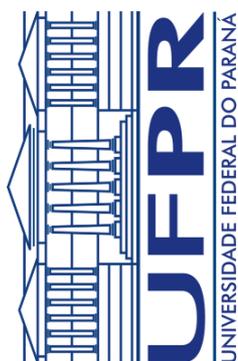


**SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

RODOLFO ANDRÉ DELLAGRANA

**RELAÇÃO DE ÍNDICES FISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES  
COM O DESEMPENHO DE CORRIDA EM  
ADOLESCENTES FUNDISTAS**



CURITIBA  
2011

**RODOLFO ANDRÉ DELLAGRANA**

**RELAÇÃO DE ÍNDICES FISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES COM O  
DESEMPENHO DE CORRIDA DE ADOLESCENTES FUNDISTAS**

Dissertação de Mestrado defendida como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, no Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Wagner de Campos



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
Departamento de Educação Física



# TERMO DE APROVAÇÃO

RODOLFO ANDRÉ DELLAGRANA

## “Relação de Índices Fisiológicos e Neuromusculares Com o Desempenho de Corrida em Adolescentes Fundistas”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física – Área de Concentração Exercício e Esporte, Linha de Pesquisa Atividade Física e Saúde, do Departamento de Educação Física do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Banca Examinadora:

Professor Dr. Wagner de Campos (Orientador)  
Departamento de Educação Física / UFPR

Professor Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

Professor Dr. Sergio Gregório da Silva

Curitiba, 25 de Março de 2011

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Pedro e Viviane, que dedicaram suas vidas aos seus filhos, sempre nos incentivando nos momentos difíceis, com palavras de conforto e de apoio, e principalmente pelo amor incondicional. A essas pessoas que eu amo, devo a minha vida e meu caráter.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer meus pais, Pedro e Viviane Dellagrana, e minha irmã Carolina Dellagrana, por estarem sempre ao meu lado em momentos difíceis, e me auxiliando a traçar o caminho correto.

À minha avó Rosiris, minha tia Gisela, minha prima Fernanda, e meu cunhado Wagner, por também estarem presentes e acreditarem no meu potencial.

Aos corredores participantes da pesquisa e seus respectivos treinadores, pois sem eles não seria possível concretizar este trabalho.

Aos amigos do Centro de Pesquisa em Exercício e Esporte, André Smolarek, Bozza, Guilherme, Valter, Cristiane, Gislaine, Elto, Rosi, Rafael, Michael e Roseane, que fizeram com que o convívio no ambiente de trabalho fosse prazeroso, além, do auxílio na coleta de dados de alguns deles.

Não poderia deixar de expressar minha gratidão aos colegas Bruno Vinicius Santos, Sara G. Hernandez e Glaylson, pois com sua ajuda foi possível realizar a coleta de dados com ênfase.

Aos meus amigos que me acompanharam desde a graduação nos estudos, Luiz Rodrigo (Lobas), Henrique (Brasa) e Cassiano Rech.

Aos meus grandes amigos, Luiz Henrique, João Peda, Luiz Gustavo (Goiaba), André Augusto, Paulo Carlos, Luiz Augusto (Guto), Diogo e Diego.

Ao meu orientador, Wagner de Campos, por ter confiado em meu trabalho, e me orientado com paciência e compreensão, além, de ser um exemplo de pessoa e professor, será sempre meu espelho profissional.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que direta e indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar a relação dos marcadores fisiológicos e neuromusculares com o desempenho de corrida de jovens atletas de fundo. **Métodos:** Foram avaliados 23 corredores de fundo, do sexo masculino, com idades entre 16 e 19 anos (todos no estágio V de Tanner). A coleta de dados foi dividida em quatro etapas: 1) foi realizada a avaliação antropométrica de massa corporal e estatura, além disso, foram avaliadas as espessuras das dobras cutâneas do tríceps e da panturrilha. Em seguida, foi realizado teste de esforço máximo; 2) foi realizado teste submáximo em esteira, para a determinação da economia de corrida (EC); 3) teste de força e potência muscular, de flexores e extensores de joelho, foi administrado em um dinamômetro isocinético; 4) foi realizada uma competição simulada, com a prova de corrida de 5000 metros no ambiente de treinamento dos atletas. Para as relações entre as variáveis, foi realizada correlação de *Pearson* e *Sperman* (não-paramétrica), além, da análise de regressão linear para avaliar a predição das variáveis independentes sobre o desempenho de corrida (5000m). **Resultados:** Os atletas analisados apresentaram tempo médio na prova de 5000 metros de  $18,47 \pm 1,17$ . Os valores médios dos índices fisiológicos de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ), consumo de oxigênio e a velocidade de corrida referente ao limiar ventilatório ( $VO_{2LV}$  e  $V_{LV}$ ), velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio ( $vVO_{2\text{máx}}$ ), pico de velocidade (PV) e economia de corrida (EC) a 11,2 km/h, foram de  $63,64 \pm 6,03$  ml/kg/min,  $53,56 \pm 6,61$  ml/kg/min,  $14,22 \pm 1,08$  km/h,  $18,22 \pm 0,95$  km/h,  $18,40 \pm 0,85$  km/h e  $40,23 \pm 1,78$  ml/kg/min, respectivamente. Já para os índices neuromusculares de trabalho máximo (TM), pico de torque (PT) e potência muscular (PM) de flexores, foram observados valores de  $209,86 \pm 34,32$  J/kg,  $183,83 \pm 28,61$  Nm/kg e  $236,10 \pm 47,03$  W/kg. Para os extensores o valor médio de TM foi de  $325 \pm 45,16$  J/kg, PT de  $300,62 \pm 37,65$  Nm/kg e PM de  $349,90 \pm 63,75$  W/kg. Foram observadas correlações significativas da EC (11,2 km/h) com o TM de flexores ( $r = 0,49$ ,  $p < 0,05$ ), enquanto que a PM de extensores, apresentou relação significativa com a  $vVO_{2\text{máx}}$  ( $r = 0,43$ ,  $p < 0,05$ ). Não foi encontrada nenhuma correlação significativa dos índices neuromusculares com o desempenho de corrida. No entanto, as variáveis fisiológicas de  $VO_{2\text{máx}}$ ,  $VO_{2LV}$ ,  $V_{LV}$ , EC (11,2 km/h) e PV apresentaram associação significativa com o desempenho de corrida ( $r = -0,61$ ;  $r = -0,52$ ;  $r = -0,64$ ;  $r = -0,53$ ;  $r = -0,47$ , respectivamente). A  $V_{LV}$  foi a variável com melhor

predição do desempenho na prova de 5000 metros (40%). Além disso, a  $V_{LV}$ , o  $VO_{2_{máx}}$ , a EC e o PV em conjunto explicam 80% da variabilidade no desempenho de corrida de 5000 metros. **Conclusões:** Os índices neuromusculares não apresentam associação com o desempenho em corrida de longa distância (5000m), entretanto, os índices fisiológicos de  $V_{LV}$ ,  $VO_{2_{máx}}$ , EC (11,2 km/h) e PV, apresentam alta capacidade de predição do desempenho na prova de 5000 metros.

**Palavras Chave:** Índices Fisiológicos; Índices Neuromusculares; Desempenho de Corrida; Corredores Adolescentes.

## ABSTRACT

**Objective:** To analyze the relationship of physiological and neuromuscular index with the running performance the young long distance runners. **Methods:** 23 male trained long distance runners, aged between 16 and 19 years (all in the Tanner stage V) were evaluated. Data collection was divided in four day stages: 1) anthropometric assessment for weight and height. In addition, the skinfolds thickness of the triceps and calf were also measured. In sequence, the maximal performance exercise test was conducted; 2) a submaximal treadmill test was used for the determination of running economy (RE); 3) muscle strength and power of knee flexors and extensors were measured in an isokinetic dynamometer; 4) a 5000 meters simulated running competition, in the athletes training environment, was performed. To establish any significant relationships, the Pearson and Spearman (non-parametric) correlation were calculated, in addition, the linear regression analysis was used to assess the prediction of independent variables on the running performance of 5000 meters. **Results:** The athlete's performance in the 5000 meters race was  $18.47 \pm 1.17$ . Mean values for maximal oxygen uptake ( $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$ ), oxygen uptake and running velocity corresponding to the ventilatory threshold ( $VO_{2\text{LV}}$  and  $V_{\text{LV}}$ ), running velocity associated with maximal oxygen uptake ( $vVO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$ ), peak velocity (PV) and running economy (RE) to 11.2 km/h, were  $63.64 \pm 6.03$  ml/kg/min,  $53.56 \pm 6.61$  ml/kg/min,  $14.22 \pm 1.08$  km/h,  $18.22 \pm 0.95$  km/h,  $18.40 \pm 0.85$  km/h and  $40.23 \pm 1.78$  ml/kg/min, respectively. For neuromuscular index of muscle work (MW), peak torque (PT) and muscle power (MP) of the flexors the values observed were  $209.86 \pm 34.32$  J/kg,  $183.83 \pm 28.61$  Nm/kg, and  $236.10 \pm 47.03$  W/kg. For the extensors the average MW was  $325 \pm 45.16$  J/kg, PT  $300.62 \pm 37.65$  Nm/kg and MP  $349.90 \pm 63.75$  W/kg. There were significant correlations between RE (11.2 km.h) with muscle work (MW) of the flexors ( $r = 0.49$ ,  $p < .05$ ), while the muscle power (MP) of the extensors showed a significant relationship with  $vVO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$  ( $r = 0.43$ ,  $p < .05$ ). We found no significant correlation of neuromuscular index with running performance. However, the physiological variables of  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$ ,  $VO_{2\text{VL}}$ ,  $V_{\text{VL}}$ , RE (11.2 km.h) and PV, were significantly associated with running performance ( $r = -.61$ ;  $r = -.64$ ;  $r = -.53$ ;  $r = -.47$ , respectively). The  $V_{\text{VL}}$  was the variable most predictive of running performance in the 5000 meters (40%). Moreover,  $V_{\text{VL}}$ ,  $VO_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$ , RE and PV together explain 80% of the variability in the running performance of the 5000 meters. **Conclusions:** The

neuromuscular index did not show significant association with long distance performance running performance (5000m), however, in this study, the physiological index of  $V_{VL}$ ,  $VO_{2_{\text{m}\acute{a}x}}$ , RE and PV, showed a high probability to predict the performance in the 5000 meters running performance.

**Keywords:** Physiological Index; Neuromuscular Index; Running Performance; Adolescents Runners.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Limiares anaeróbios 1 e 2. ....	34
<b>Figura 2.</b> Diferença no limiar anaeróbio entre um indivíduo destreinado (A) e outro treinado (B). ....	36
<b>Figura 3.</b> Analisador de Gases .....	46
<b>Figura 4.</b> Esteira Rolante .....	46
<b>Figura 5.</b> Dinamômetro isocinético .....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Tempo médio de corrida dos avaliados e percentual acima dos recordes brasileiro, mundial e olímpico na prova de 5000 metros. ....	42
<b>Tabela 2.</b> Esquema representativo do procedimento de coleta de dados adotado no presente estudo.....	51
<b>Tabela 3.</b> Valores de média, desvio-padrão, mínimos e máximos das variáveis antropométricas e do desempenho na prova de 5000 metros. ....	53
<b>Tabela 4.</b> Variáveis fisiológicas obtidas no protocolo incremental máximo de laboratório. ....	54
<b>Tabela 5.</b> Valores médios e desvio-padrão da velocidade mínima em que ocorreu o $VO_{2\text{máx}}$ ( $vVO_{2\text{máx}}$ ), pico de velocidade (PV), velocidade referente ao limiar ventilatório ( $V_{LV}$ ), velocidade média na prova de 5000 metros, expressos em valores absolutos e percentual da $vVO_{2\text{máx}}$ , do PV e da $V_{LV}$ . ....	54
<b>Tabela 6.</b> Valores da economia de corrida em três velocidades (11,2 km, 12,8 km e 14,4 km), obtidos em teste submáximo. ....	55
<b>Tabela 7.</b> Valores de média e desvio-padrão das variáveis isocinéticas de flexão de joelho nas velocidades angulares de 60°/s e 240°/s, nos membros dominantes dos atletas. ....	56
<b>Tabela 8.</b> Valores de média e desvio-padrão das variáveis isocinéticas de extensão de joelho nas velocidades angulares de 60°/s e 240°/s, nos membros dominantes dos atletas. ....	56
<b>Tabela 9.</b> Valores de correlação entre as variáveis fisiológicas.....	57
<b>Tabela 10.</b> Valores de correlação das variáveis isocinéticas de flexores de joelho com os índices fisiológicos. ....	58
<b>Tabela 11.</b> Valores de correlação das variáveis isocinéticas de extensores de joelho com os índices fisiológicos. ....	59
<b>Tabela 12.</b> Valores de correlação das variáveis isocinéticas com o tempo na prova de 5000 metros. ....	60
<b>Tabela 13.</b> Valores de correlação das variáveis fisiológicas com o tempo na prova de 5000 metros. ....	61
<b>Tabela 14.</b> Valores de correlação múltipla das variáveis fisiológicas com o tempo de prova na distância de 5000 metros.....	62

**Tabela 15.** Modelos de regressão linear para a relação entre o tempo de prova na distância de 5000 metros e a velocidade referente ao limiar ventilatório, ajustado pelo consumo máximo de oxigênio, economia de corrida (11,2 km/h) e pico de velocidade.....62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- %G** – Percentual de gordura
- %VO<sub>2</sub>máx** – Percentual em relação ao consumo máximo de oxigênio
- ACSM** – American College of Sports Medicine
- ATP** – Adenosina trifosfato
- CEPEE** – Centro de Pesquisa em Exercício e Esporte
- CO<sub>2</sub>** – Gás carbônico
- DC** – Débito cardíaco
- EC** – Economia de corrida
- ExCO<sub>2</sub>** – Excesso de dióxido de carbono
- FC** – Frequência cardíaca
- FC<sub>máx</sub>** – Frequência cardíaca máxima
- FC<sub>rep</sub>** – Frequência cardíaca de repouso
- IAT** – Limiar anaeróbio individual
- IMC** – Índice de Massa Corporal
- I/Q** – Razão entre os isquiotibiais e o quadríceps
- LAn** – Limiar anaeróbio
- LL** – Limiar de lactato
- LV** – Limiar ventilatório
- MC** – Massa corporal
- O<sub>2</sub>** – Oxigênio
- PM** – Potência muscular
- PR** – Dobra cutânea da panturrilha
- PSE** – Percepção subjetiva de esforço
- PT** – Pico de torque
- PTV** – Pico de velocidade em esteira
- PV** – Pico de velocidade
- RER** – Razão de troca respiratória
- SV** – Salto vertical
- t5km** – Tempo na prova de 5000 metros
- TCLE** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
- TM** – Trabalho máximo
- TR** – Dobra cutânea do tríceps

**VE** – Volume de ejeção

**V<sub>LL</sub>** – Velocidade de corrida referente ao limiar de lactato

**V<sub>LV</sub>** – Velocidade de corrida referente ao limiar ventilatório

**VO<sub>2</sub>** – Consumo de oxigênio

**VO<sub>2LV</sub>** – Consumo de oxigênio referente ao limiar ventilatório

**VO<sub>2máx</sub>** – Consumo máximo de oxigênio

**VO<sub>2rep</sub>** – Consumo de oxigênio em repouso

**vVO<sub>2máx</sub>** – Velocidade de corrida associada com o consumo máximo de oxigênio

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 OBJETIVOS.....	21
1.1.1 Objetivo Geral.....	21
1.1.2 Objetivos Específicos.....	21
1.2 HIPÓTESES.....	21
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>22</b>
2.1 INDICADORES FISIOLÓGICOS E CORRIDA DE LONGA DISTÂNCIA .....	22
2.1.1 Consumo máximo de oxigênio.....	24
2.1.2 Economia de corrida .....	26
2.1.3 Velocidade associada com o consumo máximo de oxigênio e pico de velocidade.....	29
2.1.4 Limiar anaeróbio .....	32
2.2 INDICADORES NEUROMUSCULARES NA CORRIDA DE FUNDO .....	36
2.3 DESEMPENHO DE ADOLESCENTES FUNDISTAS .....	38
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>42</b>
3.1 Caracterização da pesquisa.....	42
3.2 Amostra.....	42
3.3 Critérios de inclusão.....	43
3.4 Instrumentos e Procedimentos.....	44
3.4.1 Maturação sexual.....	44
3.4.2 Questionário de treinamento.....	44
3.4.3 Avaliação antropométrica .....	44
3.4.4 Teste de Esforço Máximo na Esteira .....	45
3.4.5 Teste para determinação da Economia de Corrida.....	48
3.4.6 Teste de Força e Potência Muscular no Dinamômetro Isocinético .....	48
3.4.7 Avaliação do Desempenho de Corrida .....	50
3.4.8 Procedimentos para a coleta de dados.....	50
3.4.9 Tratamento dos dados e estatística .....	51
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	<b>63</b>
5.1 ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS.....	63

5.2 DESCRIÇÃO DOS ÍNDICES FISIOLÓGICOS E DESEMPENHO DE CORRIDA .....	64
5.3 DESCRIÇÃO DOS ÍNDICES NEUROMUSCULARES.....	70
5.4 RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS.....	73
5.5 RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES COM AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS.....	76
5.6 ÍNDICES NEUROMUSCULARES E DESEMPENHO DE CORRIDA.....	78
5.7 ÍNDICES FISIOLÓGICOS E DESEMPENHO DE CORRIDA.....	78
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>99</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A investigação dos determinantes do desempenho de corrida para provas de médias e longas distâncias é um tema que vem intrigando pesquisadores por longo período de tempo. Várias pesquisas foram desenvolvidas buscando descrever os fatores fisiológicos relacionados ao desempenho de corridas de médias e longas distâncias (corrida de meio fundo e fundo) em adultos (ASTORINO, 2008; BERG, 2003; BIRD et al., 2003; DENADAI et al., 2004; GRANT et al., 1997; INGHAM et al., 2008; JONES; CARTER, 2000; MCLAUGHLIN et al., 2010; PAAVOLAINEN et al., 1999a; SPURRS et al., 2003; SLATTERY et al., 2006; STRATTON et al., 2009; TAIPALE et al., 2010), enquanto algumas pesquisas avaliaram adolescentes (ABE et al., 1998; ALMARWAEY et al., 2003; COLE et al., 2006; FERNHALL et al., 1996, MAHON et al., 1996; MALISON et al., 2003).

Assim sendo, o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) pode ser considerada a variável fisiológica que recebe maior atenção para corredores de fundo, pois ao longo dos anos foi demonstrada a relação significativa entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e o desempenho em provas de médias e longas distâncias (BASSETT; HOWLEY, 2000). Além disso, o  $VO_{2\text{máx}}$  pode representar um indicativo da capacidade de trabalho aeróbio máximo, além de definir o limite superior para a produção de adenosina trifosfato (ATP) via fosforilação oxidativa (BASSETT, HOWLEY, 2000; JONES; CARTER, 2000).

Entretanto, foi apontado na literatura que o  $VO_{2\text{máx}}$  não é o único preditor do desempenho de corrida em corredores de meio-fundo e fundo. Pois, foi evidenciado que além de um alto  $VO_{2\text{máx}}$ , outros atributos fisiológicos como uma boa economia de corrida (EC) e baixo acúmulo de lactato em altas intensidades de exercício, podem ser usados para predizer o desempenho de corrida em atletas bem treinados, e principalmente com níveis semelhantes de condicionamento (BERG, 2003).

Seguindo este contexto, estudos atuais com amostras de corredores de médias e longas distâncias, apresentam correlações significativas do desempenho em eventos de média e longa duração com as variáveis fisiológicas de  $VO_{2\text{máx}}$ , EC e limiar anaeróbio (LAn) (DENADAI et al., 2004; GRANT et al., 1997; INGHAM et al., 2008; MCLAUGHLIN et al., 2010; SLATTERY et al., 2006; STRATTON et al., 2009).

Neste sentido, no estudo conduzido por Mclaughlin et al. (2010), foi observado que o  $VO_{2\text{máx}}$  é a variável que melhor explica a variação no desempenho em corrida de longa distância (16km), no entanto, quando os autores deste estudo realizaram a análise de regressão linear com o modelo clássico que apresentava as variáveis de  $VO_{2\text{máx}}$ , LAn, EC e PV, o coeficiente de determinação encontrado apresentou valor elevado (97,8%). Além disso, outro estudo recente realizado com corredores de fundo, aponta correlações significativas das variáveis de  $VO_{2\text{máx}}$ , LAn e PV com o desempenho em corrida de longa distância (5km) (STRATTON et al., 2009).

Desta maneira, fica evidente a importância das variáveis fisiológicas para um desempenho efetivo em corridas de longas distâncias, entretanto, outros fatores também podem ser considerados na análise do desempenho de corridas de meio fundo e fundo. Algumas evidências científicas demonstraram que as variáveis neuromusculares de força e potência muscular, também podem ser determinantes e significantes no desempenho de corridas de longas distâncias (PAAVOLAINEN et al., 1999a; BERG, 2003; NOAKES, 2003).

No entanto, segundo Taipale et al. (2010) corredores de longas distâncias incluem muito pouco ou quase nenhum treinamento de força e/ou potência em seus programas de exercícios. Isto pode estar relacionado às diferenças entre as adaptações que ocorrem com o treinamento de endurance e com o treinamento de força, apontadas na literatura (TAIPALE et al., 2010).

Sendo que, o treinamento de endurance apresenta como adaptação primária a melhora do transporte e utilização do oxigênio, através do aumento capilar e densidade mitocondrial, bem como o aumento da atividade enzimática, melhorando o metabolismo energético oxidativo (BASSET; HOWLEY, 2000). Já o treinamento de força com cargas elevadas têm como adaptação o aumento da força máxima, resultante das melhorias na ativação neuromuscular voluntária, seguida da hipertrofia muscular durante períodos prolongados de treino (TAIPALE et al., 2010).

Desta forma, para corridas de longas distâncias, o treinamento de força para aumentos na força e potência pode apresentar benefícios para a produção rápida de força e contribuir no aumento da velocidade de corrida. Assim, independentemente das diferentes adaptações entre os treinamentos de força e endurance, os dois podem ser executados simultaneamente, para aperfeiçoar o desempenho de corrida (TAIPALE et al., 2010).

Além do mais, o treinamento de força para fundistas pode apresentar melhoras significativas em algumas variáveis fisiológicas determinantes para o desempenho de corridas de longas distâncias. É apontado na literatura que o treinamento de força pode causar uma adaptação neural e aumento da capacidade de utilizar a energia elástica estocada no conjunto músculo-tendão, em outras palavras, resulta na melhora do ciclo alongamento-encurtamento este que é um mecanismo fisiológico que têm como função aumentar a eficiência mecânica do movimento (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998; SAUNDERS et al., 2004a). Deste modo, estas adaptações podem determinar melhoras na variável de EC com o treinamento de força (PAAVOLAINEN et al., 1999b; SAUNDERS et al., 2004a; GUGLIELMO et al., 2009).

Assim como para os adultos, em adolescentes corredores de médias e longas distâncias os indicadores fisiológicos de  $VO_{2\text{máx}}$ , EC e os limiares de transição fisiológica (limiar de lactato e ventilatório), mostram-se importantes no desempenho de corrida (ABE et al., 1998; ALMARWAEY et al., 2003; COLE et al., 2006; FERNHAL et al., 1996; MALISON et al., 2003). No entanto, a influência das variáveis neuromusculares de força e potência muscular no desempenho de corrida em adolescentes não apresenta consenso na literatura. No estudo conduzido por Cole et al. (2006), com corredores adolescentes, foi observado que o tempo na corrida de 5000 metros não apresentou relação significativa com as variáveis de força e potência muscular. Enquanto, em outra pesquisa foi apontado que potência muscular (salto vertical e tempo de 55 metros) apresentou-se como um preditor significativo do desempenho de corrida (3000 metros) de pré-adolescentes (MAHON et al., 1996).

Levando em consideração, que diversas pesquisas sugerem que os índices neuromusculares são determinantes para o desempenho em corrida de médias e longas distâncias de corredores adultos (PAAVOLAINEN et al., 1999a; BERG, 2003; TAIPALE et al., 2010). Resultados inconsistentes são observados nos estudos realizados com adolescentes atletas, desta maneira, é ressaltada a importância de estudos que procurem buscar a associação, em conjunto, de marcadores fisiológicos e neuromusculares (potência e força muscular), com o desempenho de corrida de jovens atletas, pois, o conhecimento dos fatores associados com o desempenho em corridas de longas distâncias pode trazer implicações práticas para um desenvolvimento efetivo dos programas de treinamento para este grupo etário.

Além disso, apesar da popularidade de eventos esportivos, o grande interesse de crianças e adolescentes pelo sucesso no esporte e a procura de talentos em diversas modalidades esportivas por profissionais da área, poucas investigações buscando relações entre os indicadores fisiológicos e neuromusculares de força e potência muscular com o desempenho de corrida, são encontradas com amostras de adolescentes corredores de médias e longas distâncias (ALMARWAEY et al., 2003).

Levando em consideração, as lacunas apontadas pela literatura em relação ao desempenho de corrida de adolescentes, os seguintes problemas de pesquisa foram formulados: “Será que apenas as variáveis fisiológicas são determinantes para o desempenho de corrida de adolescentes fundistas? As variáveis neuromusculares também são preditoras do desempenho de corridas de longas distâncias?”

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Analisar a relação dos marcadores fisiológicos e neuromusculares de potência e força muscular de membros inferiores com o desempenho de corrida de jovens atletas de fundo.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

1.1.2.1 Descrever as variáveis antropométricas, fisiológicas e neuromusculares dos adolescentes fundistas;

1.1.2.2 Determinar a correlação dos índices fisiológicos com os índices neuromusculares e desempenho de corrida de 5000 metros;

1.1.2.3 Identificar as variáveis fisiológicas e neuromusculares que melhor predizem o desempenho de corrida de 5000 metros.

## **1.2 HIPÓTESES**

H1: Os índices fisiológicos apresentam associação significativa com o desempenho em corrida de longa distância (5000 metros), e alta capacidade de predição do desempenho.

H2: Os índices neuromusculares são correlacionados significativamente com o desempenho na prova de 5000 metros, e apresentam elevado poder preditivo do desempenho.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 INDICADORES FISIOLÓGICOS E CORRIDA DE LONGA DISTÂNCIA

A investigação de indicadores fisiológicos dentro da área do treinamento desportivo apresenta grande relevância, pois, através destes índices, podem-se selecionar indivíduos com determinadas características, que potencialmente poderão apresentar maior rendimento em determinadas modalidades esportivas. Além disso, o treinamento físico poderá ser planejado e executado de acordo com as demandas do esporte, principalmente em relação aos aspectos metabólicos (potências e capacidades aeróbias e anaeróbias) (DENADAI et al., 2004).

Em síntese, para corridas de médias e longas distâncias a análise destes índices fisiológicos apresenta-se como um importante fator para o desempenho desta modalidade, visto que a maioria dos treinamentos para corredores de fundo têm como objetivo aprimorar algumas variáveis fisiológicas como o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ), o limiar anaeróbio (LAn) e a economia de corrida (EC) (JONES; CARTER, 2000).

Desta forma, várias pesquisas com corredores de longas distâncias buscam informações referentes aos determinantes do desempenho de corrida e as características fisiológicas destes atletas (ALMARWAEY et al., 2003; ASTORINO, 2008; BIRD et al., 2003; DENADAI et al., 2004; GRANT et al., 1997; INGHAM et al., 2008; MCLAUGHLIN et al., 2010; PAAVOLAINEN et al., 1999a; SLATTERY et al., 2006; SPURRS et al., 2003; STRATTON et al., 2009).

Assim, é importante destacar que o treinamento para exercícios de resistência, como provas de meio-fundo e fundo, causam adaptações nos sistemas pulmonar, cardiovascular e neuromuscular, onde é melhorada a entrega de oxigênio ( $O_2$ ) do ar atmosférico para a mitocôndria e aumenta o controle do metabolismo dentro das células do músculo (JONES; CARTER, 2000).

E ainda, uma complexa interação de fatores fisiológicos estão envolvidos na melhora do desempenho de corrida, incluindo um débito cardíaco elevado, uma alta taxa de fornecimento de oxigênio para o trabalho muscular, levando a uma grande capacidade de regeneração de adenosina trifosfato (ATP), capacidade de suportar alto percentual do  $VO_{2\text{máx}}$  durante período prolongado de tempo, e por fim,

habilidade de se movimentar com eficiência (FOSTER; LUCIA, 2007; LUCIA et al., 2006).

Neste sentido, evidências científicas apontam que o sucesso em corridas de médias e longas distâncias é dependente de alguns atributos fisiológicos, podendo ser destacado o  $VO_{2\text{máx}}$ , a EC, a velocidade de corrida associada com o consumo máximo de oxigênio ( $vVO_{2\text{máx}}$ ), o LAn e/ou o acúmulo de lactato em altas intensidades de exercício (ALMARWAEY et al., 2003; COLE et al., 2006; FERNHALL et al., 1996). Assim, relações entre as variáveis fisiológicas e de desempenho se tornam fundamentais para identificar quais atributos fisiológicos devem ser trabalhados dentro do treinamento específico para corridas de longas distâncias (COLE et al., 2006).

Entre estes atributos fisiológicos analisados com o intuito de prever o desempenho de corredores de longas distâncias, o  $VO_{2\text{máx}}$  é a variável fisiológica mais utilizada para tentar explicar a relação de índices fisiológicos com o desempenho em provas de fundo, pois esta variável fisiológica é freqüentemente utilizada com indicador da aptidão cardiorrespiratória, e também, é o método mais comum para demonstrar o efeito do treinamento no indivíduo, além de ser um indicador da capacidade de trabalho aeróbio máximo (ABE et al., 1998; BASSET; HOWLEY, 2000).

Entretanto, a relação entre o desempenho de corrida e algumas variáveis fisiológicas, como por exemplo, o  $VO_{2\text{máx}}$  dependem da variação da amostra estudada, pois foi demonstrado que em um grupo de atletas com pequena variação interindividual no  $VO_{2\text{máx}}$ , mas com diferenças aparentes no desempenho de corrida, a relação desta variável fisiológica com o desempenho pode ser baixa (ALMARWAEY et al., 2003). E ainda, a melhora no desempenho de corrida pode ocorrer sem mudanças significativas no  $VO_{2\text{máx}}$ , assim a análise de outras variáveis fisiológicas como a EC,  $vVO_{2\text{máx}}$  e LAn podem ser fundamentais para explicar as variações no desempenho de corrida de fundistas (ALMARWAEY et al., 2003).

No estudo conduzido por Denadai et al. (2004) com 14 corredores de longas distâncias foi observado que o LAn explicou 50% da variação no desempenho de corrida na prova de 5000 metros. No mesmo estudo, o desempenho de corrida na prova de 1500 metros foi explicada em 64% pela  $vVO_{2\text{máx}}$ . Além disso, estudo com corredores de média e longa distância bem treinados, observou que a velocidade no limiar de lactato é responsável por 87% da variação no desempenho de corrida de

3000 metros (GRANT et al., 1997). Já outro estudo com corredores bem treinados encontrou correlações significativas do  $VO_{2\text{máx}}$  e EC com desempenho de corrida de 5000 metros (PAAVOLAINEN et al., 1999a).

Desta maneira, considerando os resultados apontados na literatura, fica evidente a importância da análise das variáveis fisiológicas de  $VO_{2\text{máx}}$ , EC,  $vVO_{2\text{máx}}$  e LAn para corredores de longas distâncias, procurando entender as variações no desempenho destes atletas. Além disso, é de fundamental importância entender as definições destes índices fisiológicos e sua aplicação dentro da área de fisiologia do exercício e treinamento desportivo.

### 2.1.1 Consumo máximo de oxigênio

Dentro da área da fisiologia do exercício um princípio básico apontado é que o trabalho físico requer energia, deste modo, para manter um trabalho específico ou uma velocidade de corrida por tempo prolongado, é necessário que a produção de ATP (molécula responsável pela produção de energia para a contração muscular) seja tão rápida quanto sua utilização (BASSETT; HOWLEY, 2000).

Levando em consideração, que com o aumento da duração do exercício a produção de ATP ocorrerá predominantemente através da fosforilação oxidativa (via aeróbia), por consequência, a taxa na qual o oxigênio é utilizado no decorrer de um exercício submáximo prolongado, pode ser considerada a medida da taxa no qual o ATP é produzido. Deste modo, o  $VO_{2\text{máx}}$  está diretamente relacionado com a taxa de geração de ATP que pode ser mantida durante corridas de médias e longas distâncias, apesar dos atletas desta modalidade não alcançarem 100% do seu  $VO_{2\text{máx}}$  durante a prova (BASSETT; HOWLEY, 2000).

Desta forma, alguns estudos demonstram correlações significativas entre  $VO_{2\text{máx}}$  e o desempenho de corridas de médias (GRANT et al., 1997; INGHAM et al. 2008; SLATTERY et al., 2006) e longas distâncias (MCLAUGHLIN et al., 2010; PAAVOLAINEN et al., 1999a, STRATTON et al., 2009).

De maneira geral, o  $VO_{2\text{máx}}$  é limitado pela capacidade do sistema cardiovascular de fornecer sangue oxigenado para o trabalho muscular, refletindo na produção cardíaca máxima e na capacidade do músculo de extrair  $O_2$  do sangue para a realização de trabalho (WEISS et al., 2006). Um alto valor do  $VO_{2\text{máx}}$  permite

o indivíduo sustentar por maior período de tempo uma velocidade rápida de corrida correspondente a uma alta exigência de  $O_2$  (JONES; CARTER, 2000).

Além disto, é apontada na literatura a forte relação entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e a produção cardíaca, onde o aumento da produção cardíaca contribui para a elevação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) (MIER et al., 1997). Portanto, a ampliação do volume de ejeção é resultante do aumento de tamanho do ventrículo esquerdo, contração miocárdica e do volume final diastólico, além da diminuição da sensibilidade para catecolaminas, conduzindo a uma frequência cardíaca reduzida durante o exercício submáximo (JONES; CARTER, 2000; LEVY et al., 1993; MIER et al., 1997). Desta forma, durante um exercício físico de intensidade máxima, o maior débito cardíaco (DC), juntamente com uma maior extração de oxigênio pelo músculo em exercício, resulta em um maior  $VO_{2\text{máx}}$  (JONES; CARTER, 2000).

O  $VO_{2\text{máx}}$  também pode ser apresentado na literatura como potência aeróbia máxima, e é conhecido por ser um dos principais preditores do sucesso em corridas de longas distâncias (JONES; CARTER, 2000; BASSETT; HOWLEY, 2000). Portanto, muitos corredores de longas distâncias têm como objetivo melhorar o  $VO_{2\text{máx}}$ , porém, é importante salientar que um alto valor de  $VO_{2\text{máx}}$  não significa necessariamente uma melhor performance em eventos de endurance, considerando, que outras variáveis fisiológicas também explicam as variações no desempenho de corridas de meio-fundo e fundo (JUNG, 2003).

Portanto, para obter melhoras no  $VO_{2\text{máx}}$  estudos sugerem o treinamento com a execução de exercícios com períodos prolongados de tempo e intensidade moderada a alta, e/ou períodos de exercícios mais curtos com alta intensidade (JONES; CARTER, 2000). Através destes métodos de treinamento, adaptações irão ocorrer no organismo acarretando uma melhora no consumo de oxigênio, por consequência um aumento do volume sanguíneo, melhora da capacidade oxidativa do músculo através do aumento do volume e da densidade mitocondrial, maior concentração de enzimas oxidativas e aumento da densidade capilar (WILMORE; COSTILL, 1999).

Neste sentido, é importante ressaltar que a melhora do  $VO_{2\text{máx}}$  através do treinamento de resistência (exercícios com períodos prolongados de tempo) depende de diversos fatores, como o estado inicial de aptidão do indivíduo, a duração e a intensidade do programa de treinamento, e também a duração e a frequência do indivíduo nas sessões de treinamento (WENGER; BELL, 1986).

Alguns estudos demonstram melhoras significativas no  $VO_{2\text{máx}}$ , realizando programas de treinamento com pequeno período de tempo em torno de 4 a 6 semanas (BILLAT et al., 1999; CARTER et al., 1999).

Assim, no estudo conduzido por Carter et al. (1999) foi realizado treinamento de seis semanas em estudantes de Educação Física, com três a cinco sessões semanais com duração de 20 a 30 minutos, sendo que foi observado aumento de 10% no  $VO_{2\text{máx}}$  dos sujeitos da pesquisa. Já no estudo de Billat et al. (1999) demonstrou aumentos no  $VO_{2\text{máx}}$ , com treinamento de resistência realizado em um período de quatro semanas. Deste modo, melhoras no  $VO_{2\text{máx}}$  podem ocorrer com a realização de um treinamento com período curto de tempo.

### 2.1.2 Economia de corrida

Foi demonstrado que o  $VO_{2\text{máx}}$  é um importante preditor do desempenho de corridas de médias e longas distâncias, entretanto, apesar desta variável definir o limite superior para a produção de energia em eventos de endurance, o  $VO_{2\text{máx}}$  não determina o desempenho final nesta modalidade de corrida (BASSET; HOWLEY, 2000). Assim sendo, é apontado na literatura que a EC apresenta grande impacto na velocidade que pode ser mantida durante corridas de médias e/ou longas distância (NOAKES, 1998).

Neste sentido, no estudo realizado por Grant et al. (1997) foi observada uma correlação moderada entre EC (14,5 km/h) e a velocidade da corrida de 3000 metros ( $r = -0,53$ ,  $p < 0,05$ ). Já em estudo com corredores de média distância, foi demonstrado que o aumento de 5% na EC induziu à aproximadamente 3,8% de melhora no desempenho de corrida para prova de meio fundo (DI PRAMPERO et al., 1993). Além disso, em estudo conduzido por Guglielmo et al. (2005) com corredores de provas de meio-fundo e fundo, foi encontrada correlação significativa entre  $VO_{2\text{máx}}$  e EC (14 km/h) ( $r = 0,63$ ,  $p < 0,05$ ).

Portanto, em uma competição onde os participantes apresentam valores elevados de  $VO_{2\text{máx}}$  e todos conseguem suportar uma alta porcentagem do  $VO_{2\text{máx}}$  por longo período de tempo, possivelmente o vencedor desta competição será o atleta mais econômico e eficiente (FOSTER; LUCIA, 2007). Embora seja evidente a importância da EC para fundistas, na revisão de literatura desenvolvida por Saunders et al. (2004a), foi observado que o conhecimento sobre a economia de

corrida é pequeno em comparação aos outros elementos que podem predizer o desempenho de corridas de longas distâncias.

Em síntese, a EC pode ser definida como o custo de oxigênio ( $VO_2$ ), requerido em determinada intensidade de um exercício absoluto (JONES; CARTER, 2000). Em outras palavras, a EC depende da distância percorrida e também do percentual do  $VO_{2\text{máx}}$  que um corredor pode sustentar sem acúmulo de ácido láctico, além da capacidade de metabolizar gordura em altas taxas de trabalho (SAUNDERS et al., 2004a). Portanto, corredores com boa EC utilizam menor quantidade de oxigênio em relação a corredores com valores de  $VO_2$  elevados (EC ruim) em uma mesma velocidade de corrida.

Alguns estudos demonstram que a EC apresenta boa reprodutibilidade, com variação intra-individual, entre 1,5 e 5% (MORGAN et al., 1994; PEREIRA et al., 1994; SAUNDERS et al., 2004b). Entretanto, a literatura científica demonstra uma elevada variabilidade inter-individual na EC, observado até mesmo em atletas bem treinados com valores de  $VO_{2\text{máx}}$  semelhantes, onde é demonstrado que corredores de fundo e meio-fundo apresentam diferenças significativas na taxa de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) enquanto correm em uma mesma velocidade (MORGAN et al., 1991).

Desta forma, parte desta variação pode estar associada a fatores antropométricos (distribuição de massa dos segmentos corporais), fisiológicos (tipos de fibras musculares, força muscular, temperatura central, frequência cardíaca, ventilação e limiar anaeróbio) e biomecânicos (comprimento e frequência da passada, propriedades mecânicas e morfológicas do tornozelo e músculos do joelho) (ARAMPATZIS et al., 2006; NUMMELA et al., 2007; SAUNDERS et al., 2004a; SPURRS et al., 2003).

Além disso, os corredores de longas distâncias de alto nível competitivo em geral são notavelmente pessoas pequenas. Assim, com base na biomecânica, é apontado que os corredores de fundo são econômicos por causa do seu tamanho corporal, pois foi observado no estudo de Royer e Martin (2005) que indivíduos com menor circunferência de pernas apresentam melhor economia de movimento, ou seja, melhor EC. Da mesma forma, os achados de Lucia et al. (2006) demonstram uma correlação inversa entre a circunferência da panturrilha e o  $VO_{2\text{máx}}$ . No entanto, outros fatores externos também apresentam influência no gasto energético de

locomoção, como a adição de peso, principalmente no final de uma alavanca longa (como por exemplo, o tênis) (FOSTER; LUCIA, 2007).

No que se refere à abordagem padrão para mensurar a EC, é demonstrado que no decorrer dos últimos 30 anos, foram desenvolvidos os métodos para avaliar a EC. Estes métodos envolvem a execução de aumento progressivo de velocidade em estágios de 4 a 10 minutos de duração, pois é necessário tempo suficiente para alcançar um estado de equilíbrio fisiológico. E ainda, o exercício físico realizado neste teste deve estar abaixo do limiar anaeróbio (LAn), sendo que acima desta intensidade, o componente lento do VO<sub>2</sub> determina que o estado estável (*steady state*), provavelmente não seja alcançado (FOSTER; LUCIA, 2007).

Apesar do longo tempo de desenvolvimento dos métodos para avaliar a EC, e também demonstrada a importância desta variável para fundistas, poucos estudos demonstram estratégias de treinamento que possam melhorar a EC (FOSTER; LUCIA, 2007). Apesar disto, antes de iniciar um programa de treinamento é fundamental conhecer o histórico do atleta que irá participar do treinamento, pois é apontado na literatura que ao longo do tempo corredores de longas distâncias se adaptam a um estilo de corrida mais econômico. Esta informação é importante, pois alguns estudos podem demonstrar melhoras na EC com o treinamento, porém, os indivíduos analisados provavelmente serão destreinados ou moderadamente treinados, assim a melhoria no condicionamento físico é uma adaptação natural ao treinamento de endurance (SAUNDERS et al., 2004a).

Assim, o volume de treinamento e os anos de experiência na corrida são fatores importantes de controle para melhorar a EC (MIDGLEY et al., 2007; PAAVOLAINEN et al., 1999b). Em estudo com corredores de fundo o volume de treinamento não apresentou associação com a melhora da EC (PATE et al., 1992). Entretanto, em investigação com fundistas foi demonstrada melhora na EC apenas com 28 semanas de um programa de treinamento de endurance combinado a um treinamento de força máxima, sendo que o treinamento foi dividido em seis semanas de adaptação, oito semanas de treinamento de força e seis semanas de redução do treinamento de força. No mesmo estudo, foi aplicado também um treinamento de força explosiva combinada ao de endurance, e foi encontrada melhora na EC no período de 22 semanas de treinamento (TAIPALE et al., 2010).

Neste contexto, no estudo conduzido por Guglielmo et al. (2009), foi reportado que com curto período de treinamento de endurance em conjunto com o treinamento

de força tradicional a EC foi melhorada em corredores bem treinados. Já em outro estudo foi utilizado o treinamento intervalado com intensidade de 95 e 100% da  $vVO_{2\text{máx}}$ , sendo que foi demonstrada melhora significativa na EC apenas no treinamento com intensidade de 100% da  $vVO_{2\text{máx}}$  (DENADAI et al., 2006). Por fim, na investigação de Saunders et al. (2004a), foram demonstrados alguns métodos que talvez possam contribuir para a melhora da EC, como o treinamento de força e/ou pliométrico, treinamento com exposição à altitude e o treinamento com clima quente.

Embora várias metodologias de treinamento sejam aplicadas com intuito de aprimorar a EC, as evidências científicas apontam para a necessidade de maior compreensão referente a estes métodos de treinamento.

### 2.1.3 Velocidade associada com o consumo máximo de oxigênio e pico de velocidade

A procura de índices que possam predizer o desempenho com grande precisão é de fundamental importância para a prescrição do treinamento desportivo em qualquer modalidade, desta maneira, este tema têm recebido ampla atenção da comunidade científica (VIEIRA, 2008).

Levando em consideração que o  $VO_{2\text{máx}}$  é o índice que melhor representa a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório durante o exercício físico (ASTRAND; RODHAL, 1986), e a EC é uma variável muito utilizada para predizer o desempenho em eventos de longa duração (MACHADO et al., 2002), é importante destacar que a identificação da  $vVO_{2\text{máx}}$  é a melhor maneira de descrever a associação entre a potência aeróbia máxima e a EC (DENADAI, 2000).

Neste sentido, a  $vVO_{2\text{máx}}$  é definida como a mínima velocidade em que há a ocorrência do  $VO_{2\text{máx}}$ , sendo um importante preditor do desempenho aeróbio e controlador dos efeitos do treinamento (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996). De maneira geral, foi demonstrado que a  $vVO_{2\text{máx}}$  esta muita próxima da velocidade média mantida durante uma corrida de 3000 metros (LACOUR et al., 1991; PADILLA et al., 1992). Da mesma forma, em estudo com corredores de fundo brasileiros, a  $vVO_{2\text{máx}}$  explicou 64% da variação no desempenho para a prova de 1500 metros (DENADAI et al., 2004).

Além disso, nos achados de Grant et al. (1997) com corredores de médias e longas distâncias bem treinados, foi observada uma correlação forte ( $r = 0,86$ ), entre  $vVO_{2\text{máx}}$  e o desempenho na corrida de 3000 metros. Já o estudo realizado por Ingham et al. (2008) teve como objetivo verificar os determinantes do desempenho de corrida para as distâncias de 800 e 1500 metros, e os autores observaram correlações significativas da  $vVO_{2\text{máx}}$  com as duas modalidades de corrida, tanto em corredores do sexo masculino (800m,  $r = 0,53$ ; 1500m,  $r = 0,71$ ), quanto em corredoras do sexo feminino (800m,  $r = 0,82$ ; 1500m,  $r = 0,92$ ).

Seguindo este contexto, na investigação realizada por Denadai et al. (2006), foi observado que com o treinamento intervalado a uma intensidade de 100% da  $vVO_{2\text{máx}}$ , obteve-se aumento significativo na variável de  $vVO_{2\text{máx}}$ , além disso, o desempenho na prova de 5000 metros foi melhorado com treinamento intervalado nos grupos com intensidades de 95% (grupo 1) e 100% (grupo 2) da  $vVO_{2\text{máx}}$ . No mesmo estudo, os autores observaram aumento do desempenho na prova de 1500 metros apenas no grupo com treinamento intervalado a uma intensidade de 100% da  $vVO_{2\text{máx}}$ . Os autores explicam estes resultados, comentando que os índices que determinam o desempenho nas provas de 1500 e 5000 metros são diferentes, e ainda, outros fatores devem ser considerados como as características neuromusculares e anaeróbias.

Contudo, o treinamento realizado com intuito de aumentar os valores de  $VO_{2\text{máx}}$ , e por conseqüência, da  $vVO_{2\text{máx}}$ , pode ser muito atrativo para atletas que competem em provas de média e longa duração. Além disso, para o aprimoramento destes índices tem sido proposta a inclusão de duas sessões de treinos semanais de treinamento intervalado de alta intensidade (DENADAI, 2000), este que parece ser fundamental para a melhora do desempenho aeróbio em provas com duração superior a 1 minuto (VIEIRA, 2008).

Além do mais, é demonstrado que a  $vVO_{2\text{máx}}$  é uma variável que tem apresentado valores confiáveis de reprodutibilidade (BILLAT et al., 1994), e também, validade na predição do desempenho em provas de média e longa duração (LINDSAY et al., 1996; HILL; ROWELL, 1996).

No que se refere ao pico de velocidade (PV), treinadores e/ou pesquisadores tem apresentado esta variável como uma medida indireta alternativa de aproximação da  $vVO_{2\text{máx}}$  (VIEIRA, 2008). Assim, Noakes et al. (1990) definem o PV como sendo a maior velocidade atingida e sustentada por um minuto, durante um teste

progressivo. Porém, esta variável pode ser determinada de outra maneira, corrigindo a velocidade pelo tempo de exercício que o avaliado permaneceu no último estágio (KUIPERS et al., 1985).

A determinação deste índice pode ser realizada sem a utilização de equipamentos sofisticados como um analisador de gases e/ou algumas técnicas invasivas que são necessárias para obter outros índices fisiológicos que podem prever o desempenho em corridas, entre eles o  $VO_{2\text{máx}}$ , a EC e o limiar anaeróbio (LAN) (VIEIRA, 2008).

Noakes et al. (1990) têm questionado realização de testes em laboratório para obter índices que possam prever o desempenho em corridas de longas distâncias. Os mesmos autores sugerem que o PV obtido em corrida realizada na esteira é um preditor tão bom quanto os limiares de transição fisiológica, e ainda, reforçam que o PV de corrida que um atleta pode alcançar durante teste máximo em esteira, é o melhor preditor do desempenho de uma maratona.

Assim, no estudo conduzido por Stratton et al. (2009) com 31 indivíduos destreinados (22 mulheres e 17 homens), foi observado que a velocidade máxima em esteira apresentou correlação significativa com o desempenho na prova de 5000 metros no pré-treino ( $r = 0,89$ ,  $p < 0,01$ ) e após seis semanas de treinamento ( $r = 0,83$ ,  $p < 0,01$ ). Além disso, os autores apontam que 77,8% da variação no desempenho na corrida de 5000 metros no pré-treino, pode ser explicada somente pela velocidade máxima em esteira.

Do mesmo modo, em estudo com 17 corredores bem treinados (10 homens e 7 mulheres), foi demonstrado que o pico de velocidade em esteira (PTV) apresentou forte correlação com o tempo na prova de 16000 metros ( $r = -0,89$ ,  $p < 0,05$ ). E ainda, no mesmo estudo foi observado que a variação no desempenho na prova de 16000 metros foi explicada em 97,8% pelos índices fisiológicos ( $VO_{2\text{máx}}$ ,  $\%VO_{2\text{máx}}$  no LAN e EC) e o PTV, e ainda, o  $VO_{2\text{máx}}$  sozinho foi a variável que melhor explicou esta variação (90,2%) (MCLAUGHLIN et al., 2010).

Além do mais, os achados de Grant et al. (1997) apontam que as variáveis de lactato sanguíneo são as principais responsáveis pela variação da velocidade na prova de 3000 metros ( $R^2 = 0,87$ ). Da mesma forma, no estudo conduzido por Slattery et al. (2006) foi observado que a velocidade máxima em esteira apresentou correlação significativa com o tempo na prova de 3000 metros ( $r = -0,57$ ,  $p < 0,05$ ),

porém, esta relação foi menor em comparação a velocidade no LAn ( $r = -0,82$ ,  $p < 0,001$ ).

Embora contradições em relação à predição do desempenho em corridas de longas de distâncias, sejam encontradas na literatura científica, e também, algumas pesquisas apontarem que o PV é um bom preditor para o desempenho nestas provas (NOAKES et al., 1990; STRATTON et al., 2009; MCLAUGHLIN et al., 2010). Deve ser destacado que o PV é considerado uma variável para predizer a execução da performance, e não um modelo fisiológico que prediz o desempenho, em contrapartida, o PV está diretamente relacionado aos processos oxidativos, o que pode explicar o porquê desta variável apresentar alta relação com o desempenho em corridas de médias e longas distâncias (MCLAUGHLIN et al., 2010).

Deste modo, o PV é uma variável importante que deve ser considerada em estudos que tenham como objetivo analisar os fatores de predição para corridas de médias e longas distâncias.

#### 2.1.4 Limiar anaeróbio

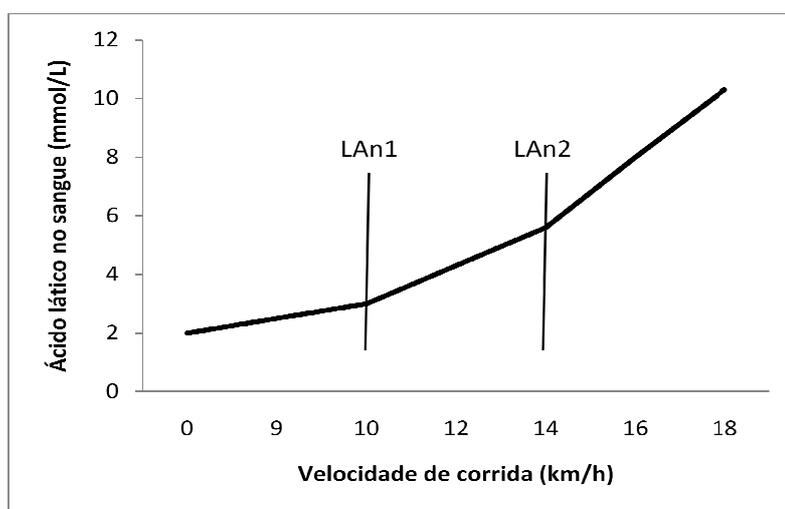
A intensidade que corresponde ao aumento das concentrações de lactato sanguíneo (limiar de lactato) e também as mudanças associadas às trocas gasosas (limiar ventilatório) estão fortemente associadas com o desempenho em corridas de resistência (JONES; CARTER, 2000). Assim sendo, no estudo de Grant et al. (1997), foram encontradas fortes relações entre lactato sanguíneo e desempenho de corrida em atletas de médias e longas distâncias. Do mesmo modo, na investigação de Fernhall et al. (1996) foi observada forte correlação entre LAn e desempenho em corrida de longa distância, enfatizando a importância do LAn para um desempenho eficiente em provas de fundo.

Já em estudo realizado com fundistas foi demonstrado que o LAn explica 50% da variação no desempenho de corrida na prova de 5000 metros (DENADAI et al., 2004). Além disso, a resposta do lactato sanguíneo ao exercício, pode predizer de maneira mais eficiente o desempenho em provas com predominância aeróbia, em comparação ao  $VO_{2\text{máx}}$ . Assim, em atletas com valores semelhantes de  $VO_{2\text{máx}}$  e altamente treinados, a resposta do lactato sanguíneo é fortemente relacionada com o desempenho aeróbio (DENADAI, 1999).

Desta forma, o LAn é apresentado em síntese, como a intensidade do exercício físico no qual há uma contribuição de energia associada ao acúmulo de lactato. Porém, para entender este conceito é necessário compreender os mecanismos dos sistemas metabólicos que fornecem energia durante o exercício físico (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003). De modo geral, o ácido pirúvico resultante da glicólise é incorporado no metabolismo oxidativo através do ciclo de Krebs ou é convertido em ácido láctico, assim em intensidades acima do LAn a velocidade de produção de lactato ultrapassa a velocidade de remoção causando um acúmulo que se acentua conforme o exercício físico continua, induzindo à fadiga precoce, no entanto, em intensidades abaixo do LAn não há acúmulo de lactato (FOSS; KETAYIAN, 2000, p.167).

Portanto, é o acúmulo de lactato ou outros intermediários glicolíticos, e não simplesmente evidências de produção lactato, que devem ser consideradas para representar a intensidade acima do limiar anaeróbico. Deste modo, o limiar anaeróbico representa a intensidade mais alta para qual existe um equilíbrio entre acúmulo e remoção de lactato (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Neste sentido, é apontada na literatura a existência de dois limiares, sendo que o limiar 1 representa o ponto onde a produção de lactato é aumentada, mas ainda existe um equilíbrio entre produção e remoção de lactato, e as fontes aeróbias de produção de energia continuam sendo predominantes, já o limiar 2 representa o ponto onde a produção de lactato é aumentada desproporcionalmente, e apenas a fonte energética aeróbia não consegue manter o fornecimento de energia, passando a necessitar de ajuda das fontes anaeróbias, que acentuam o acúmulo de lactato (Figura 1) (COEN et al., 2001; FOSS; KETAYIAN, 2000, p.168).

**Figura 1.** Limiares anaeróbios 1 e 2.

Fonte: dados do pesquisador

Desta forma, através das concentrações de lactato sanguíneo ou da análise de trocas gasosas durante teste incremental é possível identificar a capacidade do indivíduo para realizar exercícios físicos submáximos. Portanto, existem diversos termos para descrever estes pontos de transição fisiológica, que depende do método e da técnica utilizada (SILVA; OLIVEIRA, 2004).

De maneira geral, vários são os métodos e técnicas apontadas na literatura científica que têm como objetivo a mensuração do LAn, que tem como índice “padrão-ouro” a máxima fase estável do lactato (*maximal lactate steady state*), entre estes métodos de aproximação podemos destacar o limiar anaeróbio individual (IAT), limiar anaeróbio através de contração fixa (3,5 e 4,0 mM), lactato mínimo e limiar ventilatório (LV) (OLIVEIRA et al., 2006).

Dentre as metodologias citadas para mensurar o LAn, o LV é uma técnica não-invasiva e bastante utilizada, e pode ser descrita como o ponto no qual a ventilação aumenta desproporcionalmente em relação ao consumo de oxigênio durante exercício gradativo (MCARDLE et al. 2003). Em geral, alguns pesquisadores têm observado um aumento não-linear na ventilação quando a intensidade do exercício associada com o LAn é ultrapassada (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003). Assim, com o interesse na ventilação para detectar o LAn, diversas técnicas foram desenvolvidas, como o aumento não-linear da ventilação e a liberação de dióxido de carbono, e o aumento da relação das trocas dos gases respiratórios (RER) (POWERS et al., 1984).

Entretanto, este método assim como outros apresenta desvantagens, pois a detecção da intensidade do LV não necessariamente pode ser chamado de LAn, isto por que vários parâmetros fisiológicos contribuem para uma maior ventilação durante o exercício físico, em outras palavras, o aumento detectado na ventilação não pode ser atribuída exclusivamente ao tamponamento de ácido láctico (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

No entanto, uma das vantagens da utilização das medidas de trocas respiratórias para a mensuração do LAn, é de que o método é não-invasivo. Além disso, fortes relações entre teste e re-teste foram observadas para este método (YAMAMOTO et al., 1991). Em termos de praticidade, este método tem valor clínico, especialmente quando o exercício físico máximo é contra-indicado e a coleta de sangue invasiva não é adequada (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

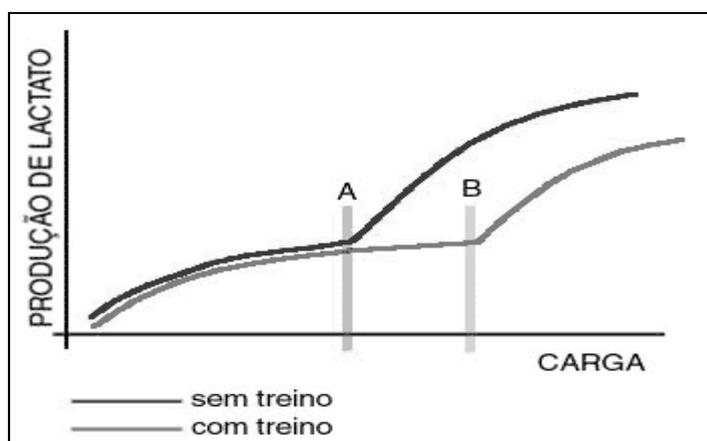
Apesar das desvantagens e vantagens do LV, não se pode descartar a relação deste índice fisiológico com a capacidade de resistência em corridas de médias e longas distâncias (JONES; CARTER, 2000). Pois, em estudo conduzido por Loprinzi e Brodowicz (2008) com jovens corredores de fundo, o treinamento de endurance realizado em 69% do seu período abaixo do LV e 31% acima do LV, demonstrou aumento de 7,6% no  $VO_{2\text{máx}}$  e melhorou o desempenho nas corridas de 5000 e 2000 metros em 3,7% e 10,7%, respectivamente.

Já em estudo realizado com corredores de meio-fundo foi observado que o LV não apresentou correlação significativa com o desempenho para as corridas de 1500, 3000 e 5000 metros (ABE et al., 1998). Porém, segundo o autor a falta de relação entre LV e o desempenho se deve ao baixo percentual utilizado do LV em relação ao  $VO_{2\text{máx}}$  comparado a outros estudos (61,2% do  $VO_{2\text{máx}}$ ). Pois, foram demonstradas relações significativas do LV com o desempenho em corridas de médias e longas distâncias, e todos os estudos utilizaram percentuais acima de 75% (KUMAGAI et al., 1982; FAY et al., 1989; YOSHIDA et al., 1990).

Desta forma, alguns programas de treinamento têm como objetivo deslocar o limiar anaeróbio (limiar de lactato e/ou ventilatório) para a direita, buscando uma maior potência ou velocidade de corrida, visto que estas características são fundamentais para o sucesso em corridas de longas distâncias. Para tal, o treinamento com carga no LAn (lactato ou ventilatório) deverá fornecer uma alta qualidade de estímulo para o treinamento aeróbio sem acúmulo de lactato, fato este que pode comprometer a duração do treino (JONES; CARTER, 2000).

Por fim, levando em consideração a forte relação entre o percentual de fibras musculares do tipo I (fibras de contração lenta) e o LAn, e também a predominância encontrada deste tipo de fibra muscular em corredores de longas distâncias altamente treinados em comparado aos seus pares sedentários, diferenças podem ser observadas no deslocamento do LAn entre indivíduos treinados e destreinados (Figura 2) (FOSS; KETEYIAN, 2000, p.167).

**Figura 2.** Diferença no limiar anaeróbico entre um indivíduo destreinado (A) e outro treinado (B).



Fonte: site fisiologia do exercício (UNIFESP)

## 2.2 INDICADORES NEUROMUSCULARES NA CORRIDA DE FUNDO

Em síntese, o sucesso em corridas de médias e longas distâncias pode ser determinado pelas variáveis fisiológicas de  $VO_{2máx}$ ,  $vVO_{2máx}$ , EC e LAn, no entanto, algumas pesquisas indicam que as variáveis neuromusculares de força e potência muscular, também podem apresentar grande influência no desempenho de corrida para as provas de meio-fundo e fundo (BERG, 2003; NOAKES, 2003).

Pesquisa prévia realizada com 28 corredores de fundo amadores com idades entre 21 e 45 anos, comparou o efeito de três métodos de treinamento: 1- treinamento de força explosiva em conjunto com treinamento de endurance (n = 10); 2- treinamento de força máxima em conjunto com o treinamento de endurance (n = 11); 3- treinamento de endurance (circuito) (n = 7) (TAIPALE et al., 2010). Assim sendo, os autores concluíram que com auxílio dos treinamentos de força explosiva e máxima (grupo 1 e 2), melhoras foram observadas na força, na potência e na

ativação muscular dos corredores, deste modo, contribuindo para uma melhora nos índices fisiológicos de  $vVO_{2\text{máx}}$  e EC, estes que podem ser apontados como preditores do desempenho em corridas de longas distâncias (DENADAI et al., 2004; GRANT et al., 1997; MCLAUGHLIN et al., 2010; SPURRS et al., 2003).

De maneira geral, tem sido apontado na literatura que as variáveis que descrevem a produção de força muscular (relação força, comprimento e velocidade, ou seja, ativação muscular), provavelmente são mais adequados para explicar a EC. Pois, apenas fatores biomecânicos (parâmetros cinemáticos e cinéticos) não conseguem explicar a complexidade da EC (ARAMPATZIS et al., 2006).

Seguindo este contexto, o desempenho efetivo dentro da prática esportiva, principalmente em modalidades onde os principais fundamentos são as corridas e saltos, é dependente da habilidade do sistema neuromuscular em produzir potência, este princípio necessita de ótima combinação entre força muscular e velocidade (IZQUIERDO et al., 2002). Desta maneira, na pesquisa de Arampatzis et al. (2006) com corredores de longas distâncias, foi observado que os indivíduos com maior EC apresentavam também níveis mais altos de força contrátil e rigidez muscular.

A investigação realizada por Denadai et al. (2006) que teve como objetivo melhoras em índices fisiológicos por intermédio do treinamento de endurance demonstraram aumento significativo, principalmente para a variável de EC, em contrapartida, em outras pesquisas não foram encontradas melhoras significativas para a EC apenas com este método de treinamento (SMITH et al., 2003). Já em estudo realizado com 15 triatletas bem treinados, divididos em dois grupos (grupo 1 = treinamento de endurance e força; e grupo 2 = treinamento de endurance), que passaram por um período de treinamento de 14 semanas (MILLET et al., 2002), foi apontado nos resultados deste estudo uma melhora na  $vVO_{2\text{máx}}$  e na EC, com o treinamento de endurance e força, além de uma maior taxa de ativação das unidades motoras, descrito como o principal mecanismo para a melhoria das características neuromusculares.

Complementando estas informações, em estudo conduzido por Paavolainen (1999a), foi adicionado treinamento de força explosiva, com exercícios pliométricos, durante nove semanas, melhorando a EC em 8% e o desempenho de corredores na distância de 5000 metros em 3%. Possivelmente estas melhoras podem ser explicadas devido à adaptação neural e o aumento da capacidade de utilizar a energia elástica estocada no conjunto músculo-tendão (SAUNDERS et al., 2004a).

Além disso, estudo realizado com 17 corredores bem treinados, teve como objetivo comparar treinamento de endurance combinado ao treinamento de força tradicional com peso (grupo 1) e combinado ao treinamento de força explosiva (grupo 2), os achados deste estudo apontam melhoras significativas na EC para os indivíduos do grupo 1 (GUGLIELMO et al., 2009). Demonstrando assim, que vários métodos de treinamento de força podem apresentar resultados satisfatórios para melhora na EC e conseqüentemente no desempenho de um corredor de fundo.

Desta forma, um melhor desempenho de corrida pode ser encontrado sem mudanças significativas no consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ), indicando que o treinamento com o objetivo exclusivo de elevar o  $VO_{2\text{máx}}$  não é suficiente para aumentar o desempenho de corrida em corredores (ALMARWAEY et al., 2003). Assim, alguns estudos demonstram que além do  $VO_{2\text{máx}}$ , as variáveis de EC, potência anaeróbia, força muscular, medidas antropométricas e os limiares de transição fisiológica, estão sendo estudadas em conjunto tentando explicar as variações no desempenho de corrida em atletas jovens (ALMARWAEY et al., 2003).

Além do mais, apenas o treinamento de endurance não é suficiente para aprimorar o desempenho em eventos de média e longa duração, desta maneira, vários autores sugerem o treinamento de força em combinação com o treinamento de endurance (GUGLIELMO et al., 2009; MILLET et al., 2002; PAAVOLAINEN et al., 1999a; TAIPALE et al., 2010).

Por fim, com o apanhado da literatura pode-se observar que o treinamento de força máxima parece ser mais efetivo para o desempenho de corrida de fundistas em relação ao treinamento de força explosiva, ambos em conjunto com treinamento de endurance, porém, mais estudos devem ser realizados para afirmar estas considerações.

### 2.3 DESEMPENHO DE ADOLESCENTES FUNDISTAS

Atualmente, sabe-se que os parâmetros morfológicos e as funções fisiológicas como volume cardíaco, função pulmonar, potência aeróbia e força muscular se desenvolvem com o aumento da idade e do tamanho do corpo. Sendo assim, maiores cuidados devem ser tomados ao avaliar o desempenho de crianças e adolescentes, pelas mudanças que podem ocorrer com o crescimento e a maturação (BAXTER-JONES et al., 2005).

Desta maneira, referente à avaliação dos indicadores fisiológicos e neuromusculares (força e potência muscular) no desempenho de corrida em adolescentes atletas, é demonstrada na literatura que a análise da capacidade aeróbia em adolescentes apresenta coeficientes de variação de aproximadamente 4 a 5%, ou seja, indicando uma variação intra-individual comparável a indivíduos completamente maturados. Já as variações encontradas no desempenho anaeróbio associadas à idade e ao gênero estão fortemente relacionadas às mudanças na massa muscular, como a disposição de sarcômeros, comprimento das fibras e a área de secção transversa. Levando em consideração, que a massa muscular aumenta com a idade e principalmente durante o estirão de crescimento nos meninos, diferenças relevantes podem ser encontradas entre indivíduos em diferentes estágios de maturação biológica (MALINA; BOUCHARD, 2002).

Concordando com as informações supramencionadas, estudo conduzido por Malina et al. (2004) demonstrou que indivíduos em estágios maturacionais mais avançados apresentaram vantagem em indicadores de aptidão aeróbia e potência muscular comparados a indivíduos com maturação tardia. Além disso, maiores diferenças entre indivíduos com maturação tardia e avançada podem acontecer entre 13 e 16 anos de idade para as capacidades de resistência aeróbia, força e potência muscular. No entanto, estas diferenças podem ser reduzidas com o controle do tamanho e da composição corporal. (MALINA et al., 2004).

Assim como em adultos, em corredores adolescentes os atributos fisiológicos aeróbios de  $VO_{2\text{máx}}$ , EC e LAn, podem ser considerados determinantes para um desempenho de corrida eficaz, como demonstrado em várias pesquisas (ABE et al., 1998; ALMARWAEY et al., 2003; ASTORINO, 2008; CUNNINGHAM, 1990; FERNHALL et al., 1996; THOMAS et al., 1983). Enquanto que a influência das variáveis de força e potência muscular no desempenho de adolescentes fundistas apresenta algumas lacunas na literatura científica (COLE et al., 2006).

Do ponto de vista fisiológico, como citado anteriormente, o  $VO_{2\text{máx}}$  é considerada a principal variável fisiológica utilizada para avaliar o desempenho de resistência em adultos, embora seja reconhecido que outras variáveis fisiológicas sejam igualmente importantes (JONES; CARTER, 2000). Assim, em estudo conduzido por Abe et al. (1998), foram avaliados 39 corredores adolescentes ( $18,1 \pm 2,2$  anos de idade) bem treinados, e os achados deste estudo apontam uma correlação significativa entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e o desempenho de corrida nas provas de

1500 ( $r = 0,62$ ,  $p < 0,001$ ), 3000 ( $r = 0,50$ ,  $p < 0,01$ ) e 5000 metros ( $r = 0,58$ ,  $p < 0,001$ ). Da mesma forma, em pesquisa realizada com corredores de ambos os sexos (11 meninos e 10 meninas), foi demonstrado que o  $VO_{2\text{máx}}$  foi melhor preditor do desempenho em corridas de longa duração, quando comparado ao LAn e a EC (FERNHALL et al., 1996).

Em contrapartida, em estudo realizado por Thomas et al. (1983), foi observada baixa correlação ( $r = 0,23$ ,  $p > 0,05$ ) entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e o desempenho de corredores de longas distâncias (17 a 22 anos de idade). E ainda, para adolescentes treinados a relação entre  $VO_{2\text{máx}}$  com o desempenho de corrida de longa distância, tem sido questionada, pois são encontradas melhoras significativas no desempenho de adolescentes, sem mudanças expressivas no  $VO_{2\text{máx}}$ , além de baixa explicação na variação do desempenho de corridas de médias distâncias em adolescentes (3-25%) (ALMARWAEY et al., 2003).

Já a habilidade de minimizar a quantidade de oxigênio necessário para correr em determinada velocidade submáxima (EC), é bem relacionada com o desempenho de corrida em jovens atletas (COLE et al., 2006), enquanto outros estudos demonstram que esta variável não é importante para o desempenho de corrida de 5000 metros para esta população (CUNNINGHAM, 1990; FERNHALL et al., 1996). No entanto, no estudo de Almarwaey et al. (2003) foi encontrada relação significativa da EC com desempenho em corrida de 800 metros, o mesmo não ocorreu nos 1500 metros, a explicação originária deste estudo foi a diferença do estado maturacional entre os atletas do estudo. Deste modo, diferenças são apontadas entre adultos e adolescentes para esta variável, talvez pelos fatores envolvidos na EC como a capacidade oxidativa muscular, recrutamento de unidade motora, ventilação e frequência cardíaca no exercício, comprimento e frequência da passada e flexibilidade (JONES; CARTER, 2000).

Além disso, os achados do estudo conduzido por Fernhall et al. (1996), apontam para uma alta correlação entre o LAn e o tempo nas provas de duas e três milhas, para meninas e meninos, respectivamente. O mesmo ocorreu, com os achados de Malison et al. (2003) que também indicaram alta relação entre LAn e tempo na prova de 3000 metros. Em contraposição, alguns estudos não encontraram relação significativa entre o desempenho em corridas de médias e longas distâncias com os limiares de transição fisiológica (ABE et al., 1998; COLE et al., 2006).

Referente às variáveis neuromusculares é apontado em investigações com corredores de fundo, que as variáveis de força e potência muscular podem apresentar grande influência no desempenho de corrida de atletas desta modalidade (BERG, 2003; NOAKES, 2003). Porém, esta influência da força e da potência muscular no desempenho de corrida em adolescentes treinados não está bem elucidada na literatura científica. Já que no estudo de Mahon et al. (1996) foi demonstrado que a potência muscular avaliada pelo salto vertical (SV) é um preditor significativo do desempenho de corrida em adolescentes ativos do sexo masculino, apresentando correlação significativa com o tempo na prova de 3000 metros ( $r = -0,67$ ,  $p < 0,05$ ), no mesmo estudo, a variação no desempenho na prova de 3000 metros foi explicada em 83% combinando as variáveis do  $\%VO_{2\text{máx}}$  a 8,04 km/h e potência muscular (SV). Em contrapartida, em estudo com adolescentes treinados de ambos os sexos, o pico de potência anaeróbia avaliada pelo teste de Wingate não foi significativamente relacionado com o desempenho nas corridas de 800 e 1500 metros (ALMARWAEY et al., 2003). Da mesma forma, avaliando força e potência muscular através de um dinamômetro isocinético, os achados de Cole et al. (2006) não observaram relação significativa entre estas variáveis neuromusculares e o tempo na corrida de 5000 metros.

Destacando as contradições encontradas na literatura referente ao desempenho de corrida de adolescentes treinados e sua relação com as variáveis fisiológicas e neuromusculares, fica evidente a importância da análise voltada para a relação destas variáveis com desempenho de corridas de médias e longas distâncias, principalmente para esta população. Assim, procurando compreender quais índices estão envolvidos no sucesso em eventos de corrida de longa duração em corredores da base (crianças e adolescentes).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da pesquisa

O presente estudo classifica-se como básico quanto a sua natureza e descritivo quanto ao seu objetivo, no entanto, a metodologia aplicada para o levantamento dos dados permite também caracterizar a investigação como um estudo correlacional de corte transversal, uma vez que os sujeitos participantes da pesquisa foram avaliados em uma única oportunidade (THOMAS; NELSON, 2008).

A frequência cardíaca máxima ( $FC_{máx}$ ), o consumo máximo de oxigênio ( $VO2_{máx}$ ), o limiar ventilatório (LV), a economia de corrida (EC), a velocidade associada com o  $VO2_{máx}$  ( $vVO2_{máx}$ ), o pico de velocidade (PV), pico de torque (Nm/kg), trabalho máximo (J/kg) e potência (W/kg) de flexores e extensores de joelho são as variáveis independentes do estudo. Como variável dependente do estudo caracteriza-se o desempenho de corrida de 5000 metros.

#### 3.2 Amostra

A seleção da amostra foi do tipo intencional não probabilística, composta por 23 corredores de fundo com idades entre 16 e 19 anos, todos no estágio V de Tanner (TANNER, 1962). Os sujeitos da pesquisa eram treinados e de nível competitivo regional e/ou estadual, do Estado do Paraná. Desta forma, a tabela 1 demonstra tempo médio para a prova de 5000 metros dos avaliados e o percentual que eles se encontram acima dos recordes brasileiro, mundial e olímpico.

**Tabela 1.** Tempo médio de corrida dos avaliados e percentual acima dos recordes brasileiro, mundial e olímpico na prova de 5000 metros.

	<b>Corredores (média ± dp)</b>	<b>Recorde Brasileiro</b>	<b>Recorde Mundial</b>	<b>Recorde Olímpico</b>
Tempo 5000m corrigido (minutos)	18,47 ± 1,15	13,32	12,62	12,95
Percentual de tempo acima do recorde	-----	38,6%	46,3%	42,6%

Fonte: site da Confederação Brasileira de Atletismo ([www.cbat.org.br](http://www.cbat.org.br)).

dp = desvio padrão.

Os corredores apresentavam treinamento semanal de 5 a 7 dias, com volume de 60 a 80 km/semana, e ainda, todos os corredores que participaram do estudo estavam dentro de um programa de treinamento no mínimo de seis meses. O recrutamento dos sujeitos da pesquisa foi realizado em núcleos esportivos que realizavam treinamento de atletismo. A maioria dos atletas analisados estava no período específico de treinamento.

Antecedente ao início das avaliações foi realizado uma entrevista e apenas os sujeitos que obtiverem as condições pré-estabelecidas nos critérios de inclusão tomarão conhecimento individualmente dos objetivos, procedimentos, possíveis riscos e benefícios da participação na presente pesquisa.

Em seguida, todos os indivíduos que concordaram em participar da pesquisa por livre e espontânea vontade, receberam um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), onde foram informados os procedimentos utilizados na pesquisa, possíveis benefícios e riscos atrelados ao estudo garantiam o anonimato, e a utilização de seus dados para bens científicos, este que por sua vez foi lido e assinado pelo atleta, além disso, para os atletas menores de 18 anos de idade o TCLE também foi assinado pelos seus pais ou responsável, permitindo a utilização de seus dados na pesquisa. A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Paraná (ANEXO 1), seguindo as diretrizes propostas na resolução 196/96.

### 3.3 Critérios de inclusão

Os seguintes fatores de inclusão no estudo foram estabelecidos: a) condição de ser atleta de prova de fundo e estar participando de um programa de treinamento no mínimo de seis meses; b) apresentar nível maturacional (estágio V de Tanner) compatível com a faixa desejada para a pesquisa; c) não apresentar nenhum tipo de lesão que limite a participação no estudo; d) não estar participando de nenhuma outra pesquisa; e) ser do sexo masculino e apresentar TCLE assinado pelos pais ou responsável.

Foram elegíveis para o estudo todos os indivíduos que se enquadrarem nos critérios estabelecidos.

### 3.4 Instrumentos e Procedimentos

#### 3.4.1 Maturação sexual

O estágio de maturação sexual foi avaliado como variável de controle com intuito de minimizar as influências da maturação biológica sobre os diversos parâmetros analisados.

O grau de maturação sexual foi determinado através do método proposto por Tanner (1962), no qual os estágios maturacionais se dividem de 1 a 5 (ANEXO 2), sendo o primeiro estágio quando a criança se encontra no nível considerado pré-púbere, nos estágios intermediários (2, 3 e 4) as crianças encontram-se durante o processo maturacional (púberes) e no quinto estágio quando o processo maturacional está completo.

O exame foi aplicado na forma de auto-avaliação da pilosidade pubiana, considerado um método simples de ser realizado pelo próprio indivíduo. A eficácia da auto-avaliação da pilosidade pubiana apresenta uma satisfatória concordância com a avaliação médica, mostrando-se eficaz para a determinação do estágio de maturação sexual para o sexo masculino (MARTIN et al., 2001).

#### 3.4.2 Questionário de treinamento

Após a avaliação do estágio maturacional, com intuito de analisar o tempo despendido ao treinamento, os sujeitos responderam um questionário que contém cinco perguntas (ANEXO 3). Depois de o questionário ser respondido, foi perguntado aos treinadores a frequência semanal com os atletas participavam do treinamento, além de confirmar as respostas de cada atleta (QUITERIO et al., 2009).

#### 3.4.3 Avaliação antropométrica

A avaliação antropométrica foi realizada por único avaliador previamente treinado, em espaço físico reservado. Foram realizadas as medidas de massa corporal (MC) e estatura, por meio de uma balança digital (Toledo, modelo 2096) e um estadiômetro da marca Sanny, modelo Standard, respectivamente, conforme os

procedimentos descritos por Gordon et al. (1991). O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado considerando a razão entre MC e estatura ao quadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

Para a espessura de dobras cutâneas foi utilizado um adipômetro da marca WCS, com resolução de 0,1 mm e pressão de 10  $\text{g}/\text{mm}^2$ , sendo realizadas as medidas sempre no hemicorpo direito do avaliado. As dobras cutâneas do tríceps e da panturrilha foram coletadas de acordo com seu respectivo ponto de reparo (HARRISON et al., 1991):

- Tríceps: Face posterior do braço no ponto médio entre o processo acromial da escápula e o processo do olécrano da ulna.
- Panturrilha: Ponto interno de maior circunferência da perna.

Para o cálculo do percentual de gordura (%G), foi utilizada a equação proposta por Slaughter et al. (1988), desenvolvida para aplicação em crianças e adolescentes, que leva em consideração a idade e o estágio maturacional do indivíduo.

$$\text{Equação de Slaughter et al. (1988): } \%G = 0,735 * (\text{TR} + \text{PR}) + 1$$

Onde:

%G = percentual de gordura; TR = dobra cutânea do tríceps; PR = dobra cutânea da panturrilha.

#### 3.4.4 Teste de Esforço Máximo na Esteira

Após a avaliação antropométrica os participantes realizaram um teste de esforço máximo em esteira rolante. Inicialmente foram dadas as informações sobre o protocolo de exercício, em seguida os avaliados foram equipados com um frequencímetro (marca Polar) e com um sistema de espirometria computadorizado de circuito aberto (modelo Trueone® 2400, Parvomedics, EUA) (Figura 3). O sistema foi calibrado antes de cada teste, para  $\text{O}_2$  e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) usando uma concentração gasosa certificada para  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  e para ventilação foi utilizada uma seringa de três litros (modelo 5530 marca Hans Rudolph, EUA).

**Figura 3. Analisador de Gases**

Fonte: dados do pesquisador

Os atletas permaneceram sentados por cinco minutos, para a identificação da frequência cardíaca de repouso ( $FC_{rep}$ ) e o consumo de oxigênio em repouso ( $VO2_{rep}$ ), considerando a menor FC neste intervalo e o  $VO2_{rep}$  considerando o valor médio dos últimos dois minutos.

Posteriormente ao repouso o atleta foi para a esteira rolante (Imbramed Millenium Super ATL) (Figura 4), onde foi administrado aquecimento com velocidade de 6 km/h para familiarização ao instrumento. Em seguida um teste incremental máximo foi aplicado, a carga inicial do teste foi de 10 km/h, com 1% de inclinação, realizando incrementos de 1 km/h a cada 1 minuto (tempo de cada estágio), até a exaustão voluntária.

**Figura 4. Esteira Rolante**

Fonte: dados do pesquisador

Os avaliados foram adequadamente motivados através de incentivos verbais e os avaliadores observaram constantemente se existia qualquer tipo de intolerância ao esforço por parte dos sujeitos. A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi

determinada através da escala de OMNI, empregadas com indicador de intensidade do exercício. Devido à utilização da máscara bucal proibindo a resposta verbal os sujeitos apontaram a sua percepção de esforço na escala. A escala de OMNI foi previamente validada em exercício de caminhada e corrida (UTTER et al., 2004).

O teste seria interrompido caso ocorresse algum dos fatores a seguir, de acordo com o ACSM (2005): sintomas de angina; sinais de baixa perfusão sanguínea como dor de cabeça, confusão mental, náuseas, frio e palidez; baixo aumento da frequência cardíaca com o aumento da intensidade do exercício; alterações no ritmo cardíaco; manifestações físicas ou verbais de fadiga extrema e falha nos equipamentos. Após o término do teste, o avaliado caminhará a uma velocidade de 3 km/h por 3 minutos, caracterizando o período de recuperação.

A frequência cardíaca máxima ( $FC_{máx}$ ) foi definida como o maior valor de frequência cardíaca durante todo o período do teste. Já o  $VO_{2máx}$  considerado foi o maior valor obtido durante o teste e mantido por 1 minuto. Para considerarmos que durante o teste os indivíduos atingiram o  $VO_{2máx}$ , foram adotados os seguintes critérios, dos quais pelo menos dois deveriam ser alcançados (RIVERA-BROWN et al., 1992; COLE et al., 2006):

- Identificação de um platô nos valores mensurados de  $VO_{2máx}$ , ou seja, variações menores que 2,1 ml/kg/min ou 150 ml/min, entre os dois últimos estágios do teste;
- Razão de troca respiratória (RER)  $\geq 1,0$ ;
- Uma  $FC_{máx}$  dentro da variação de 10 bpm da  $FC_{máx}$  predita pela idade ( $FC_{máx} = 220 - \text{idade}$ );
- PSE  $\geq 9$ ;
- Hiperventilação, vermelhidão facial e descompasso das passadas.

O limiar anaeróbio foi determinado pelo método ventilatório (limiar ventilatório). Para tal, foi escolhido o método do excesso de dióxido de carbono ( $ExCO_2$ ), ou seja, a intensidade do exercício físico na qual verifica-se uma transição do estado estável do dióxido de carbono rumo a uma produção excessiva, este parâmetro foi calculado através da equação:  $ExCO_2 = (VCO_2 / VO_2) - VCO_2$  (VOLKOV et al., 1975). O processo de identificação do LV foi conduzido por dois avaliadores previamente treinados, de modo independente e aleatório. No caso, de diferenças superiores a 3% inter-avaliadores, um terceiro avaliador foi responsável

pela identificação final do LV. No presente estudo, os valores de VO<sub>2</sub> e velocidade referente ao LV, foram operacionalmente definidos como VO<sub>2LV</sub> e V<sub>LV</sub>, respectivamente.

A vVO<sub>2máx</sub> foi considerada como sendo a menor intensidade de exercício na qual ocorreu o VO<sub>2máx</sub> (BILLAT et al., 1999).

O PV foi definido como sendo a maior velocidade obtida durante o teste, contudo, caso o avaliado não conseguisse completar o último estágio, o PV foi corrigido de acordo com a equação estabelecida por Kuipers et al. (1985):

$$\text{Equação de Kuipers et al. (1985): PV (km/h) = } v + t / 120$$

Onde:

PV = pico de velocidade; v = velocidade do último estágio que foi completo; t = tempo em segundos que foi sustentado no estágio incompleto.

#### 3.4.5 Teste para determinação da Economia de Corrida

O teste de para determinação de economia de corrida (EC) foi realizado em dia distinto do teste de esforço máximo na esteira, iniciando a segunda etapa da pesquisa. Os atletas correram em três velocidades diferentes (11,2; 12,8; 14,4 km/h), sendo que deveriam permanecerem em cada velocidade por seis minutos com 1% de inclinação da esteira, ao final de cada estágio o sujeito continuava na esteira por dois minutos há uma velocidade de 4,0 km/h, caracterizando o período de recuperação. O consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) foi medido durante as três corridas, para servir como referência da EC do indivíduo, foi utilizada a média do VO<sub>2</sub> durante o último minuto de cada velocidade de corrida (COLE et al. 2006).

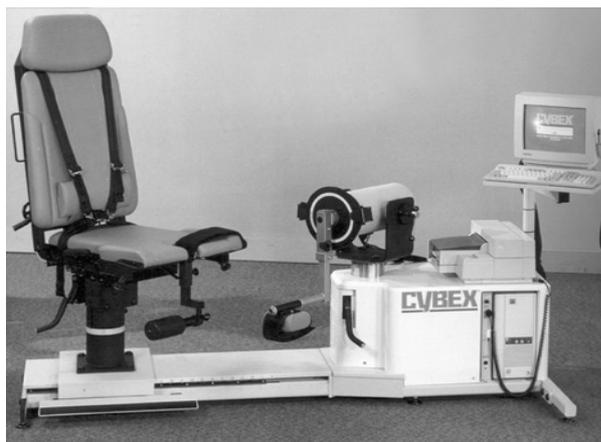
#### 3.4.6 Teste de Força e Potência Muscular no Dinamômetro Isocinético

A terceira etapa da pesquisa foi realizada na Clínica do Joelho, na cidade de Curitiba, Paraná. Nesta etapa, foi utilizado um dinamômetro isocinético marca CYBEX NORM (Ronkonkoma, NY) (Figura 5), este equipamento possui velocidade angular de 0 a 500%<sub>s</sub> (graus por segundo).

Assim, o teste isocinético envolve a avaliação da tensão muscular máxima em toda a amplitude do movimento da articulação, a uma velocidade angular constante. Podendo ser descrito como, identificação de contração muscular onde a velocidade

é pré-estabelecida e constante durante toda a amplitude de movimento, aplicando uma resistência acomodativa por todo seu eixo de movimento. Estabelecendo assim, uma maior resistência quando há um aumento da produção de força exercida pelo indivíduo, e não aumento da velocidade como acontece nos aparelhos isotônicos (BITTENCOURT et al., 2005).

**Figura 5.** Dinamômetro isocinético



Fonte: dados do pesquisador

Para o presente estudo, os indivíduos foram posicionados sentados na cadeira do dinamômetro com 85° de flexão do quadril. O eixo mecânico do aparelho foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur, em seguida os participantes foram fixados firmemente à cadeira do aparelho, com cintos nas regiões do tronco, do quadril e da coxa. As avaliações foram realizadas em relação ao movimento de extensão de joelho. Inicialmente os avaliados realizaram cinco minutos de aquecimento em uma esteira rolante, em seguida foram realizadas três repetições submáximas para familiarização com o aparelho, seguido de um intervalo de um minuto, ao término do qual os sujeitos executaram três repetições máximas concêntricas na velocidade de 60 graus por segundo (60°/s) para análise da força muscular e cinco repetições máximas, também concêntricas, na velocidade de 240 graus por segundo (240°/s) para potência muscular. Os testes foram realizados em ambos os membros do avaliado, sendo que para análise foi considerado o membro dominante do indivíduo. A amplitude de movimento foi limitada entre 110° para a flexão e 0° para a extensão do joelho. Todos os atletas receberam estimulação verbal durante o teste.

A velocidade angular de 60°/s foi escolhida, pois a força muscular avaliada em baixas velocidades permite um recrutamento de um maior número de unidades motoras (SIQUEIRA et al., 2002), assim possibilitando uma melhor representação do trabalho máximo realizado pela musculatura avaliada. Já a velocidade de 240°/s foi selecionada para avaliar a todas as variáveis na velocidade mais funcional disponível.

Desta forma, as variáveis isocinéticas analisadas foram o trabalho máximo (J), pico de torque (Nm) e potência muscular (W), além do trabalho máximo, pico de torque e potência muscular corrigidos pela massa corporal (J/kg, Nm/kg e W/kg, respectivamente) de flexores e extensores do joelho nas velocidades de 60°/s e 240°/s. Assim, a literatura aponta que a MC apresenta influência sobre a magnitude dos parâmetros fornecidos pelo teste isocinético, portanto, é necessário normalizar estas variáveis pela MC para permitir comparações entre indivíduos e associações com outras variáveis (AQUINO et al., 2007).

Além disso, o trabalho máximo é uma variável mais representativa da função muscular quando comparado ao pico de torque, pois o trabalho máximo informa a produção de torque durante toda a amplitude da contração, enquanto que o pico de torque informa apenas o pico em apenas um ponto da amplitude total (BITTENCOURT et al., 2005).

#### 3.4.7 Avaliação do Desempenho de Corrida

Na quarta etapa os pesquisadores foram até o ambiente de treinamento dos atletas para aplicação de um teste de corrida, onde os avaliados realizaram uma corrida de 5000 metros, simulando uma competição, sendo anotado o tempo do percurso da prova através de um cronômetro digital. Anteriormente ao teste foi aplicado um aquecimento, onde os atletas realizaram corridas leves em volta da pista de atletismo. Este aquecimento foi administrado pelos treinadores dos atletas.

#### 3.4.8 Procedimentos para a coleta de dados

Os participantes da pesquisa foram submetidos a duas visitas ao laboratório do Centro de Pesquisa em Exercício e Esporte (CEPEE) na Universidade Federal do Paraná em dias distintos, com intervalo mínimo de 24 horas entre as visitas, e uma

visita a Clínica do Joelho, na cidade de Curitiba, Paraná. Por fim, a quarta e última etapa da coleta de dados foi realizada no ambiente de treinamento dos atletas (Tabela 2, esquema representativo da coleta de dados).

**Tabela 2.** Esquema representativo do procedimento de coleta de dados adotado no presente estudo.

<b>Primeira Etapa</b> <b>(Laboratório CEPEE)</b>
1- Avaliação maturacional (auto-avaliação da pilosidade pubiana) 2- Questionário de treinamento (tempo despendido no treino) 3- Avaliação antropométrica (MC, estatura e dobras cutâneas) 4- Repouso (5 minutos; obtenção das variáveis de $FC_{rep}$ e $VO2_{rep}$ ) 5- Teste de esforço máximo (protocolo incremental; obtenção das variáveis de $FC_{máx}$ , $VO2_{máx}$ , $VO2_{LV}$ , $V_{LV}$ , $vVO2_{máx}$ , PV, PSE)
<b>Segunda Etapa</b> <b>(Laboratório CEPEE)</b>
1- Teste de esforço submáximo (determinação da EC)
<b>Terceira Etapa</b> <b>(Clínica do Joelho)</b>
1- Teste de força e potência (dinamômetro isocinético)
<b>Quarta Etapa</b> <b>(Ambiente de Treinamento dos Atletas)</b>
1- Desempenho 5000 metros (competição simulada)

#### 3.4.9 Tratamento dos dados e estatística

Primeiramente, os dados foram tabulados e organizados em planilhas utilizando o programa Microsoft Excel (versão 2007), posteriormente os dados foram exportados para o pacote estatístico SPSS para Windows (versão 18.0).

Para o tratamento dos dados, em análise preliminar foi verificada a distribuição dos dados de todas as variáveis descritas nos resultados, aplicando o teste de Shapiro-Wilk ( $n < 50$ ). Em seguida, foi utilizada a estatística descritiva

(média, desvio-padrão, frequências relativas e absolutas) para a caracterização da amostra.

Visando analisar as relações entre todas as variáveis do estudo e as relações entre as variáveis dependentes e independentes, foi utilizada a correlação produto-momento de Pearson. Entretanto, os índices de  $VO_{2\text{máx}}$  expresso em valores relativos,  $vVO_{2\text{máx}}$ , pico de torque e trabalho máximo (60%*s*) de flexo res de joelho, não apresentaram distribuição normal e, por isso, o grau de associação destas variáveis com qualquer outro índice foi realizada mediante a análise de correlação de Serman.

A escala de magnitudes proposta por Hopkins (2009) foi utilizada para interpretar os coeficientes de correlação:  $<0,1$  = muito baixa;  $0,10 - 0,29$  = baixa;  $0,30 - 0,49$  = moderada;  $0,50 - 0,69$  = alta;  $0,70 - 0,90$  = muito alta;  $>0,90$  = quase perfeita.

Após o teste de correlação, foi aplicada uma regressão linear *stepwise* para analisar as inter-relações e a predição das variáveis independentes ( $VO_{2\text{máx}}$ ,  $VO_{2LV}$ ,  $V_{LV}$ , PV e EC 11,2 km/h) sobre o desempenho na corrida (variável dependente). Foi adotado um nível de significância de  $p < 0,05$ .

#### 4. RESULTADOS

A caracterização da amostra com as variáveis antropométricas de idade, massa corporal, estatura, índice de massa corporal e percentual de gordura, além do tempo da prova na distância de 5000 metros em minutos e em segundos, é apresentado na tabela 3 com os valores de média, desvio-padrão, mínimo e máximo.

**Tabela 3.** Valores de média, desvio-padrão, mínimos e máximos das variáveis antropométricas e do desempenho na prova de 5000 metros.

Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	18,00	0,90	16,00	19,00
MC (kg)	64,31	7,99	51,70	77,70
Estatura (cm)	173,53	5,75	161,60	182,00
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,38	1,80	18,85	24,73
%G	11,63	2,87	7,62	18,86
t5km (min)	18,47	1,17	16,17	20,60
t5km (seg)	1108,39	70,73	970,00	1236,00

MC = Massa Corporal; IMC = Índice de Massa Corporal; %G = Percentual de Gordura; t5km = Tempo na prova de 5000 metros.

Na tabela 4, estão expressos os valores (média, desvio-padrão, valores mínimo e máximo) dos índices fisiológicos obtidos no teste de esforço máximo realizado em laboratório, sendo eles a frequência cardíaca máxima ( $FC_{máx}$ ), o consumo máximo de oxigênio ( $VO2_{máx}$ ) expresso em valores absolutos (L/min) e relativos (ml/kg/min), o consumo de oxigênio referente ao limiar ventilatório ( $VO2_{LV}$ ), a velocidade referente ao limiar ventilatório ( $V_{LV}$ ), a velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio ( $vVO2_{máx}$ ), o pico de velocidade (PV), a percepção subjetiva de esforço (PSE) e a razão de troca respiratória (RER). Desta forma, é possível observar que o percentual do  $VO2_{LV}$  em relação ao  $VO2_{máx}$  é de 84,2%, e a  $V_{LV}$  esta a 78% da  $vVO2_{máx}$  e a 77,3% do PV, no grupo de adolescentes avaliados no presente estudo.

**Tabela 4.** Variáveis fisiológicas obtidas no protocolo incremental máximo de laboratório.

Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
FC <sub>máx</sub> (bpm)	190,22	10,01	171,00	216,00
VO2 <sub>máx</sub> (L/min)	4,08	0,57	3,07	5,70
VO2 <sub>máx</sub> (ml/kg/min)	63,64	6,03	57,12	78,07
VO2 <sub>LV</sub> (ml/kg/min)	53,56	6,61	38,61	66,94
V <sub>LV</sub> (km/h)	14,22	1,08	12,00	16,00
vVO2 <sub>máx</sub> (km/h)	18,22	0,95	16,00	20,00
PV (km/h)	18,40	0,85	16,43	20,14
PSE	9,04	1,29	5,00	10,00
RER	1,09	0,05	1,00	1,25

FC<sub>máx</sub> = Frequência Cardíaca Máxima; VO2<sub>máx</sub> = Consumo Máximo de Oxigênio; VO2<sub>LV</sub> = Consumo de Oxigênio no Limiar Ventilatório; V<sub>LV</sub> = Velocidade referente ao Limiar Ventilatório; vVO2<sub>máx</sub> = Velocidade associada ao VO2<sub>máx</sub>; PV = Pico de Velocidade; PSE = Percepção Subjetiva de Esforço.

Para demonstrar a intensidade realizada pelos atletas participantes do estudo durante a prova de corrida de 5000 metros, foi estruturada a tabela 5, onde é demonstrado que a velocidade média nos 5000 metros (16,30±1,06 km/h), estava acima do V<sub>LV</sub> (114,98±6,98%) e abaixo da vVO2<sub>máx</sub> e do PV (89,60±5,57% e 88,68±5,24%, respectivamente).

**Tabela 5.** Valores médios e desvio-padrão da velocidade mínima em que ocorreu o VO2<sub>máx</sub> (vVO2<sub>máx</sub>), pico de velocidade (PV), velocidade referente ao limiar ventilatório (V<sub>LV</sub>), velocidade média na prova de 5000 metros, expressos em valores absolutos e percentual da vVO2<sub>máx</sub>, do PV e da V<sub>LV</sub>.

	km/h	%vVO2 <sub>máx</sub>	%PV	%V <sub>LV</sub>
vVO2 <sub>máx</sub>	18,22±0,95	----	----	----
PV	18,40±0,85	101,03±1,23	----	----
V <sub>LV</sub>	14,22±1,08	78,05±4,48	77,24±4,19	----
5 km	16,30±1,06	89,60±5,57	88,68±5,24	114,98±6,98

Os resultados apontados na tabela 6 descrevem (média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos) a quantidade de oxigênio necessária para correr em

exercício submáximo (EC), nas velocidades de 11,2 km/h, 12,8 km/h e 14,4 km/h, estes resultados estão expressos em valores relativos do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub> em ml/kg/min), e também, pode-se observar o percentual médio em relação ao VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> para cada velocidade de corrida (11,2 km/h – 63,66% do VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>; 12,8 km/h – 69,83% do VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>; 14,4 – 75,23% do VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>).

**Tabela 6.** Valores da economia de corrida em três velocidades (11,2 km, 12,8 km e 14,4 km), obtidos em teste submáximo.

Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
EC (ml/kg/min)				
11,2 km/h	40,23	1,78	37,15	44,63
12,8 km/h	44,19	3,32	38,88	53,70
14,4 km/h	47,63	4,86	39,97	62,72
%VO <sub>2</sub> <sub>máx</sub>				
11,2 km/h	63,66	5,62	53,49	71,85
12,8 km/h	69,83	6,29	54,28	79,70
14,4 km/h	75,23	8,09	58,29	90,61

EC = Economia de Corrida; % VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> = Percentual do Consumo Máximo de Oxigênio.

A descrição das variáveis isocinéticas de pico de torque (PT), trabalho máximo (TM) e potência muscular (PM) de flexores de joelho nas velocidades angulares de 60°/s e 240°/s, expressos em valores absolutos, e também, normalizados pela MC, estão ilustrados na tabela 7. Desta forma, é demonstrado que com a normalização pela MC das variáveis de PT, TM e PM, os escores médios aumentaram em ambas as velocidades angulares (60°/s e 240°/s). Além disso, os valores de PM foram maiores para a velocidade angular de 240°/s, indicando que provavelmente nesta velocidade ou superior, torna-se o modo mais atrativo para a análise desta variável. De maneira semelhante, para o PT e TM, na velocidade de 60°/s maiores escores foram verificados.

Da mesma forma, na tabela 8 são apresentados os dados descritivos que permitem traçar um perfil do grupo de corredores em relação às características isocinéticas dos extensores de joelho. Assim sendo, maiores valores de PT e TM também são observados na velocidade angular de 60°/s. Já para a PM os maiores escores são verificados na velocidade angular de 240°/s.

**Tabela 7.** Valores de média e desvio-padrão das variáveis isocinéticas de flexão de joelho nas velocidades angulares de 60°/s e 240°/s, nos membros dominantes dos atletas.

Flexores	Atletas (n=23)	
	60°/s	240°/s
Pico de torque (Nm)	118,35±24,31	73,22±13,60
Pico de torque (Nm/kg)	183,83±28,61	114,47±20,62
Trabalho máximo (J)	134,87±26,94	79,30±15,52
Trabalho máximo (J/kg)	209,86±34,32	124,06±24,07
Potência (W)	80,36±20,67	151,08±31,55
Potência (W/kg)	124,23±24,24	236,10±47,03

**Tabela 8.** Valores de média e desvio-padrão das variáveis isocinéticas de extensão de joelho nas velocidades angulares de 60°/s e 240°/s, nos membros dominantes dos atletas.

Extensores	Atletas (n=23)	
	60°/s	240°/s
Pico de torque (Nm)	193,22±33,15	111,70±18,21
Pico de torque (Nm/kg)	300,62±37,65	174,15±22,15
Trabalho máximo (J)	209,13±37,86	125,61±21,21
Trabalho máximo (J/kg)	325±45,16	195,79±26,01
Potência (W)	123,47±24,53	222,98±39,84
Potência (W/kg)	191,73±29,14	349,90±63,75

As correlações entre as variáveis fisiológicas obtidas no teste de esforço máximo e submáximo em laboratório estão expressas na tabela 9. Sendo que, a variável de  $FC_{máx}$  apresentou correlação significativa moderada apenas com o PV ( $r = 0,42$ ,  $p < 0,05$ ). Já o  $VO2_{máx}$ , mostrou valores significantes de correlação com as variáveis de  $VO2_{LV}$  (ml/kg/min) ( $r = 0,65$ ,  $p < 0,01$ , correlação alta) e  $vVO2_{máx}$  ( $r = 0,42$ ,  $p < 0,05$ , correlação moderada). Os índices de  $vVO2_{máx}$  e PV apresentaram correlação quase perfeita ( $r = 0,93$ ,  $p < 0,01$ ), porém, deve ser ressaltado que o PV é considerada uma medida indireta alternativa de aproximação da  $vVO2_{máx}$ .

No que se refere aos indicadores de capacidade aeróbia, o  $VO_{2LV}$  (ml/kg/min) demonstrou correlação significativa moderada com a  $V_{LV}$  ( $r = 0,42$ ,  $p < 0,05$ ) e PV ( $r = 0,44$ ,  $p < 0,05$ ), entretanto, com as variáveis de EC nas velocidades de 12,8 e 14,4 km/h, as correlações foram altas ( $r = 0,58$  e  $r = 0,56$ ,  $p < 0,01$ , respectivamente). Enquanto que, a  $V_{LV}$  (km/h) correlacionou-se significativamente com a  $vVO_{2máx}$  ( $r = 0,59$ ,  $p < 0,01$ , correlação alta) e o PV ( $r = 0,71$ ,  $p < 0,01$ , correlação muito alta).

Entre as três medidas de EC (velocidades de 11,2 km/h, 12,8 km/h e 14,4 km/h), foram apontadas associações significativas obtendo coeficientes de correlações altos da EC (11,2 km/h) com as demais ( $r = 0,58$ , EC 12,8 km/h;  $r = 0,60$ , EC 14,4 km/h,  $p < 0,01$ ). Já entre as variáveis de EC (12,8 km/h) e EC (14,4 km/h), foi observada correlação quase perfeita ( $r = 0,93$ ,  $p < 0,01$ ).

**Tabela 9.** Valores de correlação entre as variáveis fisiológicas.

	$VO_{2máx}$ (ml/kg/min)	$VO_{2LV}$ (ml/kg/min)	$V_{LV}$ (km/h)	$vVO_{2máx}$ (km/h)	PV (km/h)	EC (11,2)	EC (12,8)	EC (14,4)
$FC_{máx}$ (bpm)	0,03	0,26	0,02	0,33	0,42*	0,11	0,33	0,39
$VO_{2máx}$ (ml/kg/min)		0,65**	0,25	0,42*	0,36	0,15	0,31	0,33
$VO_{2LV}$ (ml/kg/min)			0,42*	0,17	0,44*	0,40	0,58**	0,56**
$V_{LV}$ (km/h)				0,59**	0,71**	-0,00	0,15	0,16
$vVO_{2máx}$ (km/h)					0,93**	0,01	0,00	0,11
PV (km/h)						0,03	0,24	0,25
EC (11,2)							0,58**	0,60**
EC (12,8)								0,93**

$FC_{máx}$  = Frequência Cardíaca Máxima;  $VO_{2máx}$  = Consumo Máximo de Oxigênio;  $VO_{2LV}$  = Consumo de oxigênio no Limiar Ventilatório;  $V_{LV}$  = Velocidade referente ao Limiar Ventilatório;  $vVO_{2máx}$  = Velocidade associada ao  $VO_{2máx}$ ; PV = Pico de Velocidade; EC = Economia de Corrida. \* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ).

Na tabela 10, estão apresentados os valores de correlação das variáveis isocinéticas de flexores de joelho nas velocidades angulares de 60% (pico de torque e trabalho máximo normalizados pela MC) e 240% (potência muscular normalizada pela MC) com os índices fisiológicos obtidos no teste de esforço máximo. Correlação significativa moderada foi observada somente entre a variável isocinética de TM (J/kg) na velocidade angular de 60% com a EC (11,2 km/h) ( $r = 0,49$ ,  $p < 0,05$ ).

Referente ao PT (Nm/kg) na velocidade angular de 60% não foram apresentadas correlações significativas com nenhuma das variáveis fisiológicas, porém, uma tendência de relação com a variável de EC nas velocidades de 11,2 e 12,8 km/h foi observada ( $r = 0,36$  e  $r = 0,26$ ,  $p > 0,05$ , respectivamente). Da mesma forma, não foram demonstradas relações significativas da PM na velocidade angular de 240% com as variáveis fisiológicas.

**Tabela 10.** Valores de correlação das variáveis isocinéticas de flexores de joelho com os índices fisiológicos.

	Flexores		
	60%		240%
	Pico de torque (Nm/kg)	Trabalho máximo (J/kg)	Potência (W/kg)
FC <sub>máx</sub> (bpm)	-0,04	0,20	0,22
VO2 <sub>máx</sub> (ml/kg/min)	-0,06	0,07	0,07
VO2 <sub>LV</sub> (ml/kg/min)	-0,08	-0,15	-0,02
V <sub>LV</sub> (km/h)	-0,12	-0,10	-0,13
vVO2 <sub>máx</sub> (km/h)	0,04	0,26	0,25
PV (km/h)	0,05	0,25	0,25
EC (11,2 km/h)	0,36	0,49*	0,25
EC (12,8 km/h)	0,26	0,14	-0,02
EC (14,4 km/h)	0,11	0,06	0,10

FC<sub>máx</sub> = Frequência Cardíaca Máxima; VO2<sub>máx</sub> = Consumo Máximo de Oxigênio; VO2<sub>LV</sub> = Consumo de oxigênio no Limiar Ventilatório; V<sub>LV</sub> = Velocidade referente ao Limiar Ventilatório; vVO2<sub>máx</sub> = Velocidade associada ao VO2<sub>máx</sub>; PV = Pico de Velocidade; EC = Economia de Corrida. \* ( $p < 0,05$ ).

Considerando as variáveis isocinéticas de extensores de joelho e sua relação com as variáveis fisiológicas obtidas no teste de esforço máximo, nenhuma

correlação significativa foi encontrada entre as duas variáveis isocinéticas na velocidade angular de 60% (pico de torque e trabalho máximo normalizado pela MC), entretanto, para a variável isocinética de PM (expressa em watts/kg) na velocidade angular de 240%, foi observada associação significativa com a variável fisiológica de  $vVO_{2\text{máx}}$  ( $r = 0,43$ ,  $p < 0,05$ ) (tabela 11).

**Tabela 11.** Valores de correlação das variáveis isocinéticas de extensores de joelho com os índices fisiológicos.

	Extensores		
	60% <sup>s</sup>		240% <sup>s</sup>
	Pico de torque (Nm/kg)	Trabalho máximo (J/kg)	Potência (W/kg)
$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	-0,03	0,04	0,22
$VO_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)	0,08	0,12	0,29
$VO_{2LV}$ (ml/kg/min)	-0,04	-0,14	0,10
$V_{LV}$ (km/h)	-0,09	-0,24	0,14
$vVO_{2\text{máx}}$ (km/h)	0,17	0,10	0,43*
PV (km/h)	0,12	0,02	0,40
EC (11,2 km/h)	0,27	0,27	0,38
EC (12,8 km/h)	0,10	0,06	0,23
EC (14,4 km/h)	0,13	0,07	0,21

$FC_{\text{máx}}$  = Frequência Cardíaca Máxima;  $VO_{2\text{máx}}$  = Consumo Máximo de Oxigênio;  $VO_{2LV}$  = Consumo de Oxigênio no Limiar Ventilatório;  $V_{LV}$  = Velocidade referente ao Limiar Ventilatório;  $vVO_{2\text{máx}}$  = Velocidade associada ao  $VO_{2\text{máx}}$ ; PV = Pico de Velocidade; EC = Economia de Corrida. \*  $p < 0,05$ .

Para o tempo na prova de 5000 metros, e sua relação com as variáveis isocinéticas de flexores e extensores de joelho nas velocidades angulares de 60% (PT e TM normalizados pela MC) e 240% (PM expressa em W/kg), nenhum valor significativo foi observado (tabela 12). Mas vale ressaltar, que apesar de não significativo, valor de correlação moderado entre a PM de extensores com o desempenho na prova de 5000 metros (t5km) ( $r = -0,38$ ,  $p > 0,05$ ).

**Tabela 12.** Valores de correlação das variáveis isocinéticas com o tempo na prova de 5000 metros.

Variáveis isocinéticas	t5km (min)
Flexores 60% <sup>s</sup>	
Pico de torque (Nm/kg)	0,09
Trabalho máximo (J/kg)	0,03
Flexores 240% <sup>s</sup>	
Potência (W/kg)	0,02
Extensores 60% <sup>s</sup>	
Pico de torque (Nm/kg)	-0,14
Trabalho máximo (J/kg)	-0,06
Extensores 240% <sup>s</sup>	
Potência (W/kg)	-0,38

Dados de correlação entre os índices fisiológicos estudados e o desempenho de corrida na prova de 5000 metros são demonstrados na tabela 13. Deste modo, o índice de potência aeróbia máxima ( $VO_{2\text{máx}}$ ) apresentou correlação significativa alta com o tempo na prova de 5000 metros ( $r = -0,61$ ,  $p < 0,01$ ). Da mesma forma, altas correlações foram observadas entre o  $VO_{2LV}$  (ml/kg/min) e a  $V_{LV}$  (km/h) com o desempenho de corrida em 5000 metros ( $r = -0,52$ ,  $p < 0,05$  e  $r = -0,64$ ,  $p < 0,01$ , respectivamente).

Além disto, o PV também apresentou correlações significativas com o tempo na prova de 5000 metros ( $r = -0,47$ ,  $p < 0,05$ , correlação moderada). Em contrapartida, a variável de  $vVO_{2\text{máx}}$  não apresentou associação significativa com o desempenho de corrida na prova de 5000 metros ( $p > 0,05$ ).

Já para as variáveis fisiológicas de EC nas velocidades de 11,2 km/h, 12,8 km/h e 14,4 km/h, somente a EC na velocidade de 11,2 km/h apresentou correlação significativa alta com tempo na prova de 5000 metros ( $r = -0,53$ ,  $p < 0,01$ ). Enquanto que nas velocidades de 12,8 e 14,4 km/h foram observados valores de correlação moderados ( $r = -0,34$  e  $r = -0,31$ , respectivamente), porém, sem significância ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 13.** Valores de correlação das variáveis fisiológicas com o tempo na prova de 5000 metros.

Variáveis fisiológicas	t5km (min)
Teste de esforço máximo	
FC <sub>máx</sub> (bpm)	-0,29
VO2 <sub>máx</sub> (ml/kg/min)	-0,61**
VO2 <sub>LV</sub> (ml/kg/min)	-0,52*
V <sub>LV</sub> (km/h)	-0,64**
vVO2 <sub>máx</sub> (km/h)	-0,40
PV (km/h)	-0,47*
Economia de corrida (ml/kg/min)	
11,2 km/h	-0,53**
12,8 km/h	-0,34
14,4 km/h	-0,31

FC<sub>máx</sub> = Frequência Cardíaca Máxima; VO2<sub>máx</sub> = Consumo Máximo de Oxigênio; VO2<sub>LV</sub> = Consumo de Oxigênio no Limiar Ventilatório; V<sub>LV</sub> = Velocidade referente ao Limiar Ventilatório; vVO2<sub>máx</sub> = Velocidade associada ao VO2<sub>máx</sub>; PV = Pico de Velocidade. \* (p<0,05); \*\* (p<0,01).

Buscando observar quais os índices fisiológicos estudados que melhor explicam as variações no desempenho de corrida na prova de 5000 metros, análises de regressão linear foram realizadas. Assim, foi demonstrado que a variável de V<sub>LV</sub> (km/h) prediz em 40% o desempenho na corrida de 5000 metros. Enquanto as outras variáveis fisiológicas de VO2<sub>máx</sub>, EC (11,2 km/h), VO2<sub>LV</sub> (ml/kg/min) e PV explicam a variação no desempenho (t5km) em 29%, 28%, 27% e 22%, respectivamente (tabela 14).

Como a velocidade de corrida no V<sub>LV</sub> (km/h) foi a variável que melhor explicou a variação no desempenho na prova de 5000 metros, modelos de regressão linear foram realizados com ajustes pelo VO2<sub>máx</sub>, EC (11,2 km/h) e PV. Desta forma, para o desempenho nos 5000 metros a V<sub>LV</sub> (km/h) em conjunto com o VO2<sub>máx</sub> explicou 59% da variabilidade, com inclusão da EC (11,2 km/h) a explicação aumentou para 78%. Além disso, no modelo de regressão onde a V<sub>LV</sub> (km/h) foi ajustada pelo VO2<sub>máx</sub>, EC (11,2 km/h) e PV a predição da performance na prova de 5000 metros foi de 80% (tabela 15).

**Tabela 14.** Coeficiente de determinação das variáveis fisiológicas no desempenho na prova de 5000 metros (tempo percorrido).

Variável dependente	Variável independente	R <sup>2</sup>
t5km (min)	VO <sub>2</sub> máx (ml/kg/min)	0,29
	VO <sub>2</sub> LV (ml/kg/min)	0,27
	V <sub>LV</sub> (km/h)	0,40
	PV (km/h)	0,22
	EC (11,2 km/h)	0,28

VO<sub>2</sub>máx = Consumo Máximo de Oxigênio; VO<sub>2</sub>LV = Consumo de Oxigênio no Limiar Ventilatório; V<sub>LV</sub> = Velocidade referente ao Limiar Ventilatório; PV = Pico de Velocidade; EC = Economia de Corrida.

**Tabela 15.** Modelos de regressão linear para a relação entre o tempo de prova na distância de 5000 metros e a velocidade referente ao limiar ventilatório, ajustado pelo consumo máximo de oxigênio, economia de corrida (11,2 km/h) e pico de velocidade.

Variável dependente	Modelos	R <sup>2</sup>	Variáveis independentes
t5km (min)	Modelo 1	0,59	Intercepto
			V <sub>LV</sub> (km/h)
			VO <sub>2</sub> máx
	Modelo 2	0,78	Intercepto
			V <sub>LV</sub> (km/h)
			VO <sub>2</sub> máx
Modelo 3	0,80	Intercepto	
		V <sub>LV</sub> (km/h)	
		VO <sub>2</sub> máx	
			EC (11,2 km/h)
			PV (km/h)

VO<sub>2</sub>máx = Consumo Máximo de Oxigênio; V<sub>LV</sub> = Velocidade referente ao Limiar Ventilatório; PV = Pico de Velocidade; EC = Economia de Corrida; t5km = Tempo na Prova de 5000 metros.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS

Evidências científicas demonstram que as respostas do exercício aeróbio ( $VO_{2\text{máx}}$ ,  $vVO_{2\text{máx}}$ , LAn e EC) estão relacionadas com o sucesso em corridas de longas distâncias (BERG, 2003; JONES; CARTER, 2000), e ainda, estudos prévios apontam que a força e a potência muscular podem também ser determinantes para o desempenho em corridas de fundo (BERG, 2003; NOAKES, 2003; PAAVOLAINEN et al., 1999a), neste contexto, contradições são observadas com maior frequência em crianças e adolescentes atletas (ALMARWAEY et al., 2003; COLE et al., 2006; MAHON et al., 1996). Assim, o objetivo deste estudo foi verificar a relação dos índices fisiológicos e neuromusculares com o desempenho de corrida na prova de 5000 metros em adolescentes fundistas. Desta forma, os achados principais do presente estudo indicam que grande parte dos índices fisiológicos apresentam alta capacidade de prever a *performance* na corrida de 5000 metros, em contrapartida, os índices neuromusculares não apresentaram esta capacidade.

Em relação às características antropométricas, algumas investigações apontam que o controle da estatura e da massa corporal (MC) é de fundamental importância para o desempenho em corridas de longas distâncias, principalmente no que se refere a MC reduzida. Pois, em alto nível competitivo, geralmente os corredores vencedores são indivíduos pequenos de baixa estatura e MC (BERG, 2003). Neste sentido, algumas explicações são assinaladas em relação à vantagem em eventos de longa distância para corredores com baixa MC, em primeiro lugar é apontada menor força de reação terrestre para indivíduos leves em comparação aos seus pares mais pesados, em segundo lugar a diminuição do impacto de corredores com menor MC pode ser também um fator para manter por mais tempo uma corrida em alta intensidade, e por fim, em terceiro lugar corredores mais pesados produzem e armazenam mais calor em velocidade submáxima, principalmente em temperaturas mais elevadas, prejudicando seu desempenho (BERG, 2003; DENIS; NOAKES, 1999; MARINO et al., 2000).

Neste contexto, é possível observar que os atletas estudados podem apresentar algumas desvantagens na execução de corridas de longas distâncias, pois foi verificado menor estatura, maior MC e por conseqüência maiores valores de

IMC em relação a outras pesquisas realizadas com adolescentes fundistas (ABE et al., 1998; COLE et al., 2006; CUNNINGHAM et al., 1990; FERNHALL et al., 1996), em contrapartida, comparado a outro estudo com corredores adolescentes de menor nível de condicionamento, os atletas analisados apresentaram menor estatura e também menor MC (LOPRINZI; BRODOWICZ, 2008).

Da mesma maneira, os resultados referentes ao %G dos atletas estudados (11,6%) se mostram elevados em comparação aos achados de outras pesquisas com corredores adolescentes. Sendo que, no estudo de Almarwaey et al. (2003) foi observado %G médio de 10,6%, enquanto que Abe et al. (1998) encontraram valor de 10,2% para esta variável. Já nas pesquisas de Cole et al. (2006) e Cunningham et al. (1990) valores muito abaixo dos resultados da presente pesquisa foram apresentados, com 8,7% e 5,3% de gordura corporal, respectivamente.

Assim, a literatura se manifesta apontando que níveis adequados de gordura corporal são benéficos para o desempenho de corrida, e também, para todos os esportes em alto nível competitivo (KRAEMER et al., 1999). Para corredores, o excesso de tecido adiposo pode resultar em maior esforço muscular na aceleração das pernas, sendo assim, aumentando o gasto energético em uma mesma velocidade de corrida (LEGAZ; ESTON, 2005).

Contudo, é importante ressaltar que os indivíduos analisados no presente estudo apresentam coeficiente de variação elevado para as variáveis antropométricas de estatura, massa corporal e %G. Considerando, que estas variáveis antropométricas são essenciais para um desempenho de corrida efetivo, a heterogeneidade do grupo pode ser apresentada como um fator limitante da pesquisa.

## 5.2 DESCRIÇÃO DOS ÍNDICES FISIOLÓGICOS E DESEMPENHO DE CORRIDA

Os dados de frequência cardíaca máxima ( $FC_{m\acute{a}x}$ ), demonstram que os atletas analisados apresentam menores valores médios em comparação a outros estudos com adolescentes não-atletas (BECKER et al., 2007; BRUNETTO et al., 2005). O mesmo ocorreu, no estudo de Branco et al. (2004) que demonstraram que a  $FC_{m\acute{a}x}$  de corredores de fundo é menor em comparação a média populacional. Esta suposição se justifica pelas adaptações do treinamento físico intenso realizado por corredores de médias e longas distâncias, sendo que, o coração é exposto a

intensas sobrecargas ao longo de meses e/ou anos, contudo, esta exposição resulta em alterações no automatismo cardíaco, como bradicardia de repouso, alteração de condução atrioventricular, despolarização e repolarização ventricular (AZEVEDO et al., 2007; STEIN et al., 2002). Por fim, os ajustes estruturais do coração também são acentuados, podendo levar a aumentos de até 85% da massa do ventrículo esquerdo (PLUIM et al., 2000).

Do ponto de vista do desempenho de corrida na prova de 5000 metros, foram apresentados os valores médios do tempo que os adolescentes percorreram esta distância ( $18,47 \pm 1,07$  minutos) (tabela 3). Através dos dados extraídos do site da Confederação Brasileira de Atletismo, datando de janeiro de 2011, destacam-se os recordes brasileiro (13,32 minutos), mundial (12,62 minutos) e olímpico (12,95 minutos) masculino (tabela 1), deste modo, o tempo para esta distância do grupo de adolescentes analisados representa respectivamente: 138,6%, 146,3% e 142,6% dos recordes citados acima.

Os valores médios do tempo na prova de 5000 metros e da potência aeróbia máxima indicam que os adolescentes estudados podem ser classificados como indivíduos treinados. Pois, várias pesquisas realizadas com corredores adolescentes bem treinados encontraram valores superiores de  $VO_{2\text{máx}}$  em comparação ao grupo de atletas analisados no presente estudo. Portanto, no estudo conduzido por Abe et al. (1998) foram observados valores de 75,5 (ml/kg/min) para a variável de  $VO_{2\text{máx}}$ , enquanto Cole et al. (2006) verificaram nos seus resultados  $VO_{2\text{máx}}$  médio de 73,4 (ml/kg/min), e por fim, Fernhall et al. (1996) encontraram escores médios de 67,7 (ml/kg/min) para esta variável. Em contrapartida, quando comparados com adolescentes classificados como moderadamente treinados, os atletas avaliados apresentaram valores superiores para a variável de  $VO_{2\text{máx}}$  (LOPRINZI; BRODOWICZ, 2008; MALISON et al., 2003).

Contudo, é importante destacar os fatores que limitam o  $VO_{2\text{máx}}$ , procurando entender as diferenças supramencionadas na potência aeróbia máxima entre os atletas estudados e os corredores bem treinados. Deste modo, na literatura científica é assinalado que o caminho do  $O_2$  da atmosfera até as mitocôndrias apresenta várias etapas, sendo que cada uma pode representar um obstáculo para o potencial do fluxo de  $O_2$ . Entre estes fatores limitantes estão: 1) a capacidade de difusão pulmonar, 2) o débito cardíaco máximo, 3) a capacidade do transporte de oxigênio

no sangue, e 4) as características músculo esqueléticas (BASSETT; HOWLEY, 2000).

E ainda, com relação à identificação do  $VO_{2\text{máx}}$ , foi verificado que todos os atletas analisados apresentaram pelo menos dois de todos os critérios adotados no presente estudo para confirmar que o  $VO_{2\text{máx}}$  foi atingido no teste incremental máximo na esteira. No entanto, Howley et al. (1995) demonstraram na sua pesquisa que o platô de  $VO_2$  não foi observado em 50% dos sujeitos que realizaram teste de esforço máximo. A ausência deste fenômeno, também foi observada em alguns dos atletas estudados, porém, com isto não significa que os indivíduos avaliados não conseguiram obter o seu  $VO_{2\text{máx}}$  verdadeiro. Pois, segundo algumas pesquisas a falta da ocorrência do platô de  $VO_2$  se deve ao tipo de protocolo empregado e o nível de aptidão aeróbia da amostra (BASSETT; HOWLEY, 2000; DUNCAN et al., 1997).

No que se refere ao LV, os achados deste estudo demonstram que a proporção do LV em relação ao  $VO_{2\text{máx}}$  dos atletas estão de acordo com estudos prévios. Na presente pesquisa, foi observado percentual médio de 84,2% do  $VO_{2\text{máx}}$ , e grande parte das investigações com atletas bem treinados verificaram percentuais acima de 70% (CUNNINGHAM et al., 1990; FERNHALL et al., 1996; MCLAUGHLIN et al., 2010; YOSHIDA et al., 1990). Entretanto, é evidenciado que as variações encontradas entre as proporções do LV em relação ao  $VO_{2\text{máx}}$ , pode estar relacionada ao método de avaliação utilizado para descrever este índice. Deste modo, alguns estudos que recorreram à análise do lactato sanguíneo em adolescentes corredores de longas distâncias, observaram percentuais do limiar de lactato (LL) referente ao  $VO_{2\text{máx}}$  superiores a 90% (ALMARWAEY et al., 2003; FERNHALL et al., 1996).

Além do mais, para a variável de  $V_{LV}$  (km/h), foi observado no estudo conduzido por Billat et al. (2004) com oito corredores de média distância (idade média  $18,0 \pm 1,0$  anos), que a proporção média da velocidade referente ao LL em relação a  $vVO_{2\text{máx}}$  é de 86,6%, resultado superior aos achados do presente estudo que apontam percentuais de 78% da  $vVO_{2\text{máx}}$  e 77,3% do PV. Além disto, a  $V_{LV}$  encontrada na investigação de Cunningham et al. (1990) foi de 15,96 km/h resultado superior comparado a velocidade média referente ao LV dos atletas estudados (14,22 km/h).

Logo, deve-se ressaltar que para corredores de médias e longas distâncias, menores escores obtido neste índice fisiológico (LV) pode ser prejudicial ao desempenho, pois a partir do LV acontece um aumento súbito na concentração de lactato sanguíneo, indicando o início da contribuição do metabolismo anaeróbio para a manutenção da intensidade de esforço (BOSQUET et al., 2002). Porém, estas disparidades entre as pesquisas supracitadas e o presente estudo, podem ter ocorrido devido às diferentes metodologias empregadas em cada pesquisa.

Apesar do PV ser considerada uma variável alternativa de aproximação da  $vVO_{2\text{máx}}$ , e que é muito utilizada para expressar a velocidade de corrida referente a potência aeróbia, em ambiente não laboratorial e sem a utilização de um analisador de gases (VIEIRA, 2008). Alguns estudos demonstram a associação entre as variáveis de  $vVO_{2\text{máx}}$  e PV em esteira (ambiente laboratorial) com o desempenho em corridas de médias e longas distâncias (DENADAI et al., 2004; GRANT et al., 1997; MCLAUGHLIN et al., 2010; SLATTERY et al., 2006).

Seguindo este contexto, as variáveis de  $vVO_{2\text{máx}}$  e PV apresentaram valores médios de 18,22 km/h e 18,40 km/h, respectivamente (tabela 4). Segundo alguns autores, a  $vVO_{2\text{máx}}$  apresenta valores muito próximos a velocidade média mantida em uma corrida de 3000 metros (LACOUR et al., 1991; PADILLA et al., 1992). Indicando que a velocidade média na corrida de 5000 metros deve estar abaixo da  $vVO_{2\text{máx}}$  e do PV.

Neste sentido, é importante destacar as proporções entre a velocidade média da prova de 5000 metros e as intensidades correspondentes a  $vVO_{2\text{máx}}$ , PV e  $V_{LV}$ . Deste modo, os resultados apresentados apontam que a velocidade média na prova de 5000 metros (16,30 km/h) esta abaixo da  $vVO_{2\text{máx}}$  (89,6%), e também, do PV (88,7%). Já em relação ao  $V_{LV}$  a velocidade média nos 5000 metros é maior (114,9%). Estes resultados estão de acordo com os achados de Denadai et al. (2004), que realizou estudo com corredores adultos bem treinados e observou que a velocidade média na prova de 5000 metros está acima do LAn (103,6%) e abaixo da  $vVO_{2\text{máx}}$  (95,9%).

E ainda, foi demonstrado que para atletas do sexo masculino com tempo na prova de 1500 metros de  $4,38 \pm 0,14$  minutos, a contribuição do metabolismo anaeróbio foi de  $23 \pm 7\%$  e do aeróbio de  $77 \pm 7\%$  (DUFFIELD et al., 2005). No mesmo estudo, para a prova de 3000 metros (tempo –  $9,63 \pm 0,39$  minutos) o metabolismo aeróbio apresentou contribuição de  $86 \pm 7\%$ , enquanto que o

metabolismo anaeróbio contribuiu em  $14 \pm 7\%$ . Já para as distâncias de 5000 e 10000 metros o metabolismo aeróbio demonstrou uma contribuição de respectivamente 95% e 97% da produção energética (BILLAT, 2001).

Contudo, no presente estudo para a análise do desempenho de corrida, os atletas percorreram a distância de 5000 metros. Assim, admitindo que todos os atletas estudados realizaram *performances* máximas neste teste, é provável assumir que esta distância percorrida pelos atletas exige predominantemente o fornecimento de energia advindo do metabolismo aeróbio. Pois, na revisão de literatura realizada por Gastin (2001) foi demonstrado que ao realizar um exercício máximo no tempo de 75 segundos, a contribuição anaeróbia e aeróbia para a produção de energia na execução do esforço foi de 49% e 51%, respectivamente. Desta maneira, a prova de 5000 metros apresenta tempo de percurso superior a 75 segundos, podendo ser caracterizada como um exercício de predominância aeróbia.

Levando em consideração que a análise da EC pode ser realizada através da mensuração da quantidade de oxigênio necessária para correr em exercício submáximo, no presente estudo foram realizados três eventos de corridas submáximas (11,2 km/h, 12,8 km/h e 14,4 km/h) com duração de seis minutos, sendo que a média do VO<sub>2</sub> do último minuto foi considerada. Deste modo, para um indivíduo apresentar boa EC é necessário um VO<sub>2</sub> reduzido em uma determinada velocidade de corrida, assim, a vantagem desta variável é representada pela redução do gasto energético e da produção de calor (JONES; CARTER, 2000), fatores estes importantes para corridas de longas distâncias. Entretanto, é apontado na literatura que em distâncias menores, como de 5000 metros, o combustível energético e a temperatura não são tão preocupantes, pois uma boa EC permitirá a utilização de um elevado valor de VO<sub>2</sub>, por conseqüência, uma velocidade de corrida maior (COLE et al., 2006).

Complementando estas informações, foi observado no estudo de Fletcher et al. (2009) com corredores de médias e longas distâncias altamente treinados, que as diferenças entre os atletas com maior e menor VO<sub>2</sub> em velocidade submáxima, se deve as diferenças na velocidade de corrida referente ao LL ( $V_{LL}$ ) destes corredores, pois neste estudo as intensidades para a avaliação da EC foram determinadas a partir do percentual da  $V_{LL}$  (75%, 85% e 95% da  $V_{LL}$ ). Desta forma, os atletas com maior VO<sub>2</sub> em velocidade submáxima realmente apresentaram velocidade de corrida maior.

Diferente da investigação de Fletcher et al. (2009), como citado anteriormente o presente estudo utilizou velocidades fixas para avaliar a EC, assim, os resultados indicam apenas o percentual médio em relação ao  $VO_{2\text{máx}}$  para cada velocidade de corrida realizada, sendo que, foram demonstradas proporções de 63,66%, 69,83% e 75,23% do  $VO_{2\text{máx}}$ , para as velocidades de 11,2 km/h, 12,8 km/h e 14,4 km/h, respectivamente. Outros estudos que também utilizaram velocidades fixas para avaliar a EC em corredores de médias e longas distâncias bem treinados, e observaram percentuais médios entre 60% e 80% do  $VO_{2\text{máx}}$  (ALMARWAEY et al., 2003; COLE et al., 2006; FERNHALL et al., 1996; GUGLIELMO et al., 2005; SLATTERY et al., 2006).

Além disso, nas duas primeiras velocidades realizadas para a análise da EC (11,2 e 12,8 km/h) os percentuais referentes ao  $VO_{2\text{máx}}$  não ultrapassaram 76%, sugerindo que não houve a possibilidade da existência do componente lento do  $VO_2$ , este que pode interferir nos resultados da EC (GUGLIELMO et al., 2005).

Na pesquisa realizada por Conley e Krahenbuhl (1980) também foi utilizada velocidade fixa para análise da EC, assim sendo, foi demonstrado que um  $VO_2$  de 50,3 ml/kg/min a uma velocidade de 16,08 km/h pode ser considerado uma média de EC em atletas altamente treinados. Todavia, o grupo de atletas analisados na presente pesquisa apresentou  $VO_2$  de 47,63 ml/kg/min a uma velocidade de 14,4 km/h, deste modo, pode-se observar que o  $VO_2$  submáximo dos atletas são semelhantes, entretanto, a velocidade de corrida é maior para os indivíduos altamente treinados do estudo de Conley e Krahenbuhl (1980), indicando que provavelmente a velocidade referente ao LAn destes atletas é maior, assim como o nível de condicionamento.

Já em estudo realizado com adolescentes fundistas moderadamente treinados, foi observado  $VO_2$  de 34,3, 40,2 e 46,3 ml/kg/min nas velocidades de corrida de 8,8, 10,4 e 12,1 km/h, respectivamente (LOPRINZI; BRODOWICZ, 2008). Os valores de  $VO_2$  são similares aos resultados encontrados com os adolescentes da nossa pesquisa, porém, as velocidades de corrida apresentam menor intensidade, caracterizando o nível de condicionamento entre os atletas das duas pesquisas.

Os protocolos máximos e submáximos realizados em esteira rolante no presente estudo seguiram as recomendações de Jones e Doust (1996), que propõe que seja mantida a inclinação de 1% da esteira. Os autores deste estudo avaliaram

corredores treinados do sexo masculino, estes que executaram corridas de seis minutos em seis diferentes intensidades (10,5; 12,0; 13,5; 15,0; 16,5; 18,0 km/h) entre cada intensidade o tempo de recuperação foi de seis minutos. Esta rotina foi repetida diversas vezes, no laboratório em diferentes inclinações (0%, 1%, 2% e 3%), e ao ar livre ao longo de uma pista de corrida plana (no nível do mar). Assim, foi concluído que a inclinação de 1% na esteira reflete melhor as condições do ambiente externo.

Portanto, uma vez que os protocolos de exercício máximo e submáximo descritos no presente estudo apresentam faixa de intensidade muito semelhante à empregada na pesquisa conduzida por Jones e Doust (1996), é possível afirmar que a utilização da inclinação de 1% parece ser adequada para representar o custo de energia na esteira rolante em ambiente laboratorial.

### 5.3 DESCRIÇÃO DOS ÍNDICES NEUROMUSCULARES

Na área do desempenho muscular, reabilitação esportiva, estabelecimento de dados normativos, treinamento e tratamento de atletas, a articulação do joelho é a que mais comumente se aplicam em estudos com equipamentos isocinéticos (TERRERI et al., 2001). Porém, são raras pesquisas nacionais que buscam caracterizar o perfil isocinético e sua associação com o desempenho de corrida em corredores de médias e longas distâncias, tanto em adultos, quanto em adolescentes.

Deste modo, o treinamento e a prática esportiva resultam no desenvolvimento específico da musculatura de acordo com a modalidade praticada. Assim sendo, o estudo de Siqueira et al. (2002), teve como objetivo avaliar e comparar as variáveis isocinéticas de atletas (saltadores e corredores velocistas) e de não-atletas, também utilizando as velocidades angulares de 60°/s e 240°/s em sua coleta de dados. Os autores verificaram valores superiores nas variáveis de PT, TM e PM de flexores e extensores de joelho, para os saltadores, seguido dos corredores, e por último o grupo controle (não-atletas). Embora este estudo tenha trabalhado com adultos, valores inferiores para a variável de TM de flexores e extensores de joelho foram observados para os indivíduos não-atletas quando comparados aos atletas analisados na presente pesquisa.

No entanto, as variáveis de PT e PM de flexores e extensores de joelho foram superiores nos indivíduos não-atletas (SIQUEIRA et al., 2002), em relação aos adolescentes estudados. Embora todos os adolescentes atletas apresentassem processo maturacional completo (estágio V de Tanner), são evidenciadas na literatura correlações positivas entre força muscular e as variáveis antropométricas de estatura e MC (MALINA; BOUCHARD, 2002), sendo assim, os indivíduos da investigação de Siqueira et al. (2002) apresentaram maiores valores para estas duas variáveis antropométricas.

Além disso, na investigação de Le Gall et al. (1999), foi demonstrado em atletas que enquanto os flexores de joelho tiveram um aumento de força mais significativo dos 13 aos 16 anos (60-73%), os extensores continuaram evoluindo até os 20 anos. E ainda, o aparelho isocinético não apresenta a capacidade de realizar o movimento ou o gesto específico de uma determinada modalidade esportiva. Portanto, o esforço realizado não envolve a energia cinética nas várias articulações, e sim em apenas uma articulação, estando o restante do corpo sem deslocamento (TERRERI et al., 2001).

Quando comparados com atletas de outras modalidades esportivas, os adolescentes estudados apresentam algumas desvantagens nas variáveis de força e potência muscular. Na pesquisa conduzida por Bittencourt et al. (2005) com jogadores de voleibol das categorias infanto-juvenil ( $17,00 \pm 0,46$  anos de idade) e juvenil ( $19,50 \pm 0,63$  anos de idade), é interessante destacar que as variáveis isocinéticas de PT e TM de extensores de joelho são muito superiores aos dados do presente estudo, entretanto, para flexores de joelho os resultados são similares. Desta forma, o treinamento de voleibol apresenta grande quantidade de saltos inerentes à prática do esporte, assim, é apontado por Lian et al. (1996) que mais de 50% do trabalho realizado em um salto é atribuído aos extensores de joelho, podendo explicar os valores elevados de PT e TM para estes atletas.

Já outro estudo realizado com jogadores de futebol da categoria sub-20 (GOULART et al., 2007), observou escores elevados nas variáveis de PT, TM e PM de flexores e extensores de joelho em comparação aos atletas estudados. Neste sentido, estes resultados podem ser atribuídos em parte pelas diferenças nos sistemas de energia utilizados nas duas modalidades esportivas. O futebol é caracterizado como um desporto intermitente de curta duração e alta intensidade (atividade anaeróbia), alternadas com períodos de ações motoras de maior duração

e menor intensidade (atividade aeróbia) (REILLY, 1997). Enquanto que a corrida de longa distância apresenta grande contribuição do sistema aeróbio de energia (BILLAT, 2001).

Assim, as variáveis de força e potência muscular são consideradas de grande importância para corridas de curta duração e alta intensidade, ou seja, corridas de velocidade. Em teoria, o desempenho de corrida é resultado direto do impulso (produto da força média e o tempo de contato) aplicado pelo atleta contra o chão, durante a fase propulsiva da passada (DOWSON et al., 1998). Além disso, a força gerada durante a fase de aterrissagem da passada, esta relacionada com a força dos flexores e extensores do quadril, extensores de joelho e flexores plantares (ELLIOTT; BLANKSBY, 1979).

Várias pesquisas sugerem que a razão entre os isquiotibiais e o quadríceps (I/Q), deve ser de aproximadamente 60%, e ainda, alguns autores apontam que esta razão pode variar entre 50-70% a uma velocidade de 60%*s* (BITTENCOURT et al., 2005; FONSECA et al., 2007; GOULART et al., 2007; LE GALL et al., 1999; MAGALHÃES et al., 2001; TERRERI et al., 2001). Os achados do presente estudo indicam que os atletas adolescentes apresentam razão I/Q do PT na velocidade angular de 60%*s*, de 60,8% no membro dominante e no membro não dominante o déficit foi de 61,3%, enquanto que para a variável de TM a razão I/Q foi de 65,0% e 64,9% nos membros dominante e não dominante, respectivamente (dados não apresentados). Logo, estes resultados demonstram que a maioria dos atletas estudados estão dentro dos padrões considerados normais da razão I/Q das variáveis de PT e TM.

A análise deste déficit (razão I/Q) é de fundamental importância, pois representa a relação de equilíbrio entre os músculos agonistas e antagonistas. Deste modo, o indivíduo que apresentar resultados alterados para esta razão (<50% ou >70%), pode estar próximo de desenvolver lesões musculares e/ou ligamentares, assim, possivelmente este índice poderia explicar resultados abaixo dos esperados em alguns atletas durante a coleta de dados (BITTENCOURT et al., 2005; FONSECA et al., 2007; TERRERI et al., 2001), porém, esta ocorrência não foi observada na maioria dos participantes da pesquisa.

Outro fator que deve ser levado em consideração, para o desempenho muscular de atletas, é a análise dos déficits entre os membros dominante e não dominante. No presente estudo, foram observados déficits entre membros de 4,1% e

2,0% para as variáveis de PT e TM de flexores, respectivamente. Já para os extensores, o PT apresentou percentual de 5,3% e o TM proporção de 5,0% (dados não apresentados). Assim sendo, segundo o estudo de Aquino et al. (2007) os atletas analisados apresentam déficits dentro do padrão de normalidade, em outras palavras, os déficits são inferiores a 10%. Complementando estes resultados, segundo outros autores o déficit entre membros pode chegar a até 15% (BITTENCOURT et al., 2005; MAGALHÃES et al., 2001).

De maneira semelhante, para a variável de PM foram observados respectivamente os percentuais de 14,5% e -3,1% para flexores e extensores de joelho (dados não apresentados). Para Bittencourt et al. (2005) e Magalhães et al. (2001) os dados estão dentro da normalidade, em contrapartida, segundo Aquino et al. (2007) o déficit entre membros para flexores são significativos, com risco de lesão. Os valores percentuais negativos, como ocorrido para os extensores, expressam que os não dominantes apresentam maiores valores em relação ao dominante, porém, não indica assimetria muscular entre membros, por conseqüência, sem risco de lesão. Porém, é importante destacar que os indivíduos do estudo de Bittencourt et al. (2005), são atletas de vôlei, assim, estudos com esta temática devem ser realizados com corredores para a indentificação dos pontos de corte para esta população.

Estas proporções de assimetria entre membros e desequilíbrio muscular (agonista/antagonista) dos valores de PT, TM e PM, são calculados automaticamente pelo dinamômetro isocinético (CYBEX NORM, Ronkonkoma, NY), desta maneira, estes resultados são disponibilizados juntamente com as informações descritivas em uma planilha de dados gerada pelo *software* disponível no equipamento.

#### 5.4 RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Durante o exercício prolongado, a frequência cardíaca (FC) é o parâmetro mais comum utilizado para o controle da intensidade, devido a sua facilidade de acesso e sua estreita relação com o  $VO_{2\text{máx}}$  (ROECKER et al., 2003). Assim, a partir do produto da FC e do volume de ejeção (VE), pode-se calcular o DC do indivíduo, este que é definido como a quantidade de sangue ejetado por minuto pelo coração, ou mais especificamente, pelo ventrículo esquerdo. De maneira geral, o aumento da

intensidade do exercício (para corrida – aumento na velocidade), implica na elevação da FC (bpm) e do VE (ml/batimentos), possibilitando o transporte de O<sub>2</sub> até os músculos ativos (FOSS; KETEYIAN, 2000, p.208).

Esta afirmação, pode explicar em parte a correlação moderada encontrada no presente estudo, entre FC<sub>máx</sub> e PV. Visto que, em estudo realizado com adolescentes foi observado aumento da FC e do VO<sub>2</sub> com incremento de velocidade no teste de esforço máximo (MONTEIRO; ARAÚJO, 2009). Portanto, com a elevação da carga de trabalho, presume-se que os músculos ativos iniciam um processo de fadiga, possivelmente com aumento na produção de ácido láctico, tendo como objetivo manter carga de trabalho imposta, assim, a FC tende a aumentar juntamente com a intensidade buscando compensar as adaptações exigidas durante o exercício físico (DIEFENTHAELER et al., 2007).

Apesar das evidências de que a incorporação de intensidades submáximas nos programas de treinamento possa melhorar a capacidade aeróbia do indivíduo, sem repercussão na potência aeróbia (DENADAI, 1999; JONES; CARTER, 2000). Alguns estudos encontraram correlações significativas entre o VO<sub>2máx</sub> e o VO<sub>2</sub> referente ao LAn, em adolescentes corredores de médias e longas distâncias (CUNNINGHAM, 1990; FERNHALL et al., 1996), estando de acordo com os resultados apresentados na presente pesquisa.

Em geral, o treinamento de resistência aplicado em fundistas, resulta no aumento significativo da capacidade oxidativa do músculo esquelético, para tal ocorre o acréscimo do tamanho e número de mitocôndrias por unidade de área, além do aumento da concentração das enzimas do ciclo de Krebs e da cadeia de transporte de elétrons. Estas adaptações ajudam a manter o potencial de fosforilação celular, melhora a sensibilidade do controle respiratório e aumenta a capacidade de ressíntese aeróbia de ATP (JONES; CARTER, 2000). Desta forma, esta capacidade respiratória muscular esta fortemente relacionada com o LAn (LL e/ou LV), permitindo que o atleta mantenha alta porcentagem do VO<sub>2máx</sub> por período prolongado de tempo (WIBOM et al., 1992).

No grupo de corredores avaliados, foram encontradas correlações significativas entre VO<sub>2máx</sub> e vVO<sub>2máx</sub> ( $r = 0,42$ ,  $p < 0,05$ ). Estes resultados fazem sentido quando é apontado que a vVO<sub>2máx</sub>, é o índice que melhor descreve a associação entre potência aeróbia máxima e a economia de movimento (EC) (DENADAI, 2000). Além do mais, é enfatizada na literatura a importância de

programas de treinamento que busquem melhoras no  $VO_{2\text{máx}}$ , e por conseqüência da  $vVO_{2\text{máx}}$  em corredores de médias e longas distâncias, fato este que evidencia a forte relação existente entre estes dois índices fisiológicos (DENADAI, 2000).

Entretanto, outro estudo com corredores de meio-fundo e fundo bem treinados demonstram melhoras significativas apenas na  $vVO_{2\text{máx}}$ , sem mudanças no  $VO_{2\text{máx}}$ , com treinamento intervalado a 100% da  $vVO_{2\text{máx}}$  (DENADAI et al., 2006). Em adolescentes, é apontado que as diferenças na  $vVO_{2\text{máx}}$ , não estão relacionadas apenas com o  $VO_{2\text{máx}}$ , mas também com a EC e o nível maturacional do indivíduo (MACHADO et al., 2002). Estas informações podem explicar os valores de correlação moderados encontrados no presente estudo entre estas duas variáveis.

Além disso, correlações moderadas também foram observadas entre o  $VO_{2LV}$  (ml/kg/min) e a  $V_{LV}$  ( $r = 0,42$ ,  $p < 0,05$ ). No entanto, valores de correlação mais altos poderiam ser esperados, pois estas duas variáveis representam o mesmo limite de transição fisiológica, porém, são expressas de forma diferente (em relação ao  $VO_{2\text{máx}}$  e a velocidade de corrida).

Como já mencionado, na pesquisa conduzida por Fletcher et al. (2009), a análise da EC foi realizada com velocidades determinadas a partir da  $V_{LL}$ , sendo a intensidade diferente para cada indivíduo. No mesmo estudo é apontado que a avaliação padrão da EC, pela análise do  $VO_2$  em uma velocidade de corrida submáxima, não leva em consideração que a energia equivalente a um volume de  $O_2$  pode variar, em função do substrato metabolizado. E ainda, as diferenças existentes no  $VO_2$  submáximo possivelmente se devem a  $V_{LL}$  dos corredores, assim, indicando a alta relação entre os limiares de transição fisiológica com a EC. De certa forma corroborando com estas afirmações, no presente estudo foi demonstrada correlação positiva e significativa entre o  $VO_{2LV}$  e a variável de EC nas velocidades de 12,8 km/h e 14,4 km/h ( $r = 0,58$  e  $r = 0,56$ , respectivamente).

Neste contexto, o termo aptidão aeróbia muitas vezes é relacionado com a  $vVO_{2\text{máx}}$  e as variáveis associadas ao acúmulo/remoção de lactato, como densidade capilar, percentual de fibras do tipo I (contração lenta), capacidade respiratória e atividade enzimática (MORGAN et al., 1989). De maneira geral, o presente estudo verificou correlações significativas entre as variáveis relacionadas ao LV ( $VO_{2LV}$  e  $V_{LV}$ ) com a  $vVO_{2\text{máx}}$  e PV, sugerindo a forte relação supramencionada entre as variáveis de potência e capacidade aeróbia.

Os valores de correlação entre as três velocidades (11,2 km/h, 12,8 km/h e 14,4 km/h) utilizadas para avaliar a EC, foram significativos. Desta forma, tem sido mostrado na literatura que com o aumento da intensidade do exercício, o organismo sofre uma série de ajustes para suprir a demanda energética que está sendo requerida. Sendo que, as reservas musculares de O<sub>2</sub>, ATP e creatina fosfato são limitadas, assim, o sistema oxidativo é ativado progressivamente tentando alcançar o estado estável, e retornar à homeostase celular. Durante todo este processo, o aumento da contribuição aeróbia no exercício pode ser observado pelo aumento do VO<sub>2</sub> (DENADAI; CAPUTO, 2003).

## 5.5 RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES COM AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Contudo, inúmeros estudos assinalam que o VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> sozinho não tem a capacidade de prever o performance em corridas de médias e longas distâncias, principalmente em indivíduos com valores similares de VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> (ALMARWAEY et al., 2003; BASSETT; HOWLEY, 2000; JONES; CARTER, 2000; JUNG, 2003; SVEDAHL; MACINTOSH, 2003). Reforçando esta colocação, as relações entre as variáveis fisiológicas encontradas no presente estudo, recomendam a análise de todas estas variáveis em conjunto buscando analisar as relações existentes com o desempenho de corrida em provas de médias e longas distâncias.

Além do mais, os índices neuromusculares também podem auxiliar no desempenho de algumas variáveis fisiológicas (GUGLIELMO et al., 2005; MILLET et al., 2002, PAAVOLAINEN et al., 1999b; SAUNDERS et al., 2004a). Entretanto, na tabela 10 quando as variáveis de PT e PM de flexores de joelho normalizadas pela MC não foram relacionadas com nenhum índice fisiológico. Já o TM dos flexores apresentou correlação significativa com a EC na velocidade 11,2 km/h. Todavia, é indicado que o indivíduo com maior TM, também apresentará maior valor de VO<sub>2</sub> submáximo em corrida a 11,2 km/h.

Em contraposição, em estudo realizado com 22 corredores de longas distâncias (grupo experimental, n = 12 e grupo controle, n = 10), foram conduzidas nove semanas de treinamento de resistência e circuito para os atletas, sendo que para o grupo experimental 32% de horas de treino foram substituídos por exercícios de força explosiva (treino pliométrico), enquanto que o grupo controle realizou

apenas 3% de horas para este treinamento. Sendo assim, foram observadas melhoras de 8% na variável de EC para os indivíduos do grupo experimental, sem mudanças significativas no  $VO_{2\text{máx}}$  (PAAVOLAINEN et al., 1999b).

Resultados semelhantes foram observados no estudo de Millet et al. (2002), que realizou treinamento de força com pesos combinado ao treinamento de resistência, melhorando a EC em triatletas bem treinados ( $VO_{2\text{máx}}$  de 69,9 ml/kg/min), assim, com 14 semanas de intervenção foi verificada diminuição de 11% no  $VO_2$  submáximo, quando comparados aos participantes do grupo que realizou somente treinamento de resistência. Segundo Saunders et al. (2004a) o treinamento de força causa uma adaptação neural (maior ativação neural das unidades motoras) e o aumento da capacidade de utilizar a energia elástica estocada no conjunto músculo-tendão (ciclo alongamento-encurtamento), contudo, estes mecanismos podem determinar as melhoras na EC com o treinamento força.

Por outro lado, no estudo realizado por Guglielmo et al. (2009), com corredores bem treinados, foram realizados dois tipos de treinamentos com período de quatro meses: 1) força explosiva e endurance; 2) com pesos (treinamento de força tradicional) e endurance. Os autores deste estudo concluíram que o treinamento de força tradicional quando comparado ao treinamento de força explosiva, apresentou melhores resultados para a EC. Entretanto, a EC foi avaliada em duas velocidades (12 e 14 km/h), fato este que limita a pesquisa, pois o comportamento interindividual da EC pode depender da velocidade de corrida analisada, ou seja, atletas mais econômicos em velocidades moderadas (12 e 14 km/h) não são necessariamente mais econômicos em velocidades mais elevadas (GUGLIELMO et al., 2005).

Embora o presente estudo tenha trabalhado com três velocidades (11,2 km/h, 12,8 km/h e 14,4 km/h) para avaliar a EC, o delineamento transversal pode ser apontado com uma limitação do estudo, pois apenas as relações entre as variáveis podem ser descritas, diferente dos estudos de Paavolainen et al. (1999b) e Millet et al. (2002), que realizaram delineamentos experimentais. Além disso, Turner et al. (2003) demonstraram melhoras na EC com o treinamento pliométrico, entretanto, sem modificações no salto vertical e em outras variáveis que poderiam indicar melhora na capacidade de estocar e utilizar a energia elástica.

No que se refere aos extensores de joelho, foi observado que a PM normalizada pela MC apresentou associação significativa com a  $vVO_{2\text{máx}}$  ( $r = 0,43$ ,

$p < 0,05$ ). Segundo Paavolainen et al. (1999b) o desempenho em corridas de médias e longas distâncias e o PV na esteira, não são influenciados apenas pela potência aeróbia ( $VO_{2\text{máx}}$ ) e a EC, mas também, com as características neuromusculares.

## 5.6 ÍNDICES NEUROMUSCULARES E DESEMPENHO DE CORRIDA

Considerando uma corrida de 5000 metros, a energia despendida pode exceder a potência aeróbia máxima, e os atletas devem ser capazes de manter um nível relativamente elevado de velocidade ao longo da prova, apesar da elevação das concentrações de lactato no músculo (DI PRAMPERO et al., 1993). Enfatizando a importância da PM (capacidade do sistema neuromuscular para produzir energia durante o exercício máximo, quando a produção de energia via glicolítica e/ou oxidativa é elevada e a contratilidade muscular pode ser limitada) nas corridas de médias e longas distâncias (RUSKO; NUMMELA, 1996).

Segundo este contexto, foi apontado que as variáveis neuromusculares de força e potência, realmente podem ser determinantes para o desempenho em corridas de médias e longas distâncias (BERG, 2003, NOAKES, 2003). Assim sendo, na prova de 5000 metros, a intensidade realizada é maior, em relação a distâncias maiores como de 10000 metros (BILLAT, 2001), indicando que para esta prova de corrida os índices neuromusculares podem apresentar maior influência, por causa da maior velocidade aplicada durante seu percurso.

Contudo, embora os índices neuromusculares de força e potência de flexores e extensores de joelho, não se correlacionarem diretamente com o desempenho na corrida de 5000 metros (5km), como demonstrado na tabela 12. Já mencionado anteriormente, a PM apresentou correlação significativa com a  $vVO_{2\text{máx}}$ , e segundo alguns estudos esta variável fisiológica pode ser considerada fundamental para o desempenho em provas de corridas de médias e longas distâncias, tanto para adultos, quanto para adolescentes (ALMARWAEY et al., 2003; COLE et al., 2006; DENADAI et al., 2004; GRANT et al., 1997; MCLAUGHLIN et al., 2010).

## 5.7 ÍNDICES FISIOLÓGICOS E DESEMPENHO DE CORRIDA

O  $VO_{2\text{máx}}$ , apresentou correlação significativa com o desempenho de corrida de 5000 metros, estando de acordo com estudos prévios realizados com

adolescentes (COLE et al., 2006; FERNHALL et al., 1996). O coeficiente de correlação encontrado no presente estudo foi similar ao observado por Cole et al. (2006) ( $r = -0,61$  vs  $r = -0,53$ , respectivamente), que também avaliou o desempenho em uma distância de 5000 metros. Da mesma forma, estudo conduzido por Fernhall et al. (1996) verificou associação significativa entre  $VO_{2\text{máx}}$  e o desempenho na prova de 3 milhas ( $r = -0,70$ ) em adolescente treinados.

Já em provas de maiores distâncias, o  $VO_{2\text{máx}}$  parece apresentar maior relação com o desempenho. Na pesquisa de Mclaughlin et al. (2010) valores de correlação quase perfeito foram observados entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e o desempenho na prova de 16000 metros ( $r = -0,91$ ). De maneira semelhante, no estudo de Noakes et al. (1990) foi verificado coeficiente de correlação muito alto do  $VO_{2\text{máx}}$  com o tempo de corrida na prova de 21,1 km ( $r = -0,81$ ).

Além das associações significativas constatadas na presente pesquisa, a variação no desempenho de corrida na prova de 5000 metros pode ser explicado em 29% pelo  $VO_{2\text{máx}}$ . Deste modo, estas evidências confirmam que o  $VO_{2\text{máx}}$  pode ser um importante determinante no desempenho de provas de meio-fundo e fundo, principalmente em provas com distâncias acima de 10000 metros.

As variáveis de  $VO_{2LV}$  e  $V_{LV}$ , também apresentaram relações significativas com o desempenho na prova de 5000 metros ( $r = 0,52$  e  $r = 0,64$ , respectivamente). Corroborando com estes resultados, a investigação de Fernhall et al. (1996) encontrou coeficiente de correlação significativo entre o  $VO_2$  referente ao LL e o desempenho na prova de 3 milhas ( $r = -0,74$ ). O mesmo ocorreu, no estudo conduzido por Grant et al. (1997) com corredores adultos, sendo que foi observado correlação significativa entre o  $VO_2$  referente ao LL com a velocidade de corrida na prova de 3000 metros ( $r = 0,84$ ), no entanto, semelhante ao presente estudo a velocidade referente ao LL apresentou maiores valores de correlação com a variável de desempenho ( $r = 0,93$ ).

Denadai et al. (2004), demonstraram que o LAn foi o único preditor selecionado na análise de regressão múltipla, e explicou 50% do desempenho na prova de 5000 metros. Os resultados encontrados na presente pesquisa indicam que o  $VO_{2LV}$  explicou 27% da variação no desempenho (t5km), e a  $V_{LV}$  prediz em 40% o desempenho na prova de 5000 metros. E ainda, apesar da homogeneidade do grupo de atletas do estudo de Denadai et al. (2004) ser maior (coeficiente de variação = 5%) em comparação ao nosso estudo (coeficiente de variação = 6%),

como descrito anteriormente, o coeficiente de explicação das variáveis relacionadas ao LV ( $VO_{2LV}$  e  $V_{LV}$ ) para o desempenho de corrida na prova de 5000 metros foi inferior no grupo de adolescentes estudados.

No entanto, com já referido, a limitação do método ventilatório apontada na literatura, pode ter contribuído para estes resultados, isto por que a intensidade referente ao LV, não necessariamente pode ser chamado de LAn, pois é evidenciado que vários parâmetros fisiológicos contribuem para uma maior ventilação durante o exercício físico, ou seja, o aumento detectado na ventilação não pode ser atribuída somente ao tamponamento de ácido láctico (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Em corredores adultos, foi demonstrado no estudo de Stratton et al. (2009) coeficiente muito alto de correlação ( $r = 0,83$ ) entre a velocidade máxima em esteira e o desempenho na prova de 5000 metros (velocidade da corrida). Slattery et al. (2006) verificaram correlação ainda maior do que o estudo de Stratton et al. (2009), porém, entre o PV e o tempo na prova de 3000 metros ( $r = -0,91$ ).

Do mesmo modo, nos adolescentes atletas estudados, também foram verificadas relações significativas entre o PV e o tempo na prova de 5000 metros (t5km), no entanto, com menor magnitude ( $r = -0,47$ ). Poucos estudos com corredores adolescentes trabalharam com relação entre o PV e o desempenho em corridas de meio-fundo e fundo. Entretanto, no estudo administrado por Almarwaey et al. (2003), foi observada correlação alta entre a  $vVO_{2máx}$  e o desempenho na prova de 800 metros ( $r = -0,62$ ). Já Cole et al. (2006) verificaram associação significativa entre a  $vVO_{2máx}$  e o desempenho na prova de 5000 metros ( $r = -0,66$ ).

Neste sentido, o PV prediz o desempenho na prova de 5000 metros em 22%. Embora este coeficiente de determinação, seja menor do que os encontrados em pesquisas anteriores com corredores adultos (SLATTERY et al., 2006; STRATTON et al. 2009). Estes resultados consolidam a importância do PV para corredores adolescentes de longas distâncias, sugerindo que treinadores e atletas insiram esta variável no programa de treinamento, visando melhorar o desempenho.

Em diversos estudos com corredores de meio-fundo e fundo, tanto adultos (DENADAI et al., 2004; GRANT et al., 1997; MCLAUGHLIN et al., 2010), quanto adolescentes (ALMARWAEY et al., 2003; COLE et al., 2006), observam relações significativas entre a variável de EC e desempenho em provas de médias e longas distâncias.

Contrapondo os estudos supracitados, na pesquisa de Fernhall et al. (1996), com corredores adolescentes, foi realizada a análise da EC em velocidade fixa de 12,9 km/h, os resultados deste estudos não apresentaram relação significativa desta variável com o desempenho na prova de 3 milhas ( $r = -0,10$ ,  $p > 0,05$ ). Os autores desta pesquisa apontam que a EC pode ser influenciada pela MC, sendo que, embora corredores mais pesados apresentem artificialmente boa EC, o desempenho na prova de longa distância será ruim, porém, não foram observadas relações significativas entre a MC e a EC no estudo de Fernhall et al. (1996).

No presente estudo, dados interessantes foram observados, a EC (na velocidade fixa de 11,2 km/h) apresentou correlação significativa inversa com o tempo na prova de 5000 metros ( $r = -0,53$ ), além de explicar 28% da variação no desempenho na corrida de 5000 metros, estes resultados indicam que o indivíduo que apresentar maior VO<sub>2</sub> na velocidade de 11,2 km/h, terá um melhor tempo na prova de 5000. Nas outras velocidades (12,8 km/h e 14,4 km/h) também foram verificadas correlações inversas, porém, não significativas.

Em parte, estes resultados podem ser explicados, pelo método de avaliação da EC. Pois, como já referido, quando utilizada velocidade submáxima fixa para avaliar esta variável, não é levado em consideração que a energia equivalente a um volume de O<sub>2</sub> pode variar, em função do substrato metabolizado (FLETCHER et al., 2009). Além disso, os indivíduos com maior VO<sub>2</sub> submáximo na velocidade de 11,2 km/h, possivelmente, também apresentam maior valor de VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> e V<sub>LV</sub>, estes que são índices fisiológicos determinantes para o desempenho na prova de 5000 metros.

Por fim, a variabilidade do desempenho na prova de 5000 metros, foi explicada em 59% pela V<sub>LV</sub> e o VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>, o efeito preditor aumentou para 80%, com a admissão das variáveis de EC na velocidade de 11,2 km/h e PV. Neste sentido, especula-se que a V<sub>LV</sub>, juntamente com o VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>, a EC e o PV, favorece o desempenho na prova de corrida de 5000 metros.

Estes achados estão de acordo com estudo recente, realizado com corredores adultos, os resultados desta investigação apontam que a variável de VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>, em conjunto com o %VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> do LL, a EC (82% do VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>) e o PV em esteira, explicam a variação no desempenho de corrida na prova de 16000 metros em 97,8% (MCLAUGHLIN et al., 2010).

Através destas evidências, é possível observar que em corredores adultos, as variáveis fisiológicas podem prever o desempenho em corridas de longas

distâncias de maneira mais autêntica. Já em adolescentes, apesar do alto coeficiente de determinação (0,80), outras variáveis podem estar envolvidas neste processo, como o crescimento e a maturação biológica, além das diferenças nos protocolos realizados nas pesquisas com adultos comparados a estudos com adolescentes. Desta forma, são sugeridos estudos longitudinais, para afirmar com maior precisão o efeito preditor no desempenho em corridas de longas distâncias.

## 6. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que com relação às variáveis antropométricas, os adolescentes estudados apresentam algumas desvantagens, isto por que foram demonstrados valores elevados em comparação a adolescentes atletas bem treinados, para a massa corporal e o percentual de gordura.

No que se refere às variáveis fisiológicas, foi observado que os protocolos empregados em ambiente laboratorial, tanto no teste máximo, quanto no submáximo, foram adequados para determinar os índices fisiológicos. Além disso, a velocidade média mantida na prova de 5000 metros, esta dentro dos padrões para esta modalidade de corrida, com proporções abaixo da velocidade associada à potência aeróbia e pico de velocidade, e acima da velocidade referente ao limiar ventilatório, assim, caracterizando a predominância aeróbia para esta prova.

Baseado nos resultados apresentados, os adolescentes analisados em sua maioria, não apresentaram qualquer desequilíbrio muscular (relação agonista/antagonista), e também, diferenças mínimas foram observadas entre membros dominante e não dominante. Déficits estes que poderiam prejudicar o desempenho dos atletas na coleta das variáveis de força e potência muscular.

Em relação, a capacidade para predizer o desempenho de corrida na prova de 5000 metros, as evidências obtidas indicam que os índices neuromusculares não apresentam associação significativa com o tempo na prova de 5000 metros, entretanto, este trabalho sugere que estes índices neuromusculares podem aprimorar o desempenho em provas de longas distâncias, de maneira secundária, com auxílio no desempenho de alguns índices fisiológicos preditores de corridas de fundo.

Neste contexto, grande parte dos índices fisiológicos avaliados no presente estudo, apresenta alta capacidade de predição do desempenho na corrida de 5000 metros. Contudo, a velocidade referente ao limiar ventilatório é a variável fisiológica que melhor explica a variabilidade na *performance* da prova de 5000 metros, seguido pela potência aeróbia, economia de corrida na velocidade de 11,2 km/h, e por fim, o pico de velocidade. Além disso, em conjunto estes quatro índices fisiológicos predizem em 80% a variação no desempenho dos 5000 metros.

Os achados principais do presente estudo fornecem informações importantes, sobre quais as principais variáveis fisiológicas, que podem ser inseridas em programas de treinamento para adolescentes fundistas, além de demonstrar que os índices neuromusculares analisados, podem auxiliar de forma secundária na melhora da *performance* em corridas de longas distâncias em atletas adolescentes. Estudos futuros devem ser realizados com delineamentos longitudinais, para obter melhores respostas do grau das mudanças fisiológicas e neuromusculares com o treinamento em adolescentes fundistas.

## REFERÊNCIAS

ABE, D.; YANAGAWA, K.; YAMANOBÉ, K.; TAMURA, K. Assessment of middle distance running performance in sub-elite young runners using energy cost of running. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.77, n.4, p.320-325, 1998.

ALMARWAEY, O. A.; JONES, A. M.; TOLFREY, K. Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.35, n.3, p.480-487, 2003.

AQUINO, C. F.; VAZ, D. V.; BRICIO, R. S.; SILVA, P. L. P.; OCARINO, J. M.; FONSECA, S. T. A utilização da dinamometria isocinética nas ciências do esporte e reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Taguatinga, v.15, n.1, p.93-100, 2007

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription, USA**: Lippincott Williams & Wilkins, 7. ed., 2005.

ARAMPATZIS, A.; DE MONTE, G.; KARAMANIDIS, K.; MOREY-KLAPSING, G.; STAFILIDS, S.; BRUGGEMANN, G. P. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v.209, n.17, p.3345-3357, 2006.

ASTORINO, T. A. Changes in running economy, performance,  $VO_{2max}$ , and injury status in distance runners running during competitive. **Journal of Exercise Physiology**, Duluth, v.11, n.6, p.56-66, 2008.

ASTRAND, P. O.; RODHAL, K. **Textbook of work physiology**. 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 1986.

AZEVEDO, L. F.; BRUM, P. C.; ROSEMBLATT, D.; PERLINGEIRO, P. S.; BARRETO, A. C. P.; NEGRÃO, C. E.; MATOS, L. D. N. J. Características cardíacas e metabólicas de corredores de longa distância do Ambulatório de Cardiologia do Esporte e Exercício, de um hospital terciário. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v.88, n.1, p.17-25, 2007.

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

BAXTER-JONES, A. D. G.; EISENMANN, J. C.; SHERAR, L. B. Controlling for maturation in pediatric exercise science. **Pediatric Exercise Science**, Champaign, v.17, n.1, p.18-30, 2005.

BECKER, M. M. C.; BARBOSE E SILVA, O.; MOREIRA, I. E. G.; VICTOR, E. G. Pressão arterial em adolescentes durante teste ergométrico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v.88, n.3, p.329-333, 2007.

BERG, K. Endurance training and performance in runners. **Sports Medicine**, Auckland, v.33, n.1, p.59-73, 2003.

BILLAT, V. L.; RENOUX, J. C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J. P. Reproducibility of running time to exhaustion at  $VO_{2\text{máx}}$  in subelite runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.26, p.254-257, 1994.

BILLAT, V. L.; KORALSZTEIN, J. P. Significance of the velocity at  $VO_{2\text{máx}}$  and time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, Auckland, v.22, n.2, p.90-108, 1996.

BILLAT, V. L.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G.; KORALSZTEIN, J. P. Interval training at  $VO_{2\text{submáx}}$ : effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, n.1, p.156-163, 1999.

BILLAT, V. L. Interval training for performance: A scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. **Sports Medicine**, Auckland, v.31, n.1, p.13-31, 2001.

BILLAT, V. L.; LEPRETRE, P. M.; HEUGAS, A. M.; KORALSZTEIN, J. P. Energetics of middle-distance running performances in male and female junior using track measurements. **Japanese Journal of Physiology**, Tokyo, v.54, p.125-135, 2004.

BIRD, S. R.; THEAKSTON, S. C.; OWEN, A.; NEVILL, A. M. Characteristics associated with 10-km running performance among a group of highly trained male endurance runners age 21-63 years. **Journal of Aging and Physical Activity**, Champaign, v.11, p.333-350, 2003.

BITTENCOURT, N. F. N.; AMARAL, G. M.; ANJOS, M. T. S.; D'ALESSANDRO, R.; SILVA, A. A.; FONSECA, S. T. Avaliação muscular isocinética da articulação do joelho em atletas das seleções brasileiras infante e juvenil de voleibol masculino. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.11, n.6, p.331-336, 2005.

BOSQUET, L.; LÉGER, L.; LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Medicine**, Auckland, v.32, n.11, p.675-700, 2002.

BRANCO, F. C.; VIANNA, J. M.; DE LIMA, J. R. P. Frequência cardíaca na prescrição de treinamento de corredores de fundo. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Taguatinga, v.12, n.2, p.75-79, 2004.

BRUNETTO, A. F.; SILVA, B. M.; ROSEGUINI, B. T.; HIRAI, D. M.; GUEDES, D. P. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.11, n.1, p.22-27, 2005.

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

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

COLE, A. S.; WOODRUFF, M. E.; HORN, M. P.; MAHON, A. D. Strength, power, and aerobic exercise correlates of 5km cross-country running performance in adolescent runners. **Pediatric Exercise Science**, Champaign, v.18, n.3, p.374-384, 2006.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE ATLETISMO. Recordes brasileiro, mundial e olímpico. Disponível em: <<http://www.cbta.org.br/estatisticas/recordes>>. Acesso em: 05/01/2011.

CONLEY, D. L.; KRAHENBUHL, G. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.12, p.357-360, 1980.

CUNNINGHAM, L. N. Physiologic comparison of adolescent female and male cross-country runners. **Pediatric Exercise Science**, Champaign, v.2, n.4, p.313-321, 1990.

DENADAI, B. S. **Índices fisiológicos da avaliação aeróbia: Conceitos e aplicações**. Ribeirão Preto: B.S.D., 1999.

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

DENADAI, B. S.; CAPUTO, F. Efeitos do treinamento sobre a cinética do consumo de oxigênio durante o exercício realizado nos diferentes domínios de intensidade de esforço. **Motriz**, Rio Claro, v.9, supl.1, p.S1-S7, 2003.

DENADAI, B. S.; ORTIZ, M. J.; MELLO, M. T. Índices fisiológicos associados com a "performance" aeróbia em corredores de "endurance": efeitos de duração da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.10, n.5, p.401-404, 2004.

DENADAI, B. S.; ORTIZ, M. J.; GRECO, C. C.; MELLO, M. T. Interval training at 95% and 100% of the velocity at  $VO_{2\text{máx}}$ : effects on aerobic physiological indexes and running performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, Montreal, v.31, n.6, p.737-743, 2006.

DENNIS, S. C.; NOAKES, T. D. Advantages of a smaller bodymass in humans when distance-running in warm, humid conditions. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v.79, p.280-284, 1999.

DI PRAMPERO, P. E.; CAPELLI, C.; PAGLIARO, P.; ANTONUTTO, G.; GIRARDIS, M.; ZAMPARO, P.; SOULE, R. G. Energetics of Best performances in middle-distance running. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.74, n.5, p.2318-2324, 1993.

- DIEFENTHAELER, F.; CANDOTTI, C. T.; RIBEIRO, J.; OLIVEIRA, A. R. Comparação de respostas fisiológicas absolutas e relativas entre ciclistas e triatletas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.13, n.3, p.205-208, 2007.
- DOWSON, M. N.; NEVILL, M. E.; LAKOMY, H. K. A.; NEVILL, A. M.; HAZELDINE, R. J. Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. **Journal of Sports Sciences**, London, v.16, p.267-265, 1998.
- DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. **Journal of Sports Sciences**, London, v.23, n.10, p.993-1002, 2005.
- DUNCAN, G.; HOWLEY, E. T.; JOHNSON, B. N. Applicability of  $VO_{2max}$  criteria: discontinuous versus continuous protocols. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29, n.2, p.273-278, 1997.
- ELLIOTT, B. C.; BLANKSBY, B. The synchronization of muscle activity and body segment movements during a running cycle. **Medicine and Science in Sports**, Madison, v.11, p.322-327, 1979.
- FAY, L.; LONDEREE, B. R.; LAFONTAINE, T. P.; VOLEK, M. R. Physiological parameters related to distance running performance in female athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21, p.319-324, 1989.
- FERNHALL, B.; KOHRT, W.; BURKETT, L. N.; WALTERS, S. Relationship between the lactate threshold and cross-country run performance in high school male and female runners. **Pediatric Exercise Science**, Champaign, v.8, n.1, p.37-47, 1996.
- FLETCHER, J. R.; ESAU, S. P.; MACINTOSH, B. R. Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.107, p.1918-1922, 2009.
- FONSECA, S. T.; OCARINO, J. M.; DA SILVA, P. L. P.; BRICIO, R. S.; COSTA, C. A.; WANNER, L. L. Caracterização da *performance* muscular em atletas profissionais de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.13, n.3, p.143-147, 2007.
- FOSS, M. L.; KETEYIAN, S. J. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- FOSTER, C.; LUCIA, A. Running economy: The forgotten factor in elite performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.37, n.4-5, p.316-319, 2007.
- GASTIN, P. G. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, Auckland, v.31, n.10, p.725-741, 2001.
- GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. **Stature, Recumbent Length, and Weight**. In LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. Anthropometric Standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics, p. 3-8, 1991.

GOULART, L. F.; DIAS, R. M. R.; ALTIMARI, L. R. Força isocinética de jogadores de futebol categoria sub-20: Comparação entre diferentes posições de jogo. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v.9, n.2, p.165-169, 2007.

GRANT, S.; CRAIG, I.; WILSON, J.; AITCHISON, T. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. **Journal of Sports Sciences**, London, v.15, n.4, p.403-410, 1997.

GUGLIELMO, L. G. A.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Relação da potência aeróbia máxima e da força muscular com a economia de corrida em atletas de *endurance*. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.11, n.1, p.53-56, 2005.

GUGLIELMO, L. G. A.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Effects of strength training on running economy. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.30, n.1, p.27-32, 2009.

HARRISON, G. G.; BUSKIRK, E. R.; CARTER, J. E. L.; JOHNSTON, F. E.; LOHMAN, T. G.; POLLOCK, M. L.; ROCHE, A. F.; WILMORE, J. **Skinfold Thicknesses and measurement technique**. In LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. Anthropometric Standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics, p. 3-8, 1991.

HILL, D. W.; ROWELL, A. L. Running velocity at  $VO_{2\text{máx}}$ . **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, p.114-119, 1996.

HOPKINS, W. G. A new view of statistics. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html>>. Acesso em: 03/01/2011. 2009.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.27, p.1292-1301, 1995.

INGHAM, S. T.; WHYTE, G. P.; PEDLAR, C.; BAILEY, D. M.; DUNMAN, N.; NEVILL, A. M. Determinants of 800-m and 1500-m running performance using allometric models. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.40, n.2, p.345-350, 2008.

IZQUIERDO, M.; HAKKINEN, K.; GONZALEZ-BADILLO, J. J.; IBÁÑEZ, J.; GOROSTIAGA, E. M. Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. **European Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.87, n.3, p.264-271, 2002.

JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, Auckland, v.29, n.6, p.373-386, 2000.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetics cost of outdoor running. **Journal of Sports Sciences**, London, v.14, p.321-327, 1996.

JUNG, A. P. The impact of resistance training on distance running performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.33, n.7, p.539-552, 2003.

KRAEMER, W. J.; VOLER, J. S.; CLARK, K. L.; GORDON, S. E.; PUHL, S. M.; KOZIRIS, L. P.; MCBRIDE, J. M.; TRIPLETT-MCBRIDE, N. T.; PUTUKIAN, M.; NEWTON, R. U.; HÄKKINEN, K.; BUSH, J. A.; SEBASTIANELLI, W. J. Influence of exercise training on physiological and performance changes with weight loss in men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, n.9, p.1320-1329, 1999.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T. J.; KEIZER, H. A.; GEURTEN, P.; VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. **International Journal Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, n.4, p.197-201, 1985.

KUMAGAI, S.; TANAKA, K.; MATSUURA, Y.; MATSUZAKA, A.; HIRAKOBA, K.; ASANO, K. Relationships of the aerobic threshold with the 5 km, 10 km, and 10 mile races. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v.49, p.13-23, 1982.

LACOUR, J. R.; PADILLA, S.; CHATARD, J. C.; ARSAC, L.; BARTHELEMY, J. C. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.62, p.77-82, 1991.

LE GALL, F. L.; LAURENT, T.; ROCHCONGAR, P. Évolution de la force musculaire dès fléchisseurs et extenseurs du genou mesurée par dynamomètre isocinétique concentrique chez le footballeur de haut niveau. **Science and Sports**, Paris, v.14, p.167-172, 1999.

LEGAZ, A.; ESTON, R. Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.39, p.851-856, 2005.

LEVY, W. C.; CERQUEIRA, M. D.; ABRASS, I. B.; SCHWARTZ, R. S.; STRATTON, J. R. Endurance exercise training augments diastolic filling at rest and during exercise in healthy young and older man. **Circulation**, Dallas, v.88, n.1, p.116-126, 1993.

LIAN, O.; ENGBRETSEN, L.; OVREBO, R. V.; BAHR, R. Characteristics of the leg extensors in male volleyball players with jumper's knee. **American Journal of Sports Medicine**, Thousand Oaks, v.24, p.380-385, 1996.

LINDSAY, F. H.; HAWLEY, J. A.; MYBURGH, K. H.; SCHOMER, H. H.; NOAKES, T. D.; DENNIS, S. C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.28, p.1427-1434, 1996.

LOPRINZI, P. D.; BRODOWICZ, G. R. Physiological adaptations and analysis of training content in high school cross-country runners. **Research in Sports Medicine**, Philadelphia, v.16, p.189-202, 2008.

LUCIA, A.; ESTEVE-LANAO, J.; OLIVÁN, J.; GÓMEZ-GALLEGO, F.; SAN JUAN, A. F.; SANTIAGO, C.; PÉREZ, M.; CHAMORRO-VIÑA, C.; FOSTER, C. Physiological characteristics of the best Eritrean runners-exceptional running economy. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, Montreal, v.31, p.530-540, 2006.

MACHADO, F. A.; GUGLIELMO, L. G. A.; DENADAI, B. S. Velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio em meninos de 10 a 15 anos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.8, n.1, p.1-6, 2002.

MAGALHÃES, J.; OLIVEIRA, J.; ASCENSÃO, A.; SOARES, J. M. C. Avaliação isocinética da força muscular de atletas em função do desporto praticado, idade, sexo e posições específicas. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v.1, n.2, p.13-21, 2001.

MAHON, A. D.; DEL CORRAL, P.; HOWE, C. A.; DUNCAN, G. E.; RAY, M. L. Physiological correlates of 3 kilometer running performance in male children. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.17, n.8, p.580-584, 1996.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C. **Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2002.

MALINA, R. M.; EISENMANN, J. C.; CUMMING, S. P.; RIBEIRO, B.; AROSO, J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.91, n.5-6, p.555-562. 2004.

MALISON, E. R.; PLANK, D. M.; BROWN, J. D.; CHEATHAM, C. C.; MAHON, A. D. Running performance in middle-school runners. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.43, n.4, p.383-388, 2003.

MARINO, F. E.; MBAMBO, Z.; KORTEKAAS, E.; WILSON, G.; LAMBERT, M. I.; NOAKES, T. D.; DENNIS, S. C. Advantages of smaller body mass during distance running in warm, humid environments. **Pflügers Archiv European Journal of Physiology**, Berlin, v.441, p.359-367, 2000.

MARTIN, R. H. C.; UEZU, R.; PARRA, S. A.; ARENA, S. S.; BOJIKIAN, L. P.; BÖHME, M. T. S. Auto-avaliação da maturação sexual masculina por meio da utilização de desenhos e fotos. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.15, n.2, p.212-222, 2001.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: Energia, nutrição e desempenho humano**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MCLAUGHLIN, J. E.; HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; THOMPSON, D. L.; FITZHUGH, E. C. Test of classic model for predicting endurance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.42, n.5, p.991-997, 2010.

- MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; JONES, A. M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.37, n.10, p.857-880, 2007.
- MIER, C. M.; TURNER, M. J.; EHSANI, A. A.; SPINA, R. J. Cardiovascular adaptations to 10 days of cycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.83, n.6, p.1900-1906, 1997.
- MILLET, G. P.; JAOUEN, B.; BORRANI, F.; CANDAU, R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO<sub>2</sub> kinetics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, n.8, p.1351-1359, 2002.
- MONTEIRO, W. D.; ARAÚJO, C. G. S. Respostas cardiorrespiratórias e perceptivas para as mesmas velocidades de caminhada e corrida. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v.93, n.3, p.418-425, 2009.
- MORGAN, D. W.; BALDINI, F. D.; MARTIN, P. E.; KOHRT, W. M. Ten kilometer performance and predict velocity at VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> among well-trained male runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.21, p.78-83, 1989.
- MORGAN, D. W.; MARTIN, P. E.; KRAHENBUHL, G. S.; BALDINI, F. D. Variability in running economy and mechanics among trained male runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.23, p.378-383, 1991.
- MORGAN, D. W.; CRAIB, M. W.; KRAHENBUHL, G. S.; WOODALL, K.; JORDAN, S.; FILARSKI, K.; BURLESON, C.; WILLIAMS, T. Daily variability in running economy among well-trained male and female distance runners. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Reston, v.65, n.1, p.72-76, 1994.
- NOAKES, T. D.; MYBURGH, K. H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> test predicts running performance. **Journal of Sports Sciences**, London, v.8, p.35-45, 1990.
- NOAKES, T. Maximal oxygen uptake: 'classical' versus 'contemporary' viewpoints: a rebuttal. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, p.1381-1398, 1998.
- NOAKES, T. Commentary to accompany training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.35, n.2, p.305-306, 2003.
- NUMMELA, A.; KERANEN, T.; MIKKELSSON, L. O. Factors related to top running speed and economy. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.28, n.8, p.655-661, 2007.
- OLIVEIRA, J. C.; BALDISSERA, V.; SIMÕES, H. G.; AGUIAR, A. P.; AZEVEDO, P. H. S. M.; POIAN, P. A. F. O.; PEREZ, S. E. A. Identificação do limiar de lactato e limiar glicêmico em exercícios resistidos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.12, n.6, p.333-338, 2006.

PAAVOLAINEN, L. M.; NUMMELA, A. T.; RUSKO, H. K. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.31, n.1, p.124-130, 1999a.

PAAVOLAINEN, L.; HÄKKINEN, K.; HÄMÄLÄINEN, I.; NUMMELA, A. T.; RUSKO, H. K. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **Journal Applied Physiology**, Bethesda, v.86, p.1527-1533, 1999b.

PADILLA, S.; BOURDIN, M.; BARTHELEMY, J. C.; LACOUR, J. R. Physiological correlates of middle distance running performance. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.65, p.561-566, 1992.

PATE, R. R.; MACERA, C. A.; BAILEY, S. P.; BARTOLI, W. P.; POWELL, K. E. Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.24, n.10, p.1128-1133, 1992.

PEREIRA, M. A.; FREEDSON, P. S.; MALISZEWSKI, A. F. Intraindividual variation during inclined steady-rate treadmill running. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Reston, v.65, n.2, p.184-188, 1994.

PLUIM, B. M.; ZWINDERMAN, A. H.; LAARSE, A.; WALL, E. The athlete's heart: A meta-analysis of cardiac structure and function. **Circulation**, Dallas, v.101, p.336-344, 2000.

POWERS, S. K.; DODD, S.; GARNER, R. Precision of ventilatory and gas exchange alterations as a predictor of the anaerobic threshold. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v.52, p.173-177, 1984.

QUITERIO, A. L.; CARNERO, E. A.; SILVA, A. M.; BRIGHT, B. C.; SARDINHA, L. B. Anthropometric models to predict appendicular lean soft tissue in adolescents athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.41, n.4, p.828-836, 2009.

REILLY, T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. **Journal of Sports Sciences**, London, v.15, p.257-263, 1997.

RIVERA-BROWN, A. M.; RIVERA, M. A.; FRONTERA, W. R. Applicability of criteria for  $VO_{2\max}$  in active adolescents. **Pediatric Exercise Sciences**, Champaign, v.4, p.331-339, 1992.

ROECKER, K.; STRIEGEL, H.; DICKHUTH, H. H. Heart-rate recommendations: transfer between running and cycling exercise? **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.24, p.173-178, 2003.

ROYER, T. D.; MARTIN, P. E. Manipulations of leg mass and moment of inertia: Effects on energy cost of walking. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.37, n.4, p.649-656, 2005.

- RUSKO, H. K.; NUMMELA, A. T. Measurement of maximal and submaximal anaerobic power. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.17, supl.2, p.S89-S130, 1996.
- SAUNDERS, P. U.; PYNE, D. B.; TELFORD, R. D.; HAWLEY, J. A. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine**, Auckland, v.34, n.7, p.465-485. 2004a.
- SAUNDERS, P. U.; PYNE, D. B.; TELFORD, R. D.; HAWLEY, J. A. Reliability and variability of running economy in elite distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.36, n.11, p.1972-1976, 2004b.
- SILVA, A. E. L.; OLIVEIRA, F. R. Estimativa dos limiares ventilatórios através da velocidade máxima em teste incremental. **Motriz**, Rio Claro, v.10, n.1, p.37-41, 2004.
- SIQUEIRA, C. M.; PELEGRINI, F. R. M. M.; FONTANA, M. F.; GREVE, J. M. D. Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: Comparative study among non-athletes, jumper athletes and runner athletes. **Revista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v.57, n.1, p.19-24, 2002.
- SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T. G.; BOILEAN, C. A.; STILLMAN, R. J.; VANVOAN, M. E.; BEMEBN, D. A. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology**, Detroit, v.60, n.5, p.709-723, 1988.
- SLATTERY, K. M.; WALLACE, L. K.; MURPHY, A. J.; COUTTS, A. J. Physiological determinants of three-kilometer running performance in experienced triathletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lawrence Kansas, v.20, n.1, p.47-52, 2006.
- SMITH, T. P.; COOMBES, J. S.; GERAGHTY, D. P. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O<sub>2</sub> uptake and the time for which this can be maintained. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.89, n.3-4, p.337-343, 2003.
- SPURRS, R. W.; MURPHY, A. J.; WATSFORD, M. L. The effect of plyometric training on distance running performance. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.89, n.1, p.1-7, 2003.
- STEIN, R.; MEDEIROS, C. M.; ROSITO, G. A.; ZIMERMAN, L. I.; RIBEIRO, J. P. Intrinsic sinus and atrioventricular node electrophysiologic adaptations in endurance athletes. **Journal of the American College of Cardiology**, San Diego, v.39, n.6, p.1033-1038, 2002.
- STRATTON, E.; O'BRIEN, B. J.; HARVEY, J.; BLITVICH, J.; MCNICOL, A. J.; JANISSEN, D.; PATON, C.; KNEZ, W. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.30, p.40-45, 2009.

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

TAIPALE, R. S.; MIKKOLA, J.; NUMMELA, A.; VESTERINEN, V.; CAPOSTAGNO, B.; WALKER, S.; GITONGA, D.; KRAEMER, W. J.; HÄKKINEN, K. Strength training in endurance runners. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.31, n.7, p.468-476, 2010.

TANNER, J. M. **Growth at adolescence**. 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1962.

TERRERI, A. S. A. P.; GREVE, J. M. D.; AMATUZZI, M. M. Avaliação isocinética no joelho do atleta. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.7, n.5, p.170-174, 2001.

THOMAS, T. R.; ZEBAS, C. J.; BHRKE, M. S.; ARAUJO, J.; ETHERIDGE, G. Physiological and psychological correlates of success in track and field athletes. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.17, n.2, p.102-109, 1983.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TURNER, A. M.; OWINGS, M.; SCHWANE, J. A. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lawrence Kansas, v.17, p.60-67, 2003.

UGRINOWITSCH, C.; BARBANTI, V. O ciclo de alongamento e encurtamento e a "performance" no salto vertical. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.12, n.1, p.85-94, 1998.

UTTER, A. C.; ROBERTSON, R. J.; GREEN, J. M.; SUMINSKI, R. R.; MCANULTY, S. R.; NIEMAN, D. C. Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for walking/running exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.36, n.10, p.1776-1780, 2004.

VIEIRA, G. **Predição da performance aeróbia por meio de testes de campo e de laboratório em corredores de endurance**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VOLKOV, N. I.; SHIRKOVETS, E. A.; BORILKEVICH, V. E. Assessment of aerobic and anaerobic capacity of athletes in treadmill running tests. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v.34, p.121-130, 1975.

WEISS, E. P.; SPINA, R. J.; HOLLOSZY, J. O.; EHSANI, A. A. Gender differences in the decline in aerobic capacity and its physiological determinants during the later decades of life. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.101, n.3, p.938-944, 2006.

WENGER, H. A.; BELL, G. J. The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. **Sports Medicine**, Auckland, v.3, p.346-356, 1986.

WIBOM, R.; HULTMAN, E.; JOHANSSON, M.; MATHEREI, K.; CONSTANTIN-TEODOSIU, D.; SCHANTZ, P. G. Adaptation of mitochondrial ATP production in human skeletal muscle to endurance training and detraining. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.73, p.2004-2010, 1992.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Physiology of sport and exercise**. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics, 1999.

YAMAMOTO, Y.; MIYASHITA, M.; HUGHSON, R. L.; TAMURA, S.; SHINOHARA, M.; MUTOH, Y. The ventilatory threshold gives maximal lactate steady state. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v.63, p.55-59, 1991.

YOSHIDA, T.; UDO, M.; IWAI, K.; CHIDA, M.; ICHIOKA, M.; NAKADOMO, F.; YAMAGUCHI, T. Significance of the contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performances in female athletes. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v.60, p.249-253, 1990.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado para participar do estudo intitulado “**Relação de índices fisiológicos e neuromusculares com o desempenho de corrida em adolescentes fundistas**”. Através de pesquisas como esta, que ocorrem avanços importantes na área da fisiologia e treinamento desportivo, e a sua participação é fundamental. O objetivo desta pesquisa é analisar a associação dos marcadores fisiológicos, potência e força muscular de membros inferiores no desempenho de corrida de adolescentes fundistas.

As avaliações serão realizadas em três dias distintos, no primeiro dia será realizada uma avaliação antropométrica, teste de esforço máximo em uma esteira rolante com utilização de uma máscara para análise de gases e no segundo dia será aplicado um teste submáximo em esteira rolante, ambos na Universidade Federal do Paraná, e por fim, no terceiro dia será aplicado o teste de força e potência muscular no dinamômetro isocinético (CYBEX). Além disso, os pesquisadores irão visitar o ambiente de treinamento para anotar o seu tempo de corrida percorrendo uma distância de 5000 metros. Esta avaliação é contraindicada para indivíduos portadores de qualquer doença mental, cardiovascular, metabólica e/ou neuromuscular que impossibilite a realização adequada dos testes.

A sua participação é voluntária e não está ligada a nenhum custo. Além disso, sua identificação e seus dados coletados são confidenciais, sendo entregue individualmente a cada participante após o término do estudo.

Telefone para contato: (41) 3360-4331

Eu \_\_\_\_\_ estou ciente e declaro que fui esclarecido sobre os objetivos do estudo, sobre os desconfortos que poderei sofrer, assim como os benefícios que poderão resultar deste estudo. Concedo meu acordo de participação de livre e espontânea vontade.

Curitiba \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

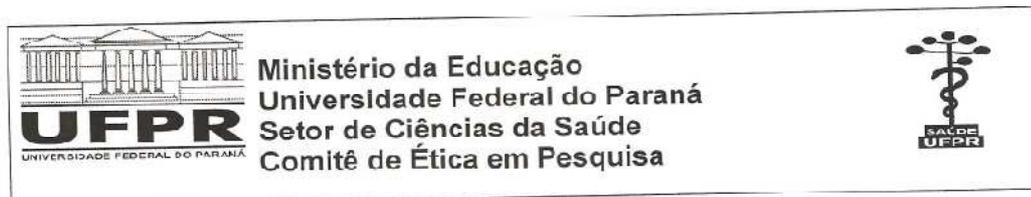
\_\_\_\_\_  
Pesquisador: Rodolfo André Dellagrana

\_\_\_\_\_  
Assinatura dos pais ou responsável

\_\_\_\_\_  
Orientador: Wagner de Campos

**ANEXOS**

## ANEXO 1 – CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITE DE ÉTICA



Curitiba, 23 de setembro de 2010.

Ilmo (a) Sr. (a)  
**Rodolfo André Dellagrana**  
Nesta

Prezado(a) Pesquisador(a),

Comunicamos que o Projeto de Pesquisa intitulado **“Relação de índices fisiológicos e neuromusculares com o desempenho de corrida em adolescentes fundistas”** está de acordo com as normas éticas estabelecidas pela Resolução CNS 196/96, foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da UFPR, em reunião realizada no dia 25 de agosto de 2010 e apresentou pendência(s). Pendência(s) apresentada(s), documento(s) analisado(s) e projeto aprovado em 21 de setembro de 2010.

Registro **CEP/SD:984.109.10.08**

**CAAE: 0064.0.091.000-10**

Conforme a Resolução CNS 196/96, solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos.

**Data para entrega do relatório final ou parcial: 21/03/2011.**

Atenciosamente

**Prof.ª. Dr.ª. Lillian Maria Labronici**  
Coordenadora do Comitê de Ética em  
Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde

*Prof.ª. Dr.ª. Lillian Maria Labronici*  
Coordenadora do Comitê de Ética  
em Pesquisa - SC/UFPR

**ANEXO 2 – MATURAÇÃO SEXUAL****ESTÁGIO 1**

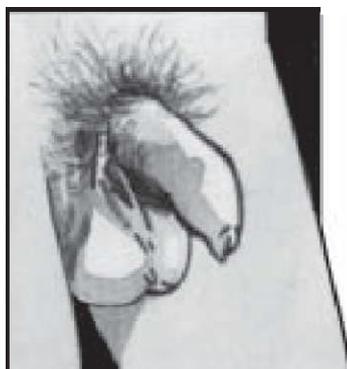
Não existem pelos

**ESTÁGIO 2**

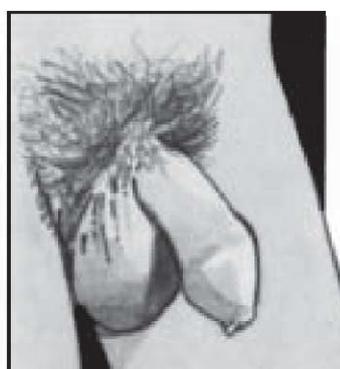
Existem poucos pelos e eles são claros.

**ESTÁGIO 3**

Existem mais pelos que o estágio 2 e eles são mais escuros.

**ESTÁGIO 4**

Os pelos são mais grossos e cobrem uma área maior que a do estágio 3, porém menos

**ESTÁGIO 5**

Quantidade de pelos semelhantes à de um

### **ANEXO 3 – QUESTIONÁRIO DE TREINAMENTO**

#### **Questionário de treinamento no esporte**

Composto por cinco perguntas

- 1) Qual esporte competitivo você pratica?
- 2) Quantos anos você tinha quando iniciou o treinamento nesta modalidade?
- 3) Quantos dias por semana você está engajado no treinamento?
- 4) Você treina mais de uma vez por dia? Se não, indique quanto tempo leva seu treinamento em cada dia da semana. Se sim, indique qual dia da semana você realiza duas vezes o treinamento e o tempo.
- 5) Você normalmente perde o treinamento?
  - a) Algumas vezes.
  - b) Quase nunca.

Descreva as razões que faz com você perca o treinamento.

Necessário a confirmação do treinador do atleta sobre as respostas do questionário.