

ELINEY SILVA MELO

UTILIZAÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E DO LIMIAR DE LACTATO  
COMO PREDITORES DO DESEMPENHO DE CORREDORES AMADORES EM  
CORRIDAS DE 5km E MEIA MARATONA

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2011

ELINEY SILVA MELO

UTILIZAÇÃO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E DO LIMIAR DE LACTATO  
COMO PREDITORES DO DESEMPENHO DE CORREDORES AMADORES EM  
CORRIDAS DE 5km E MEIA MARATONA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Silami-Garcia

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG  
Belo Horizonte – 2011

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

Dissertação intitulada “Utilização do consumo máximo de oxigênio e do limiar de lactato como preditores do desempenho de corredores amadores em corridas de 5km e meia maratona”, de autoria do mestrando Eliney Silva Melo, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Emerson Silami Garcia – Orientador

Depto de Esportes/Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

---

Prof. Dr. Luciano Sales Prado

Depto de Esportes/Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

---

Profa. Dra. Lenice Kapes Becker

Universidade Federal de Ouro Preto/ UFOP

---

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

Belo Horizonte, 02 de dezembro de 2011.

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE), da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Foram concedidos auxílios financeiros pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo Ministério da Educação e pelo Ministério do Esporte.

‘O único lugar que o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário’.

Albert Einstein

## AGRADECIMENTOS

“Primeiramente, dou graças a meu Deus, por meio de Jesus Cristo, por todos vós, porque em todo mundo é preconizada a vossa fé” Rm 1:8

Pai, obrigado pelo carinho, exemplo, sustento, dedicação plena à família e principalmente por sempre me aconselhar. Mãe, obrigado por ter sido dura em minha educação, e não permitir que me desviasse do melhor caminho, com a senhora aprendi rindo ou chorando.

Obrigado Fabinha, por me ensinar a compartilhar e aumentar a minha intimidade com Deus. Obrigado meu amor, pelo exemplo de força, fé, alegria e serenidade para lidar com todas as situações. Lucas e Fernanda, minha maior motivação para viver. Peço a Deus todos os dias para que cresçam em verdade, estatura e graça.

Ao meu irmão Elimar, que sempre foi e sempre será meu melhor amigo. A minha irmã Eliane pelo exemplo de humildade e por todas as orações a mim dedicadas.

Ao meu amigo e fonte de inspiração Emerson Rodrigues, por todos os obstáculos superados e exemplo de luta em suas conquistas, Deus te abençoe hoje e sempre.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Emerson Silami Garcia, pela oportunidade a mim concedida, desculpe se não correspondo a altura. Ao amigo e Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas, pelo incentivo em todas as etapas de minha formação profissional. Ao ex-discípulo que virou meu mestre, Prof. Dr. Bruno Pena Couto, obrigado pela paciência com minhas limitações, desde minha preparação para prova de admissão no programa até então. Aos meus colegas de laboratório que se tornaram grandes amigos, Gui, Cris, Bob e Thiago, contem sempre comigo, gostaria muito de perpetuar nossa convivência. Aos demais colaboradores deste estudo, Adriano Lima, Carolina Wilke, Christian Cabido, Cláudio Miraglia, Daniel Coelho, João Gustavo, Isa Helena, Rairan e Vinícius Braz. A Maria Aparecida Vasconcelos Faria (CIDA), pelo carinho e prontidão em servir. Aos voluntários que se dispuseram a colaborar com a pesquisa, pela dedicação e cumprimento das normas do estudo. Ao meu amigo Jarbas que me propiciou a realização deste sonho. Finalmente, ao povo brasileiro por custear minha formação em uma universidade pública possibilitando meu desenvolvimento pessoal, profissional e acadêmico.

## RESUMO

O presente estudo investigou a utilização do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) e o Limiar de lactato (LL) através do método de identificação IAT como preditores fisiológicos do desempenho em corredores amadores nas distâncias de 5 e 21.1 km (meia maratona). Doze corredores amadores foram avaliados para determinação do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , através de protocolo incremental em esteira e do LL, através do método IAT adaptado para pista de atletismo. Para determinação da velocidade média de prova, foram utilizadas duas provas oficiais de corrida de rua, nas distâncias de 5 km e 21.1 km (meia maratona). Foi encontrada uma alta correlação ( $r= 0,81$ ;  $p=0,001$ ) entre o LL e a velocidade média na distância de 5 km, e uma moderada correlação entre o LL e a meia maratona ( $r=0,57$ ;  $p=0,054$ ). As correlações encontradas entre o  $VO_{2m\acute{a}x}$  e as velocidades médias de 5 km e meia maratona foram respectivamente, ( $r= 0,45$ ;  $p=0,143$  e  $r= 0,32$ ;  $p=0,319$ ). Baseado nos resultados apresentados, o estudo sugere que o LL é um bom preditor de desempenho de corredores amadores apenas na distância de 5 km, e que a utilização do  $VO_{2m\acute{a}x}$  não se mostra capaz em prever o desempenho de corredores amadores em provas com distância de 5 km e de meia maratona.

**PALAVRAS CHAVE:** Corrida de rua; corredores inexperientes, limiar anaeróbico individual, consumo máximo de oxigênio

## ABSTRAT

This study investigated the use of maximum oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) and lactate threshold (LT) identified by the method of individual anaerobic threshold (IAT) as predictors of 5 km and 21.1 km (half marathon) race performance. Twelve men, amateur runners, volunteered to take part in the study.  $VO_{2max}$  was determined using an incremental protocol on a treadmill and the LT was determined using the IAT method adapted to running track. All subjects participated in two official races, one of 5 km and 21.1km (half marathon), and the average running speed was calculated. We found a high correlation ( $r = 0.81$ ,  $p = 0.001$ ) between LT and the average speed of 5 km, and a moderate correlation between LT and the half marathon ( $r = 0.57$ ,  $p = 0.054$ ). The correlations between  $VO_{2max}$  and average speeds of 5km and half marathon were, respectively, ( $r = 0.45$ ,  $p = 0.143$  and  $r = 0.32$ ,  $p = 0.319$ ). The results suggests that the LT is a good predictor of amateur runners 5km performance but not of half marathon performance, and that the  $VO_{2max}$  was unable to predict the performance of amateur runners in 5km and half marathon events.

KEY WORDS: Street Racing, inexperienced runners, individual anaerobic threshold, maximal oxygen uptake

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Diagrama dos fatores determinantes do desempenho aeróbico, consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), limiar de lactato e percentual do consumo máximo de oxigênio ( $\%VO_{2máx}$ ) .....17
FIGURA 2.	Conversão do piruvato à lactato pela ação da enzima lactato desidrogenase (LDH) .....19
FIGURA 3.	Exemplo de determinação da Máxima Fase Estável de Lactato .....20
FIGURA 4.	Exemplo de determinação do Limiar Anaeróbico Individual .....23
FIGURA 5.	Delineamento Experimental .....30
FIGURA 6.	Figura esquemática da pista de atletismo com as marcações a cada 100m para facilitar o ajuste da velocidade através dos sinais sonoros.....32
FIGURA 7.	Correlação entre consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) e velocidade média de corrida na prova de 5km ( $Vm5km$ ) .....36
FIGURA 8.	Correlação entre consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e velocidade média de corrida na prova de 21,1km ( $Vm21,1km$ ).....37
FIGURA 9.	Correlação entre velocidade do limiar anaeróbico individual (IAT) e velocidade média de corrida na prova de 5km ( $Vm5km$ ).....37
FIGURA 10.	Correlação entre velocidade do limiar anaeróbico individual (IAT) e velocidade média de corrida na prova de 21,1km ( $Vm21,1km$ ). .....38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características da amostra: idade, massa corporal, estatura, percentual de gordura e consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ).....	29
Tabela 2. Condições Ambientais da Situações Experimentais.....	34
Tabela 3. Resultados de tempo e velocidade média de corrida de cada voluntário nas provas de 5 e 21.1km.....	37
Tabela 4. Consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ), velocidade de corrida correspondente ao limiar anaeróbico individual (IAT) e velocidade média de corrida em 5km ( $V_{m5km}$ ) e 21.1km ( $V_{m21.1km}$ ).....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM - Colégio Americano de Medicina Esportiva

ATP - Adenosina trifosfato

°C – Grau Celsius

COEP - Comitê de ética em pesquisa

CP - Creatina fosfato

EEFFTO - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

FC - Frequência cardíaca

FC - Frequência cardíaca

FC<sub>máx</sub> - Frequência cardíaca máxima

IAT - Limiar anaeróbio individual

km – Quilômetros

L – Litros

LA - Limiar anaeróbio

[Lac] - concentração de lactato sanguíneo

LAFISE – Laboratório de Fisiologia do Exercício

LL - Limiar de lactato

MC - Massa corporal

MFEL - Máxima fase estável do lactato

min - Minutos

NAD - Nicotinamida adenina dinucleotídeo

NADH - Nicotinamida adenina dinucleotídeo na forma reduzida

NaF – Fluoreto de sódio

OBLA - Concentração fixa de 4mM de lactato sanguíneo

PSE – Percepção subjetiva de esforço

PUC/MG – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

R – Quociente respiratório

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

URA – Umidade relativa do ar

VO<sub>2</sub> - Consumo de oxigênio

VO<sub>2máx</sub> - Consumo máximo de oxigênio

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13.
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15.
2.1 Corridas de rua.....	15.
2.2 Determinantes do desempenho aeróbico .....	15.
2.3 Origem de uma intensidade limiar .....	18.
2.4 Método para identificação do limiar de lactato.....	20.
2.4.1 <i>Máxima fase estável de lactato ( padrão ouro)</i> .....	20.
2.4.2 <i>Início do acúmulo de lactato no sangue OBLA</i> .....	22.
2.4.3 <i>Limiar anaeróbico individual IAT</i> .....	23.
3. OBJETIVO.....	26.
4. HIPÓTESES .....	27.
4. MÉTODOS .....	28.
5.1 Cuidados éticos .....	28.
5.2 Amostra .....	29.
5.3 Procedimentos prévios à situação experimental.....	29.
5.4 Medidas antropométricas .....	30.
5.5 Delineamento experimental .....	30.
5.6 <i>Situações experimentais</i> .....	31.
5.6.1 <i>Teste para medida do consumo de oxigênio</i> .....	31.
5.6.2 <i>Teste para medida do limiar de lactato</i> .....	32.
5.6.3 <i>Avaliação do desempenho nas corridas oficiais</i> .....	34.
5.6.4 <i>Condições ambientais</i> .....	35.
6 ANALISE ESTATISTICA .....	36.
7. RESULTADOS .....	37.
8. DISCUSSÃO .....	41.
9. CONCLUSÃO.....	48.
REFERÊNCIAS .....	49.
ANEXO 1 .....	55
ANEXO 2 .....	56
ANEXO 3.....	60

## 1. INTRODUÇÃO

A participação em corridas de rua por corredores amadores tem aumentado consideravelmente (SALGAD & CHACON-MIKAHIL, 2006) o que chama a atenção dos profissionais de Educação Física, que buscam informações para desenvolver melhores condições de treinamento e para propiciar um aumento no desempenho desse público.

É bem descrito na literatura que a interação de fatores tais como, consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), o limiar de lactato (LL) e a economia de corrida (EC) são determinantes para o desempenho em provas de média e longa distância (MIDGLEY *et al.*, 2007; MCLAUGHLIN *et al.* 2010). O LL (SJODIN & JACOBS, 1981) e o  $VO_{2máx}$  (MIDGLEY *et al.*, 2006) são mais frequentemente utilizados como preditores de desempenho em provas de longa distância (JOYNER & COYLE, 2008), que compreendendo provas com distâncias de 1500m a ultra maratonas (STOA *et al.*, 2010).

O  $VO_{2máx}$  tem se mostrado a variável fisiológica que melhor se correlaciona com o desempenho em competições envolvendo exercícios com duração entre 4 e 10 minutos (STOA *et al.*, 2010) sendo a capacidade de sustentar elevados percentuais do  $VO_{2máx}$ , determinante no desempenho em provas de média e longa distância (SCHNITZLER *et al.*, 2010). Entretanto, segundo Midgley *et al.* (2006), frequentemente o  $VO_{2máx}$  tem apresentado uma baixa correlação com o desempenho em corridas de longa distância em indivíduos bem treinados, considerando ainda que corredores desse nível podem melhorar seu desempenho nesse tipo de prova, sem necessariamente apresentar aumento no  $VO_{2max}$  (JONES, 1998).

O LL geralmente tem sido utilizado para definir a maior taxa de trabalho ou consumo de oxigênio nos quais os atletas podem manter os seus esforços por um tempo determinado (LORENZO *et al.*, 2011). Para a avaliação do LL são sugeridos diferentes tipos de exercícios progressivos e isso tem gerado algumas controvérsias a respeito da padronização destes, assim como em relação aos resultados encontrados (DENADAI, 2000). Alguns desses protocolos de exercício têm como objetivo a

identificação do início do acúmulo do lactato no sangue, sendo que outros procuram estimar a máxima fase estável do lactato (MFEL) (DENADAI, 2000). Dentre os diferentes métodos para a determinação do LL, o limiar anaeróbico individual (IAT) (STEGMANN *et al.*, 1981) tem se mostrado eficaz em estimar a MFEL em corredores e triatletas (COEN *et al.*, 2001).

Apesar do  $VO_{2máx}$  e do LL serem frequentemente utilizados como preditores de desempenho em atletas, não foram encontrados estudos nos quais foi verificada a relação desses dois parâmetros com o desempenho de corredores amadores. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi verificar a utilização do  $VO_{2máx}$  e do LL como preditores de desempenho de corredores amadores em corridas de 5 km e meia maratona.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Corridas de rua**

A partir do final da década de 1970 foi observado um aumento no número de corredores amadores inscritos em provas de rua em todo mundo (NOAKES, 2003). Em 1925, na corrida de São Silvestre, 60 indivíduos se classificaram, ao passo que em sua 83ª edição em 2007, 16.327 corredores completaram o percurso (DALLARI, 2009), que nessa época já permitia a livre participação de corredores com diferentes perfis. Isso faz com que o nível técnico e econômico, o gênero, idade e tipo físico não sejam critérios de exclusão para participação na corrida (DALLARI, 2009).

Provas com essas características, em sua maioria, não exigem um índice mínimo de tempo como referência para participação e a cada vez mais são um atrativo para pessoas consideradas “atletas de final de semana”, uma vez que muitos indivíduos não se preparam adequadamente para as competições, ou até se deixam influenciar pelo desempenho de outros participantes, e podem chegar a esforços extremos ou até mesmo não completá-las.

### **2.2 Determinantes do desempenho aeróbico**

Tradicionalmente, fisiologistas do exercício têm considerado a capacidade máxima de transporte e consumo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), muitas vezes identificado em um exercício progressivo máximo, como o melhor preditor de desempenho em eventos esportivos de longa duração (NUMMELA *et al.*, 2006), no entanto, outros fatores também contribuem para o desempenho em exercícios de longa duração. Estudos mostram que as características aeróbicas e anaeróbicas são importantes para o desempenho em corridas de diversas distâncias (SLATTERY *et al.*, 2006).

A importância da avaliação do LL é demonstrada através de altas correlações entre velocidade de corrida no LL e desempenho aeróbico (AMANN *et al.*, 2006; YOSHIDA *et al.*, 1987; KUMAGAI *et al.*, 1982; TANAKA *et al.*, 1983; FARRELL *et al.*, 1979), assim como entre velocidade de corrida em intensidades relativas às concentrações fixas de lactato (por exemplo: OBLA) e o desempenho aeróbico (FAY *et al.*, 1989; SJODIN & JACOBS, 1981).

Costill *et al.* (1973) observaram uma correlação inversa ( $r = -0,91$ ) entre o  $VO_{2máx}$  e o tempo de corrida em uma prova de 1600 metros. Contudo, o grupo de indivíduos avaliados neste estudo era heterogêneo e possuíam uma grande variação de  $VO_{2máx}$  ( $54,8 - 81,6 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), no entanto, quando indivíduos com  $VO_{2máx}$  semelhantes foram avaliados, baixas correlações entre o  $VO_{2máx}$  e desempenho foram encontradas (COSTILL *et al.* 1973; HAGBERG & COYLE 1983). Apesar do  $VO_{2max}$  ser um método clássico de avaliação da aptidão aeróbia, esse procedimento parece ser limitado na avaliação do desempenho em atletas treinados, não apresentando sensibilidade para detectar as alterações ocorridas com o treinamento (BILLAT *et al.*, 1994). Além disso, Murase *et al.* (1981) observaram melhoras no desempenho nessa população após um período de treinamento, embora não houvessem alterações no  $VO_{2máx}$ .

Daniels & Daniels (1991) avaliaram a influência do  $VO_{2máx}$  em grupos com economia de corrida semelhantes e observaram que 14% das diferenças encontradas no  $VO_{2máx}$  resultaram em 14% de variação na velocidade correspondente ao  $VO_{2máx}$ . Conseqüentemente, parece evidente que a economia de corrida e o  $VO_{2máx}$  interagem para manter a máxima velocidade de corrida que pode ser sustentada, em contrapartida, Conley & Krahenbuhl (1980), avaliaram um grupo de corredores com  $VO_{2máx}$  semelhantes e observaram alta correlação entre a economia de corrida e o desempenho em uma prova de 10 km. Entretanto, como as corridas de longa distância não são realizadas na velocidade do  $VO_{2máx}$ , a habilidade de correr em um alto percentual do  $VO_{2máx}$  ( $\%VO_{2máx}$ ) pode ter um impacto significativo no desempenho (BASSETT & HOWLEY 2000).

Embora a maioria das competições esportivas não sejam realizadas com intensidades constantes, a velocidade associada ao estado estável do lactato permite a predição

da velocidade de corrida de 30-60 minutos, assim como a intensidade de exercício para todos os esportes de resistência aeróbica os quais são baseados na locomoção humana, tais como triatlon, remo e ciclismo (BENEKE, 1995; BENEKE *et al.*, 2000; BILLAT, 1996).

Há evidências de que o desempenho em atividades esportivas contínuas e prolongadas apresenta maior correlação com a resposta do lactato sanguíneo do que com o  $VO_{2max}$ , porém, um alto valor de  $VO_{2max}$  é um pré-requisito para o desempenho em provas com essas características (SVEDAL & MACINTOSH, 2003). Nesse contexto a importância da avaliação das concentrações de lactato é demonstrada através de altas correlações entre velocidade de corrida no “limiar de lactato” e o desempenho em provas de longa duração (AMANN *et al.* 2006; YOSHIDA *et al.*, 1987; KUMAGAI *et al.*, 1982; TANAKA *et al.*, 1983; FARRELL *et al.*, 1979), assim como entre velocidade de corrida em intensidades relativas às concentrações fixas de lactato (por exemplo, 4mM).

A resposta do lactato sanguíneo durante um teste de intensidade progressiva tem sido muito utilizada na área esportiva e médica como forma de mensuração dos efeitos do treinamento na capacidade aeróbica e prescrição das intensidades de exercícios (KINDERMANN *et al.*, 1979). Harnish *et al.* (2001) relataram que a velocidade associada à máxima fase estável de lactato (MFEL), padrão ouro para a identificação do limiar de lactato, correspondeu a 92% da velocidade média de contra-relógio de 5 km de ciclismo e não foi significativamente diferente da velocidade média do contra-relógio de 40 km.

Dessa forma, o limiar de lactato em conjunto com o  $VO_{2max}$  e economia de corrida são considerados os fatores determinantes de desempenho em provas de resistência aeróbica (MIDGLEY *et al.* 2007; BASSETT & HOWLEY 1999) (Figura 1).

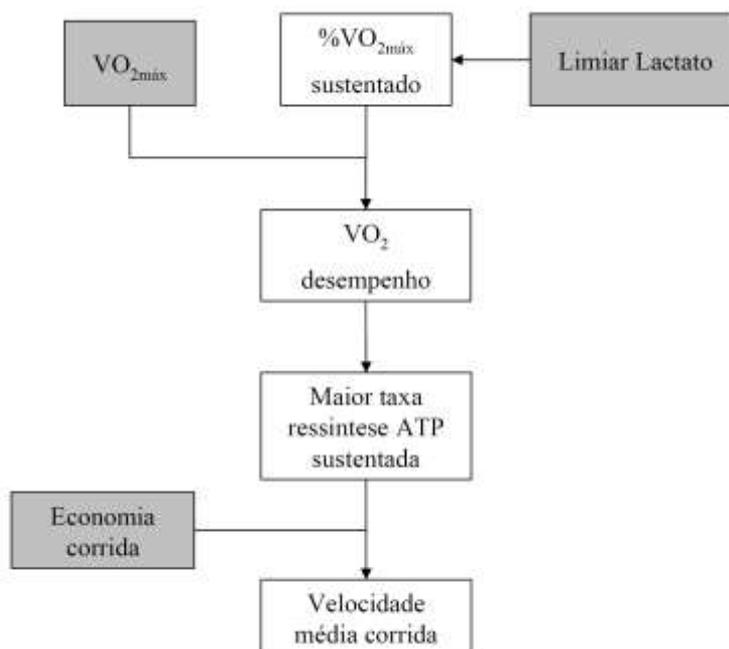


FIGURA 1. Diagrama dos fatores determinantes do desempenho aeróbico, consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), limiar de lactato e percentual do consumo máximo de oxigênio ( $\%VO_{2máx}$ ). Adaptado de Midgley *et al.* 2007, p.859

### 2.3 Origem de uma intensidade limiar

Segundo Svedahl & Macintosh, (2003) os primeiros estudos a respeito do comportamento da concentração de lactato sanguíneo ocorreram na década de 1930 quando um pesquisador chamado Owles verificou que o surgimento desse metabólito na corrente sanguínea tinha uma relação com a intensidade do exercício. Ele constatou que com o aumento da intensidade do exercício ocorria uma elevação na concentração de lactato no sangue acima dos valores de repouso e atribuiu isso a um *déficit* na oferta de oxigênio aos músculos ativos.

Hollmann e colaboradores na década de 60 iniciaram um estudo medindo as concentrações sanguíneas de lactato em exercícios submáximos para a identificação de uma intensidade de exercício que seria intolerável para pacientes cardiopatas. Caso o exercício fosse capaz de ser mantido sem que houvesse um acúmulo

constante da concentração de lactato sanguíneo, este era definido como “puramente aeróbico”, iniciava-se então o conceito de limiar anaeróbico (SVEDAHL & MACINTOSH 2003).

Em 1964, Wasserman e Mcilroy tentaram identificar uma intensidade de exercício que promovesse um estresse físico, porém seguro, para pacientes com insuficiência cardiovascular. Esses autores propuseram que se um teste submáximo fosse capaz de identificar determinado nível de estresse físico, não seria necessário expor os pacientes ao esforço máximo. Conseqüentemente, a intensidade de exercício que levaria a uma limitação do sistema cardiovascular em ofertar oxigênio seria definida, dando a idéia de uma intensidade limiar e originando o termo “limiar anaeróbico”. Apesar desses estudos sugerirem uma relação do aumento na concentração de lactato a uma deficiente ou não oferta de oxigênio à musculatura ativa, existem controvérsias a respeito do assunto.

Segundo Svedahl & Macintosh (2003) o aumento da concentração de lactato sanguíneo pode ser associado à oferta ineficiente de oxigênio para o tecido ativo, contudo essa ausência de oxigênio não é o único pré-requisito para a formação do lactato, já que mesmo em condições de repouso esse metabólito é encontrado na corrente sanguínea (GLADEN, 2004). Isso demonstra que outros fatores que não estão relacionados exclusivamente com a oferta de oxigênio para o tecido ativo podem influenciar a formação do lactato.

Além disso, a formação de lactato na corrente sanguínea pode ser influenciada pelo mecanismo simpatoadrenal que leva a um aumento do metabolismo glicolítico (MAZZEO & MARSHALL, 1989). Segundo Joyner & Coyle (2008), o que parece ocorrer é uma insuficiência da oxidação máxima dos ácidos graxos para atender a demanda de ATP durante a contração muscular vigorosa. Isso gera uma sinalização intracelular que estimula um aumento da gliconeogênese e glicólise, o que excede a capacidade da mitocôndria de oxidar o piruvato, levando a uma acelerada produção de ácido láctico.

O aumento da concentração de lactato seria uma via que ajudaria na manutenção da razão dos níveis de  $NAD^+/NADH$  durante o exercício (HOLLOZY & COYLE 1984).

Como nem todo piruvato pode ser oxidado e conseqüentemente transformado a acetil-coenzimaA na mitocôndria (BILLAT *et al.* 2003), a formação de lactato, pela enzima lactato desidrogenase (LDH), possibilitaria uma maior disponibilidade de  $\text{NAD}^+$  (Figura 2) para que o piruvato possa ser oxidado à acetilCoA e entre no ciclo de Krebs (ROBERGS *et al.*, 2004).

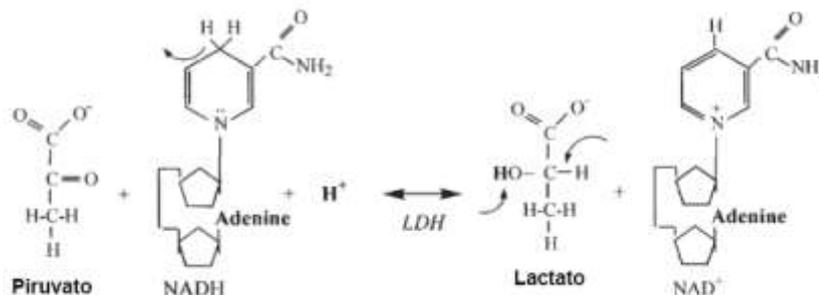


Figura 2: Conversão do piruvato à lactato pela ação da enzima lactato desidrogenase (LDH). Robergs, 2004.

Mesmo com tantas discussões a respeito dos motivos que levam a formação e acúmulo de lactato na corrente sanguínea, observa-se claramente a existência de uma intensidade de exercício, acima da qual parece haver um acúmulo de lactato.

## 2.4 Métodos para identificação do limiar de lactato

### 2.4.1 Máxima Fase Estável do Lactato ( Padrão Ouro)

Segundo Heck *et al.* (1985) e Carter *et al.* (1999), a MFEL seria a maior intensidade de exercício onde não há aumento na concentração de lactato sanguíneo nos 20 minutos finais de um exercício de intensidade constante, no entanto, com um conceito abrangente, Billat *et al.* (2003), propuseram que a MFEL é a maior concentração de lactato e intensidade de exercício que podem ser mantidos durante um tempo sem um acúmulo na lactatemia.

Na intensidade correspondente à MFEL, um acúmulo inicial da lactatemia irá ocorrer seguido de um estado estável. Quando o exercício for realizado em intensidades abaixo da MFEL, esse acúmulo inicial na concentração de lactato irá ocorrer, porém com posterior diminuição. Já em intensidades acima da MFEL é esperado que a concentração de lactato aumente constantemente até o fim do exercício (Figura 3).

A mensuração dessa variável envolve a medida de várias amostras sanguíneas durante a realização de exercícios com intensidade constante e que devem durar aproximadamente 30 min (ANOULA & RUSKO, 1992; BENEKE & VON Du VILLARD, 1996; HECK *et al.* 1985). Essa medida é considerada o padrão ouro para a identificação do limiar de lactato, entretanto apresenta algumas desvantagens, já que o indivíduo tem que comparecer ao laboratório no mínimo três vezes, o que aumenta o custo financeiro e pode ser incompatível com a rotina de treinamento e/ou trabalho.

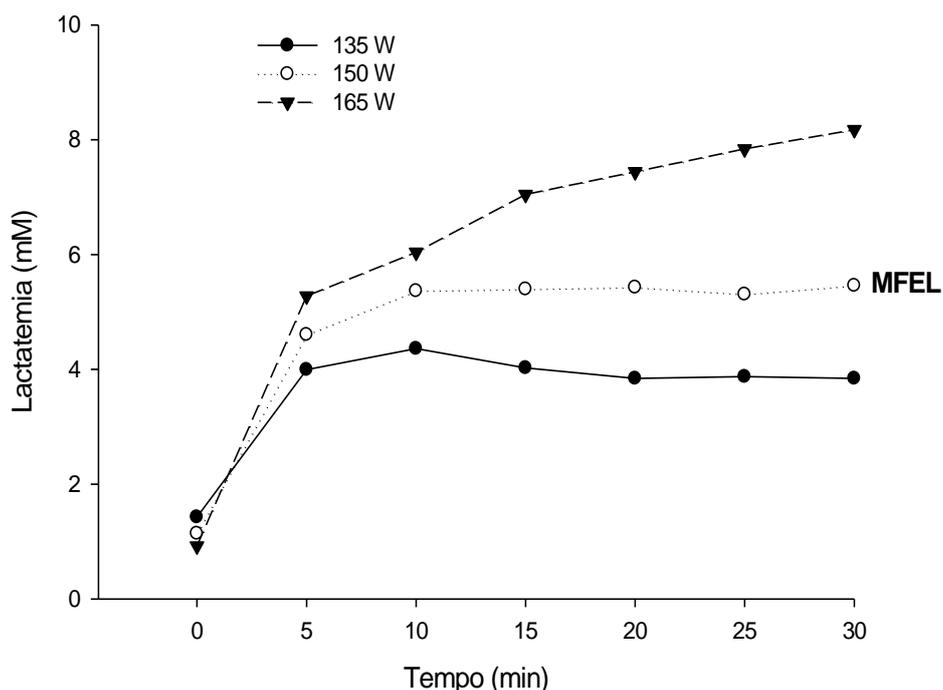


Figura 3. Exemplo de determinação da máxima fase estável do lactato de um indivíduo. De Barros, 2007.

Dessa forma, para a identificação do limiar de lactato são sugeridos diferentes métodos a partir de exercícios de intensidade progressiva em que apresentam menor

custo e são realizados com apenas um encontro, tais como início do acúmulo de lactato no sangue (OBLA) e Limiar anaeróbico Individual (IAT).

#### 2.4.2 Início do acúmulo de lactato no sangue – OBLA

Vários estudos propuseram a identificação da intensidade de exercício correspondente à MFEL através de um protocolo de exercício progressivo. Sjodin & Jacobs (1981) denominaram a intensidade referente à concentração sanguínea de 4 mM de lactato como “onset of blood lactate accumulation” (OBLA).

Em um estudo de Heck *et al.* (1985) foi identificado que a média das concentrações de lactato encontrada em testes para a identificação do LL era de 4mM, dessa forma foi proposto que uma intensidade de exercício correspondente a essa lactatemia representaria o ponto de maior balanço entre a produção e remoção do lactato sanguíneo. Sendo assim, sugere-se a identificação da intensidade de exercício correspondente á LL a partir da realização de apenas um teste progressivo.

Para esta identificação, utiliza-se o método de interpolação linear para calcular a intensidade de exercício ou velocidade de corrida correspondente a concentração fixa de lactato sanguíneo a partir da resposta da lactatemia durante um exercício progressivo. No estudo de Heck *et al.* (1985), apesar de ter sido encontrada uma média de 4mM nas concentrações de lactato para indivíduos que se exercitavam na intensidade da MFEL, houve uma variação individual de 3,0 a 5,5mM. Isso está de acordo com um estudo realizado em nosso laboratório em que a média da lactatemia foi de 5,6mM, em indivíduos sedentários com variação de 4,53mM a 6,69mM (DE BARROS *et al.*, 2011).

Na tentativa de estimar a MFEL a partir da concentração fixa de lactato, Denadai *et al.* (2005) não encontram diferenças entre a velocidade de corrida, frequência cardíaca e lactatemia identificadas na MFEL e no OBLA , além disso, foi observada uma correlação significativa ( $r = 0.80$  e  $p < 0,05$ ) para a intensidade de exercício identificada pelos métodos em jogadores de futebol. Denadai *et al.* (2004), também

não observaram diferenças na intensidade de exercício identificada pelo OBLA ( $274.8 \pm 24.9W$ ;  $187.2 \pm 28W$ ) e MFEL ( $282.1 \pm 23.8W$ ;  $180.2 \pm 24.5 W$ ) em ciclistas treinados e indivíduos fisicamente ativos, respectivamente. Eles concluíram que o método OBLA foi eficiente para a estimativa da intensidade na MFEL e não foi influenciado pela diferente capacidade aeróbica apresentada pelos indivíduos.

Em outro estudo, Van Schuylenbergh *et al.* (2004), compararam a potência, frequência cardíaca e intensidade de exercício identificados no OBLA com as encontradas na MFEL em ciclistas treinados e não foi observada correlação entre estas variáveis. Figueira *et al.* (2007) observaram que a intensidade identificada pelo OBLA em cicloergômetro subestimou aquela na MFEL, no entanto, isso não ocorreu quando utilizou-se o exercício de corrida em esteira. Isso sugere que além das controvérsias a respeito da utilização de protocolos de exercício progressivo que levam em consideração concentrações fixas de lactato para a estimativa da MFEL e do desempenho estes protocolos ainda parecem ser influenciados pelo tipo de exercício realizado, duração dos estágios e temperatura ambiente.

Portanto, devido às limitações do uso de concentrações fixas de lactato na identificação do limiar de lactato, muitas são as propostas de individualização desses métodos. Por esses motivos, autores como Stegmann *et al.* (1981) propuseram a utilização do limiar anaeróbico individual.

#### 2.4.3 Limiar anaeróbico Individual - IAT

Apesar de alguns autores considerarem a MFEL como padrão ouro para determinação do LL, existe uma grande desvantagem, pois o voluntário tem que comparecer ao laboratório entre 4 e 6 vezes, o que aumenta muito o custo e dificulta a logística do estudo (DENADAI, 2005).

Considerando que a média da concentração sanguínea de lactato encontrada na MFEL é de 4mM, apresentando uma grande variabilidade individual (1,5 a 7,0), Stegman *et al.* (1981) propuseram um método para a estimativa da MFEL de forma

individualizada. O IAT sugerido considera a resposta da lactatemia durante um exercício progressivo e também durante alguns minutos de recuperação. Segundo esses autores, o IAT representa a razão metabólica na qual a eliminação de lactato durante o exercício é máxima e igual à difusão desse metabólito na corrente sanguínea e para a sua avaliação deve-se encontrar a intensidade de exercício identificada através do ponto de tangência, no gráfico da curva da lactatemia durante o exercício progressivo, a partir de uma linha traçada da concentração de lactato do último estágio do teste sobreposta à da lactatemia de recuperação (Figura 4).

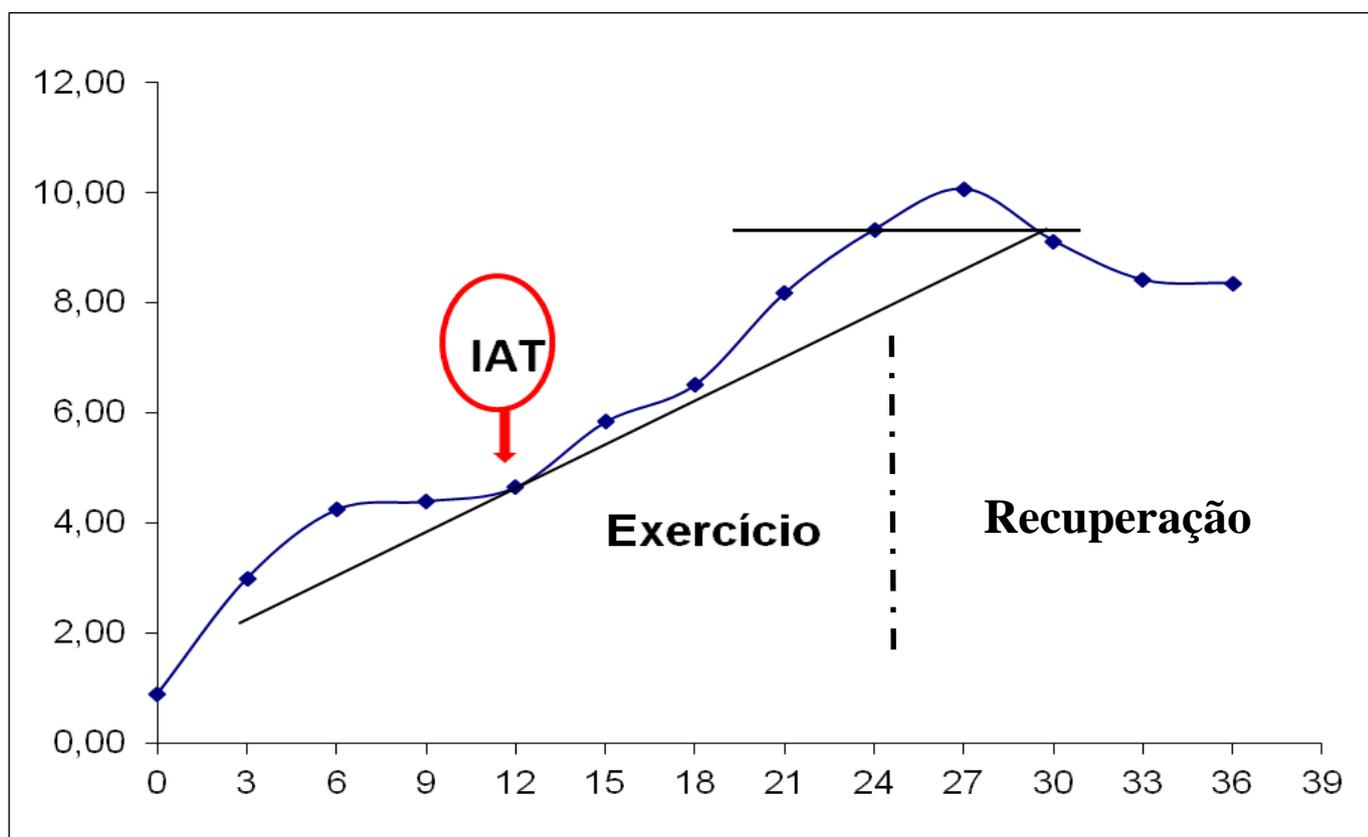


Figura 4. Exemplo de determinação do limiar anaeróbio individual (IAT) de um indivíduo do presente estudo

Coen *et al.* (2001) realizaram vários testes para a identificação do IAT, em corredores e triatletas homens e mulheres, nesse estudo foram comparados os testes, como o proposto por Stegmann *et al.* (1981), com outros testes modificados. Os resultados mostraram não haver diferenças significativas entre os tipos de protocolos de teste na velocidade de corrida referente àquela encontrada no IAT. Dessa forma pôde-se concluir que a identificação do IAT foi objetiva e confiável.

Também alterando o teste proposto por Stegman *et al.* (1981), Baldari & Guidetti (2000) identificaram o que chamaram de “IAT” a partir do comportamento da curva de lactatemia durante o exercício progressivo. Os autores consideraram que o segundo aumento na concentração de lactato maior que 5mM corresponderia à intensidade referente ao “IAT”. Posteriormente, os indivíduos realizaram um teste constante com duração de 30 minutos na intensidade identificada como o “IAT”. De acordo com Baldari & Guidetti (2000), o método “IAT” modificado foi eficaz para estimar a MFEL já que a lactatemia apresentou um estado estável durante a realização do exercício à intensidade constante.

No estudo de Simões *et al.*, (1999), quinze corredores de média e longa distância, foram avaliados em teste incremental adaptado para pista de atletismo. Os autores concluíram que o IAT foi capaz de determinar o limiar anaeróbico dos corredores avaliados.

Por outro lado alguns estudos que levaram em consideração a medida da MFEL para comparação com IAT, não observaram diferenças significativas entre a intensidade referente aos dois métodos (CAMPBELL *et al.*, 1998; DE BARROS, *et al.*, 2011), mesmo quando a comparação foi feita em exercícios realizados sob temperaturas ambientais distintas (DE BARROS, *et al.*, 2011). Dessa forma o IAT pode ser considerado um método com prático e confiável na determinação do LL, com apenas uma visita do voluntário ao laboratório.

### **3. OBJETIVO**

O objetivo do presente estudo foi verificar a utilização do consumo máximo de oxigênio e do limiar de lactato como preditores do desempenho de corredores amadores em corridas de 5km e meia maratona.

#### 4. HIPÓTESES

$H_0$  - O  $VO_{2máx}$  não é bom preditor do desempenho em corredores amadores em corridas de 5km

$H_1$  - O  $VO_{2máx}$  é bom preditor do desempenho em corredores amadores em corridas de 5km.

$H_0$  - O  $VO_{2máx}$  não é bom preditor do desempenho em corredores amadores em corridas de 21.1km.

$H_2$  - O  $VO_{2máx}$  é bom preditor do desempenho em corredores amadores em corridas de 21.1km.

$H_0$  - O IAT não é bom preditor do desempenho em corredores amadores em corridas de 5km.

$H_3$  - O IAT é bom preditor do desempenho em corredores amadores em corridas de 5km.

$H_0$  - O IAT não é bom preditor do desempenho em corredores amadores em corridas de 21.1km.

$H_4$  - O IAT é bom preditor do desempenho em corredores amadores em corridas de 21.1km.

## **5. MÉTODOS**

### **5.1 Cuidados éticos**

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - COEP 339/10 (ANEXO 1) e em todos os procedimentos adotados, respeitou-se a Resolução 196/1996 do Conselho Nacional de Saúde (Ministério da Saúde), sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Os indivíduos selecionados para participar voluntariamente da pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 2) após explicação detalhada dos objetivos, métodos, benefícios previstos e potenciais riscos e incômodos que a pesquisa poderia acarretar. Os voluntários estavam cientes que poderiam deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem a necessidade de se justificarem. Cuidados com a integridade física e privacidade dos voluntários foram tomados, sendo que a saúde e o bem estar dos mesmos em primeiro lugar.

Todos os dados relacionados ao experimento foram utilizados apenas para fins de pesquisa e a identidade dos corretores foi mantida sob sigilo. Estas precauções foram adotadas com o intuito de preservar a privacidade dos voluntários.

Os voluntários também foram submetidos a um questionário médico PAR-Q (THOMAS et al. 1992) (ANEXO 3) a fim de identificar qualquer fator que pudesse impedir ou limitar sua participação neste estudo, quando nenhuma questão é marcada como positiva o voluntário foi considerado apto em participar do estudo.

## 5.2 Amostra

Participaram do estudo 12 homens saudáveis, corredores de rua amadores cujas características estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características da amostra: idade, massa corporal, estatura, percentual de gordura e consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ).

N	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (cm)	Gordura (%)	$VO_{2máx}$ ( $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ )
12	$29 \pm 4$	$71,2 \pm 11,7$	$179,1 \pm 8,1$	$11,1 \pm 3,8$	$55,6 \pm 6,4$

Todos os voluntários tiveram participação em no mínimo de uma corrida oficial de rua nos 12 meses antecedentes ao início do estudo, sendo estas corridas com distâncias semelhantes às utilizadas no estudo. Nenhum voluntário fazia uso de medicamentos, cigarro ou apresentava doenças agudas ou crônicas que pudessem limitar a sua participação no estudo.

## 5.3 Procedimentos prévios à situação experimental

Inicialmente foi realizada uma reunião com todos os corredores que se dispuseram voluntariamente a fazer parte deste estudo. Foram fornecidas informações sobre os objetivos e todos os procedimentos que seriam adotados durante a realização da pesquisa, assim como o esclarecimento de dúvidas e os possíveis riscos relacionados à participação nos experimentos.

Para evitar quaisquer influências do ciclo circadiano, todas as avaliações foram realizadas no mesmo horário das provas oficiais de corrida de rua de 5km e meia

maratona. Além disso, os voluntários foram requisitados a não ingerir bebida alcoólica ou contendo cafeína, e a não realizar atividade física intensa 24 horas que antecedessem todas as situações experimentais. Também foram orientados a manter a mesma dieta na última refeição da noite e da manhã no dia dos experimentos e a beber 500 mL de água duas horas antes do experimento para garantir que iniciariam o exercício euhidratados (ACSM, 2000).

#### **5.4 Medidas Antropométricas**

Foi realizada uma avaliação física para caracterização da amostra, que consistiu na mensuração da massa corporal (MC), dobras cutâneas e consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), o qual também foi utilizado, posteriormente, como uma variável de predição do desempenho. A MC foi medida com os corredores descalços e vestindo apenas um short, utilizando-se uma balança digital (Filizola<sup>®</sup>) com precisão de 0,02 kg. A estatura (cm) foi medida em um estadiômetro com precisão de 0,5 cm (Filizola<sup>®</sup>). As dobras cutâneas subescapular, tríceps, peitoral, subaxilar, suprailíaca, abdominal e coxa foram medidas com um plicômetro (Lange<sup>®</sup>), graduado em milímetros, de acordo com o protocolo de 7 dobras proposto por Jackson & Pollock (1978), sendo estas realizadas em triplicata e sempre pelo mesmo pesquisador.

#### **5.5 Delineamento Experimental**

Inicialmente todos os voluntários passaram uma avaliação laboratorial para a medida do consumo máximo de oxigênio e, com o intervalo mínimo de 48h, submeteram-se a um teste em campo para a medida do limiar de lactato, através do método IAT. Posteriormente participaram duas provas oficiais de corrida de rua sendo uma de 21,1km e outra de 5km (Figura 5). Entre essas provas os voluntários tiveram um intervalo de aproximadamente 30 dias

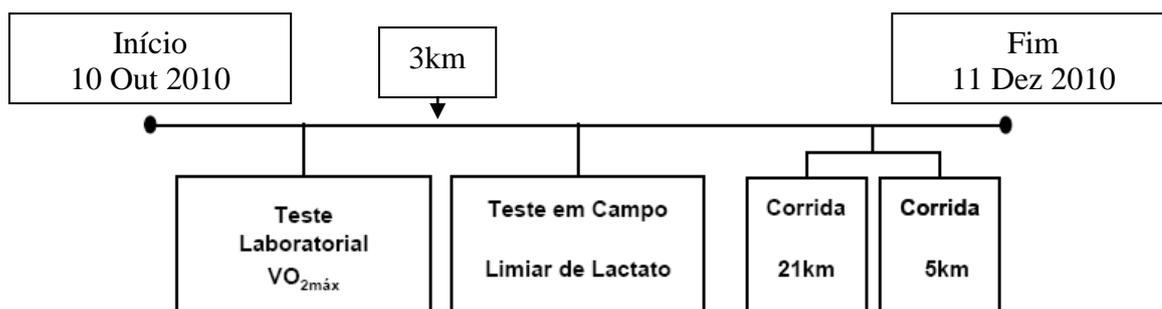


Figura 5 – Delineamento experimental do presente estudo

Para minimizar quaisquer alterações do nível de treinamento no período entre as avaliações e as provas oficiais, todos os voluntários foram requisitados a manter sua rotina de treinamentos sem alterar o volume e a intensidade durante sua participação no estudo.

## 5.6 Situações experimentais

### 5.6.1 Teste para a medida do consumo máximo de oxigênio

Esse teste para medida do  $VO_{2max}$  foi realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG.

Para determinação do  $VO_{2max}$  foi realizado um exercício de intensidade progressiva em esteira (Quinton Med-Track ST65) sendo a velocidade inicial de  $2,7 \text{ km.h}^{-1}$ , inclinação inicial de 10% e aumento na velocidade e inclinação a cada 3 minutos até a interrupção voluntária do exercício (BRUCE *et al.*, 1973). O consumo de oxigênio foi medido por espirometria de circuito aberto utilizando o analisador de gases (BIOPAC System®, GasSys2, EUA) previamente calibrado. O  $VO_2$  do último minuto de exercício (consumo de oxigênio pico) foi considerado como o  $VO_{2max}$ .

A frequência cardíaca (FC) foi registrada ao final de cada estágio do exercício progressivo e no momento da interrupção do esforço utilizando-se um

cardiofrequencímetro (Garmin<sup>®</sup>, *forerunner 405*). A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada ao final de cada estágio através de uma tabela de 15 pontos, sendo 6 o mais fácil e 20 o mais difícil (BORG, 1982).

Foi considerado como atingido o  $VO_{2máx}$ , quando pelo menos dois dos seguintes critérios estabelecidos pelo ACSM (2000) foram observados:

- 1) FC atingida equivalente a 90%  $FC_{máx}$  prevista pela idade ( $FC_{máx} = 220 - \text{idade}$ );
- 2) Quociente respiratório (R) > 1,06;
- 3) PSE igual a 20 (BORG, 1982);
- 4) Platô do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) mesmo com o aumento de carga.

Os testes para a medida do  $VO_{2máx}$  foram realizados a temperatura ambiente de 21 – 23°C, com 62 a 69% de umidade relativa do ar (URA) e foram sempre monitorados pelo mesmo pesquisador.

#### 5.6.2 Teste para a medida do limiar de lactato

Os testes para medida do Limiar de Lactato, foram realizados na Pista de Atletismo da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/MG)

Para a determinação do LL, foi utilizado o método IAT (STEGMANN *et al.*, 1981) adaptado para campo previamente descrito por Simões *et al.*(1999).

Para determinação do IAT cada voluntário realizou 8 corridas de 800m, com intervalo de 45 segundos em uma pista oficial de atletismo em intensidades progressivas.

Para o cálculo das intensidades das corridas de 800m no teste de IAT, foi realizado previamente um teste individual em campo que consistiu em cada voluntário percorrer a distância de 3 km no menor tempo possível (Simões *et al.*, 1999). A velocidade

média para percorrer essa distância de 3 km ( $V_{m3km}$ ) serviu como referência para as intensidades no teste para a determinação do IAT. Dessa forma cada voluntário iniciou a primeira corrida de 800m com uma velocidade correspondente à 84% da  $V_{m3km}$  e após cada intervalo de 45s aumentava-se a intensidade da corrida na seguinte escala: 87, 89, 91, 93, 95, 97 e 102% da  $V_{m3km}$ .

Para garantir que a intensidade estipulada pudesse ser mantida em cada corrida de 800m, os voluntários tiveram o auxílio de relógio com GPS (Garmin, *forerunner 405*) e de sinais sonoros emitidos pelos pesquisadores a cada 100m (Figura 6).

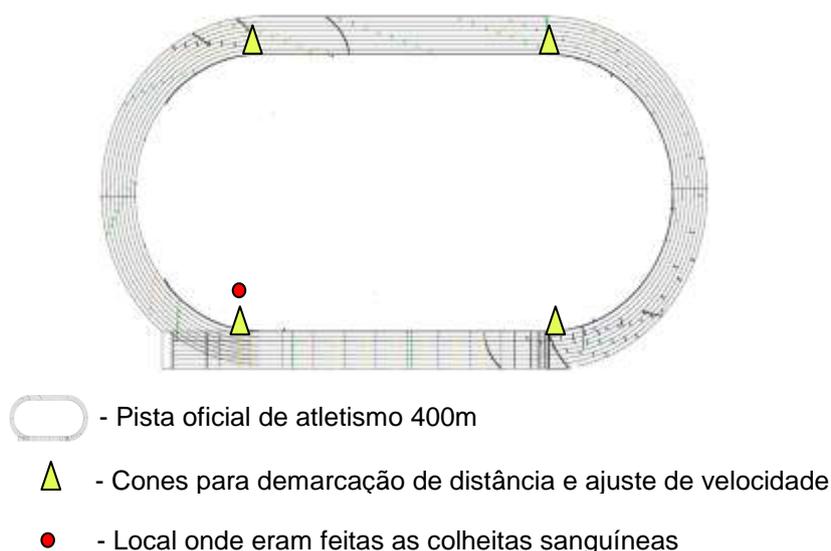


Figura 6 – Figura esquemática da pista de atletismo com as marcações a cada 100m para facilitar o ajuste da velocidade através dos sinais sonoros.

Amostras de sangue (30  $\mu$ L) foram coletadas do lóbulo da orelha, com o indivíduo em repouso, ao final de cada corrida de 800m e nos minutos 3, 6, 9 e 12 de recuperação após a última corrida de 800m na intensidade de 102% da  $V_{m3km}$ . As amostras de sangue foram armazenadas em tubos Ependorff contendo 50  $\mu$ L de NaF (1%) e mantidas a uma temperatura de  $\sim 10^{\circ}\text{C}$  até o final do exercício. Logo após, as mesmas foram congeladas a uma temperatura de  $\sim -20^{\circ}\text{C}$ . e posteriormente, analisadas em duplicatas para a medida da concentração de lactato (YSI 2300

STAT<sup>®</sup>, Yellow Springs, Ohio, EUA). O aparelho utilizado para as análises sanguíneas (YSI 2300 STAT<sup>®</sup>) foi calibrado previamente com soluções padrão de 5mM e 30mM de lactato, de acordo com as recomendações do fabricante.

A cinética da lactatemia após cada corrida de 800m assim como durante o período de recuperação foi utilizada para determinar uma curva de lactatemia em função do tempo (SIMÕES *et al.*, 1999) em que traçou-se uma reta paralela ao eixo das abscissas a partir da [Lac] do último estágio em direção à curva de recuperação. A partir do ponto de interseção entre esta reta e a curva da recuperação da lactatemia, foi feita uma nova reta, tangente à curva da lactatemia do exercício. O IAT foi considerado como a intensidade (velocidade de corrida) correspondente ao ponto de interseção entre esta última reta e a curva da lactatemia (Figura 4).

### 5.6.3 Avaliação do desempenho nas corridas oficiais

O desempenho de meia maratona foi medido em uma prova oficial de rua (21,1km), realizada no dia 10 do mês de outubro de 2010 no contorno da lagoa da Pampulha em Belo Horizonte, Minas Gerais. Para medida do desempenho na distância de 5km, os voluntários puderam escolher uma entre duas provas de corrida oficial de rua, realizadas nos dias 21 e 28 de novembro de 2010 no contorno da lagoa da Pampulha em Belo Horizonte, Minas Gerais.

O desempenho dos voluntários foi calculado como a velocidade média de 5km ( $V_{m5km}$ ) e velocidade média da meia maratona ( $V_{m21.1km}$ ) através dos respectivos tempos registrados nas provas.

Os resultados obtidos foram utilizados para correlacionar  $VO_{2máx}$  e a velocidade correspondente ao Limiar de Lactato com a velocidade média das distâncias de 5km e meia maratona.

#### 5.6.4 – Condições ambientais

Todos os experimentos foram realizados na estação primavera (outubro a dezembro) e as condições ambientais estão descritas na tabela 2.

Tabela 2. Condições ambientais das situações experimentais

Situação	Temperatura média (°C)	URA (%)
½ Maratona	25,0	55
5km	23,4	56
IAT	24,4	61
VO <sub>2max</sub>	22,0	65

## 6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente, foi verificada a normalidade de distribuição dos resultados através do teste de *Kolmogorov-Smirnov*. Como todas as variáveis estudadas apresentaram uma distribuição normal, foi utilizada a análise paramétrica dos resultados.

Para comparar os resultados (velocidade de corrida) de Vm5km, Vm21km e IAT foi utilizada uma análise de variância com um fator de variação e medidas repetidas, seguido pelo *post hoc* de *Tukey* quando necessário.

Para verificar a relação entre as variáveis de desempenho (Vm5km e Vm21.1km) e as variáveis fisiológicas ( $VO_{2max}$  e IAT) foi utilizada a correlação de Pearson.

Todos os resultados estão expressos como média  $\pm$  desvio padrão. O nível de significância adotado foi de ( $p < 0,05$ ). Foi utilizado o Software SigmaPlot 11.0 em todas as análises.

## 7 RESULTADOS

Foi observado um  $VO_{2max}$  de  $55,6 \pm 6,4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e velocidade de corrida no IAT de  $13,5 \pm 1,1 \text{ km.h}^{-1}$  nos corredores do presente estudo. O tempo médio para realização das provas na distância de 5 km foi  $20\text{min}54\text{seg} \pm 1\text{min}19\text{seg}$  e na prova de 21.1km de  $1\text{h}46\text{min}25\text{s} \pm 8\text{min}43\text{s}$  (Tabela 3). A Velocidade média do IAT foi diferente da velocidade média de corrida na prova de 5 (Vm5km) e 21,1km (Vm21.1km) (Tabela 4).

Tabela 3. Resultados de tempo e velocidade média de corrida de cada voluntário nas provas de 5 e 21.1km.

	Corrida 5km		Corrida 21.1km	
	Velocidade ( $\text{km.h}^{-1}$ )	Tempo (h:min:ss)	Velocidade ( $\text{km.h}^{-1}$ )	Tempo (h:min:ss)
<b>V1</b>	13,7	0:21:50	12,2	1:43:06
<b>V2</b>	14,3	0:21:01	12,3	1:42:15
<b>V3</b>	15,4	0:19:31	12,9	1:38:03
<b>V4</b>	16,4	0:18:20	13,7	1:32:18
<b>V5</b>	14,5	0:20:40	13,1	1:36:13
<b>V6</b>	14,5	0:20:42	11,0	1:54:32
<b>V7</b>	15,0	0:20:02	11,5	1:49:11
<b>V8</b>	13,6	0:22:06	12,1	1:44:36
<b>V9</b>	13,0	0:23:06	10,4	2:01:05
<b>V10</b>	15,1	0:19:56	11,9	1:46:05
<b>V11</b>	13,6	0:22:03	11,0	1:55:02
<b>V12</b>	14,0	0:21:29	11,0	1:54:40
<b>Média</b>	<b>14,4</b>	<b>0:20:54</b>	<b>11,9</b>	<b>1:46:25</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,9</b>	<b>0:01:19</b>	<b>1,0</b>	<b>0:08:43</b>

Tabela 4. Consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), velocidade de corrida correspondente ao limiar anaeróbico individual (IAT) e velocidade média de corrida em 5km (Vm5km) e 21.1km (Vm21.1km). Resultados expressos em média  $\pm$  desvio padrão.

IAT ( $\text{km.h}^{-1}$ )	Vm5km ( $\text{km.h}^{-1}$ )	Vm21.1km ( $\text{km.h}^{-1}$ )
$13,5 \pm 1,1^*$	$14,4 \pm 0,9^*$	$12,0 \pm 1,0^*$

\* Diferença significativa entre as variáveis ( $p < 0,01$ ).

Não foi encontrada correlação significativa entre o  $VO_{2max}$  e a  $Vm5km$  ( $r=0,45$ ;  $p=0,14$ ) (Figura 7). Entre o  $VO_{2max}$  e a  $Vm21,1km$  ( $r=0,32$ ;  $p=0,32$ ) (Figura 8). Contudo, foi encontrada uma alta correlação significativa entre o IAT e  $Vm5km$  ( $r=0,81$ ;  $p<0,01$ ) (Figura 9) e baixa correlação entre IAT e  $Vm21km$  ( $r=0,57$ ;  $p=0,05$ ) (Figura 10).

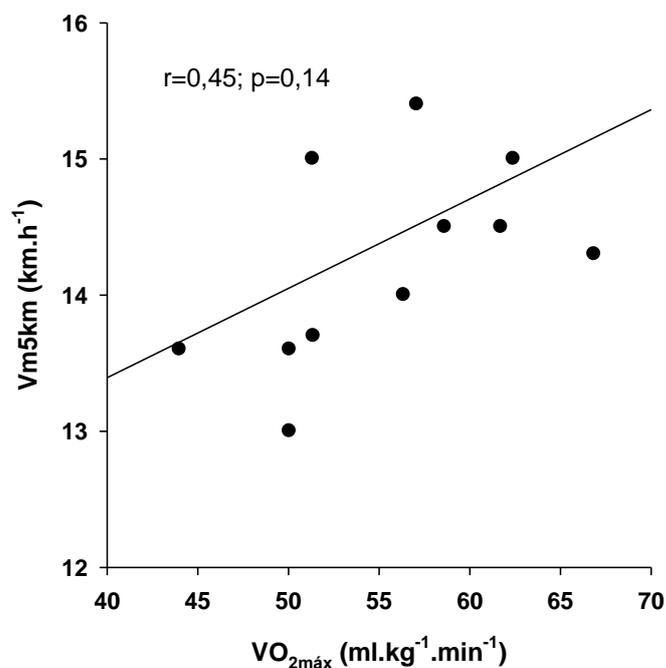


Figura 7. Correlação entre consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e velocidade média de corrida na prova de 5km ( $Vm5km$ ).  $n=12$

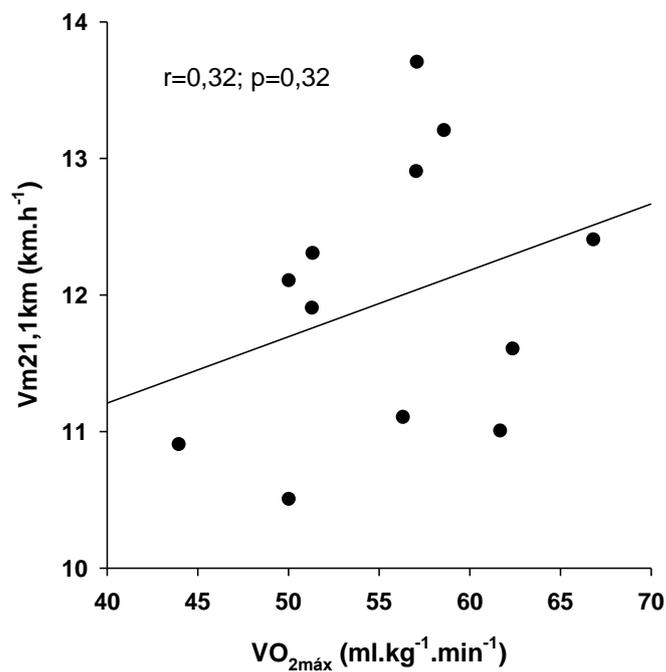


Figura 8. Correlação entre consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e velocidade média de corrida na prova de 21,1km ( $V_{m21,1km}$ ).  $n=12$

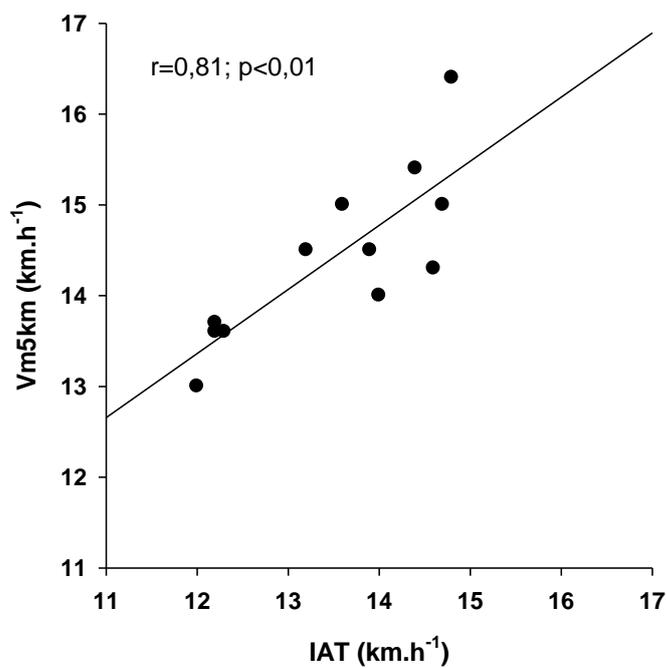


Figura 9. Correlação entre velocidade do limiar anaeróbico individual (IAT) e velocidade média de corrida na prova de 5km (Vm5km). n=12

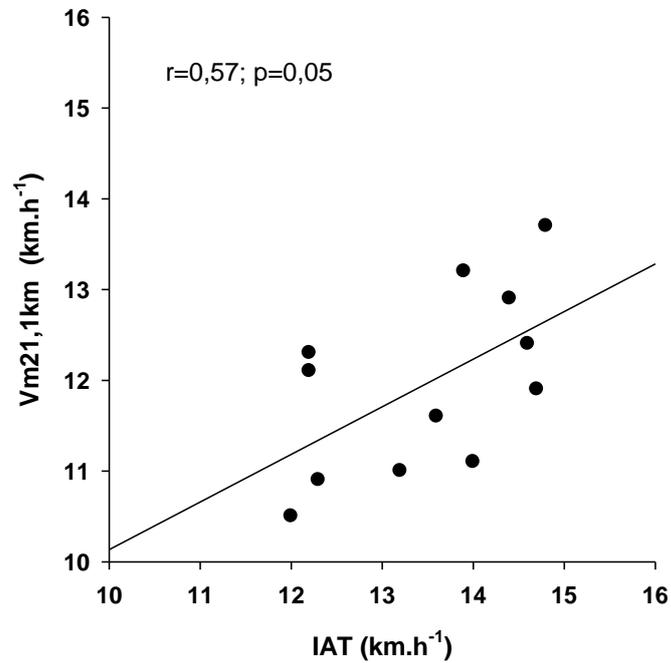


Figura 10. Correlação entre velocidade do limiar anaeróbico individual (IAT) e velocidade média de corrida na prova de 21,1km (Vm21,1km). n=12

## 8. DISCUSSÃO

Vários fatores fisiológicos estão relacionados com o desempenho em corridas de longa distância. O objetivo do presente estudo foi verificar a utilização do  $VO_{2máx}$  e do LL, através do método IAT, como preditores do desempenho de corredores amadores em corridas de 5km e meia maratona.

O  $VO_{2máx}$  e o LL vêm sendo utilizados com preditores do desempenho em corredores experientes e com alto nível de desempenho nas provas de corrida de rua, porém poucos estudos foram encontrados com corredores inexperientes e com baixo nível de desempenho. O tempo médio de realização das provas pelos voluntários do presente estudo na distância de 5km foi 20min53seg, enquanto o tempo médio dos três primeiros colocados da mesma prova, na classificação geral, foi 15min12seg. Já na prova de 21.1km o tempo médio dos voluntários do estudo foi 1h44min *versus* 1h06min para os três primeiros colocados na mesma prova, na classificação geral, o que caracteriza nossos voluntários como corredores amadores.

O principal achado do presente estudo, foi a confirmação da hipótese 3, em que o IAT é um bom preditor fisiológico para o desempenho em provas com distância de 5km. A correlação encontrada ( $r = 0,81$ ;  $p < 0,05$ ) foi a maior entre as variáveis estudadas. Este resultado corrobora os achados de Kumagai *et al.*, (1982). Estes autores mostraram alta correlação ( $r = -0,945$ ) entre o LL e o tempo em uma prova de 5km, em dezessete corredores bem treinados, com faixa etária entre 16 e 18 anos.

Além disso, Grant *et al.* (1997) verificaram uma alta correlação ( $r = 0,93$ ) entre o desempenho de corredores bem treinados em 3km de corrida e a velocidade no LL determinado pela concentração fixa de lactato de 4mM.

Outros estudos também apresentaram resultados semelhantes. Stratton *et al.* (2009) encontraram em indivíduos não treinados, correlação significativa entre a velocidade de corrida no LL e a velocidade média em prova de 5 km, antes e após os atletas serem submetidos a um período de seis semanas de treinamento de corrida ( $r=0,73$  e

$r=0,76$ , respectivamente). Este estudo teve como objetivo investigar as determinantes fisiológicas do desempenho que melhor predizem a velocidade média nos 5km antes e após treinamento de corrida. Participaram do estudo trinta e nove voluntários previamente selecionados, que nunca tinham participado de programa de treinamento de corrida. No presente estudo foram selecionados corredores amadores, ou seja, pessoas que participam de corrida de rua, mas sem um treinamento sistematizado. A semelhança entre o resultado do estudo de Stratton *et al.* (2009) e o encontrado no presente estudo, em que o LL consegue ser um bom preditor de desempenho em distâncias de 5km, pode ser atribuída aos indivíduos selecionados não serem atletas.

Em outro estudo realizado com corredores amadores, Schnitzler *et al.* (2010) encontraram alta correlação ( $r=0,83$ ) entre o IAT e a velocidade crítica de corrida, a qual é definida como intensidade de corrida que pode ser mantida por um período prolongado sem entrar em exaustão (DENADAI *et al.*, 2005).

Entretanto, alguns autores encontraram resultados diferentes aos do presente estudo. Abe *et al.* (1999) não encontraram uma forte correlação ( $r= 0,29$ ) entre o LL - determinado pelo método OBLA - e a velocidade média nos 5km em 11 atletas de elite do sexo masculino. A diferença entre os resultados encontrados nesse estudo e os nossos pode ser explicada pelas diferenças no nível de treinamento dos indivíduos, uma vez que no estudo de Abe *et al.* (1999) os atletas eram de elite enquanto os voluntários do presente estudo eram amadores. Em contrapartida, Roecker *et al.* (1999) avaliaram 427 corredores de rua competitivos e encontraram uma alta correlação ( $r=0,91$ ) entre o IAT e a velocidade média em prova de corrida de rua com distância 5km, o que corrobora os nossos resultados, apesar dos indivíduos escolhidos, serem corredores com bom nível de desempenho em provas de corrida de rua na distância de 5km. Os autores desse estudo concluíram que o IAT é o mais forte preditor da capacidade de desempenho em corridas de longas distâncias.

A correlação encontrada no presente estudo entre o IAT e a velocidade média na corrida com distância de 21.1 km ( $r= 0,57$ ) não confirma a hipótese 4, de que o IAT é um bom preditor fisiológico de desempenho para esta distância. Porém, o valor de p encontrado foi 0,054, o que sugere uma tendência de que o IAT pode ser um bom preditor de desempenho na meia maratona, para corredores amadores.

Este resultado não corrobora com o resultado encontrado por Williams & Nute (1983), que avaliaram dez corredores recreacionais em uma prova simulada de meia maratona. Os autores encontraram uma correlação alta ( $r = -0,877$ ) entre o LL e a velocidade média de corrida na meia maratona. A divergência do resultado com o do presente estudo, pode ser explicada pelo método (OBLA) utilizado para determinação do LL. Além disso, estes corredores apresentaram um melhor desempenho (13,38 km/h), em relação aos do presente estudo (11,9 km/h).

Papadopoulos, *et al* (2006) realizaram um estudo com treze corredores bem treinados e correlacionaram diferentes métodos de determinação do LL com o desempenho em provas de 10 e 21.1km. O resultado encontrado mostrou alta correlação ( $r = 0.78$ ) entre o LL, determinado através do método  $D_{m\acute{a}x}$ , e o desempenho em provas de 21.1km. A diferença entre esse resultado e o achado no presente estudo, pode ser atribuída primeiramente, ao nível de desempenho dos corredores ser diferente, uma vez que o  $VO_{2m\acute{a}x}$  dos voluntários do estudo acima foi  $65,3 \pm 3,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e a velocidade do LL foi  $16,8 \text{ km.h}^{-1}$ . Outro fator que deve ser levado em consideração, é a diferença entre os locais de realização dos experimentos entre os estudos. Os corredores do estudo acima citado realizaram o teste de desempenho em laboratório e os corredores deste estudo, participaram de uma prova oficial de meia maratona, sendo, portanto, influenciados pelo número de participantes da prova, bem como pelas condições ambientais.

Alguns autores sugerem que a capacidade de sustentar elevados percentuais do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , é determinante no desempenho em provas de média e longa distância em corredores treinados e não treinados (SCHNITZLER *et al.*, 2010), porém, em uma extensa revisão, Faude *et al.* (2009), sugerem , porém o uso exclusivo da análise da curva de lactato, principalmente em corredores, pode não ser preciso.

Além disso, Stoa *et al.* (2010), concluíram em seu estudo que o LL está melhor relacionado a provas de maiores distâncias do que com provas de menores distâncias. No entanto, os resultados encontrados no presente estudo contradizem essas afirmações, possivelmente pelo nível dos corredores participantes do estudo.

Historicamente, o  $VO_{2max}$  é considerado a primeira determinante fisiológica de desempenho em corredores de longa distância contempladas entre 1500m e 42.2km, porém, quando se trata de grupo homogêneo com valores semelhantes de  $VO_{2m\acute{a}x}$ , se torna um pobre preditor de desempenho em corredores bem treinados (MIDGLEY *et al.*, 2006).

O  $VO_{2m\acute{a}x}$  no presente estudo apresentou baixa correlação ( $r = 0,45$ ) com o desempenho na corrida de 5km, o que não suporta nossa hipótese 1, de que o  $VO_{2m\acute{a}x}$  seria um bom preditor do desempenho nesta prova.

Esse resultado, porém não corrobora os resultados encontrados por Kumagai *et al.* (1982), que verificaram correlação moderada entre o  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $64,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e o tempo de prova de 5km ( $r = -0,645$ ).

Segundo Legaz-Arrese *et al.* (2006), embora todos os corredores de elite exibam alta capacidade aeróbica, o  $VO_{2m\acute{a}x}$  como preditor de desempenho apresenta maior correlação com menores distâncias, o que aconteceu no presente estudo, comparando o  $VO_{2max}$  com as duas distâncias estudadas

De acordo com Stratton *et al.* (2006), que estudaram indivíduos com  $VO_{2max}$  de  $43,9 \pm 6,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  que nunca tinham feito treinamento de corrida, a associação entre  $VO_{2m\acute{a}x}$  e desempenho é evidente apenas em grupos heterogêneos. Em seu estudo ficou evidente que a correlação entre  $VO_{2m\acute{a}x}$  e a média de velocidade na distância de 5km foi moderada, o que sugere que a aplicação exclusiva dos parâmetros cardiovasculares para a determinação do desempenho em corrida de média distância é insuficiente.

Em estudo feito com 190 corredores de elite de ambos os sexos, não houve grande variação significativa nos valores de  $VO_{2max}$  nas distâncias de 3km ( $77,6 \pm 4,4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), 5km ( $78,9 \pm 8,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), 10km ( $77,1 \pm 5,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e maratona ( $80,1 \pm 4,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). O estudo mostra que valores altos de  $VO_{2max}$  são pré-requisitos para desempenho nas distâncias citadas, porém não é a principal determinante nas variações de desempenho dos corredores de elite. Correlação significativa tem sido encontrada entre  $VO_{2m\acute{a}x}$  e o desempenho em corredores em

grupos heterogêneos em diferentes distâncias, contudo, este parâmetro não apresenta ser um bom preditor de desempenho para corredores em um grupo homogêneo. (LEGAZ-ARRESE *et al.*, 2006). Além disso, quanto menor a diferença entre o  $VO_{2máx}$  dos corredores, maior a participação de outras variáveis capazes de influenciar o desempenho (MCLAUGHLIN *et al.*; 2010)

De acordo com o coeficiente de variação (11%) dos valores de  $VO_{2máx}$  dos corredores estudados pode-se classificar este grupo de corredores como um grupo homogêneo. Os resultados encontrados não confirmam a hipótese 1, de que o  $VO_{2max}$  seria um bom preditor para a distância de 5km. De acordo com a afirmação dos autores acima, este achado do presente estudo, poderia ser a homogeneidade do grupo de corredores em relação aos valores de  $VO_{2max}$ .

O presente estudo, não encontrou uma correlação alta entre o  $VO_{2máx}$  e o desempenho na distância de 21km ( $r= 0,32$ ), o que não confirma nossa hipótese 2 que o  $VO_{2max}$  seria um bom preditor para meia maratona. O resultado do presente estudo não corrobora com o resultado de recente estudo em distância semelhante (MCLAUGHLIN *et al.* (2010). Os autores avaliaram dezessete corredores bem treinados de ambos os sexos, em uma prova simulada em pista de atletismo com distância de 16km, e encontraram uma alta correlação ( $r=-0,97$ ) com o  $VO_{2max}$  ( $60,2 \pm 5,4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

Porém, alguns estudos feitos com corredores bem treinados, demonstraram que o  $VO_{2max}$  é um pobre preditor para desempenho em longa distância (SJODIN & SVEDENHAG, 1985; CONLEY & KRAHENBYHL, 1980)

Outro estudo realizado com dez corredores recreacionais de ambos os sexos, encontrou uma correlação  $r=-0,81$  ( $p<0,01$ ) entre o  $VO_{2máx}$  ( $79 \pm 5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e tempo de desempenho em uma meia maratona (WILLIAMS & NUTE, 1983).

O  $VO_{2máx}$  por si só não pode ser responsável por toda a variância do indivíduo no desempenho de corridas de longa distância (KUMAGAI *et al.*, 1982), contudo pode definir o ritmo de corrida que permite a utilização de um percentual alto do  $VO_{2máx}$ , sem permitir o aumento exponencial do lactato no plasma (FARREL *et al.*, 1979)

Além disso, a predição do desempenho de corredores de longa distância em testes feitos em laboratórios pode não ser adequada (NOAKES *et al.*, 1990). Contudo, no presente estudo, com exceção do teste para determinação do  $VO_{2máx}$  que foi realizado em laboratório, as coletas foram realizadas em campo e em situações reais de competição.

Em estudo realizado em nosso laboratório, De Barros *et al.* (2011) comprovaram a importância do controle da temperatura ambiente, quando se tem como objetivo uma avaliação física criteriosa. Ainda segundo os autores, existe uma variação significativa no acúmulo de lactato para a identificação do LL, em ambiente quente em relação ao ambiente termoneutro.

Embora as coletas do presente estudo tenham sido realizadas em campo, a temperatura registrada ficou entre 21 e 25 graus, impossibilitando a interferência da temperatura ambiente nos resultados obtidos.

De acordo com Roecker *et al.* (1999), para uma avaliação entre um teste com parâmetros fisiológicos e o desempenho em uma determinada prova de corrida, deve ter no máximo dois meses de intervalo entre eles. As coletas do presente estudo foram realizadas entre 10 de outubro e 11 dezembro de 2010, o que estaria de acordo com as condições prevista por este autor. Durante o período de realização dos testes os atletas foram instruídos a não alterarem sua rotina de treino.

As determinantes fisiológicas, tais como  $VO_{2máx}$ , LL e EC explicam em torno de 70% o desempenho em corredores de longa distância (MIDGLEY; MCNAUGHTON, JONES 2007) e, conseqüentemente, outras variáveis, tais como fatores neuromusculares podem contribuir para o desempenho em corredores, merecendo uma maior atenção dos fisiologistas do exercício (STRATON *et al.*, 2009, JACOBS *et al.*, 2011).

Para tanto, o fato do estudo não ter encontrado altas correlações entre o  $VO_{2máx}$  e a velocidade média nas distâncias de 5 km e 21.1 km e entre o IAT e a velocidade média na distância de 21.1km, pode estar atribuído, além da inexperiência dos corredores em provas de longa duração a esses outros fatores que não foram objeto

de estudo (JACOBS *et al.*, 2011). Além disso, os corredores tiveram seu tempo registrado em provas oficiais de corrida de rua, com um grande número de participantes, o que pode ter dificultado a realização de seus melhores desempenhos.

Baseado nos resultados apresentados, a utilização do  $VO_{2\text{máx}}$  não se mostrou capaz de prever o desempenho de corredores amadores nas duas distâncias estudadas. Além disso, o estudo sugere que o LL é um bom preditor de desempenho de corredores amadores apenas na distância de 5 km.

## 9 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que o IAT é um bom preditor do desempenho apenas em provas de 5km em corredores amadores nas distâncias estudadas. Os resultados também sugerem que, para corredores amadores o  $VO_{2máx}$  não é um bom preditor em provas de 5 e 21.1km.

Este estudo indica a necessidade de maiores investigações, com o objetivo de desenvolver alternativas para avaliação e conseqüentemente, prescrição de treinamento para atletas amadores em provas de corridas de rua de média e longa distância.

## REFERÊNCIAS

ABE, D.; SAKAGUCHI, Y.; TSUCHIMOCHI, H.; ENDO M.; MIYAKE K.; MIYAHIRO, S.; KANAMARU, K.; NIIHATA S. Assessment of Long-distance Running Performance in Elite Male Runners Using Onset of Blood Lactate Accumulation. **Appl Human Sci**, 18 (2): 25-29, 1999.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. **Guidelines for exercise testing and prescription**, 6. ed, p. 368, 2000.

AUNOLA, S.; RUSKO, H. Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steady-state. **Journal of Sports Science**. n.10, p.309-323, 1992.

BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. p. 1798-1802, 2000.

BASSETT, D.R.; HOWLEY, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.32, n.1, p.70-84, 2000.

BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.27, n.6, p.863-7, 1995.

BENEKE, R.; HÜTLER, M.; LEITHÄUSER, R. M. Maximal lactate-steady-state independent of performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.32, n.6, p.1135-1139, 2000.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S.P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.28, n.2, p.241-6. 1996.

BILLAT, V.; DALMAY, F.; ANTONINI, M.T.; CHASSAIN, A.P. A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. **European Journal of Applied Physiology**. n.69:, p.196-202, 1994.

BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Medicine**, v.33, n.6, p.407-26, 2003.

BILLAT, V.L. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: Recommendations for long-distance running. **Sports Medicine**. v.22, n.3, p.157-75, 1996.

BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BRUCE, R. A.; KUSUMI, F. HOSMER, D. Maximal oxygen and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **American Heart Journal**, v. 85, p. 4, p. 546-62, 1973.

CAMPBELL, C.S.G.; SIMÕES, H.S.; DENADAI, B.S. Reprodutibilidade do limiar anaeróbio individual (IAT) e lactato mínimo (Lac<sub>MIN</sub>) determinados em testes de pista. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.3, p.24-31, 1998.

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. **Journal of Sports Sciences**. n.17, p.957-967, 1999.

COEN B, URHAUSEN A, KINDERMANN W. Individual anaerobic threshold: Methodological aspects of its assessment in running. **Journal Sports Medicine** 22: 8-16, 2001.

CONLEY, C.L.; KRAHENBYHL., G. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n.12. p.357-360, 1980.

COSTIL, D.L.; THOMASON, H.; ROBERTS, E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n.5, p.248-252, 1973.

DALLARI, M. Corrida de rua: um fenômeno sócio cultural contemporâneo. 130 f. **Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2009.

DANIELS, J.; DANIELS, N. Running economy of elite male and female runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n.24, p.483-489, 1991.

DE BARROS. *Influência do calor sobre a máxima fase estável do lactato, concentração fixa de 4mm e limiar anaeróbio individual*. 2007. 128 f. **Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2007.

DE BARROS CLM , MENDES TT , MORTIMER LACF , SIMÕES HG , PRADO LS , WISLOFF U; SILAMI-GARCIA E. Maximal Lactate Steady State is Altered in the Heat. **International Journal Sports Medicine** abril, 2011.

DENADAI, B. S. *Avaliação Aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo*. Rio Claro: **Motrix**, 153p., 2000.

DENADAI, B. S.; FIGUERA, T. R.; FAVARO, O. R.; GONCALVES, M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Brazilian Journal of Medical Biological Research**, v.37, n.10, p.1551-6. 2004.

DENADAI, B.S.; GOMIDE, E.B.G.; GRECO C.C. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. **Journal of Strength Condition Research**. n.19, p.364- 368, 2005.

FARREL, P.A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTIL, D. L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.11, p.338-344, 1979.

FAUDE O, KINDERMANN W, MEYER T. Lactate Threshold Concepts How Valid are They? **Sports Medicine** 39: 469-490, 2009.

FAY, L.; LONDEREE, B.; LAFONTAINE, T.; VOLEK, M. Physiological parameters related to distance running performance in female athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n.21, p.319-324, 1989.

FIGUEIRA, T.R.; CAPUTO, F.; PELARIGO, J.G.; DENADAI, B.S. Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. **Journal of Science and Medicine in Sport**. n.4, 2007.

GLADDEN, L.B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **Journal of Physiology**. n.558, v.1, p.5-30, 2004.

GRANT, S., I. CRAIG, J. WILSON, AND T. AITCHISON. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. **Journal Sports and Science**. 15:403–410. 1997.

HAGBERG, J.M.; COYLE, E.F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n.15, p.287-289, 1983.

HARNISH, C. R.; SWENSEN, T. C.; PATE, R. R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.6, p.1052-5. 2001.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/L lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**. v.61, p.219-24, 1985.

HOLLOSZY, J.O.; COYLE, E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. **Journal of Applied Physiology**. n.56, p.831-838, 1984.

JACOBS, R.A.; RASMUSSEN, P.; SIEBENMANN, C.; DÍAZ, V.; GASSMANN, M.; PESTA, D.; GNAIGER, E.; NORDSBORG, N. B.; ROBACH, P.; LUNDBY, C. Determinants of time trial performance and 1 maximal incremental exercise in highly trained endurance athletes. **Journal of Applied Physiology**, Set 1, 2011.

JACKSON, A.S; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v.40, p.497-504, 1978.

JONES AM. A five year physiological case study of an Olympic runner. **British Journal of Sports Medicine** 32: 39-43. 1998.

JOYNER MJ, COYLE, EF. Endurance exercise performance: The physiology of Champions. **Journal Physiology** 568: 35–44, 2008.

KINDERMANN, W.; SIMON, W.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.42, p.25-34, 1979.

KUMAGAI, S.; TANAKA, K.; MATSUURA, Y.; MATSUZAKA, A.; HIRAKOBA, K.; ASSANO, K. Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km, and 10 mile races. **European Journal of Applied Physiology**. n.49, p.15-23, 1982.

LORENZO S, MINSON CT, BABB TG, HALLIWILL JR. Lactate threshold predicting time trial performance: Impact of heat and acclimation. **Journal of Applied Physiology**. April; 28, 2011.

MCLAUGHLIN JE, HOWLEY ET, BASSET DR, THOMPSON DL, FITZHUGH EC. Test of the classic model for predicting endurance running performance. **Medicine and Science of Sports Exercise** 2010.

MAZZEO, R.S.; MARSHALL, P. Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. **Journal of Applied Physiology**. n.67; p.1319-1322, 1989.

MIDGLEY AW, MCNAUGHTON LR, WILKINSON M. Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? **Sports Medicine** 2006; 36:117-132.

MIDGLEY, A.W.; MCNAUGHTON, L.R.; JONES, A.M. Training to Enhance the Physiological Determinants of Long-Distance Running Performance: Can Valid Recommendations be Given to Runners and Coaches Based on Current Scientific Knowledge. **Sports Medicine**. n.37, v.10, p.857-880, 2007.

MURASE, Y.; KOBAYASHI, K.; KAMEI, S.; MATSUI, H. Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n.13, p.180-184, 1981.

NUMMELA, A; PAAVOLAINEN, L; SHARWOOD, K; LAMBERT, M; NOAKES, T; RUSCO, H. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. **European Journal of Applied Physiology**. 2006, 97: 1-8.

PAPADOPOULOS C, DOYLE JA, LABUDDE BD. Relationship between running velocity of 2 distances and various lactate parameters. **International Journal of Sports Physiology Performance**. 2006; Sep;1(3):270-83.

ROBERGS, R.A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal Of Physiology Regulatory Integrative And Comparative Physiology**. n.287p.R502–R516, 2004.

ROECKER, K.; SCHOTTE O., NIESS, A.M.; HORSTMANN T.; DICKHUTH,H. Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. **Medicine and Science of Sports Exercise**., Vol. 30, No. 10, pp. 1552-1557, 1998.

SALGADO, J.; CHACON-MIKAHIL, M. Corrida de rua: Análise do crescimento do número de provas e praticantes. **Conexões Revista da faculdade de Ed. Física da UNICAMP**. v.4, n.1, 2006.

SCHNITZLER C, HECK G, CHATARD, JC, ERNWEIN V. A simple field test to assess endurance in inexperienced runners. **Journal Strength and Conditioning Research** 2010 ; 24: 2026–2031.

SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S. G.; KOKUBUN, E.; DENADAI, B. S.; BALDISSERA, V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.80, p.34-40, 1999.

SJODIN, B; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**, v.2, n.1, p.23-26, 1981.

SJODIN, B; SVEDENHAG J. Applied physiology of marathon running. **Sports Medicine**, 2:83-99, 1985.

SLATERRY KM, WALLACE LK, MURPHY AJ, COUTTS AJ. Physiological determinants of three-kilometer running performance in experienced triathletes. **Journal Strength and Conditioning Research** 2006; 20: 47-52.

STOA EM, STOREN O, ENOKSEN E, INGJER F. Percent utilization of VO<sub>2</sub>max at 5-km competition velocity does not determine time performance at 5 km among elite distance runners. **Journal Strength and Conditioning Research** 2010; May;24:1340-5.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.2, n.3, p.160-5. 1981.

STRATTON E, O'BRIEN BJ, HARVEY J, BLITVICH J, MCNICOL AJ, JANISSEN D, PATON C, KNEZ W. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. **International Journal of Sports Medicine** 2009; 30: 40-45.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.28, n.2, p.299-323. 2003.

TANAKA, K.; MATSUURA, Y.; KUMAGAI, S.; MATSUZAKA, A.; HIRAKOBA, K. Relationship of anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation with endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**. n.52, p.51-56, 1983.

THOMAS, S.; READING, J.; SHEPHARD, R. J. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). **Canadian Journal of Sports Sciences**, v.17, n.4, p.338-45, 1992.

VAN SCHUYLENBERGH, R.; VANDEN EYNDE, B.; HESPEL, P. Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. **European Journal of Applied Physiology**. n.91, p.94–99, 2004b.

WASSERMAN, K.; McILORY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **American Journal of Cardiology**. v.14, p.844-852, 1964.

WILLIAMS, C.; NUTE, M.; Some physiological demands of a half-marathon race on recreational runners BSc Brit. **Journal of Sports and Medicine** - Vol. 17, No. 3, September 1983, pp. 152-161.

YOSHIDA, T.; CHIDA, M.; ICHIOKA, M.; SUDA, Y. Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. **European Journal of Applied Physiology**. n.56, p.7-11, 1987.

**ANEXO 1 – PARECER**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

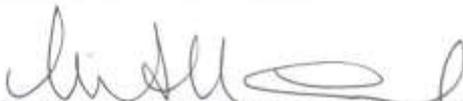
Parecer nº. ETIC 0339.0.203.000-10

Interessado(a): **Prof. Emerson Silami Garcia**  
Departamento de Esportes  
EEFFTO - UFMG

**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 15 de setembro de 2010, o projeto de pesquisa intitulado "**Associação entre VO2max, IAT e OBLA com o desempenho de corrida em provas de 5 e 21 km**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

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



**Profa. Maria Teresa Marques Amaral**  
Coordenadora do COEP-UFMG

## **ANEXO 2 TCLE**

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (DE ACORDO COM O ITEM IV DA RESOLUÇÃO 196/96 DO CNS)

#### **TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA**

Utilização do consumo máximo de oxigênio e do limiar de lactato como preditores do desempenho de corredores amadores em corridas de 5km e meia maratona

#### **OBJETIVO**

O objetivo do presente estudo foi verificar a utilização do consumo máximo de oxigênio e do limiar de lactato como preditores do desempenho de corredores amadores em corridas de 5km e meia maratona.

#### **PROCEDIMENTOS**

Antes de iniciar a pesquisa, você deverá responder aos questionários de atividade física que têm como objetivo saber se você está apto a praticar atividades físicas.

Após a análise das respostas dos questionários, caso não haja alguma restrição para a prática de exercícios físicos, você irá realizar uma avaliação física que tem o propósito de determinar suas características físicas tais como peso, estatura e percentual de gordura corporal e consumo pico de oxigênio.

Concluída a avaliação antropométrica e o teste para avaliação do consumo máximo de oxigênio, você irá passar pela situação experimental em outro encontro, que se consistirá em correr 3 km no menor tempo possível. Em novo encontro você deverá correr 8 vezes 800m em intensidades progressivas (relativas a velocidade média de 3km). No procedimento, serão retirados 25 mL de sangue do lóbulo de sua orelha, para posterior análise. Você deverá ainda participar de duas provas oficiais de corrida de rua, com as distâncias de 5km e meia maratona, definidas pelos pesquisadores, com sua estratégia de corrida. Além disso, sua frequência cardíaca será monitorada

durante as corridas através de um sistema telemétrico e você receberá uma fita com um sensor para colocar junto ao tórax.

## **OS DADOS SERÃO CONFIDENCIAIS**

Todos os seus dados são confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a estas informações que serão utilizadas para fins de pesquisa.

## **RISCOS**

Os riscos deste estudo são relativamente pequenos e estão associados com a prática de exercícios físicos em uma bicicleta, como por exemplo, o surgimento de lesões músculo-esqueléticas. No entanto, esses geralmente desaparecem em poucos dias. Entretanto, durante todas as situações experimentais, caso seja necessário, você poderá contar com o serviço de pronto atendimento.

## **EVENTUAIS DESPESAS MÉDICAS**

Não está prevista qualquer forma de remuneração ou pagamento de eventuais despesas médicas ou indenização de qualquer natureza para os voluntários. Todas as despesas especificamente relacionadas com o estudo são de responsabilidade do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Você dispõe de total liberdade para esclarecer questões que possam surgir durante o andamento da pesquisa. Qualquer dúvida, por favor, entre em contato com as pessoas responsáveis pelo estudo: Emerson Silami Garcia, tel. 3409-2350 e Emerson Rodrigues Pereira tels. 3409-2350/ 3776 4611/ 9221 0813.

Você poderá se recusar a participar deste estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar. Você também deve compreender que os

pesquisadores podem decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais você será devidamente informado.

## **CONSENTIMENTO**

Concordo com tudo o que foi exposto acima e, voluntariamente, aceito participar do estudo “Avaliação do estado de hidratação de corredores em prova de 21.097 metros”, que será realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Os resultados desta pesquisa serão utilizados na elaboração de uma dissertação de mestrado. Eu sei que posso me recusar a participar do estudo ou que posso abandoná-lo a qualquer momento, sem qualquer tipo de constrangimento. Eu recebi uma cópia deste documento que foi assinado em duas vias idênticas. Portanto, forneço o meu consentimento para participar dos experimentos do estudo em questão

Belo Horizonte \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010

Nome do voluntário:

Assinatura do voluntário:

Declaro que expliquei os objetivos deste estudo para o voluntário, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Eliney Silva Melo

Mestrando em Ciências do Esporte – EEEFTO/UFMG

Emerson Silami Garcia  
Professor orientador – EEEFTO/UFMG

---

Testemunha 1

---

Testemunha 2

Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II, 2º. Andar. Sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte – MG CEP 31270-901. Tel: 34094592

**ANEXO 3****Questionário PAR-Q**

1 - Seu médico já mencionou alguma vez que você tem uma condição cardíaca que você só deve realizar atividade física recomendada por um médico?

(  )Sim (  )Não

2 – Você sente dor no tórax quando realiza atividade física?

(  )Sim (  )Não

3 – No mês passado (ou num período recente), você teve dor torácica quando não estava realizando atividade física?

(  )Sim (  )Não

4 – Você perdeu o equilíbrio por causa de tontura ou alguma vez perdeu a consciência?

(  )Sim (  )Não

5 – Você tem algum problema ósseo ou de articulação que poderia piorar em consequência de uma alteração em sua atividade física ?

(  )Sim (  )Não

6 – Seu médico está prescrevendo medicamentos (Ex., pílulas) para sua pressão ou condição cardíaca?

(  )Sim (  )Não

7 – Você conhece alguma outra razão que não o permita praticar atividade física?

(  )Sim (  )Não

**Li, entendi e completei este questionário. Todas as dúvidas que tive foram respondidas satisfatoriamente.**

**Observação:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_ **Assinatura:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_