

VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES METABÓLICAS DO COLÉGIO  
AMERICANO DE MEDICINA DO ESPORTE

por

Ronaldo Domingues Filardo

---

Dissertação Apresentada ao Curso de Pós-Graduação  
em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina  
como Requisito Parcial à Obtenção do Título de Mestre em Educação Física

Abril, 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

A dissertação: VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES METABÓLICAS DO COLÉGIO AMERICANO DE MEDICINA DO ESPORTE

Elaborada por: RONALDO DOMINGUES FILARDO

e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora, foi aceita pelo Curso de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de

MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA  
Área de Concentração: Atividade Física Relacionada à Saúde

Data: 07 de abril de 2005.

---

Prof. Dr. Adair da Silva Lopes  
Coordenador do Mestrado em Educação Física

Data: 07 de abril de 2005.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Édio Luiz Petroski – Orientador / UFSC

---

Prof. Dra. Rosane Carla Rosendo da Silva – Co-Orientadora/ UFSC

---

Prof. Dr. Ciro Romélio Rodriguez Añez / PUCPR

---

Prof. Dra. Maria de Fátima da Silva Duarte / UFSC

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, sempre e antes de tudo e de todos a Deus;

Pelo exemplo de vida de minha mãe que me inspira todos os dias;

Meu eterno MUITO OBRIGADO em especial ao Professor Doutor e Amigo Cândido Simões Pires Neto por todo o incentivo e paciência sem nada ter pedido em troca, em momento algum;

Ao amigo e professor Doutor Ciro Romélio Rodriguez Añez pelo incentivo e prontidão em me ajudar nos momentos de dificuldade e dúvidas, desde o primeiro momento, ainda na graduação, até os dias de hoje;

Ao professor Doutor Carlos Alberto Afonso pelo incentivo e, principalmente por acreditar em mim;

Aos professores Édio e Rosane por terem tido a sabedoria de me conduzir nessa difícil etapa;

A Prof. Dr. Maria de Fátima pela prontidão;

Ao Prof. Dr. Rodrigo Siqueira Reis pela amizade e confiança;

A Janaina pela paciência e carinho nos importantes e decisivos momentos;

Ao amigo e companheiro Craudião;

Aos funcionários Jairo e Novânia por realizarem seu trabalho com tanta eficiência, e assim me ajudarem;

Ao amigos do LAEF Lúcia, Benedito e Rodyer por proporcionarem momentos tão agradáveis - e fundamentais - de forma tão simples e carinhosa;

A amizade e compreensão no início desta jornada, Patrícia, muito obrigado;

As pessoas que de alguma ou de outra forma participaram de minha formação e não me sinto a vontade em citar nomes pelo medo de esquecer de alguém.

## RESUMO

### **Validação das equações metabólicas do Colégio Americano de Medicina do Esporte**

Ronaldo Domingues Filardo  
Orientador: Prof. Dr. Édio Luiz Petroski

A inexistência de analisadores de gases em locais diferentes dos ambientes acadêmicos e clínicos cria a necessidade de estimar o consumo de oxigênio. Para tanto, utilizam-se equações de regressão para a estimativa do consumo de oxigênio máximo e submáximo, tais como aquelas sugeridas pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM). Sendo assim, o objetivo desse estudo foi verificar a validade concorrente das equações metabólicas para caminhada e corrida do ACSM. A amostra foi constituída por 39 homens voluntários (alunos e usuários do CDS/UFSC) entre 20 e 30 anos de idade. Na 1ª Etapa foi mensurado o  $VO_{2máx}$  (analisador de gases AeroSport modelo TEEM-100), com o protocolo do tipo rampa para esteira ergométrica sugerido por Tebexreni et al. (2001). Na 2ª etapa, e no mínimo 48 horas de intervalo do teste de exercício máximo, os indivíduos executaram um trabalho padronizado de 30 minutos na esteira composto por seis estágios de cinco minutos, com velocidades fixas a cada dois estágios de 4,8, 7,2 e 9,6 km/h, e inclinações de 5% no 2º, 4º e 6º estágios, pois no 1º, 3º e 5º estágios não haviam inclinação. Em todos os estágios o custo metabólico foi mensurado pelo analisador de gases e estimado pela equação sugerida pelo ACSM corresponde ao tipo de exercício executado, ou seja, pela equação de caminhada ( $VO_2 = 3,5 + 1,8 * m/min + 0,9 * m/min * \%incl$ ) ou corrida ( $VO_2 = 3,5 + 1,8 * m/min + 0,9 * m/min * \%incl$ ). Portanto, considerando as limitações assumidas, pode-se concluir que, a equação para corrida do ACSM apresentou  $r=0,63$ ,  $r^2=0,407$ ,  $EC=-15,52 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $ET=17,39 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $EPE=7,38 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  na estimativa do  $VO_{2máx}$  em relação ao analisador de gases, o que não permitiu que essa equação fosse válida para tal finalidade. Em relação a 2ª Etapa, a estimativa do  $VO_2$  pelas equações do ACSM e pelo analisador de gases não diferiu significativamente ( $p<0,05$ ), mas, apresentaram  $r$  e  $r^2$  superior a 0,9 e  $EPE$  inferior a  $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; sendo a equação para caminhada mais precisa que a de corrida, pois ambas são adequadas para essa finalidade, quando os pressupostos linearidade e estado de equilíbrio são respeitados.

**Palavras-Chave:** equações de estimativa, consumo de oxigênio, ACSM

## ABSTRACT

### Validation of metabolic equations of American College of Sports Medicine

Ronaldo Domingues Filardo  
Advisor: Prof. Dr. Édio Luiz Petroski

The inexistence of metabolic analyzer in clinical and academic places demand the need for estimating oxygen consumption. For such, regression equations are used to estimate maximal and sub maximal oxygen consumption as the ones suggested by the American College of Sport Medicine (ACSM). The aim of this study was to verify the validity of the ACSM metabolic equation for walking and running. The sample used were 39 voluntary young man (students and users of the CDS/UFSC) with age between 20 and 30 years. During the first stage, the  $VO_{2max}$  was measured using a metabolic analyzer AeroSport model TEEM-100 using the ramp protocol for treadmill suggested by Tebexreni et al. (2001). During the second stage, with minimal 48 hours interval from the maximal test, the subjects walk and run during 30 minutes in six stages of five minutes each with fix velocities at each two stages of 4,8, 7,2 and 9,6 km/h and zero inclination during de 1, 3 and 5 stages and with 5% inclination during the 2, 4 and 6 stage. During all the stages the metabolic cost was measured by the metabolic analyzer and predicted by ACSM equation according with the type of exercise performed, walking ( $VO_2 = 3,5 + 1,8 * m/min + 0,9 * m/min * \%incl$ ) or running ( $VO_2 = 3,5 + 1,8 * m/min + 0,9 * m/min * \%incl$ ). Considering the limitations assumed for this study, can be concluded that the ACSM equation for running, compared to the metabolic analyzer shown  $r = 0,63$ ,  $r^2 = 0,407$ ,  $EC = -15,52 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $ET = 17,39 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $EPE = 7,38 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  what do not permit to validate the procedure for  $VO_{2max}$  prediction. In relation of second stage the  $VO_2$  predicted by the ACSM equations and measured by the MA did not differ significantly ( $p < 0,05$ ), with  $r$  and  $r^2$  higher than 0,9 and  $EPE$  lower that  $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , being the walking more acute than the running equation, both are adequate for their finalities when the linearity statement and the steady-state are obey.

**Key-words:** Prediction equations, oxygen consumption, ACSM.

## ÍNDICE

	Página
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>Capítulos</b>	
<b>I. O PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
Introdução	
Objetivos do Estudo	
Objetivo Geral	
Delimitações e Limitações do estudo	
Justificativa	
Referencial teórico	
<b>II. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>9</b>
Aptidão física relacionada à saúde	
Aptidão Cardiorrespiratória	
Protocolos para aptidão cardiorrespiratória	
Equações metabólicas sugeridas pelo ACSM	
<b>III. METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
Característica da Pesquisa	
População e Amostra	
Esquema da pesquisa	
Instrumentos de medida	
Tratamento e análise dos dados	
Limitações do Método	
<b>IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>36</b>
Características da amostra	
Consumo máximo de oxigênio	
Validação da equação do ACSM para $VO_{2max}$	

Volume de oxigênio de atividade ( $VO_{2A}$ )  
Pressuposto 1 – Estado de equilíbrio  
Pressuposto 2 – Linearidade do consumo de oxigênio

<b>V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>53</b>
Conclusões	
Recomendações	
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE ANEXOS

Anexos	Página
1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	64
2. Instruções para o Teste de Exercício Máximo e 2ª Etapa.....	67



## LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Modelo de aptidão física relacionada à saúde.....	12
2. Mudanças no aumento de oxigênio com o incremento das taxas de trabalho no cicloergometro.....	18
3. Protocolos de exercício para testes em esteira.....	23
4. Comparativo de seis diferentes protocolos para teste de exercício em esteira com valores estimados pelas equações metabólicas do ACSM. A. Protocolos tradicionais e B. Protocolos do tipo rampa.....	24
5. Protocolo utilizado para aptidão cardiorrespiratória.....	32
6. $VO_{2máx}$ mensurado e estimado, erro constante de homens jovens submetidos a teste de exercício máximo.....	38
7. Intensidade do trabalho físico padronizado (2ª Etapa) pela frequência cardíaca e consumo de oxigênio em relação aos valores obtidos no teste de exercício máximo de homens jovens.....	48
8. Valores estimados e mensurados para o $VO_{2A}$ por $ml.m^{-1}.kg^{-1}$ sem o componente de repouso em homens jovens.....	51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabelas</b>	<b>Página</b>
1. Componentes das equações metabólicas do ACSM para o consumo de oxigênio.....	7
2. Estágios da 2ª Etapa do presente estudo e valores estimados de consumo de oxigênio pelas equações sugeridas pelo ACSM.....	31
3. Valores descritivos da amostra de homens jovens do presente estudo.....	37
4. Valores mensurados e estimados do consumo de oxigênio de atividade de homens jovens em cada estágio da 2ª Etapa.....	45

## LISTA DE SIGLAS

<b>ACSM</b>	American College of Sport Medicine
<b>AHA</b>	American Heart Association
<b>CDS</b>	Centro de Desportos
<b>CH</b>	Componente Horizontal
<b>CV</b>	Componente Vertical
<b>EC</b>	Erro Constante
<b>EPE</b>	Erro Padrão de Estimativa
<b>ET</b>	Erro Total
<b>FC</b>	Frequência Cardíaca
<b>FCM</b>	Frequência Cardíaca Máxima
<b>LAEF</b>	Laboratório de Esforço Físico
<b>MET</b>	Unidade Metabólica
<b>QR</b>	Quociente Respiratório
<b>R</b>	Componente de Repouso
<b>TCLE</b>	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
<b>TEEM-100</b>	modelo do analisador de gases
<b>UFSC</b>	Universidade Federal de Santa Catarina
<b>USDA</b>	U. S. Department of Agriculture
<b>USDHHS</b>	U.S. Department of Health and Human Services
<b>VO<sub>2A</sub></b>	volume de oxigênio de atividade
<b>VO<sub>2máx</sub></b>	volume de oxigênio máximo
<b>VO<sub>2pico</sub></b>	volume de oxigênio pico

## **CAPÍTULO I**

### **O PROBLEMA**

#### **Introdução**

A aptidão física relacionada à saúde é um constructo formado por inúmeros componentes. Dentre esses, encontra-se a aptidão cardiorrespiratória. A melhoria da aptidão cardiorrespiratória está associada à prevenção do aparecimento de inúmeras doenças crônicas degenerativas. O exercício aeróbio é indicado para a redução do sedentarismo, pois inúmeros estudos relataram que esse tipo de atividade corretamente prescrita pode trazer benefícios à saúde (Blair, 1993; Fletcher et al., 1996; National Heart, Lung and Blood Institute, 1997).

Para a prescrição do exercício aeróbio, pode-se utilizar diferentes indicadores. Dentre esses destacam-se a frequência cardíaca (FC) e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) para determinar a intensidade do treinamento. A utilização da FC e do  $VO_{2máx}$  serão mais precisas quando considera-se as situações de exercício máximo ou submáximo; ou, ainda, quando estimados por técnicas indiretas confiáveis, tais como equações de regressão, que apresentem validade.

As técnicas para mensuração do consumo de oxigênio apresentam limitações, como, por exemplo, custo elevado e uso de equipamentos

sofisticados. A exposição do indivíduo a esforços máximos, pelo risco de acidentes cardiovasculares, na obtenção da FC máxima (FCM) é uma importante limitação a ser considerada. Portanto, essas limitações, tanto para a obtenção da FCM como para a mensuração do consumo de oxigênio, tornam inviável a utilização desses indicadores com precisão e confiança.

A medida do consumo de oxigênio ou da aptidão cardiorrespiratória serve para a prescrição do exercício aeróbio. Para a medida da aptidão cardiorrespiratória, a metodologia de teste de exercício máximo é empregada juntamente com a mensuração do consumo de oxigênio. A metodologia de teste de exercício máximo é a aplicação de protocolos com o aumento gradativo do esforço; sendo que existem protocolos clássicos (caracterizados por aumentos definidos de intensidade) e protocolos de rampa (caracterizados por aumentos constantes na intensidade).

Todavia, a mensuração do consumo de oxigênio é, em inúmeras vezes, inviável, restando apenas a estimativa do consumo de oxigênio por meio de técnicas indiretas, tais como equações de regressão. As equações de regressão para consumo de oxigênio são escassas e limitadas à especificidade das amostras que fizeram parte dos estudos que as originaram; e, portanto, devem apresentar validade para outras populações em relação à técnica padrão (espirometria de circuito aberto).

Partindo do pressuposto de que o incremento no consumo de oxigênio é linear em relação ao aumento do esforço em condições estáveis ou de equilíbrio, a partir da década de 70, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (American College of Sports Medicine – ACSM) publicou equações para estimativa do custo metabólico em caminhada e corrida. Essas equações de regressão foram geradas

a partir de estudos laboratoriais que relacionam as medidas mecânicas do ritmo de trabalho aos seus equivalentes metabólicos (ACSM, 2003).

Essas equações metabólicas exigem para estimativa do consumo de oxigênio apenas os valores de deslocamento (velocidade e inclinação), pois estão relacionadas com o conceito da grandeza física trabalho, pois o consumo de oxigênio ocorre em função de um determinado deslocamento. Além disso, o incremento do consumo de oxigênio de atividade estimado pelas equações metabólicas é considerado linear em relação à velocidade e à distância percorrida, sendo o consumo para a corrida em terreno plano o dobro do estimado para caminhada. O mesmo é expresso em mililitros de oxigênio por quilograma de peso corporal a cada minuto ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

As equações sugeridas pelo ACSM para estimativa do consumo de oxigênio, por considerar que indivíduos com diferentes características deslocando-se na mesma velocidade e inclinação tenham o mesmo consumo de oxigênio, necessitam de esclarecimentos sobre sua validade e erros de medida. Além disso, em amostras com a população brasileira de adultos jovens não foram encontrados estudos de validação na literatura consultada.

Mesmo essas equações tendo sido publicadas há muitos anos, não se observa quotidianamente sua aplicação, pois uma das maiores contestações seria sua validade. Assim, qual a validade das equações metabólicas para corrida e caminhada do Colégio Americano de Medicina do Esporte na estimativa do consumo de oxigênio em homens jovens?

## **Objetivos do Estudo**

### **Objetivo Geral**

- Verificar a validade concorrente das equações metabólicas para caminhada e corrida do Colégio Americano de Medicina do Esporte em homens entre 20 e 30 anos de idade.

### **Objetivos Específicos**

- Estimar o consumo de oxigênio pelas equações de caminhada e corrida do Colégio Americano de Medicina do Esporte;
- Estimar os erros das equações metabólicas do Colégio Americano de Medicina do Esporte;

## **Delimitações e Limitações do estudo**

Este estudo possui as seguintes delimitações:

- a amostra estudada foi delimitada em homens jovens, na faixa etária entre 20 e 30 anos de idade, sem aparentes problemas de saúde, e, que relataram gozar de boa saúde

As seguintes limitações são assumidas neste estudo:

- durante o teste de exercício máximo, para a determinação do nível de aptidão cardiorrespiratória, os indivíduos foram até a exaustão;
- dificuldade de adaptação dos indivíduos com o uso do equipamento (bocal) para mensuração do consumo de oxigênio.

### Justificativa

As equações metabólicas sugeridas pelo ACSM são uma técnica indireta fácil e simples para estimar o custo metabólico do exercício físico, pois oferecem a possibilidade do controle detalhado da sessão de treinamento pela utilização do custo metabólico (consumo de oxigênio). Além disso, a possibilidade de conversão do consumo de oxigênio em gasto calórico oportuniza e amplia o uso dessas equações para os mais variados objetivos com a prática do exercício físico; ou seja, o uso dessas equações limita-se muito mais a falta de conhecimento de sua validade do que propriamente ao desconhecimento de sua existência.

O fato de essas equações serem generalizadas e não considerarem variáveis, como sexo e massa corporal, por exemplo, indica a necessidade de estudos a respeito de sua validade. A utilização das equações do ACSM com adultos saudáveis pode suprir a inexistência de analisadores de gases em locais onde a prática do exercício físico acontece.

A impossibilidade de mensurar o consumo máximo de oxigênio e o número reduzido de estudos com a população brasileira de adultos jovens criam a premente necessidade de se investigarem as equações sugeridas pelo ACSM. Do mesmo modo, estudar amostras brasileiras de características peculiares com indivíduos assintomáticos justifica a realização do presente estudo, pois esses indivíduos representam grande parcela dos praticantes de atividade física em academias, clubes e parques.



## Referencial teórico

Em laboratório é possível mensurar o volume de oxigênio de um indivíduo pelo procedimento da espirometria de circuito aberto, pois através da análise de gases expirados é possível observar as respostas hemodinâmicas frente a um esforço físico. Contudo, a mensuração do consumo de oxigênio por espirometria é limitada a ambientes clínicos ou acadêmicos, o que torna esse procedimento inviável de se aplicar em outros lugares, tais como centros de treinamentos e parques.

A possibilidade da mensuração direta do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), que é um indicador para prescrição do exercício aeróbio, é muito rara. Assim, pela impossibilidade da utilização da espirometria, o uso de equações de regressão para estimativa do  $VO_{2máx}$  é muito comum e praticamente necessário diante das limitações impostas para a mensuração do consumo de oxigênio. As equações para estimativa do consumo de oxigênio normalmente são específicas daquelas populações que as originaram e, dessa maneira, também apresentam limitações que as impossibilitam de serem utilizadas para qualquer indivíduo.

A escassez, ou até mesmo a inexistência, de equações para indivíduos jovens assintomáticos brasileiros criam a necessidade de que estudos de validação sejam desenvolvidos, mesmo que limitados. Em muitos casos, as equações, que porventura sejam sugeridas, serão específicas e dificilmente poderão ser generalizadas, pela própria necessidade de se manter a validade interna (especificidade) à custa da validade externa (generalização) desses estudos.

A primeira publicação do manual *Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription* (ACSM, 1975) sugeriu equações metabólicas que criaram o

conceito de  $VO_2$  de atividade ( $VO_{2A}$ ), que representa o consumo de oxigênio durante uma atividade. Por sua vez, os componentes das equações metabólicas para a estimativa do consumo de oxigênio, conforme Tabela 1, são o componente de repouso (R) que equivale a  $3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , o componente vertical (CV) que equivale ao deslocamento quando ocorre a inclinação no terreno ou na esteira, e o componente horizontal (CH) que equivale à velocidade do deslocamento; sendo a fórmula para estimativa do consumo de oxigênio de atividade:  $VO_{2A}=CV+CH+R$ . Esses componentes são utilizados somente para as equações de caminhada e corrida; mas, quando se somam o CH e o CV e não se contabiliza o R ou  $3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , encontra-se o  $VO_2$  líquido (Swain & Leutholtz, 2002).

**Tabela 1**  
**Componentes das equações metabólicas do ACSM para o consumo de oxigênio**

	Componente de Repouso	Componente Vertical	Componente Horizontal
Caminhada	3,5	$V * 0,1$	$\% \text{inclinação} * V * 1,8$
Corrida	3,5	$V * 0,2$	$\% \text{inclinação} * V * 0,9$

$VO_2$  em  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$

V = velocidade em  $\text{m.min}^{-1}$

Essas equações foram concebidas a partir de dois pressupostos: 1) que o indivíduo esteja em estado de equilíbrio (*steady-state*) e 2) que o aumento no consumo de oxigênio é linear, ou seja, que aumenta conforme a velocidade é incrementada numa razão de, para uma pessoa de 70 kg,  $0,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , e  $0,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , respectivamente, para caminhada e corrida (ACSM, 2003).

A observação do pressuposto estado de equilíbrio é de fundamental importância, pois, para a aplicação dessas equações, é necessário que o indivíduo esteja executando um trabalho submáximo ou dentro de condições aeróbias. Cabe ressaltar que a inobservância desse pressuposto, conforme cita o ACSM (2003), gera um erro padrão de estimativa de até 7% no  $VO_{2A}$ , causando uma superestimativa.

Deve-se ressaltar que o estado de equilíbrio é uma fase da atividade em que o organismo não necessita de grandes quantidades de oxigênio, ou seja, uma atividade tipicamente aeróbia submáxima ou uma atividade de intensidade moderada. Uma atividade moderada representa entre 45% e 59% do  $VO_{2máx}$  ou entre 50 e 69% da FCM, conforme sugeriu o U.S. Department of Human and Health Services (USDHHS, 1996).

O pressuposto da linearidade adotado pelo ACSM considera que o aumento na carga (velocidade e inclinação) gera um proporcional incremento no consumo de oxigênio. Assim, o incremento da velocidade na corrida é o dobro que na caminhada, ou seja, durante a caminhada é necessário cerca de  $0,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  de oxigênio, respectivamente, para transportar cada quilograma de massa corporal por metro de distância horizontal percorrida (ACSM, 2003; Dill, 1965); e que a demanda de oxigênio contra a gravidade é de  $1,8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (ACSM, 2003; Nagle, Balke & Naughton, 1965). Para a corrida, o custo do oxigênio da ascensão vertical em esteira rolante é igual a metade daquele da caminhada, ou seja,  $0,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e a demanda de oxigênio é o dobro do que na caminhada ou  $0,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (ACSM, 2003).

Também é importante destacar que as equações metabólicas do ACSM são especificamente indicadas para caminhada e corrida. A equação para caminhada deve ser utilizada em velocidades de deslocamento entre 50 e 100  $\text{m.min}^{-1}$ , e a equação para corrida em velocidades superiores a 134  $\text{m.min}^{-1}$ . No intervalo entre 100 e 134  $\text{m.min}^{-1}$ , Heyward (1997) sugere que a equação de corrida pode ser utilizada, se isso realmente ocorrer.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

A estrutura adotada visa atender a organização da formulação do problema, bem como os objetivos e questões do estudo, levando a uma leitura lógica de todo o trabalho. Além disso, o desenvolvimento da revisão terá como eixo principal o entendimento da estimativa do consumo de oxigênio pela equação sugerida pelo ACSM. São os principais tópicos da revisão de literatura:

Aptidão física relacionada à saúde

Aptidão Cardiorrespiratória

Protocolos para aptidão cardiorrespiratória

Validação de equações para estimativa do consumo de oxigênio

Equações metabólicas sugeridas pelo ACSM

#### **Aptidão física relacionada à saúde**

Para Safrit e Wood (1989), somente a partir dos anos 70 é que o interesse na aptidão física surgiu nos Estados Unidos. Mesmo assim, era mais enfatizada a saúde pessoal e o bem-estar do que a aptidão para combates nas guerras, como era até anteriormente a este período. A primeira vez em que o governo norte-americano preocupou-se com a aptidão física de suas crianças ocorreu com a

divulgação dos resultados do estudo comparativo do Teste de Kraus-Weber entre crianças americanas e européias, o qual destacou melhor performance dessas últimas. Esses resultados repercutiram negativamente e iniciou-se um processo de pesquisa na direção do conceito de aptidão física através de medidas relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, bem como dos vários componentes da aptidão física (USDHHS, 1996).

O termo aptidão física refere-se, segundo a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 1968), à habilidade de performance para o trabalho muscular satisfatório. A definição de aptidão física, conforme o USDHHS (1996), é a habilidade para realizar tarefas diárias com vigor e atenção, sem fadiga precoce e com ampla energia para desfrutar o tempo de lazer sem situações imprevistas de emergência. Dessa maneira, a aptidão física relacionada à saúde é mais bem entendida se dividida em componentes que podem ser mensurados, pois compreende uma série de atributos que as pessoas têm ou deveriam ter, relacionados com a habilidade para realizar e praticar atividade física diariamente.

Nestas definições incluem-se características individuais adquiridas que permitem uma boa performance para o trabalho físico em geral. A aptidão física é operacionalizada na sociedade com o foco em dois objetivos, conforme relataram Bouchard e Shephard (1994):

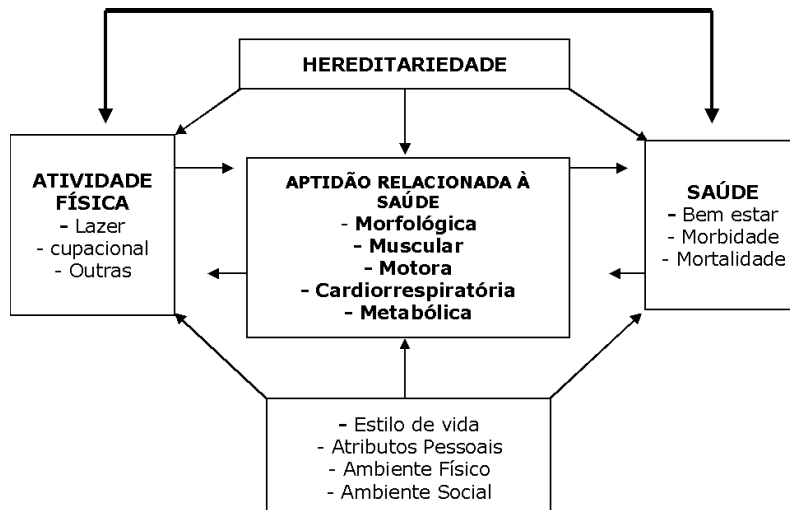
- a) aptidão relacionada à performance que refere-se aos componentes necessários para o trabalho máximo ou performance esportiva;
- b) aptidão relacionada à saúde que refere-se aos componentes da aptidão que são afetados favorável ou desfavoravelmente pela atividade física habitual e relacionada à condição de saúde.

Para Corbin e Lindsey (1985), os componentes da aptidão relacionada à saúde são: composição corporal (quantidade relativa de músculos, gordura, ossos e outros tecidos dos quais o corpo é composto), aptidão cardiovascular (a habilidade do coração, vasos sanguíneos, sangue e sistema respiratório para suprir de combustível, especialmente oxigênio, os músculos durante exercício sustentado), resistência muscular (a habilidade dos músculos para auto-sustentarse); flexibilidade (a extensão de movimento conseguido numa articulação), e força (a habilidade para vencer forças externas ou para levantar cargas pesadas).

Dentre todas as definições de aptidão física relacionada à saúde, são necessários para a operacionalização deste conceito atributos na forma de componentes (morfológicos, muscular, motor, cardiorrespiratório e metabólico), conforme sugeriram Bouchard e Shephard (1994). São atributos da aptidão física relacionada a saúde a aptidão cardiorrespiratória, a endurance muscular, a composição corporal e a flexibilidade, que diferem em importância quando comparados aos atributos para performance atlética. Portanto, a teoria da atividade física relacionada com a saúde, como o sugerido por Bouchard e Shephard (1994) na Figura 1, pode ser entendida como um constructo de diferentes modelos.

Para Bouchard e Shephard (1994), a aptidão física relacionada à saúde inclui os componentes: a) morfológico (massa corporal para estatura, composição corporal, distribuição de gordura subcutânea, gordura abdominal visceral, densidade óssea e flexibilidade); b) muscular (força, potência, endurance, agilidade, equilíbrio, coordenação e velocidade de movimento); c) cardiorrespiratório (composto pela capacidade de exercício submáxima, potência aeróbia máxima, função cardíaca e pulmonar e pressão arterial); e d) metabólico

(composto pela tolerância a glicose, a sensibilidade a insulina, metabolismo de lipídeos e lipoproteínas e características de oxidação de substratos).



**Figura 1. Modelo de aptidão física relacionada à saúde.**

**Fonte:** Bouchard, R., Shephard, R.J. (1994) *Physical Activity, Fitness, and Health: The Model and Key Concepts* In: Bouchard, C., Shephard, R. J., Stephens, T. Physical activity, Fitness and Health - International Proceedings and Consensus Statement, p. 77-88, Champaign, IL Human Kinetics Publishers.

O USDHHS (1996) sugeriu que o foco das medidas de aptidão física inclui a resistência ou aptidão cardiorrespiratória (capacidade cardiorrespiratória e potência aeróbia), aptidão muscular (força, resistência e flexibilidade muscular), e, por fim, a composição corporal.

Por último, Heyward (1997) define aptidão física como a habilidade para realizar atividades ocupacionais, recreacionais e diárias sem início de fadiga aparente. São seus componentes: a) resistência cardiorrespiratória (habilidade do coração, pulmões, e sistema respiratório para suprir de oxigênio, ou a taxa de utilização de oxigênio pelos músculos durante exercício aeróbio; b) aptidão músculo-esquelética (habilidade dos sistemas esquelético e muscular para

realizar trabalho, que requer força e resistência muscular e força óssea); c) massa corporal e composição corporal (tamanho ou massa do indivíduo) e composição corporal (quantidade absoluta ou relativa dos tecidos muscular, ósseo e de gordura); d) flexibilidade (habilidade para movimentar uma articulação); e e) relaxamento neuromuscular (habilidade para reduzir ou eliminar a tensão ou contração desnecessária a um grupo muscular).

As necessidades de melhorar a aptidão física foram enfatizadas e cientificamente embasadas com a publicação do posicionamento do ACSM de 1978 (fundamentado pelo trabalho de Pollock [1973]), que fazia uma importante distinção entre atividade física relacionada para saúde *versus* aptidão física, pois a quantidade e qualidade do exercício físico necessário para conseguir benefícios relacionados à saúde diferiam do que era recomendado para benefícios na aptidão física (Pollock, 1973).

Pelo posicionamento de 1978, o ACSM reconheceu o potencial do exercício físico regular praticado freqüentemente em baixas intensidades prescritas na redução dos riscos a certas doenças crônico degenerativas, mesmo não sendo suficientes para melhorar a aptidão aeróbia.

Todavia, o posicionamento de 1978 do ACSM não foi o primeiro. O Relatório intitulado Atividade Física e Saúde – Relatório do Cirurgião Geral ("Physical activity and Health – A Report of the Surgeon General") do USDHHS (1996), relata no mínimo 30 recomendações entre 1965 e 1996, sendo cada uma dessas com seus respectivos, objetivos, tipo/modo, intensidade, freqüência, duração, e, em alguns casos até mesmo alguma recomendação para exercício físico resistido ou contra-resistência.



No Relatório Atividade Física e Saúde ainda foram incluídas recomendações das mais importantes instituições norte-americanas, entre essas a Associação Americana do Coração (AHA – American Heart Association) e do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM – American College of Sport Medicine), onde se pode observar:

- a) quanto aos objetivos: aptidão cardiorrespiratória, prevenção e reabilitação de doenças aparecem com maior frequência. No posicionamento do USDHHS/USDA em 1990 é citado pela primeira vez o termo promoção de saúde, mas uma recomendação específica para isso foi feita somente em 1995 por Pate et al. (1995);
- b) quanto ao tipo/modo: mais de 80% sugerem o trabalho de endurance ou endurance associado a outros tipos; mas o que chama a atenção é que em muitas recomendações com objetivo de força e flexibilidade não foi especificado nada para esses objetivos;
- c) quanto à intensidade: até 1994, a intensidade sugerida tinha indicadores claramente definidos, tais como consumo de oxigênio e Frequência Cardíaca Máxima; todavia, a partir de 1995, estas recomendações sugeriram intensidade variando de moderada a muito intensa;
- d) quanto à frequência: até 1994 a maioria das recomendações citava entre 3 e 7 vezes por semana, e, a partir de 1995, a maioria sugeriu uma prática em todos os dias ou na maioria dos dias da semana;
- e) quanto à duração: até 1990 entre 15 e 60 minutos de atividade contínua, o que após 1995 mudou para 30 minutos ou mais por dia, de forma acumulada ou ininterrupta.

Quanto às recomendações para a prática do exercício físico contra resistência, somente 5 das 33 recomendações, ou seja, aproximadamente 15%, especificavam algum tipo de trabalho, sendo que o número de séries variava entre 1 e 3, as repetições entre 8 e 15, entre 8 e 10 exercícios para grandes grupos, sendo no mínimo duas e no máximo 3 vezes por semana. Assim, Kraemer et al. (2002) publicaram o parecer intitulado Modelos de Progressão em Treinamento de Resistência para Adultos Saudáveis ("Progression models in resistance training for healthy adults"), que tinha como finalidade ampliar e aprofundar a discussão sobre prescrição deste tipo de exercício para inúmeros e diferentes grupos populacionais.

Assim, sempre que a aptidão física relacionada à saúde é conceituada, os autores incluem atributos necessários a uma boa aptidão física, e para todos esses autores a aptidão cardiorrespiratória é parte integrante deste conceito. Desta maneira, desenvolver, melhorar e até mesmo realizar a manutenção destes atributos, de forma adequada, passa a ser uma das principais finalidades do exercício físico em relação a aptidão física relacionada à saúde.

### **Aptidão Cardiorrespiratória**

As atividades envolvendo a 2ª Guerra Mundial influenciaram fortemente as pesquisas em fisiologia do exercício. Os maiores avanços sobre o desenvolvimento dos componentes da aptidão física ocorreram entre os anos 1940 e 1950 e determinaram os efeitos do treinamento de endurance e força em medidas de performance e função fisiológicas, especialmente adaptações nos sistemas cardiovascular e metabólico (USDHHS, 1996); mas é por volta de 1800

que inúmeros padrões de medidas foram sendo sugeridos. Edward Hitchcock (também chamado de pai da medida em educação física) ao estudar a simetria corporal, proporção e prescrição do exercício para modificar o tamanho corporal sugeriu os primeiros padrões (Safrit & Wood, 1989).

Também foi pelos idos do século 19 que o interesse na mensuração da função cardiorrespiratória teve um considerável aumento. O primeiro teste da função cardíaca foi desenvolvido por C. Ward Crampton somente em 1905, e, em 1920, E. C. Scheneider desenvolveu testes mais sofisticados para mensuração da eficiência física de aviadores na 1ª Guerra Mundial; mas os trabalhos nesta área tiveram um sofisticado incremento com o desenvolvimento do teste de esteira de Balke, em 1954 (Safrit & Wood, 1989).

Os trabalhos de Balke, por volta de 1950, em esteiras ergométricas, foram fundamentais para o desenvolvimento de inúmeros ergômetros. Todavia, os testes mais conhecidos e aplicados, principalmente no Brasil, são os testes de pista, esteira e bicicleta ergométrica. Os testes de esteira são mais divulgados e usados, e freqüentemente pode-se encontrar resultados dos testes de Bruce, Kusumi e Hosmer (1973) e Ellestad (1984), e, mais recentemente, os testes com protocolos de rampa (Tebexreni et al., 2001). Dessa maneira, o teste em esteira passou a representar o padrão para mensuração da função cardiorrespiratória dentro do laboratório.

Um elemento chave da aptidão física relacionada à saúde é a aptidão cardiorrespiratória, pois a atividade aeróbia e a aptidão cardiovascular têm importantes e positivos efeitos na saúde cardiovascular. Os dois principais fatores relacionados à aptidão cardiovascular são o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) e a capacidade cardiorrespiratória submáxima, conforme relataram

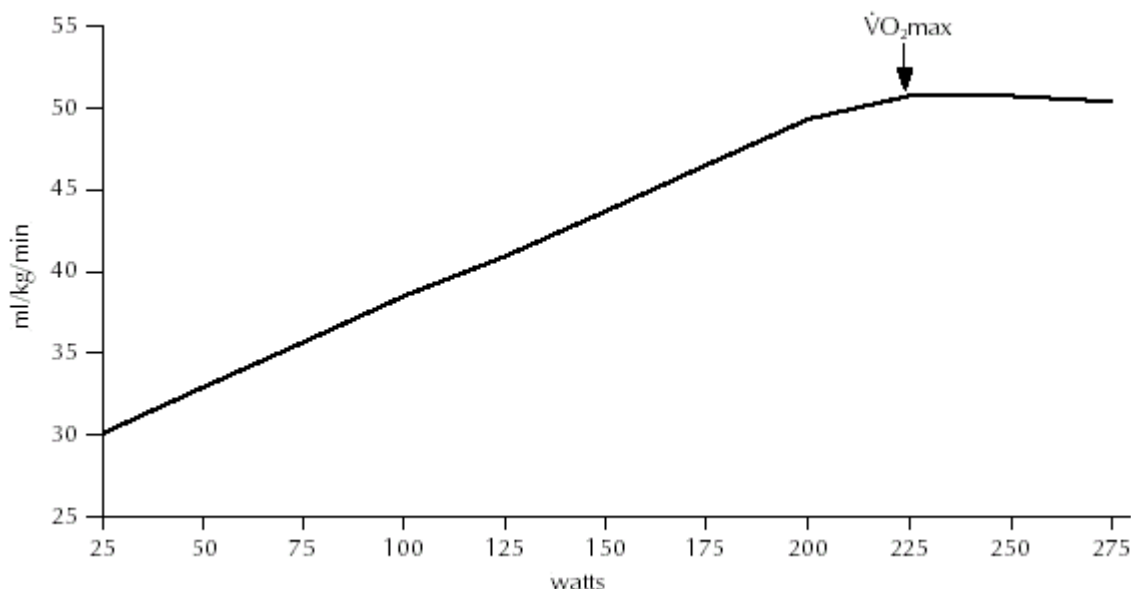
Skinner e Oja (1994); além disso, o consumo máximo de oxigênio de uma pessoa é determinado em parte pelo fator genético, podendo ser aumentado com o treinamento até o ponto máximo geneticamente permitido (USDHHS, 1996).

O  $VO_{2máx}$  é o indicador padrão para a medida da aptidão cardiorrespiratória ou capacidade funcional, bem como para estratificação dos fatores de risco, sendo aceito internacionalmente para tais finalidades. O  $VO_{2máx}$  funciona também como medida normativa da aptidão cardiorrespiratória (ACSM, 2003), existindo inúmeras tabelas normativas utilizadas para a classificação dos indivíduos, sendo que essas tabelas normalmente associam os valores de  $VO_{2máx}$  a uma classificação da condição/aptidão física.

A capacidade ou aptidão cardiorrespiratória é representada pela habilidade para o transporte e utilização do oxigênio durante um trabalho rítmico e dinâmico, envolvendo grandes grupos musculares (Skinner & Oja, 1994), sendo considerado a melhor medida da aptidão cardiorrespiratória de uma pessoa (USDHHS, 1996). Portanto, denomina-se consumo de oxigênio máximo, segundo McArdle et al. (1998) e Kawamura (2001), o ponto em que nenhum aumento adicional de consumo de oxigênio ocorre (“plateau”), apesar do incremento da carga de esforço durante a realização do teste de exercício. A Figura 2 apresenta o consumo de oxigênio em relação ao incremento da carga de trabalho até o ponto em que ocorre a estabilização ou “plateau” no consumo de oxigênio.

São utilizadas várias expressões sobre as unidades de captação de oxigênio. O  $VO_{2máx}$  pode ser expresso em valores absolutos ou litros por minuto ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ), valores relativos ou mililitros por quilograma de massa corporal ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) ou, ainda, em unidades metabólicas (MET); por exemplo, um indivíduo com  $VO_{2máx}$  de 4,8 litros, pesando 70 quilogramas, tem um volume de

oxigênio relativo de  $68,57 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  ou 19,59 METs. Assim, quando o  $\text{VO}_2$  é expresso em  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , os dados permitem que essas mensurações sejam comparadas entre pessoas de diferentes massas corporais (Hunn, Lapuma & Holt, 2002).



**Figura 2**

**Mudanças no aumento de oxigênio com o incremento das taxas de trabalho no cicloergometro.**

**Fonte:** U.S. Department Of Health and Human Services (1996). *Physical Activity and Health. A Report of the Surgeon General*. Centers for Disease Control and Prevention; National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion; The President's Council on Physical Fitness and Sports. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion; The President's Council on Physical Fitness and Sports.

O  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  pode ser determinado através de teste máximo ou submáximo, dependendo do ponto de interrupção utilizado para finalizar o teste; sendo a escolha baseada na amostra a ser estudada (atletas, pacientes cardíacos, crianças), no objetivo (estimativa da aptidão cardiorrespiratória, mensuração do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , diagnóstico da doença coronariana) e no custo (equipamento e pessoal), conforme sugeriram Powers e Howley (2000).

O teste de exercício é o procedimento que melhor demonstra a capacidade funcional do avaliado e também aponta alguns indicadores para a prescrição do

exercício, pois as respostas fisiológicas do organismo frente ao esforço máximo ou submáximo demonstram a capacidade do indivíduo em sustentar determinadas cargas.

No exercício máximo, que tem como objetivo o incremento sistemático dos estágios até a exaustão do indivíduo ou obtenção do  $VO_{2máx}$ , a mensuração do consumo de oxigênio pela calorimetria indireta (mensuração dos gases expirados) durante o teste de exercício é o procedimento padrão para o consumo de oxigênio real. Na calorimetria indireta, inspira-se o ar atmosférico, em condições favoráveis de temperatura ambiente, e analisam-se os gases expirados por meio de equipamentos sensores polarográficos na análise do  $VO_2$  (Yazbek et al., 2001).

O teste de esteira, contemporaneamente, é chamado de “teste de exercício”, conforme sugere Araújo (2000); pois, é a expressão mais apropriada em relação às demais utilizadas quotidianamente; o termo “teste de esforço” é relativamente apropriado, a nomenclatura “prova de esforço” é menos utilizada e a expressão “teste ergométrico” é uma maneira inapropriada que significa literalmente “teste de medida de trabalho”.

O princípio básico de um teste de exercício é o incremento gradativo da carga de trabalho até determinado ponto. Este ponto pode variar em função do objetivo, nível de condição do avaliado e até mesmo do equipamento disponível. Portanto, a escolha do protocolo (procedimento padronizado) se deve a uma série de fatores. Contudo, sugere-se que o teste de exercício dure entre 8 e 12 minutos, pois, se o protocolo for adequadamente escolhido, o avaliado estará atingindo a capacidade cardiorrespiratória máxima nesse tempo.

O teste de exercício máximo também faz com que o indivíduo atinja sua capacidade máxima durante o teste e, normalmente é o mais indicado para

indivíduos jovens, em função de estes apresentarem menos fatores de risco a eventos cardiovasculares adversos e agudos. Por sua vez, os testes submáximos não atingem os chamados "plateaux", são mais seguros, e, portanto, são menos agressivos, porém, podem não demonstrar o valor real da capacidade do avaliado.

Nos testes submáximos, a resposta da frequência cardíaca (FC) é utilizada para a estimativa do  $VO_{2máx}$  (Baumgartner & Jackson, 1995), ou quando o indivíduo atinge entre 85 e 90% da FC máxima estimada pela idade o teste é interrompido (Fletcher et al., 1995 e 2001). Para Duarte (1987), os testes submáximos são baseados na relação linear que existe entre a FC e o consumo de oxigênio, e são realizados utilizando-se técnicas desenvolvidas a partir de medidas diretas. Entre essas técnicas indiretas estão os nomogramas de Margaria e Astrand, as fórmulas de Balke e Bruce, entre outras (Ng, 1995).

Para Powers e Howley (2000), atinge-se o  $VO_{2máx}$  quando os seguintes critérios são atingidos: 1) quociente respiratório superior a 1,15; 2) estabilização do  $VO_2$  ou alterações inferiores a  $150 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$  ou  $2,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  e 3) nível sérico de lactato pós-exercício maior que  $8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ; todavia, não se deve esperar que um indivíduo satisfaça os três critérios.

Além de todos os cuidados citados, no momento do teste de exercício, deve-se tomar o cuidado para não considerar o  $VO_{2pico}$  (maior valor de oxigênio consumido, indiferente do estágio do protocolo) erroneamente como o  $VO_{2máx}$ .

No entanto, não se deve ignorar a existência de fatores limitantes na mensuração do  $VO_{2máx}$ . Para Wilmore e Costill (2001), duas teorias podem explicar: 1ª) limitações relacionadas à falta de quantidades suficientes de enzimas oxidativas nas mitocôndrias ou teoria da utilização, e 2ª) limitações circulatórias e

centrais que impediriam a liberação de quantidades suficientes de oxigênio aos tecidos ativos ou teoria da apresentação. Discussões mais aprofundadas especificamente sobre fatores limitantes na mensuração do consumo máximo de oxigênio poderão ser consultadas nos trabalhos de Bassett e Howley (1997, 2000), Noakes (1998), Laughlin (1999) e Robergs (2001).

### **Protocolos para aptidão cardiorrespiratória**

Protocolos para aptidão cardiorrespiratória são procedimentos padronizados que objetivam fazer com que o avaliado atinja determinados níveis de esforço físico. Existem inúmeros protocolos com aumento de carga definida, ou estágios de duração definida que variam de 2 a 5 minutos sem modificações, sendo esses baseados no princípio de que o indivíduo deverá atingir o estado de equilíbrio (steady-state) antes da mudança para a próxima carga (velocidade e/ou inclinação). Esses protocolos são chamados de tradicionais, e, portanto, são os mais conhecidos. Entre esses:

- Ellestad (1984): com incrementos de velocidade a cada dois minutos; inicia com 10% e termina com 15% de inclinação, sendo indicado para pacientes cardíacos ou sedentários de baixa condição física;
- Naughton, Balke e Nagle (1964): indicado para pessoas idosas sedentárias e cardiopatas limitados; a velocidade é fixa em 3,2 km/h após o aquecimento, o que exige baixo custo metabólico do avaliado;
- Bruce, Kusumi e Hosmer (1973): é o protocolo mais utilizado, sendo semelhante ao protocolo de Ellestad (1984) no que se refere ao custo metabólico. Mudanças irregulares semelhantes na velocidade e inclinação

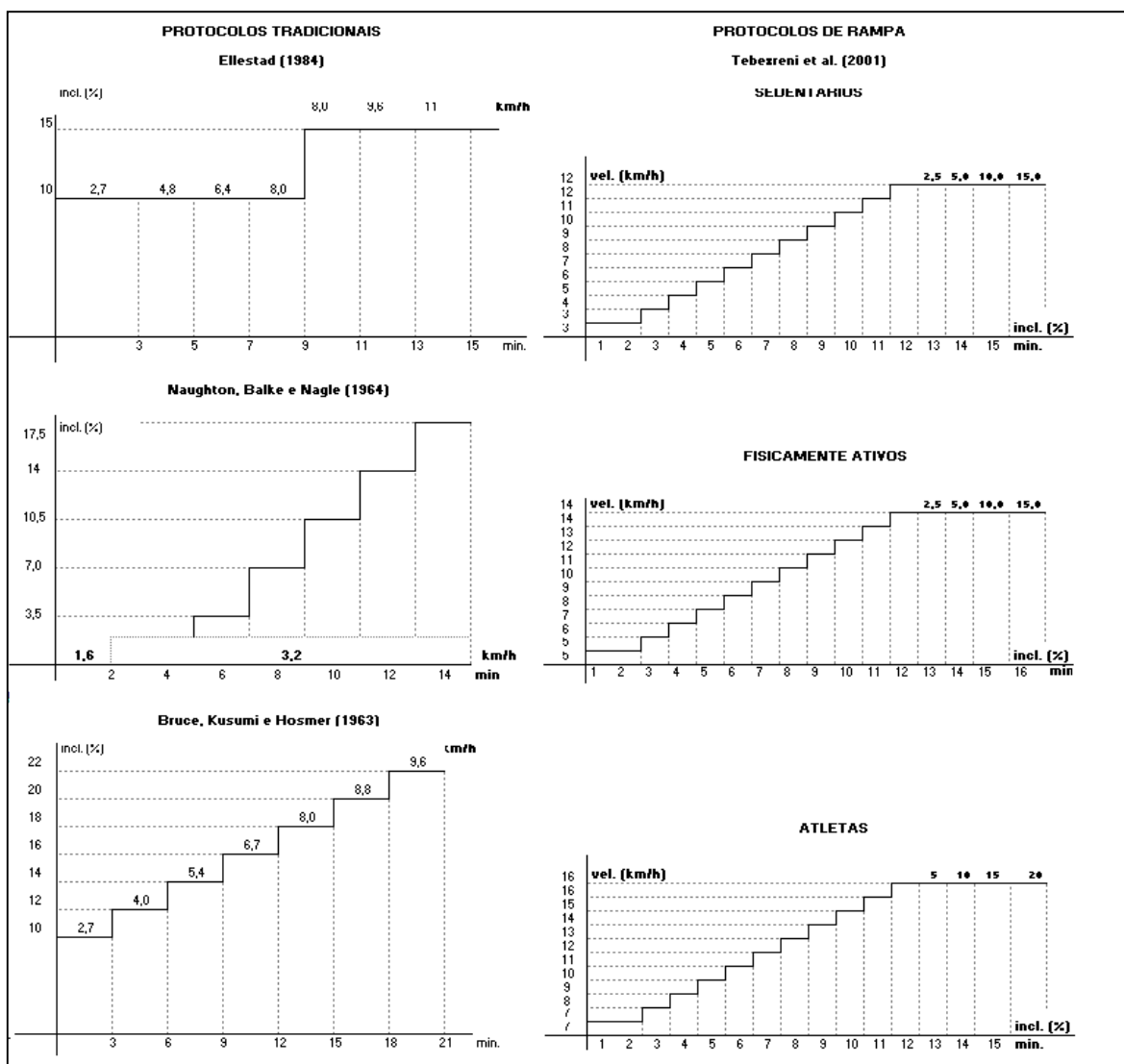


dificultam a adaptação do avaliado; pois, o consumo de oxigênio aumenta aproximadamente  $10 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (3 METs), por estágio de três minutos;

- Protocolos de Rampa: são protocolos com aumento de carga constante, determinando de forma mais precisa a capacidade funcional do avaliado, pois preenchem a maioria dos quesitos considerados adequados na execução de um teste de exercício para obtenção do consumo máximo de oxigênio. Dentre esses quesitos, a melhor relação entre  $\text{VO}_2/\text{carga}$  de trabalho e a tendência de se atingir o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  entre o 8º e o 12º minuto do início do teste, conforme sugeriram Tebexreni et al. (2001).

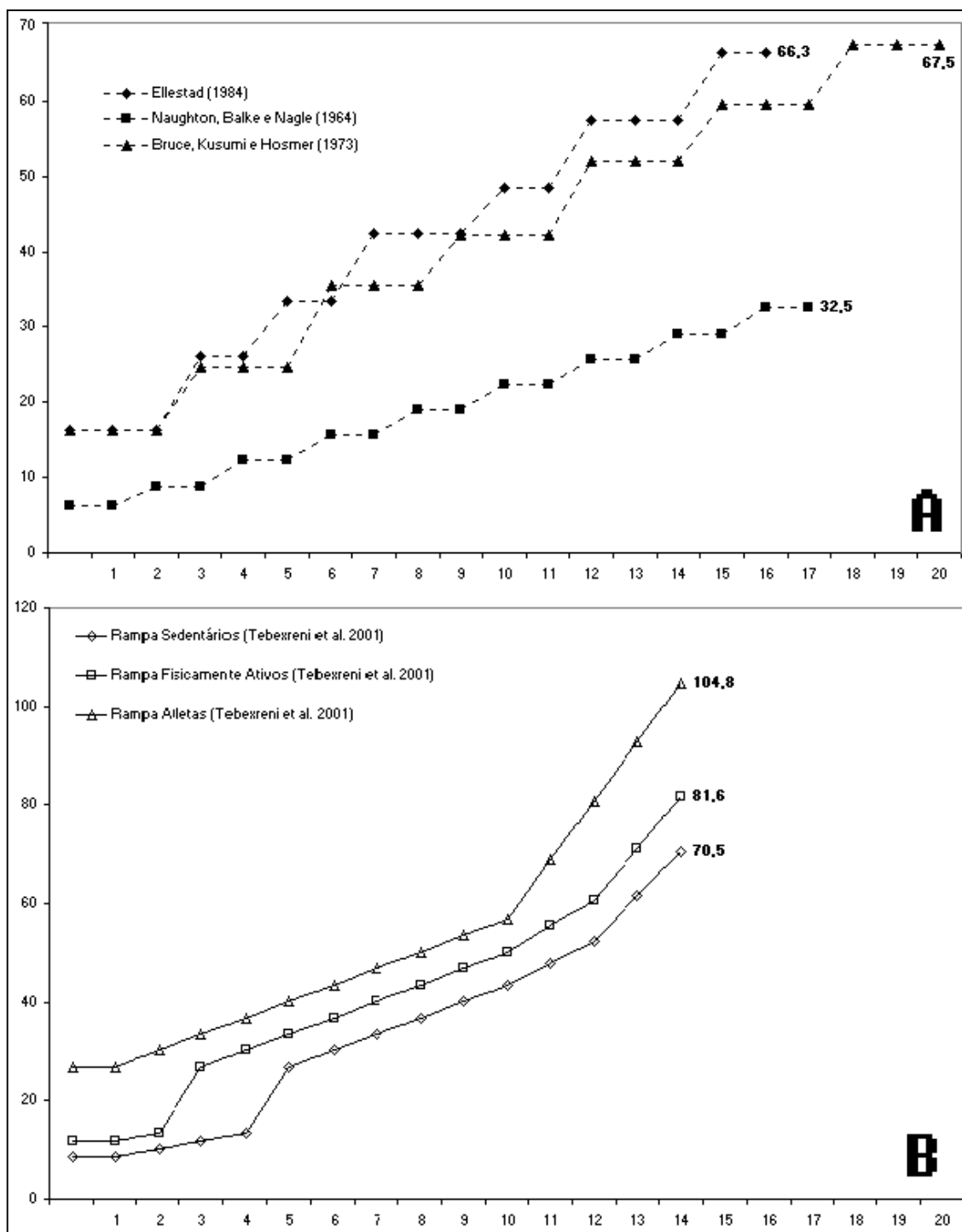
A Figura 3 apresenta esquematicamente as diferenças nos aumentos de carga (inclinações e velocidades), entre protocolos tradicionais e de rampa. Quando o avaliado chega à última etapa do teste, todos os protocolos apresentam no mínimo uma inclinação de 15%, mas a velocidade varia entre 1,6 e 16 km/h, respectivamente, nos protocolos de Naughton, Balke e Nagle (1964) e Tebexreni et al. (2001) para atletas.

Uma análise pelo aumento no consumo de oxigênio pode ser realizada, pois cada protocolo submete o avaliado a uma intensidade a cada estágio do teste. A Figura 4 apresenta as variações na intensidade a cada minuto de cada protocolo; mas deve-se ressaltar que o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  foi estimado pelas equações metabólicas de caminhada (para velocidades inferiores a  $115 \text{ m.min}^{-1}$ ) e de corrida (para velocidade superiores a  $115 \text{ m.min}^{-1}$ ) sugeridas pelo ACSM (2003). Mesmo assumindo a possibilidade de essas estimativas estarem inadequadas ou superestimadas, a Figura 4 demonstra as diferenças que existem entre os incrementos de cada teste a cada minuto, servindo apenas como um demonstrativo.



**Figura 3**  
**Protocolos de exercício para testes em esteira**

Na Figura 4A, observa-se que os protocolos tradicionais de Bruce, Kusumi e Hosmer (1973) e Ellestad (1984) iniciam com o mesmo consumo de oxigênio e vão gradativamente se alterando conforme os avanços de estágio, sendo que o protocolo de Naughton, Balke e Nagle (1964) apresenta os menores valores estimados para consumo de oxigênio entre os três protocolos tradicionais. Por sua vez, os protocolos de rampa (Figura 4B), para fisicamente ativos e sedentários, iniciam com os menores entre os seis protocolos e terminam com os maiores valores estimados de consumo de oxigênio, exceptuando-se para o protocolo de rampa para atletas.



**Figura 4**

**Comparativo de seis diferentes protocolos para teste de exercício em esteira com Valores estimados pelas equações metabólicas do ACSM. A. Protocolos tradicionais e B. Protocolos do tipo rampa**

Para os protocolos de rampa espera-se que o consumo máximo de oxigênio seja atingido até o 11º minuto. Esta é a sugestão dos autores, mas, caso isso não ocorra, sugere-se o incremento da inclinação para que proporcione a

fadiga e, como conseqüência, o encerramento do teste (Tebexreni et al., 2001). Também é importante ressaltar que os valores apresentados na Figura 4 foram estimados pelas equações metabólicas sugeridas pelo ACSM (2003), e, portanto, podem não representar os reais valores no consumo máximo de oxigênio; mas, dessa forma, pode-se comparar as mudanças nos aumentos de oxigênio com um possível erro constante dessas equações.

As principais desvantagens dos protocolos tradicionais são: a) elevação da inclinação a partir dos primeiros estágios, o que pode acarretar em fadiga muscular precoce nos membros inferiores; b) ao final de cada estágio, obtém-se o steady-state; c) grandes aumentos do trabalho ou carga (velocidade e inclinação). Por exemplo, o protocolo de Bruce, Kusumi e Hosmer (1973) incrementa aproximadamente  $10 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  entre o 1º e 4º minutos, respectivamente, 1º e 2º estágios, o que para Fletcher et al. (1995, 2001) reduz a precisão do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , e gera desconforto ou a incapacidade para tolerar os incrementos seguintes no trabalho em muitos indivíduos.

Para Myers (2003) e para a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2002), os protocolos de rampa atendem às características de linearidade nas respostas do consumo de oxigênio. Afinal, esse tipo de protocolo, em vez de estágios com duração definida, utiliza uma razão de incremento constante para a intensidade do esforço, que permite uma maior individualização e adaptação do protocolo às condições do avaliado. O baixo custo metabólico inicial é superado com o rápido e constante aumento na velocidade para os protocolos de rampa o que vem acarretar encurtamento do tempo do teste (Porszasz et al., 2003). Quando comparados protocolos tradicionais e de rampa, esses últimos apresentam melhor habilidade para prever o consumo de oxigênio e melhores trocas e respostas

hemodinâmicas; além de, clinicamente, também incluírem maior precisão na estimativa da capacidade do indivíduo.

### **Equações metabólicas sugeridas pelo ACSM**

Pouco se sabe a respeito das equações metabólicas sugeridas pelo ACSM, mesmo com a edição comemorativa de 25 anos de sua publicação (ACSM, 2003). Até a publicação de 2000 do manual do ACSM (2000), não eram citadas informações adicionais como tamanho e composição da amostra e as referências que originaram essas equações, muito menos estudos de validação; mas, em 2003, foram divulgadas as fontes e referências que fundamentaram o desenvolvimento dessas equações metabólicas (ACSM, 2003).

Os estudos de Dill (1965) e Nagle, Balke e Naughton (1965), originalmente forneceram algumas das constantes para essas equações. Dill (1965), estudando apenas 3 homens, sendo dois com 23 anos e outro com 42 anos de idade, relatou que o trabalho em esteira subestimava o custo para indivíduos sem treinamento para competições e sem experiência em esteira, pois indivíduos menos hábeis consumiram 5% a mais de oxigênio do que aqueles mais hábeis.

Por sua praticidade e aplicabilidade generalizada é importante que essas equações passem por estudos de validação, pois os trabalhos que fundamentaram o desenvolvimento dessas equações, como o estudo de Nagle, Balke e Naughton (1965), não indicaram tal uso generalizado. Dessa maneira, investigar a validade dessas equações em amostras brasileiras é fundamental, pois sua precisa utilização depende desse tipo de estudo.

Especificamente quanto à validação da equação do ACSM, Maliszewski e Puhl (1996), com uma amostra de 21 indivíduos entre 55 e 75 anos de idade, que caminharam no mínimo sete minutos a  $80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , observaram que a equação do ACSM ( $\text{VO}_2 = 11,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) subestimou significativamente ( $p < 0,0001$ ) o consumo de oxigênio em relação aos valores mensurados pelo analisador metabólico ( $\text{VO}_2 = 14,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), e, que esta equação não seria indicada para adultos idosos.

No estudo de Robergs e Roberts (1996), foi revisada uma série de equações para consumo de oxigênio, mas somente as equações do ACSM não apresentaram os valores de correlação e erro-padrão de estimativa. Além disso, inúmeros estudos (Maliszewski & Puhl, 1996; Walker et al., 1999; Peterson, Pieper & Morey, 2003), vêm demonstrando que essas equações apresentaram problemas com relação à estimativa do consumo de oxigênio.

Por sua vez, Rondon et al. (1998), ao realizarem estudo com 47 homens saudáveis (idade= $29,7 \pm 5,0$  anos, massa corporal  $76,5 \pm 9,7$  kg e estatura  $175 \pm 5$ cm), observaram que o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  estimado pela equação do ACSM ( $53,0 \pm 7,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) do mensurado pelo analisador metabólico ( $42,1 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

Para Walker et al. (1999), que utilizou o processo de validação-cruzada, a equação do ACSM para caminhada ( $R=0,87$ ,  $\text{ET}=8,46 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $\text{EPE}=3,12 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), e a equação para corrida ( $R=0,86$ ,  $\text{ET}=3,62 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $\text{EPE}=3,55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), subestimam o consumo de oxigênio em adolescentes; contudo, a equação para corrida é mais precisa, o que também foi relatado por Ng (1995), por ser a passada do adulto mais eficiente do que a da criança.

Portanto, o estudo dessas equações é relevante para profissionais que trabalham com a prescrição do exercício físico, porque seria a partir do conhecimento de sua validade, bem como de uma estimativa mais precisa do erro, que essas equações poderiam ser adotadas com maior segurança e precisão.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **Característica da Pesquisa**

Pesquisa do tipo descritiva correlacional (estudo de validação), pois teve como objetivo verificar a validade das equações metabólicas sugeridas pelo ACSM. Para Thomas e Nelson (2002), a pesquisa correlacional é descritiva no sentido de que explora as relações que existem entre variáveis pela coleta de dados dos mesmos sujeitos e, assim, pode-se determinar as relações entre variáveis.

#### **População e Amostra**

A população foi composta de alunos da UFSC e usuários das dependências do Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A amostra foi constituída por 38 homens voluntários entre 20 e 30 anos de idade.

O convite para os participantes foi através dos murais do CDS e oralmente nas turmas dos cursos de graduação. Aqueles interessados em participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE, Anexo 1),



aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSC na reunião do dia 26 de abril de 2004, pelo Parecer Consubstanciado – Projeto n.º 059-04.

### **Esquema da pesquisa**

Primeiramente ocorreu o acolhimento dos voluntários no Laboratório de Esforço Físico (LAEF), com as devidas explicações dos procedimentos a que seriam submetidos, incluindo o risco e as limitações do estudo. Ao concordar, os voluntários assinavam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para agendamento do teste máximo (1ª Etapa) e do trabalho físico padronizado (2ª Etapa), onde recebia as instruções pré-avaliações (Anexo 2).

Foram adotados os seguintes procedimentos pré-avaliação:

- 1) medidas de MC e EST;
- 2) inserção dos valores do avaliado e auto-calibragem do analisador de gases;
- 3) colocação do bocal (tipo snorkel) e clipagem do nariz do avaliado;
- 4) três minutos, sem deslocamento, a 3 km/h para adaptação e ajustes respiratórios ao bocal e clip;
- 5) três minutos de pré-aquecimento na esteira com velocidade de 3 km/h, sem inclinação.

Esses procedimentos eram igualmente realizados na 1ª e 2ª Etapas, para que logo após fossem realizados os procedimentos específicos de cada etapa. Na 1ª Etapa, o teste de exercício máximo e na 2ª Etapa, o trabalho físico padronizado de 30 minutos. Após a finalização de ambas as etapas, o avaliado permanecia, como procedimento pós-avaliação, três minutos a 3 km/h, sem inclinação, na esteira para recuperação e tomadas dos valores. Ao término desses

procedimentos pós-avaliação, o avaliado recebia o resultado impresso, bem como as informações que desejava a respeito das avaliações.

O agendamento da 2ª Etapa ocorria após o encerramento da 1ª Etapa, onde também foi considerado um intervalo de no mínimo 48 horas e de no máximo 96 horas após a 1ª Etapa, desde que não houvesse nenhuma sessão de treino ou atividade física intensa nesse intervalo de tempo.

A 2ª Etapa foi composta por seis estágios com cinco minutos cada, onde na Tabela 2, pode-se observar este procedimento mais detalhadamente. Entre o 10º e o 19º minuto ou velocidade de 120,6 m.min<sup>-1</sup>, o consumo de oxigênio foi estimado pela equação que correspondesse à atividade motora que o avaliado estivesse executando, ou seja, caminhada ou corrida. Como a velocidade de 120,6 m.min<sup>-1</sup> pode ser mais confortável para o indivíduo correr ou andar, utilizou-se a equação equivalente ao exercício praticado.

O custo metabólico foi estimado pelas equações de caminhada e corrida sugeridas pelo ACSM (2003), conforme apresentadas na Tabela 1 página 7.

A inclinação de 5% foi para investigar o quanto esta variável poderia interferir no consumo e estimativa do oxigênio, ou seja, o quanto o componente vertical representaria no consumo de oxigênio.

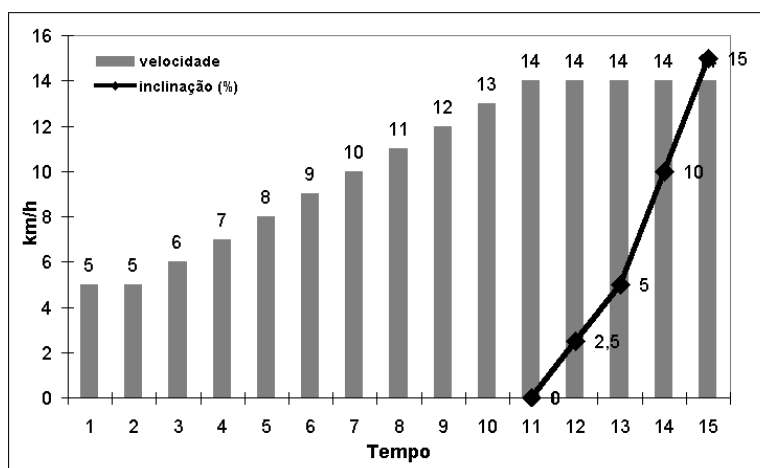
**Tabela 2**  
**Estágios da 2ª Etapa do presente estudo e valores estimados de consumo de oxigênio pelas equações sugeridas pelo ACSM**

Tempo (minutos)	Velocidade		Inclinação (%)	VO <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	
	(m.min <sup>-1</sup> )	(km/h)		caminhando	Correndo
1-4	80,4	4,8	0	11,5	
5-9	80,4	4,8	5	18,7	
10-14	120,6	7,2	0	15,5	27,6
15-19	120,6	7,2	5	26,4	33,0
20-24	160,8	9,6	0		35,6
25-29	160,8	9,6	5		42,8

### Instrumentos de medida

A mensuração da massa corporal (MC, kg) foi realizada numa balança digital marca Toledo (Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda), com divisão de 50 gramas.

Para a mensuração do consumo máximo de oxigênio, os indivíduos foram submetidos a um teste máximo de exercício em esteira rolante (modelo ATL 10200 da Inbramed [Porto Alegre, RS]), utilizando-se o protocolo do tipo rampa sugerido por Tebexreni et al. (2001), conforme a Figura 5.



**Figura 5**

**Protocolo utilizado para aptidão cardiorrespiratória**

Fonte: TEBEXRENI, A.S., LIMA, E.V., TAMBEIRO, V.L., & BARROS-NETO, T.L. (2001) Protocolos tradicionais em ergometria, suas aplicações práticas “versus” protocolo de rampa. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo*, v11, n. 3, p. 519-528

O protocolo de Tebexreni foi escolhido por ter incrementos constantes na velocidade e que acabam por exigir aumentos lineares no consumo de oxigênio, motivo pelo qual foi adotado; e, por conseguinte, o  $VO_{2máx}$  pode ser estimado pelas equações metabólicas para corrida sugeridas pelo ACSM (2003). Além disso, o protocolo de Tebexreni et al. (2001) foi desenvolvido com uma amostra de 336 homens brasileiros.

Adotaram-se os valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  quando o avaliado atingisse os critérios estabelecidos na literatura, ou seja: a) coeficiente respiratório superior a 1,1; b)  $VO_2$  relativo constante ou com variações inferiores a  $2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  ou  $150 \text{ ml.min}^{-1}$  nos últimos 2 minutos do teste, 3) FC superior a 90% da FC máxima estimada pela equação 220-idade. Contudo, caso o avaliado não atingisse pelo menos dois dos critérios descritos, os valores de  $VO_{2pico}$  foram adotados como indicador da capacidade funcional máxima.

Para a mensuração do consumo de oxigênio foi utilizado o analisador de gases AeroSport modelo TEEM-100 (Total Energy Expenditure Measurement), com os valores dos procedimentos iniciais, de repouso e recuperação sendo registrados a cada minuto. O analisador de gases foi autocalibrado a cada nova avaliação, tanto da 1ª como na 2ª Etapa. O início da avaliação ocorria quando as informações no painel do aparelho, pós autocalibração, estavam dentro dos valores referenciais sugeridos pelo fabricante e quando o QR, após o 3º minuto de adaptação, era inferior a 0,8.

A frequência cardíaca foi acompanhada através do monitor da marca Polar (Polar Electro OY, Finlândia), modelo S21.

### **Tratamento e análise dos dados**

Para análise dos dados, além da utilização da estatística descritiva, foram utilizados para verificar a validade concorrente:

- a) coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ),
- b) coeficiente de determinação ( $R^2$ ),

c) análise de variância para um fator (ANOVA one-way) seguida do *post-hoc* de Scheffé;

d) erros de medida:

erro constante (EC) = diferença média entre a  $VO_{2A}$  mensurado e o  $VO_{2A}$  estimado,

erro total (ET) =  $\sqrt{\sum (y_1 - y_2)^2 / n}$  e  $y_1$  é o  $VO_{2A}$  mensurado e  $y_2$  o  $VO_{2A}$  estimado

erro-padrão de estimativa (EPE) =  $s \sqrt{1 - R^2}$ ; e  $s$  é o desvio-padrão

Para a validação da equação metabólica de corrida sugerida pelo ACSM na estimativa do  $VO_{2máx}$ , usou-se o teste t para grupos dependentes.

O nível de significância estabelecido foi de  $p > 0,05$ .

### **Limitações do Método**

Quanto à validade externa, nas condições experimentais somente a especificidade da população masculina e da faixa etária do presente estudo poderá evitar uma maior generalização. No que se refere à validade interna, o que poderia afetá-la seriam os fatores volitivos na determinação do  $VO_{2máx}$ . Contudo, os critérios de determinação do  $VO_{2máx}$  amenizaram esses fatores, ou seja, os indicadores fisiológicos, tais como estabilização do consumo de oxigênio e coeficiente respiratório, informaram quando o indivíduo atingiu sua capacidade máxima.

A opção por manter uma alta validade interna (controle de variáveis que possam interferir nos resultados observados), restringirá a generalização do

estudo (validade externa); pois, um alto grau de validade interna ou especificidade é a principal característica do processo de validação. Dessa maneira, no momento em que o indivíduo estiver sobre a esteira, seja no laboratório, na academia ou em casa, o trabalho executado poderá ter características semelhantes ao presente estudo. Logo, a validade interna aumentará a validade externa concomitantemente. Em contrapartida, no entanto, a restrição por faixa etária e gênero serão os principais fatores limitantes do presente estudo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresentará os resultados e será composto pelas seguintes seções: a) Consumo máximo de oxigênio, b) Validação da equação do ACSM para  $VO_{2máx}$ , c) Volume de oxigênio de atividade ( $VO_{2A}$ ), d) Pressuposto 1 – Estado de equilíbrio e e) Pressuposto 2 – Linearidade do consumo de oxigênio. As seções deste capítulo foram elaboradas a fim de apresentar os dados coletados conforme a formulação dos objetivos específicos da pesquisa.

Também é importante destacar que, inicialmente, o consumo máximo de oxigênio serviria somente como critério de corte dos grupos, pois indivíduos com  $VO_{2máx}$  inferior a  $42 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , conforme sugeriu Heyward (1997) seriam classificados como sedentários. Todavia, com exceção de somente um avaliado, os demais tiveram um consumo máximo de oxigênio superior a  $42 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; esse indivíduo não foi incluído no presente estudo e, por conseguinte, não foram realizadas separações por grupos de nível de aptidão como foi planejado inicialmente.

### Características da amostra

A Tabela 3 apresenta os valores descritivos da amostra estudada, onde se pode observar, considerando a faixa etária 20-29 anos, que os indivíduos foram classificados dentro de uma faixa de aptidão cardiorrespiratória superior, conforme sugeriu Heyward (1997); para Baumgartner e Jackson (1995) um consumo máximo de oxigênio de  $49 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  estaria dentro da média. Para Tritschler (2000) e Fletcher et al. (1996, 2001), o valor normal para homens entre 20 e 29 anos de idade é de  $43 \pm 7,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ .

**Tabela 3**  
**Valores descritivos da amostra de homens jovens do presente estudo**

Variáveis	Média±desvio-padrão	Mínimo – Máximo
Idade, anos	23,95±3,25	20,01 – 29,98
Massa Corporal, kg	72,89±8,49	58,20 – 97,70
Estatura, cm	177,98±5,92	163,50 – 190,00
VO <sub>2máx</sub> <sup>A</sup>		
Absoluto (l.min <sup>-1</sup> )	3,61±0,46	2,86 - 4,95
Relativo (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	49,72±5,23	38,43 – 61,13
QR	1,15±0,06	0,99 - 1,30
FCM (bpm)	186,92±9,61	166 - 205

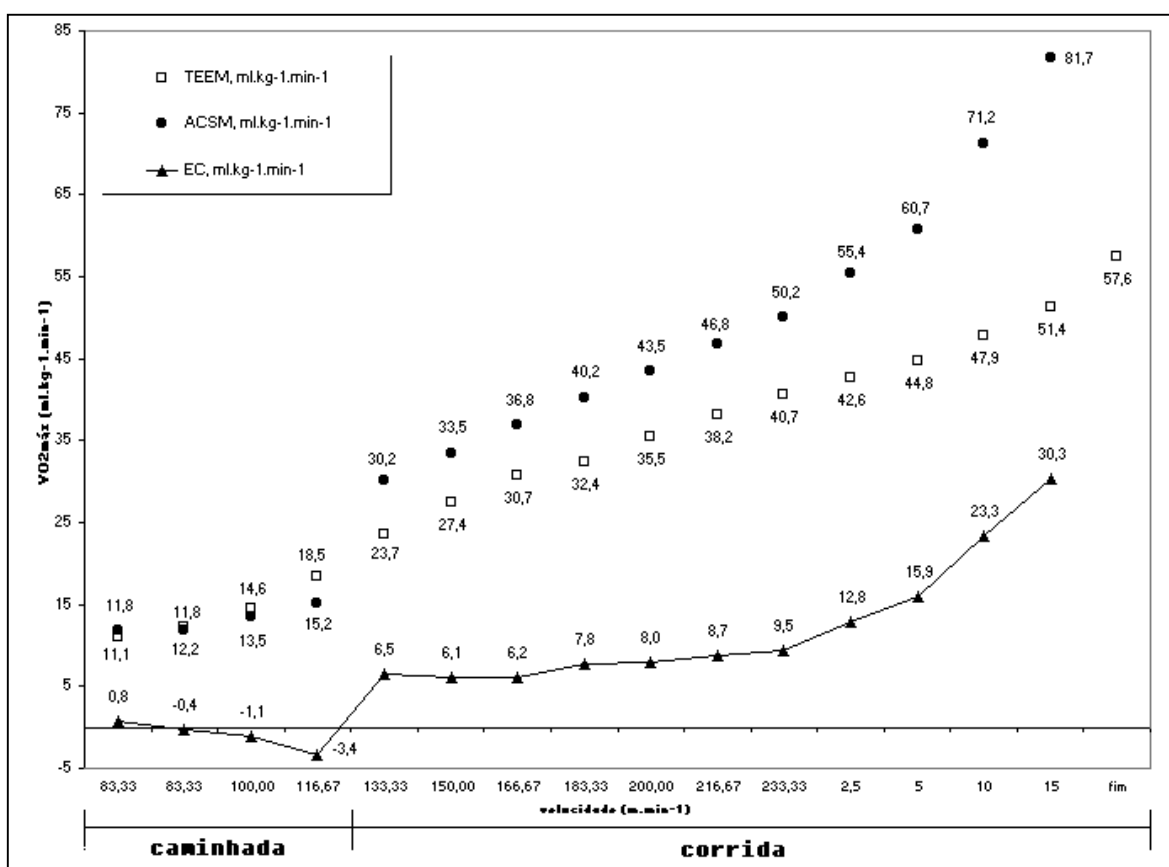
<sup>A</sup> = mensurado pelo analisador de gases TEEM-100  
n=38

Com relação aos critérios para obtenção do VO<sub>2máx</sub>, que são FCM acima de 90% da FC estimada para idade, que para os indivíduos do presente estudo era de 176 bpm e QR maior ou igual a 1,1, ambos foram atingidos, pois a média desse último foi de  $1,15 \pm 0,06$  e FCM obtida foi  $186,92 \pm 9,61$  bpm.



### Consumo máximo de oxigênio

Na Figura 6 são apresentados os valores de consumo de oxigênio máximo ( $VO_{2\text{máx}}$ ,  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) estimado pelas equações sugeridas pelo ACSM, mensurados pelo analisador de gases TEEM-100 e erro constante a cada minuto.



**Figura 6**  
 **$VO_{2\text{máx}}$  mensurado e estimado, erro constante de homens jovens submetidos a teste de exercício máximo**

Quanto ao consumo de oxigênio, pode-se observar que este foi linear em relação ao aumento da velocidade e inclinação, pois aumentou de  $23,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  ( $133,33 \text{ m.min}^{-1}$ ) para  $40,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  ( $233,33 \text{ m.min}^{-1}$ ). Essa diferença equivale a  $17 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  ou a  $0,17 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  a cada  $\text{m.min}^{-1}$ , valor este que se aproxima daquele preconizado pelo ACSM que é de  $0,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$

para o exercício de corrida. Além disso, era esperado tal comportamento, pois o protocolo de Tebexreni et al. (2001) também tem incrementos lineares e constantes na velocidade.

Observou-se outrossim que até  $100 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  a equação para caminhada sugerida pelo ACSM estimou valores muito próximos aos mensurados. Todavia, a partir de  $133,33 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , a equação metabólica para corrida superestimou sistematicamente o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , sendo que a partir de 5% de inclinação ocorreu uma inflexão somente na curva de estimativa, indicando que a alteração do componente inclinação não foi suficiente para causar o mesmo efeito no consumo de oxigênio mensurado.

Quanto ao erro constante (EC,  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ), na Figura 6, observou-se que até  $116,67 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  ou enquanto se utilizou a equação para caminhada, o erro era inversamente proporcional à velocidade, ou seja, com o incremento da velocidade o erro aumentou negativamente provocando uma subestimação do consumo de oxigênio pela equação de caminhada. Entretanto, quando se usou a equação para corrida (a partir de  $133,33 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ), o EC permaneceu entre 6,1 e 9,5  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ , respectivamente, para  $150,00$  e  $233,33 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Quando calculou-se a diferença do erro constante entre o consumo de oxigênio a 15% de inclinação a  $233,33 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $30,3 - 9,5 = 20,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) ou  $1,38 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  por grau de inclinação. Esses achados indicaram que o incremento da inclinação não interferiu no consumo de oxigênio, pois nos minutos finais do teste máximo, conforme a equação metabólica para corrida sugerida pelo ACSM superestimou os valores para o consumo máximo de oxigênio também aumentou o EC em relação aos valores mensurados.

No estudo de Myers et al. (1992), foram discutidos e apresentados valores de diferentes protocolos de  $VO_{2\text{máx}}$  e equações de regressão, onde foi ressaltado que os grandes aumentos de carga (velocidade e inclinação) dos protocolos clássicos podem causar discrepâncias e menor acurácia na estimativa do  $VO_{2\text{máx}}$  entre indivíduos. Contudo, Myers et al. (1992) também citaram que o tempo que esses protocolos sugerem para levar os indivíduos até o consumo máximo de oxigênio é inadequado, por ultrapassar 12 minutos. Alguns exemplos claros dessa última limitação são os protocolos de Bruce e Ellestad, que necessitam de 17 e 21 minutos, respectivamente, para os indivíduos atingirem o consumo máximo de oxigênio. Além disso, a demanda de oxigênio aumenta com o trabalho ou em função do tempo do teste, pois as regressões lineares sugeridas pelos diferentes autores, todas em função da variável tempo, no estudo de Myers et al. (1992) apresentaram correlações entre 0,82 e 0,93, além de erros padrões de estimativa entre 0,09 e 4,35  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ .

### **Validação da equação do ACSM para $VO_{2\text{máx}}$**

Mesmo as equações metabólicas sendo desenvolvidas para estimativa do consumo de oxigênio em estado de equilíbrio, Robergs e Roberts (1996) como por exemplo, sugerem que as equações do ACSM podem ser utilizadas para a estimativa do  $VO_{2\text{máx}}$ .

O protocolo utilizado para consumo máximo de oxigênio na 1ª Etapa do presente estudo foi do tipo rampa sugerido por Tebexreni et al. (2001), para indivíduos condicionados; pois, para o desenvolvimento desse protocolo a amostra foi composta por 336 homens (massa corporal  $75,89 \pm 10,89$  kg, estatura

1,76±0,07 m), valores esses que se assemelharam às características descritivas dos indivíduos do presente estudo (Tabela 3). Além disso, o  $VO_{2m\acute{a}x}$  também foi muito próximo, 49,22±5,23 para a amostra de Tebexreni et al. (2001) e 49,71±8,11  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  para o grupo do presente estudo. O uso das equações metabólicas do ACSM para estimar o  $VO_{2m\acute{a}x}$  foi sugerido por Tebexreni et al. (2001). Ao invés disso, equações de regressão poderiam ter sido sugeridas para os protocolos apresentados, mas essa não era a proposta do artigo de Tebexreni et al. (2001).

Quanto à validação da equação metabólica para corrida sugerida pelo ACSM, considerando que essa foi utilizada após 133,33  $m.min^{-1}$  e que se usou a velocidade e inclinação do minuto final que cada indivíduo atingiu no teste de exercício (1ª Etapa), pode-se observar que os valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  mensurados (49,72±5,23  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ , Tabela 3) diferiram significativamente ( $p<0,05$ ) daqueles estimados pela equação metabólica de corrida (65,24±9,57  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ).

O erro constante de -15,52  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ , o erro padrão de estimativa (EPE) de 7,38  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  e o erro total de 18,12  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  representaram, respectivamente, -31,21%, 14,83% e 36,44% em relação ao  $VO_{2m\acute{a}x}$ . o EPE indicou que o  $VO_{2m\acute{a}x}$ , quando previsto pela equação de corrida sugerida pelo ACSM, variou 7,38  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  a partir dos valores mensurados. O erro constante negativo demonstrou que as equações sugeridas pelo ACSM superestimaram os valores em relação àqueles mensurados pelo analisador de gases (Figura 6). Ainda, quanto às medidas de validade concorrente para o  $VO_{2m\acute{a}x}$ , Morrow-Jr et al. (2003) relataram uma série de estudos onde o r variou entre 0,68 e 0,92; bem como, o EPE foi entre 2,38  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  para corrida de 2400 metros e 5,70  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  em estudo com regressão múltipla que utilizou as

variáveis gênero, nível de atividade física, idade e IMC para prever o consumo de oxigênio.

O presente estudo obteve um  $r$  de 0,63, o que indicou existir moderada associação de  $VO_{2máx}$  entre os valores mensurados e estimados pela equação metabólica. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) expressa a variabilidade percentual de uma variável em relação a outra. Logo, o  $r^2=0,407$  representou 40,7% do  $VO_2$ , podendo ser explicado pela equação de corrida ou por suas variáveis (velocidade e inclinação) e constantes (0,2 para o componente vertical e 0,9 para o componente horizontal e 3,5 para o componente de repouso); o que é pouco, pois 59,3% não puderam ser explicados por essas variáveis ou sofreram influência de outras, tais como a intensidade do esforço e massa corporal.

No estudo de Foster et al. (1996), com pacientes cardíacos (idade= $44,6 \pm 12,5$  anos), foram estudados valores de  $VO_{2máx}$  em duas situações: com e sem apoio das mãos durante o teste. Em ambas as situações as equações do ACSM superestimaram significativamente o consumo máximo de oxigênio. Ainda, Foster et al. (1996), sugeriram equações que apresentaram o EPE de aproximadamente  $4,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , concluindo que o  $VO_{2máx}$  pode ser predito independentemente do protocolo para esteira com aproximadamente o mesmo erro que em equações específicas.

Quando Walker et al. (1999) mensuraram o consumo de oxigênio em adolescentes e o compararam com valores estimados pelas equações sugeridas pelo ACSM, esses autores observaram que tais equações subestimaram o consumo de oxigênio entre 4% e 42%. Também observaram que ocorreram maiores aumentos no consumo de oxigênio do que previam as equações do ACSM, pois a subestimativa dos valores foi mais pronunciada para as equações

de caminhada, em função do uso da constante 0,1. Walker et al. (1999) concluíram que, em diferentes velocidades testadas, as relações entre velocidade de movimento e consumo de oxigênio variavam em função da velocidade; e, portanto, a equação para corrida foi mais precisa do que a de caminhada nesses adolescentes.

Rondon et al. (1998), ao estudarem 47 homens (idade= $29,7 \pm 5$  anos, massa corporal= $76,5 \pm 9,7$  kg e estatura= $175 \pm 5$ cm,  $VO_{2m\acute{a}x} = 42,1 \pm 3,5$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), de baixa e moderada capacidade física, relataram que a equação metabólica do ACSM superestimou significativamente o  $VO_{2m\acute{a}x}$ , em relação à espirometria.

Dakin et al. (1997), no estudo de validação das equações do ACSM em pacientes de reabilitação cardíaca que realizaram esforços de braço foram mensurados valores significativamente inferiores ( $p < 0,05$ ) aos estimados pelas equações do ACSM; bem como, para o cicloergômetro e a esteira, tais equações estimaram maiores valores, mas não foram significativos. Dessa maneira, Dakin et al. (1997) concluíram que as equações são clinicamente apropriadas, mesmo o consumo máximo de oxigênio mensurado sendo menor que o estimado.

Quando Peterson et al. (2003) estudaram o  $VO_{2m\acute{a}x}$  em homens com  $72,6 \pm 4,8$  anos de idade, foi observado que a equação do ACSM para caminhada superestimou significativamente o  $VO_{2m\acute{a}x}$  e não recomendaram tal equação para estimativa do consumo máximo de oxigênio. Afinal, a equação do ACSM tendenciosamente superestimou o consumo de oxigênio, pois a derivação das equações é questionável, porque os componentes vertical e horizontal foram baseados em sujeitos do sexo masculino com alto nível de aptidão física, além de serem desenvolvidas para uso em estado de equilíbrio, concluindo que a equação do ACSM não é apropriada para testes em adultos idosos.

Portanto, quando for adotado o protocolo de Tebexreni et al. (2001), não se recomenda o uso da equação metabólica de corrida sugerida pelo ACSM para a estimativa do consumo máximo de oxigênio em grupos com características semelhantes ao presente estudo.

### **Volume de oxigênio de atividade ( $VO_{2A}$ )**

Neste ponto, também cabe uma ressalva muito importante, pois no projeto era previsto a sugestão de equações de regressão para o consumo de oxigênio de atividade, mas isso não foi possível. Primeiramente, porque o modelo adotado na 2ª Etapa do presente estudo não o permitiu e, na tentativa de gerar essas equações, os indicadores estatísticos, tais como correlação linear e coeficiente de determinação, foram extremamente espúrios e baixos. Além disso, supondo que os indicadores estatísticos permitissem que tais equações fossem aplicáveis, estas seriam demasiadamente específicas para as características da amostra e do trabalho padronizado (velocidade, inclinações e períodos de tempo), ou seja, pelo design do presente estudo. Portanto, em virtude dessas limitações, e principalmente pelo alto grau de especificidade, não foi possível sugerir equações de regressão para estimativa do consumo de oxigênio de atividade.

A Tabela 4 apresenta os valores de  $VO_{2A}$  estimados e valores mensurados na 2ª Etapa em homens jovens. Numa análise geral, o  $VO_{2A}$  foi crescente, e até mesmo apresentou pequena redução especificamente no 15º minuto nos valores mensurados (22,0 para 20,1  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ); além disso, os valores foram superiores nas estimativas pelas equações metabólicas, exceptuando-se no estágio 3 quando foi utilizada a equação para caminhada sugerida pelo ACSM.

Em relação aos valores mensurados e estimados de  $VO_{2A}$  em toda a 2ª Etapa, observou-se  $r=0,98$ ,  $r^2=0,97$ ,  $EC=4,23 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $ET=4,30 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $EPE=1,89 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Ao se analisar os valores de  $VO_{2A}$  nos estágios 1 e 2 foi observado para a equação de caminhada  $r=0,92$ ,  $r^2=0,85$ ,  $EC=2,12 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $ET=1,51 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $EPE=1,46 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; além disso, no estágio 1 as diferenças foram inferiores a  $1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e entre o 9º e 10º minutos (estágio 2) a equação para caminhada superestimou os valores de  $VO_{2A}$  em aproximadamente  $3,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ .

**Tabela 4**  
**Valores mensurados e estimados do consumo de oxigênio de atividade de homens jovens em cada estágio da 2ª Etapa**

	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Técnica	Estágio 1 (4,8 km/h sem inclinação)					Estágio 2 (4,8 km/h a 5% inclinação)				
TEEM	10,6	10,1	10,7	10,9	10,5	12,8	13,6	16,3	15,2	15,0
ACSM	11,5					18,7				
	Estágio 3 (7,2 km/h sem inclinação, caminhando)					Estágio 4 (7,2 km/h 5% inclinação, correndo)				
TEEM	20,0	21,4	21,2	22,0	20,1	25,2	28,5	30,2	29,5	30,1
ACSM	15,5					33,0				
	Estágio 5 (9,6 km/h 5% sem inclinação)					Estágio 6 (9,6 km/h 5% inclinação)				
TEEM	31,4	30,5	30,9	30,7	31,2	33,4	36,1	37,1	38,1	38,6
ACSM	35,6					42,8				

ACSM – valores estimados pelas equações sugeridas pelo ACSM para caminhada e corrida  
TEEM – valores mensurados pelo analisador de gases TEEM-100

Na Tabela 4 também pode-se observar o  $VO_{2A}$  entre o 11º e 15º minutos que a equação para caminhada subestimou em aproximadamente  $4,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; e a equação para corrida, entre o 19º e 20º minuto, superestimou em torno de  $3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  os valores mensurados pelo analisador de gases.



A estimativa dos valores de  $VO_{2A}$  nos estágios 5 e 6 ou quando foi utilizada a equação para corrida diferiu aproximadamente  $4,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  do consumo de oxigênio mensurado nos dois minutos finais de cada estágio, indicando que a equação para corrida superestimou o  $VO_{2A}$  nos estágios com e sem inclinação. Também foi observados nos estágios finais  $r=0,91$ ,  $r^2=0,83$ ,  $EC=5,10 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $ET=2,76 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $EPE=1,57 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ .

Ainda, na Tabela 4, foi observado que a equação metabólica de caminhada entre  $4,8 \text{ km/h}$  a  $5\%$  de inclinação ( $10^\circ \text{ min}$ ) e  $7,2 \text{ km/h}$  ( $11^\circ \text{ minuto}$ ) previa que o consumo fosse reduzido de  $18,7$  (estágio 2) para  $15,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (estágio 3); contudo, essa tendência não aconteceu, pois o  $VO_{2A}$  foi crescente em toda a 2ª Etapa.

Quando, na Tabela 4, se considerou o  $VO_{2A}$  por grau de inclinação ou a diferença absoluta entre CV e CH dividida por cinco ( $5\%$  de inclinação), nos dois minutos finais de cada estágio (valor médio, por exemplo:  $9^\circ$  e  $10^\circ$  minutos, respectivamente,  $15,2$  e  $15,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), houve incrementos de  $0,88 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  ( $15,1-10,7=4,4/5$ ) na caminhada a  $4,8 \text{ km/h}$ , de  $1,76 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  ( $29,8-21=8,8/5$ ) para a velocidade de  $7,2 \text{ km/h}$  e de  $1,47 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  ( $38,35-31,00=7,3/5$ ) quando os indivíduos correram a  $9,6 \text{ km/h}$ ; valores esses que diferiram, com exceção de  $1,47 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , da sugestão de Robergs e Roberts (1996) que foi de  $1,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  por incremento de grau de inclinação.

Os valores de erros do presente estudo foram menores que aqueles encontrados no estudo de Walker et al. (1999) que, ao utilizarem o processo de validação-cruzada, relataram os valores para a equação metabólica de caminhada ( $r=0,87$ ,  $ET=8,46 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $EPE=3,12 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e para equação metabólica de corrida ( $r=0,86$ ,  $ET=3,62 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $EPE=3,55$

ml.kg<sup>1</sup>.min<sup>-1</sup>). Essas comparações exigem atenção, pois são de valores entre amostras de adolescentes e homens jovens (presente estudo). Assim, Walker et al. (1999) concluíram que as equações sugeridas pelo ACSM subestimaram o consumo de oxigênio em adolescentes e que a equação para corrida, ao contrário do presente estudo, foi mais precisa que a para caminhada.

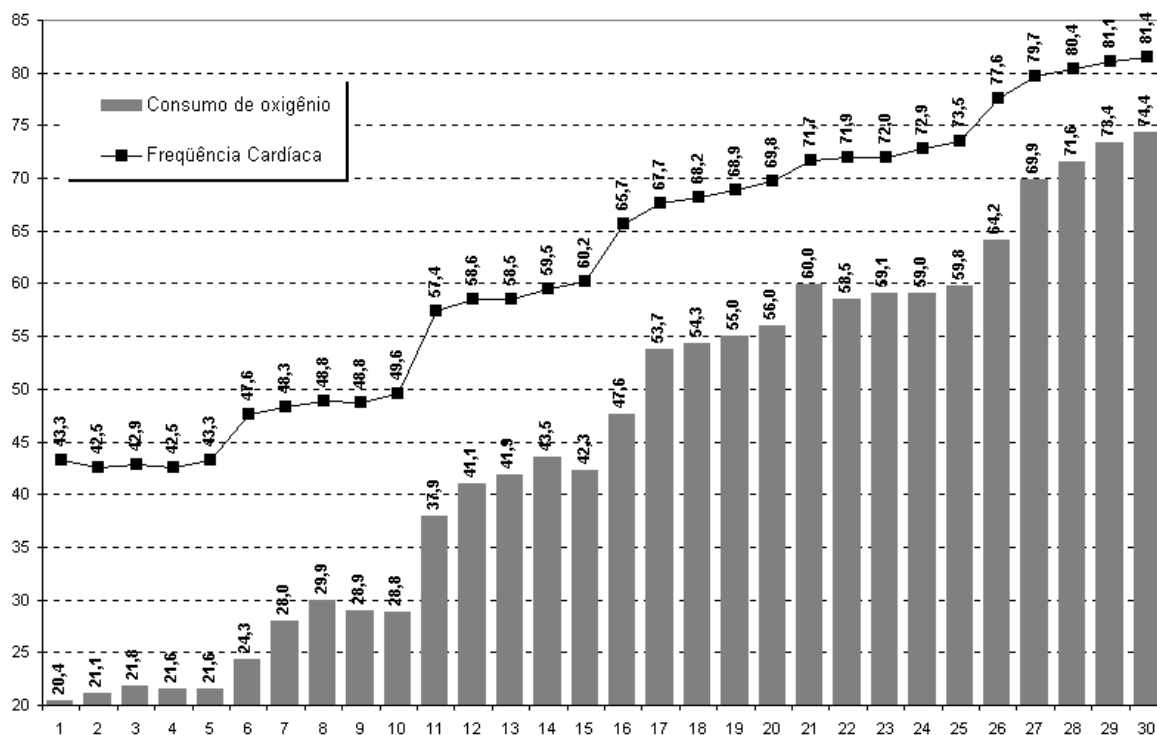
Mesmo a equação de corrida apresentando maiores erros que a equação para caminhada e o EPE de ambas as equações sendo muito baixo (inferior a 2 ml.kg<sup>1</sup>.min<sup>-1</sup>), as duas equações apresentaram altas correlações entre técnica de estimativa (equações metabólicas) e a técnica padrão de mensuração (analisador de gases).

### **Pressuposto 1 – Estado de equilíbrio**

Para que as estimativas de volume de oxigênio de atividade ( $VO_{2A}$ ) possam ser realizadas com as equações metabólicas, o ACSM (2003) considera como pressuposto que o indivíduo esteja em estado de equilíbrio (steady-state); sendo que, ao ignorar-se esse pressuposto, os valores de  $VO_{2A}$  poderão ser superestimados.

A Figura 7 apresenta a intensidade do exercício físico realizado a cada minuto na 2ª Etapa, em relação aos valores de  $VO_{2máx}$  e Frequência Cardíaca Máxima atingidos no teste de exercício máximo (1ª Etapa). Considerando a intensidade do  $VO_{2A}$ , na faixa de atividade moderada (50 a 69% da FCM e 45 a 59% do  $VO_{2máx}$  [USDHHS, 1996]), até o 24º minuto pelo consumo de oxigênio e até o 19º minuto pela FC os indivíduos mantiveram a condição de steady-state. Entre o 21º e 25º minuto ocorreu um “plateau” na intensidade do  $VO_{2A}$ , para que,

a partir do 26º minuto, a intensidade fosse crescente até o final, quando representou aproximadamente 80% do  $VO_{2máx}$ , ou uma situação fora da condição de steady-state. Ainda, na Figura 7, considerando os dois minutos finais de cada estágio, tanto para FC como para  $VO_2$ , pode-se observar melhor a condição de steady-state, onde a variação na intensidade não ultrapassou 1%.



**Figura 7**  
**Intensidade do trabalho físico padronizado (2ª Etapa) pela frequência cardíaca e consumo de oxigênio em relação aos valores obtidos no teste de exercício máximo de homens jovens**

O fenômeno do steady-state, a contar do início de um estágio, para Silva et al. (2003) ocorre aproximadamente dentro de 3 minutos, para Bruce, Kusumi e Hosmer (1973) ocorre entre o 2º e 3º minutos; e, para Fletcher et al. (1995, 2001) ocorre depois do 2º minuto, sendo mantido razoavelmente em níveis constantes durante alguns minutos.

Pela Frequência Cardíaca, os indivíduos estiveram em steady-state (faixa de classificação de atividade moderada), entre o 11º e o 19º minuto, ou, entre 4,8

km/h a 5% de inclinação e 7,2 km/h a 5% de inclinação. Também observou-se que a cada estágio ocorria a estabilização da FC e do consumo de oxigênio, pois ocorriam variações inferiores a 5%, como por exemplo, no estágio a 9,6 km/h onde a menor intensidade foi de 71,7% e a maior 73,5%, sendo visivelmente identificável cada estágio e as respectivas mudanças; no entanto, esse fenômeno não ocorreu no consumo de oxigênio, pois a intensidade foi crescente durante a 2ª Etapa.

Se, pelo  $VO_{2máx}$ , o steady-state ocorre até aproximadamente o 24º minuto, então as equações metabólicas deverão estimar o consumo de oxigênio com precisão até o estágio em que os indivíduos corriam a 9,6 km/h sem inclinação; pois, ao considerar-se o pressuposto de que o indivíduo deve estar em steady-state, os valores estimados não poderão diferir daqueles mensurados.

Quando se analisaram os valores do último minuto de cada estágio (Tabela 4) nas comparações realizadas pela análise de variância, seguida pelo teste *post-hoc* de Scheffé, não se observaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para valores estimados e mensurados nos mesmos estágios de exercício (mesmas velocidades e inclinações). Considerando que o teste de Scheffé apresenta baixa probabilidade de erro Tipo 1 (Gruning e Kintz, 1987), ou seja, baixa probabilidade de rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ), quando ela é verdadeira, segundo Thomas e Nelson (2002), pode-se inferir para o presente estudo que não existiram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os valores mensurados e estimados no consumo de oxigênio durante o trabalho físico padronizado (2ª Etapa); e pode-se considerar que as equações estimaram valores superiores, mas não diferentes significativamente, e, portanto, são adequadas para tal finalidade.

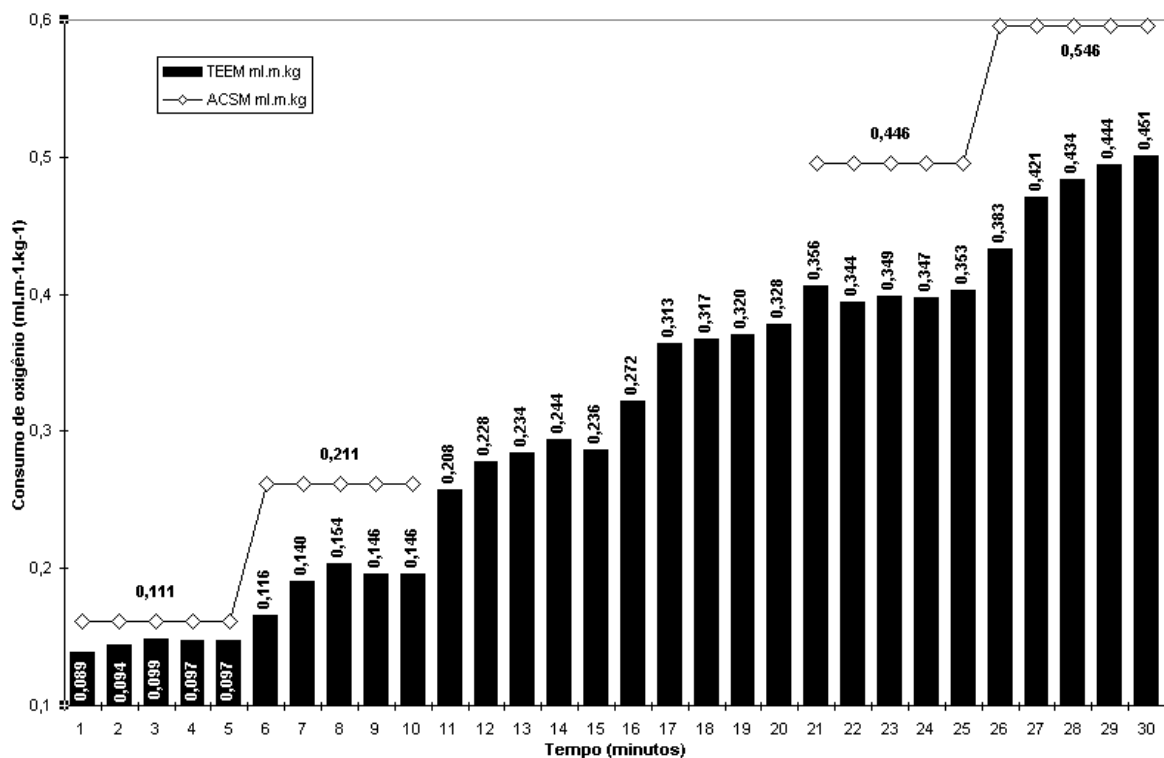
Ainda quanto às diferenças nas comparações entre a mesma técnica, ou seja, ACSM x ACSM ou TEEM x TEEM, em diferentes estágios, como, por exemplo, na mensuração do  $VO_{2A}$  entre 4,8 km/h com e sem inclinação, ou, entre 7,2 km/h a 5% de inclinação e 9,6 km/h sem inclinação, também não houve diferenças significativas, o que vem demonstrar que entre esses estágios os aumentos na carga, tanto para velocidade como para inclinação, não afetaram o consumo de oxigênio.

Na estimativa do  $VO_{2A}$ , também não ocorreram diferenças significativas nos estágios 4,8 km/h a 5% e 7,2 km/h, e entre 7,2 km/h a 5% e 9,6 km/h, assim como na mensuração, ou seja, a redução da inclinação associada ao aumento da velocidade fizeram com que os indivíduos, teoricamente, se mantivessem com o mesmo consumo. Os incrementos significativos ( $p < 0,05$ ) no  $VO_{2A}$  foram dependentes da inserção da inclinação de 0 para 5%, quando se consideraram as estimativas pela equação metabólica do ACSM.

### **Pressuposto 2 – Linearidade do consumo de oxigênio**

Para a utilização das equações metabólicas, o ACSM pressupõe que o consumo de oxigênio seja linear em relação ao incremento da carga, isto é, para cada metro por minuto percorrido a equação para caminhada considera que o consumo é de  $0,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , e para corrida de  $0,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Além disso, no caso de terreno inclinado ou esteira com inclinação, o ACSM também pressupõe que um trabalho desse tipo consome entre  $0,9$  e  $1,8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  de oxigênio, respectivamente, para corrida e caminhada.

Na Figura 8, pode-se observar o consumo de oxigênio por  $\text{ml}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , que corresponde ao consumo por metro em relação ao peso corporal, sem o componente de repouso. Nas mensurações, observou-se que o consumo de oxigênio tende a se estabilizar ou entrar em steady-state entre o 3º e 5º minutos de cada estágio; com exceção do último estágio (26º ao 30º minuto).



**Figura 8**  
Valores estimados e mensurados para o  $\text{VO}_{2A}$  por  $\text{ml}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  sem o componente de repouso em homens jovens

Quanto às diferenças absolutas entre valores mensurados e estimados, considerando a média do 4º e 5º minuto de cada estágio, no componente vertical (CV,  $\text{ml}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), foi observado para caminhada (4,8 km/h) que a equação metabólica previa uma diferença de  $0,10 \text{ ml}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $0,211 - 0,111$ ) ou 47,9% e o CV mensurado representou somente  $0,05 \text{ ml}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $0,146 - 0,097$ ) ou 33,5%. Para corrida (9,6 km/h), a diferença absoluta para o consumo de oxigênio foi de

0,10 ml.m<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>, tanto para os valores do 5º estágio (0,446-0,350 ou 21,3%) como para valores do 6º estágio (0,546-0,447 ou 18,3%). Esses resultados sugerem que o CV representou a metade daqueles propostos pelo ACSM (2003), que seriam de 0,1 e 0,2 ml.m<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para caminhada e corrida; sugerindo que a constante proposta na equação para caminhada do ACSM na estimativa do componente vertical tem valor duas vezes maior que os valores encontrados para o CV no presente estudo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### Conclusões

Considerando as limitações do presente estudo pode-se concluir que:

- 1) a validação concorrente para valores de consumo máximo de oxigênio entre o analisador de gases e a equação metabólica para corrida sugerida pelo ACSM apresentou baixa correlação ( $r=0,63$ ,  $r^2=0,407$ ) e erros de medidas (Erro Constante =  $-15,52 \text{ ml.kg}^{-1},\text{min}^{-1}$ , Erro Total =  $17,39 \text{ ml.kg}^{-1},\text{min}^{-1}$ , Erro Padrão de Estimativa =  $7,38 \text{ ml.kg}^{-1},\text{min}^{-1}$ ). Esses erros não puderam permitir que a equação para corrida sugerida pelo ACSM fosse considerada válida ou adequada para a estimativa do consumo máximo de oxigênio quando utilizado o protocolo de Tebexreni et al. (2001) em homens jovens entre 20 e 30 anos de idade;
- 2) no presente estudo o incremento da inclinação, no teste de exercício máximo, não foi suficiente para gerar os aumentos estimados pela equação de corrida do ACSM. Essa mesma equação (corrida) apresentou EPE superior aos demais relatos encontrados na literatura consultada;



- 3) quanto ao consumo de oxigênio de atividade os valores estimados pelas equações metabólicas sugeridas pelo ACSM e os valores mensurados pelo analisador de gases foram similares;
- 4) os valores estimados e mensurados de consumo de oxigênio de atividade apresentaram correlação e coeficiente de determinação superior a 0,9 e valores de EPE inferiores a  $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; sendo que a equação para caminhada foi mais precisa que a de corrida, sugerindo que essas equações são adequadas para essa finalidade, quando os pressupostos (linearidade e estado de equilíbrio) são respeitados;
- 5) os valores para o componente vertical do presente estudo foram a metade daqueles propostos nas equações sugeridas pelo ACSM.

### **Recomendações**

Recomenda-se para a estimativa do consumo máximo de oxigênio que seja utilizado outro protocolo, que não o de Tebexreni et al. (2001), desde que este tenha as características de aumento constante de carga (tipo rampa), para que se possam cruzar as respostas hemodinâmicas entre diferentes procedimentos.

Do mesmo modo, sugere-se a adoção de outro design com diferentes velocidades, inclinações e tempo de caminhada e de corrida para validação das equações sugeridas pelo ACSM para o consumo de oxigênio de atividade, pois variações em diferentes e maiores grupos populacionais (indivíduos de diferentes faixas etárias, e diferentes níveis de aptidão física [sedentários e atletas]) podem

ocorrer. Além disso, também aconselha-se que variáveis biomecânicas sejam controladas, para o entendimento de como esses fatores influenciam no consumo de oxigênio.

## Referências Bibliográficas

American College of Sports Medicine (1975). *Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription*. Philadelphia: Lea & Febiger.

American College of Sports Medicine (2000). *Guidelines for graded exercise testing and exercise prescription*. Baltimore: Williams and Wilkins.

American College of Sports Medicine (2003). *Diretrizes do ACSM para os Testes de esforço e sua prescrição*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.

Araújo, C.G.S. (2000). Teste de exercício: terminologia e algumas considerações sobre passado, presente e futuro baseadas em evidências. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 6(3): 77-84.

Baumgartner, T. A. & Jackson, A. S. (1995) *Measurement for evaluation in physical education and exercise science*. Dubuque, IO: Brown & Benchmark.

Bassett, D. R. Jr. & Howley, E. T. (1997). Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5), 591-603.

Bassett, D. R. Jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 74-80.

Blair, S. N. (1993). Physical activity, physical fitness, and health. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64(4), 365-376.

Bouchard, R. & Shephard, R.J. (1994) *Physical Activity, Fitness, and Health: The Model and Key Concepts* In: Bouchard, C., Shephard, R. J., Stephens, T. Physical activity, Fitness and Health - International Proceedings and Consensus Statement, p. 77-88, Champaign, IL Human Kinetics Publishers.

- Bruce, R. A., Kusumi, F. & Hosmer, D. (1973) Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal*, 85(4), 546-562.
- Corbin, C. B. & Lindsey, R. (1985). *Concepts of physical fitness: with laboratories*. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers.
- Dakin, K.A., Palmer, C., Darby, L.A., Bowers, R. & McDouge, D. (1997) Validity of the ACSM equations for estimating oxygen consumption for cardiac patients. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5), 50.
- Dill, D.B. (1965). Oxygen used in horizontal and grade walking and running on the treadmill. *Journal of Applied Physiology*, 20(1), 19-22.
- Duarte, M.F.S. (1987). Medidas de potência aeróbia. In Matsudo, V.K.R. (Org). *Teste em ciências do esporte*. (pp 39-56). São Caetano do Sul, CELAFISCS.
- Ellestad, M.H. (1984) *Prova de esforço*. 2ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Cultura médica.
- Fletcher, G.F., Balady, G., Blair, S.N., Blumenthal, J., Caspersen, C., Chaitman, B., Epstein, S., Froelicher, E.S.S., Froelicher, V.F., Pina, I. L. & Pollock, M. L. (1996). Statement on exercise: benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans. *Circulation*, 94, 857-862.
- Fletcher, G.F., Balady, G., Froelicher, V.F., Hartley, H., Haskell, W.L., & Pollock, M.L. (1995) Exercise Standards - A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation*, 91, 580-615.
- Fletcher, G.F., Balady, G.J., Amsterdam, E.A., Chaitman, B., Eckel, R., Fleg, J., Froelicher, V.F., Leon, A.S., Piñ, I.I., Rodney, R., Simons-Morton, D.G., Williams, M.A., & Bazzarre, T. (2001) Exercise Standards for Testing and Training - A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation*, 104, 1694-1740.
- Foster, C., Crowe, A.J., Daines, E., Dumit, M., Green, M.A., Lettau, S., Thompson, N.N. & Weymier, J. (1996) Predicting functional capacity during treadmill testing independent of exercise protocol. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(6), 752-756.

- Gruning, J.L. & Kintz, B.L. (1987) *Computational Handbook of Statistics*. Dubuque, IO, WCB McGraw-Hill.
- Heyward, V. H. (1997). *Advanced fitness assessment & exercise prescription*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Hunn, M. H., Lapuma, P. T. & Holt, D. T. (2002). The influence of pre-test anxiety, personality and exercise on  $VO_{2max}$  estimation. *Journal of Exercise Physiology online*, 5(1), 5-14.
- Kawamura, T. (2001). Avaliação da capacidade física e teste ergométrico. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo*, 11(3), 659-672.
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., Fleck, S. J., Franklin, B., Fry, A. C., Hoffman, J. R., Newton, R. U., Pottenger, J., Stone, M. H., Tatamess, N. A. & Triplett-Mcbride, T. (2002) Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 364-380.
- Laughlin, M. H. (1999). Cardiovascular response to exercise. *Advances in Physiology Education*, 22(1), S244-S259.
- Maliszewski, A. F. & Puhl, S.M. (1996). Predicting the energy cost of walking in older adults 985. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(5), S165.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (1998). *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Morrow-Jr, J.R., Jackson, A.W., Disch, J.G. & Mood, D.P. (2003) *Medidas e Avaliação do Desempenho Humano*. Porto Alegre: Artmed.
- Myers, J. (2003) A treadmill ramp protocol using simultaneous changes in speed and grade—a (ramp) step forward in exercise testing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(9), 1604.
- Myers, J., Buchanan, N., Smith, D., Neutel, J., Bowes, E., Walsh, D. & Froelicher, V.F. (1992) Individualized ramp treadmill observations on a new protocol. *Chest*, 101(5), 237S-241S.

- Nagle, F.J., Balke, B. & Naughton, J.P. (1965). Gradational step tests for assessing work capacity. *Journal of Applied Physiology*, 20(4), 745-748.
- National Heart, Lung and Blood Institute (1997). O Sexto Relatório da Comissão Nacional Conjunta de Prevenção, Detecção, Avaliação e Tratamento da Hipertensão Arterial. National Institute of Health. *Archives of Internal Medicine*, 157, 2413-2444.
- Naughton, J., Balke, B. & Nagle, F. (1964) Refinement in methods of evaluation and physical conditioning before and after myocardial infarction. *American Journal of Cardiology*, 14, 837.
- Ng, N. K. (1995). *METCALC software: metabolic calculations in exercise and fitness*. Champaign: Illinois, Human Kinetics.
- Noakes, T.D. (1998). Maximal oxygen uptake: "classical" and "contemporary" viewpoints: a rebuttal. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(9), 1381-1398.
- Pate, R.R, Pratt, M., Blair, S.N., Haskell, W.L., Macera, C.A, Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G.W., King. A.C, Kriska, A., Leon, A.S., Marcus, B.H., Morris, J., Paffenbarger, R.S., Patrick, K., Pollock, M.L., Rippe, J.M. Sallis, J. & Wilmore, J.H. (1995) Physical Activity and Public Health: a recommendation from the Center for disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine, *Journal of American Medical Association*, 273(5), 402-407.
- Peterson, M.J., Pieper, C.F. & Morey, M.C. (2003). Accuracy of VO<sub>2</sub>máx prediction equations in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 145-149.
- Pollock, M.L. (1973) The quantification of endurance training programs. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 1, 155-188.
- Porszasz, J., Casaburi, R., Somfay, A., Woodhouse, L.J. & Whipp, B.J. (2003) A treadmill ramp protocol using simultaneous changes in speed and grade. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(9), 1596-1603.
- Powers, S. K. & Howley, E. T. (2000). *Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho*. São Paulo: Manole

- Robergs, R.A. (2001). An exercise physiologist's "contemporary" interpretations of the "ugly and creaking edifices" of the  $VO_{2max}$  concept. *Journal of Exercise Physiology on line*, 4(1), 1-44.
- Robergs, R. A. & Roberts, S.O. (1996). *Exercise Physiology: Exercise, performance, and clinical applications*. WCB McGraw-Hill, Dubuque, Iowa.
- Rondon, M.U.P.B., Forjaz, C.L.M., Nunes, N., Amaral, S.L., Barretto, C.P. & Negrão, C.E. (1998). Comparação entre a Prescrição de intensidade de treinamento físico baseada na avaliação ergométrica convencional e na ergoespirométrica. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, 70(3), 159-166.
- Safrit, M.J. & Wood, T.M. (1989) *Measurement Concepts in Physical Education and Exercise Science*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1989.
- Silva, A.E.L., Gagliardi, J.F.L., Lotufo, R.F.M. & Kiss, M.A.P.D. (2003) Ajustes lineares vs. quadráticos da curva de consumo de oxigênio em teste progressivo. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 11(4), 13-18.
- Skinner, J.S. & Oja, P. (1994) *Laboratory and Fields Tests for assessing health – related fitness*. In: Bouchard, C., Shephard, R. J., Stephens, T. Physical activity, Fitness and Health - International Proceedings and Consensus Statement, p. 160-179, Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Sociedade Brasileira de Cardiologia (2002) II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, 78(Supl. II), 1-17.
- Swain, D.P. & Leutholtz, B.C. (2002) *Exercise prescription: a case study to the ACSM guidelines*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Tebexreni, A.S., Lima, E.V., Tambeiro, V.L. & Barros-Neto, T.L. (2001). Protocolos tradicionais em ergometria, suas aplicações práticas "versus" protocolo de rampa. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo*, 11(3), 519-528.
- Thomas, J.R., Nelson, J.K. (2002) *Métodos de Pesquisa em Atividade Física*. Porto Alegre: Artmed.
- Tritschler, K.A. (2000) *Barrow & McGee's practical measurement and assessment*. Baltimore, Maryland: Lippincott Williams & Wilkins.

- U.S. Department Of Health And Human Services (1996). *Physical Activity and Health. A Report of the Surgeon General*. Centers for Disease Control and Prevention; National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion; The President's Council on Physical Fitness and Sports. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion; The President's Council on Physical Fitness and Sports.
- Walker, J.L., Nurray, T.D., Jackson, A.S., Morrow, J. & Michaud, T.J. (1999). The energy of horizontal walking and running in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(2), 311-322.
- Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2001). *Fisiologia do esporte e do exercício*. São Paulo, Editora Manole.
- World Health Organization (1968) Meeting of investigators on exercise tests in relation to cardiovascular function. *WHO Technical Report*, 388.
- Yazbek Jr, P., Tuda, C.R., Sabbag, L.M.S., Zarzana, A.L. & Battistella, L.R. (2001). Ergoespirometria: tipos de equipamentos, aspectos metodológicos e variáveis úteis. *Rev. Soc. Cardiol. de São Paulo*, 11(3), 682-694.



## **ANEXOS**

**ANEXO 1**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS



Programa de Mestrado em Educação Física

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Meu nome é **Ronaldo Domingues Filardo** e estou desenvolvendo a pesquisa intitulada **Validação das equações metabólicas do Colégio Americano de Medicina do Esporte**, que tem os seguintes objetivos:

- Validar as equações metabólicas para caminhada e corrida do Colégio Americano de Medicina do Esporte em homens entre 20 e 30 anos de idade
- Testar a capacidade de predição das equações de caminhada e corrida do Colégio Americano de Medicina do Esporte para consumo de oxigênio durante um exercício físico;

Este estudo faz parte do trabalho final do curso de mestrado em Educação Física da UFSC, sendo necessários os seguintes procedimentos executados no LAEF:

1ª visita – Medidas de peso corporal, estatura e dobras de gordura cutânea. Nenhuma delas oferece risco de lesões. Teste de esforço máximo em esteira ergométrica, sendo orientação básica ao avaliado este solicitar a interrupção do teste no momento em que sentir-se cansado, sentir algum tipo de mal-estar ou mesmo se desejar terminar o teste.

2ª visita – o participante realizará um exercício padronizado na esteira durante 30 minutos de intensidade leve a moderada.

Tanto no teste de esforço quanto no exercício padronizado o participante usará um bocal tipo snorkel de mergulho para a coleta dos gases oxigênio e gás carbônico do ar expirado. Esse procedimento não oferece riscos, pois apenas pode causar desconforto por ressecamento momentâneo das vias respiratórias.

Todas as informações coletadas nesse estudo são estritamente confidenciais. Apenas os pesquisadores terão acesso aos dados, que poderão ser requisitados pelo participante. Dessa forma, o anonimato dos sujeitos desse estudo está garantido. Também não haverá nenhum gasto para o participante. Todos os materiais necessários para os testes serão providenciados e o participante deverá utilizar roupas apropriadas no dia do teste.

Se você tiver qualquer pergunta sobre o estudo, você pode entrar em contato com:

Prof. Ronaldo D. Filardo – NUCIDH/UFSC tel **331-8526** [ronaldofilardo@yahoo.com.br](mailto:ronaldofilardo@yahoo.com.br)

Prof. Dra. Rosane Rosendo - LAEF/UFSC tel **331-9924**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
Programa de Mestrado em Educação Física



Eu, \_\_\_\_\_, RG nº \_\_\_\_\_, fui esclarecido sobre a pesquisa **Validação das equações metabólicas do Colégio Americano de Medicina do Esporte**, e também sobre as medições que estão envolvidas na coleta de dados. Entendo que qualquer das informações sobre aos meus resultados não serão divulgados a ninguém, e que serão utilizados apenas nesse estudo. Minha participação nesse estudo é voluntária, e fui informado que posso desistir de participar a qualquer momento, sem nenhum prejuízo. Assinando este documento eu indico que concordo em participar do estudo e que entendo o que me será solicitado.

Assinaturas:

Florianópolis, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2004.

Participante: \_\_\_\_\_

Pesquisador principal ou Responsável

\_\_\_\_\_

## **ANEXO 2**

### **INSTRUÇÕES PARA O TESTE DE EXERCÍCIO MÁXIMO E 2ª ETAPA**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS**



**Programa de Mestrado em Educação Física**

## INSTRUÇÕES PARA A AVALIAÇÃO

Para que a avaliação possa ser considerada válida são necessários alguns procedimentos por parte do avaliado, dentre esses:

- ✓ Não coma 2 horas antes do teste
- ✓ Não beba líquidos 15 min antes do teste
- ✓ Vista roupa e calçados confortáveis (tênis, calção e camiseta)
- ✓ Evite exercícios intensos no dia anterior
- ✓ Não consuma álcool e drogas 36 horas antes, e, não fume no dia do teste

data da sua avaliação: \_\_\_/\_\_\_/2004  
horário: \_\_\_:\_\_\_horas **(chegar antecipadamente 10 minutos)**

**nome:** \_\_\_\_\_

Atenciosamente

**Ronaldo Domingues Filardo**

Licenciado em Educação Física  
Mestrando em Atividade Física relacionada à saúde



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS**



**Programa de Mestrado em Educação Física**

## INSTRUÇÕES PARA A REAVALIAÇÃO

Para que a segunda etapa do Projeto EM possa acontecer os mesmos cuidados que precederam o teste de esforço devem ser considerados, ou seja:

- ✓ Não coma 2 horas antes do teste
- ✓ Não beba líquidos 15 min antes do teste
- ✓ Vista roupa e calçados confortáveis (tênis, calção e camiseta)
- ✓ Evite exercícios intensos no dia anterior
- ✓ Não consuma álcool e drogas 36 horas e não fume no dia do teste

data da sua REavaliação: \_\_\_/\_\_\_/2004  
horário: \_\_\_:\_\_\_horas **(chegar antecipadamente 10 minutos)**

**nome:** \_\_\_\_\_

Atenciosamente

**Ronaldo Domingues Filardo**

Licenciado em Educação Física  
Mestrando em Atividade Física relacionada à saúde

