existe carência de estudos nessa área, somente dois estudos foram publicados e ambos possuem baixo potencial de generalização.

Novas pesquisas deverão adotar procedimentos estatísticos consistentes, aplicados a uma amostra de tamanho representativo, constituição étnica e classes sociais variadas, para que seja possível generalização para grande parte da população brasileira. Faz-se necessária também o estudo em grupos especiais como portadores de doenças cardiovasculares, metabólicas, população idosa, entre outros. Esta é uma área que possui grande campo para ser explorado no Brasil.

## **REFERÊNCIAS**

1. Midgley AW; Mcnaughton IR, Wilkinson M. Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners?

Empirical Research Findings, Current Opinions, Physiological Rationale and Practical Recommendations. *Sports Med* 2006; 36 (2):117-132.

2. Church TS, LaMont MJ, Barlow CE, Blair SN. Cardiorespiratory Fitness and Body Mass Index as Predictors of Cardiovascular Disease Mortality Among Men With Diabetes. *Arch Intern Med* 2005; 165 (18): 2114-2120.

3. Ferreira VA, Magalhães E. Obesidade no Brasil: tendências atuais. *Rev Port Saúde Pública* 2006; 24 (2): 71-81.

4. Blair SN, Kampert JB, Koll HW, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS, et al. Influences of Cardiorespiratory Fitness and Other Precursors on Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality in Men and Women. *JAMA* 1996; 276 (3): 205-210.

5. Tanasescu M, Leitzmann MF, Rimm EB, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB. Exercise type and intensity in relation to coronary heart disease in men. *JAMA* 2002; 288 (16): 1994-2000.

6. Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT. **Cardiorespiratory Fitness and the Risk for Stroke in Men.** *Arch Intern Med* 2003; 163 (14): 1682-1688.

7. Maranhão Neto GA, Farinatti PTV. Equações de Predição da ACR sem testes de exercícios e sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos: revisão descritiva e análise dos estudos. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9 (5): 304-314.

8. Noakes, TD. Implications of Exercise Testing for Prediction of Athletic Performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20 (4): 319-330.

9. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of exercise testing and interpretation. 2.ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1994.

10. American College of Sports Medicine (ACSM). Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.
11. Skinner JS, Mclellan TH. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. Res Quaterly Exerc Sport 1980; 51 (1): 234-48.
12. Jackson AS, Blair SN, Mahar MT, Wier LT, Ross MR, Stuteville JE. Prediction of functional aerobic capacity exercise testing. Med Sci Sports Exerc 1990; 22 (6): 863-70.
13. Heil DP, Freedson PS, Ahlquist LE, Price J, Rippe JM. Nonexercise regression models to estimate peak oxygen consumption. Med Sci Sports Exerc 1995; 27 (4): 599-606.
14. George JD, Stone WJ, Burkett LN. Non-exercise  $VO_{2max}$  estimation for physically active college students. Med Sci Sports Exerc 1997; 29 (3): 415-23.
15. Jurca R, Jackson AS, LaMonte MJ, Morrow, JR, Blair SN, Wareham NJ, et al. Assessing Cardiorespiratory Fitness Without Performing Exercise Testing. Am J Prev Med 2005; 29 (3): 185-193.
16. Mailey EL, White SM, Wójcicki TR, Szabo AN, Kramer AF, McAuley E. Construct Validation of a Non-Exercise Measure of Cardiorespiratory Fitness in Older Adults. BMC Public Health 2010; 10 (59).
17. Lima DF, Abatti PJ. Formulação de equação preditiva do  $VO_{2máx}$ . baseada em dados que independem de exercícios físicos. Semina 2006; 27 (2): 139-49.
18. Barbosa, FP, Fernandes Filho J, Roquetti-Fernandes P, Irany-Knackfuss M. Modelo Matemático para Levantamento Epidemiológico da Aptidão Física Cardiorrespiratória sem Teste de Esforço. Rev Salud Pública 2008; 10 (2): 260-68.

19. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 1973; 85 (4): 546-62.
20. Verma SS, Bharadwaj H, Malhotra MS .Prediction of maximal aerobic power in healthy Indian males from anthropometric measurements. *Z Morphol Anthropol*; 1980; 71(1): 101-6.
21. Leon AS, Jacobs DR Jr, DeBacker G, Taylor HL. Relationship of physical characteristics and life habits to treadmill capacity. *Am J Epidemiol* 1981; 113 (6): 653-60.
22. Blair SN, Kannel WB, Kohl HW, Goodyear N, Wilson PWF. Surrogate measures of physical activity and physical fitness. *Am J Epidemiol*. 1989; 129 (6): 1145-56.
23. Williford HN, Scharff-Olson M, Wang N, Blessing DL, Smith FH, Duey WJ. Cross-validation of non-exercise predictions of VO<sub>2</sub>peak in women. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28 (7): 926-30.
24. Eldridge JA. Validation Of A Non Exercise Model For The Prediction Of Vo<sub>2</sub>max In firefighters: 2073 Board #212 2:00 PM - 3:30 PM. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37 (5): S404.
25. Whaley MH, Kaminsky LA, Dwyer GB, Getchell LH. Failure of predicted VO<sub>2</sub>máx to discriminate physical fitness in epidemiological studies. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27 (1): 85-91.
26. Rankin, SL, Briffa TG, Morton AR, Hung J. A Specific Activity Questionnaire to Measure the Functional Capacity of Cardiac Patients. *Am J Cardiol* 1996; 77 (14): 1220-1223.

27. Dustman-Allen KM, Plowman SA, Looney MA. Validation of A Non-Exercise Regression Equation for the Prediction of Maximal Aerobic Capacity. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35 (5): S310.
28. Verma SS, Sharma YK, Kishore N. Prediction of maximal aerobic power in healthy Indian males 21-58 years of age. *Z Morphol Anthropol* 1988; 82 (1): 103-10.
29. Matthews CE, Heil DP, Freedson PS, Pastides H. Classification of Cardiorespiratory Fitness Without Exercise Testing. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31 (3): 486-93.
30. Heil DP, Freedson PS, Matthews CE, Dunn AL, Pruitt L. Assessing Change in  $VO_{2max}$  With A Non-Exercise Regression Model. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34 (5): S229.
31. Bradshaw DI, George JD, Hyde A, LaMonte MJ Vehrs PR, Hager RL, et al. An Accurate  $VO_{2max}$  Nonexercise Regression Model for 18-65-Year-Old Adults. *Res Q Exerc Sport* 2005; 76 (4): 426-32.
32. Tebexreni AS, Lima EV, Tambeiro VL, Barros Neto TL . Protocolos Tradicionais em Ergometria, Suas Aplicações Práticas Versus Protocolo de Rampa. *Rev Soc Caridiol.* 2001; 11 (3): 519-28.
33. [Wier LT](#), Jackson AS, Ayers GW, Arenare B. Nonexercise models for estimating  $VO_{2max}$  with waist girth, percent fat, or BMI. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38 (3): 555-61.
34. Sanada K, Midorikawa T, Yasuda T, Kearns CF, Abe T. Development of nonexercise prediction models of maximal oxygen uptake in health Japanese Young men. *Eur J Appl Phisiol* 2007; 99 (2):143-148.

35. Duque II, Parra JH, Duvallet A. A New Non Exercise-based  $VO_{2max}$ . Prediction Equation for Patients with Chronic Low Back Pain. J Occup Rehabil 2009; 19 (3): 293-99.