

Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento

CIDLLAN SILVEIRA GOMES FAIAL

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS NA  
DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE FIBRAS  
MUSCULARES PELO “*FLEGNER POWER TEST*” EM  
FUNDISTAS, MEIO-FUNDISTAS E VELOCISTAS

São José dos Campos, SP  
2006

**Cidllan Silveira Gomes Faial**

“Análise de Componentes Principais na Determinação da Composição de Fibras Musculares pelo “*Flegner Power Test*” em Fundistas, Meio-Fundistas e Velocistas”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Alderico Rodrigues de Paula Jr

São José dos Campos  
2006

F147a

Faial, Cidllan Silveira Gomes

Análise de Componentes Principais na Determinação da  
Composição de Fibras Musculares pelo “*Flegner Power Test*”  
em Fundistas, Meio-Fundistas e Velocistas

/ Cidllan Silveira Gomes Faial. São José dos Campos:  
Univap, 2006.

71 f.: il.; 30cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Biomédica do Instituto de  
Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do  
Paraíba, 2006.

1. Fibras musculares 2 Atletas. 3. Educação Física I. Paula Jr.,  
Alderico Rodrigues, Orient. II. Moraes, Eder R., Co-Orient.  
III. Título

CDU: 611-018.6

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação por processo fotocopiadores ou transmissão eletrônica.

Assinatura do aluno:



Data: 23 de novembro de 2006

**“ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS NA COMPOSIÇÃO DE FIBRAS MUSCULARES PELO “FLEGNER POWER TEST” EM CORREDORES FUNDISTAS, MEIO-FUNDISTAS E VELOCISTAS”**

Cidllan Silveira Gomes Faial

Banca Examinadora:

Prof. Dr. **RODRIGO ALEXIS LAZO OSÓRIO** (UNIVAP) 

Prof. Dr. **EDER REZENDE MORAES** (USP) 

Prof. Dr. **ALDERICO RODRIGUES DE PAULA JR.** (UNIVAP) 

Prof. Dr. **ROBERTO SIMÃO** (UFRJ) 

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco  
Diretor do IP&D - UniVap

## DEDICATÓRIA

*À minha mãe, uma verdadeira guerreira, e se cheguei até este momento, ela foi instrumento de Deus dando-me o dom da vida, ensinando-me a amá-Lo e sempre me educando, apoiando e preparando para enfrentar as dificuldades da vida com perseverança e ternura, mantendo a alegria sem nunca deixar-se abater.*

*Ao meu pai, que sempre se orgulhava de minhas conquistas e onde quer que esteja neste momento possa também se orgulhar e compartilhar comigo desta alegria.*

*Ao meu irmão Allan e sua família que ao longo de toda minha vida foi amigo, companheiro e sempre me deu forças a continuar. Às minhas sobrinhas, Aline; Gabriella, minha afilhada e estimada Gabi; e Allida, meu querido Bicho ou Bichinho.*

*À minha irmã que sempre comigo carinhosa, cuidadosa, preocupada procurando sempre o melhor para mim. Não esqueço também do Fábio que, antes já era amigo, agora se tornou mais que cunhado, irmão e parceiro. Não posso deixar de dedicar também à Maria Clara e ao Gabriel, meus mais novos sobrinhos muito queridos.*

*À minha muito querida Ligia, pela força, apoio e incentivo; lembrando que sua dedicação ao estudo e busca pela qualificação profissional sempre foram exemplos e motivos de conquista para mim.*

*Finalmente àqueles que de alguma forma possam beneficiar-se deste trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente agradeço a Deus pela vida e sua presença viva em meu dia-a-dia.*

*Ao professor Doutor Eder que com grande sabedoria e seriedade distinguia e conciliava a orientação com amizade, exigindo resultados e mostrando os caminhos para obtê-los, sem deixar de lado o apoio de amigo, companheiro e irmão. Não posso esquecer também de sua família: Juliana, Helena e Laura, que em todos os momentos, nos quais ocupei, receberam-me com alegria e desprendimento. A vocês o meu reconhecimento que foram essenciais no êxito deste trabalho.*

*Ao professor Doutor Alderico Rodrigues de Paula Junior pelas orientações quanto às análises matemáticas e muitas outras imprescindíveis no fechamento do trabalho.*

*Aos professores Doutores Rodrigo Osório e Roberto Simão por aceitarem compor a mesa demonstrando desprendimento na disponibilidade de seus tempos.*

*Ao amigo Luiz Ferrini, formando em educação física e atleta da PMERJ que participou na coleta de dados e outros momentos importantes do trabalho, e ao Cel. Rabelo, responsável pela equipe de atletismo da PMERJ. Estes juntos viabilizaram o contato com os atletas de corrida utilizados como amostra neste estudo.*

*Aos atletas, participantes anônimos, que voluntariamente se dispuseram a colaborar.*

*A todos os professores e funcionários da UNIVAP que direta ou indiretamente colaboraram com a minha formação e no desenrolar do trabalho em si.*

*Aos colegas de trabalho e alunos da academia; à direção, colegas professores e alunos dos colégios onde sou professor e todos aqueles que de alguma forma colaboraram oferecendo-me sustentação nas diversas etapas deste estudo.*

*Alegrai-vos, Alegrai-vos sempre no Senhor (Fl 4,4).*

*Que a Alegria do Senhor seja a nossa Força (Ne 8,10).*

## RESUMO

As fibras lentas do tipo-I e rápidas do tipo-IIa e tipo-IIb são as mais comuns no músculo esquelético. A porcentagem de cada uma no músculo (composição de fibras musculares – CFM) influencia diretamente os resultados esportivos e a precocidade de sua determinação é um fator decisivo para o sucesso em esportes de alto rendimento. Os modelos indiretos para predição da CFM carecem de caracterização da predominância ou mesmo uma de uma quantidade maior das fibras do tipo IIa. Através do Flegner Power Test” (FPT) e medidas antropométricas, o presente estudo tem como objetivo verificar, pela Análise de Componentes Principais (PCA), se o FPT pode ser empregado para determinação da CFM para três grupos de predominância de fibras musculares: lentas do tipo-I, rápidas do tipo-IIa e rápidas do tipo-IIb. O presente estudo contou com uma amostra de corredores com CFM conhecida para os três tipos de fibras: tipo-I – 8 fundistas ( $30,50 \pm 5,72$  anos; média  $\pm$  DP), tipo-IIa – 8 meio-fundistas ( $24,00 \pm 3,64$  anos; média  $\pm$  DP) e tipo-IIb – 8 velocistas ( $26,25 \pm 6,59$  anos; média  $\pm$  DP). Após as medidas antropométricas, os participantes executaram o FPT. Os resultados do FPT, expressos pela Unidade de Potência Anaeróbica Absoluta (UPAA), foram: Para corredores fundistas:  $118,98 \pm 20,83$ ; meio-fundistas:  $154,96 \pm 13,08$  e velocistas:  $238,19 \pm 27,47$  UPAA. Houve diferença estatística significativa para os 3 grupos, tratados simultaneamente pela ANOVA, para as variáveis de AAPU, PC1 e PC2 ( $p < 3,0 \times 10^{-8}$ ,  $p < 3,7 \times 10^{-9}$  e  $p < 3,7 \times 10^{-7}$ , respectivamente). As médias das variáveis de AAPU e PC1, bem como suas medianas e valores centrais para os três grupos apresentaram valores crescentes do grupo 1 ao grupo 3 (fundistas < meio-fundistas < velocistas). Para o Teste “t”, entre os grupos separadamente, houve também diferença estatística significativa entre suas médias de AAPU, com níveis de significância decrescentes para estas diferenças (grupo 1:2,  $p < 0,01$ ; grupo 2:3,  $p < 1,6 \times 10^{-4}$  e grupo 1:3,  $p < 5,2 \times 10^{-7}$ ). Além do peso corporal, as variáveis de perimetria e diâmetros ósseos apresentaram boa diferenciação entre os grupos ( $p < 0,05$ ), dentre estas a medida biestiloidal apresentou médias com diferenças estatísticas significantes ( $p < 0,02$ ) entre os grupos para os três relacionamentos (grupo 1: 2, grupo 2: 3 e grupo 1: 3). Concluindo, o FPT mostrou-se eficiente na classificação da CFM para as fibras lentas do tipo-I, rápidas do tipo-IIa e IIb. Esta classificação melhorou com a PCA dos dados de AAPU e antropométricos, eliminando de possíveis interferências da proximidade entre grupos. O grupo intermediário foi bem classificado; porém, para uma melhor caracterização deste com relação às fibras IIa, o presente estudo sugere uma amostra incluindo atletas de 800 e 400m.

Palavras-chave: Fibras Musculares, Composição de Fibras Musculares, Teste de Potência Anaeróbica, “Flegner Power Test”, Análise de Componentes Principais – PCA.



Principals components analysis in the determination of the muscular fibers composition for "Flegner power test" in long distance runners, middle-distance runners and sprinters

ABSTRACT.

The slow fibers of the type-I and fast of the type-IIa and type-IIb are the most common in the skeletal muscle. The percentage of each one in the muscle (composition of muscular fibers – CFM) influences directly the sporting results and the precocity of her determination is a decisive factor for the success in sports of high revenue. The indirect models for prediction of CFM need of characterization of the predominance or even one of a larger amount of the fibers of the type IIa. Through Flengner Power Test" (FPT) and anthropometrics measured, the present study has as objectives to verify, by Principals Components Analysis (PCA), if FPT can be used for determination of CFM for three groups of predominance of muscular fibers: slow of the type-I, fast of the type-IIa and fast of the type-IIb. The study present counted with a sample of corridors with CFM known for the three types of fibers: type-I - 8 long distance runners ( $30,50 \pm 5,72$  years; mean  $\pm$  DP), type-IIa - 8 middle distance runners ( $24,00 \pm 3,64$  years; mean  $\pm$  DP) and type-IIb - 8 sprinters ( $26,25 \pm 6,59$  years; mean  $\pm$  DP). After the anthropometrics measures, the participants executed FPT. The results of FPT, expressed by Absolute Anaerobic Power Unit (UPAA), were: For long distance runners –  $118,98 \pm 20,83$ ; middle distance runners –  $154,96 \pm 13,08$  and sprinters:  $238,19 \pm 27,47$  UPAA. There was significant statistical difference for the 3 groups, treated simultaneously by ANOVA, for the variables of AAPU, PC1 and PC2 ( $p < 3,0 \times 10^{-8}$ ,  $p < 3,7 \times 10^{-9}$  and  $p < 3,7 \times 10^{-7}$ , respectively). The means of the variables of AAPU and PC1, as well as their median and central values for the three groups presented growing values of the group 1 to the group 3 (long distance runners < middle distance runners < sprinters). To “t” Test, between the groups separately, there was also significant statistical difference among their means of AAPU, with significance levels decreasing for these differences (group 1:2,  $p < 0,01$ ; group 2:3,  $p < 1,6 \times 10^{-4}$  and group 1:3,  $p < 5,2 \times 10^{-7}$ ). Besides the body weight, the body perimeters variables and bone diameters presented good differentiation among the groups ( $p < 0,05$ ), among these the bi-styloidal measure presented means with significant statistical differences ( $p < 0,02$ ) among the groups for the three relationships (group 1: 2, group 2:3 and group 1:3). Finally, the FPT was shown efficient in the classification of CFM for the slow fibers of the type-I, fast of the type-IIa and IIb. The results got better in PCA of the data of AAPU with the anthropometrics, suggesting the elimination of possible interferences by proximity among groups. The intermediate group was well classified; however, for a better characterization of this regarding the fibers IIa, the present study suggests a sample including athletes of 800 and 400m.

Word-key: Muscular fibers, Muscular Fibers Composition, Anaerobic Power Test, "Flegner Power Test", Principals Components Analysis - PCA.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras:

- 1: Estrutura do retículo sarcoplasmático e os túbulos T envolvendo as miofibrilas dentro do sarcoplasma da fibra muscular..... 7
- 2: Estruturas contráteis da fibra muscular esquelética..... 8
- 3: Formação de ATP na via aeróbica ..... 12
- 4: Esquema de uma Unidade Motora simples ..... 14
- 5: Ordem de recrutamento de fibras musculares (tipo I→IIa→IIb), de acordo com a exigência crescente de força, em resposta ao aumento progressivo da carga..... 15

### Gráficos:

- 1: Porcentagem de informação e cada componente da PCA e porcentagem cumulativa da mesma..... 33
- 2: Espaço das duas primeiras componentes principais da PCA geradas das variáveis originais ..... 34
- 3: Espaço da primeira e terceira componentes principais da PCA geradas das variáveis originais ..... 35
- 4: Espaço da segunda e terceira componentes principais da PCA geradas das variáveis originais ..... 35
- 5: Espaço tridimensional das três componentes principais da PCA juntas, geradas das variáveis originais..... 36
- 6- Gráfico de dispersão dos valores da AAPU para os diferentes grupos, 1- fundistas, 2 meio-fundistas, 3 velocistas..... 38
- 7: Gráfico de dispersão dos valores da primeira componente principal para os diferentes grupos, 1- fundistas, 2 meio-fundistas, 3 velocistas..... 38

## LISTA DE TABELAS

1: Recursos de energia armazenada em uma fibra muscular esquelética típica .....	12
2: Características contráteis, atividade de enzimas selecionadas, e propriedades metabólicas morfológicas dos tipos de fibras musculares esqueléticas humanas .....	13
3: Composição de fibras musculares em atletas de elite e não atletas .....	19
4: Medidas antropométricas e AAPU obtidas dos três grupos .....	31
5: Resultados do FPT para cada grupo, expressos em valores de UPAA .....	33
6: Nível de significância da ANOVA das variáveis para diferença estatística entre os três grupos de atletas .....	37
7: Nível de significância do Teste t para os valores de AAPU entre os grupos separadamente.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAPU – do inglês “Absolut Anaerobic Power Unit”, expressa a unidade de potência anaeróbica absoluta alática do teste de potência Flegner.

AAPUe – é a AAPU estimada a partir da massa corporal magra.

A. CAP – do inglês “Anaerobic Capacity”, unidade que expressa a capacidade anaeróbica.

ADP – composto químico formado por uma molécula de adenosina ligada a fosfato de fosfato (P).

ATP – composto químico formado por uma molécula de adenosina ligada a três de fosfato (P).

ATP-CP – sistema de fornecimento de ATP pela fosfocreatina.

Ca<sup>++</sup> - íon cálcio de carga positiva.

CFM – Composição de Fibras Musculares esqueléticas.

CP – fosfocreatina ou creatina fosfato, composto formado pela creatina ligada a um fosfato.

FPT – do inglês “Flegner Power Test”, teste de potência anaeróbica alática proposto por Flegner (1983)

MAP – do inglês “Maximal Anaerobic Power”, unidade que expressa a potência anaeróbica máxima.

MCM – Massa Corporal Magra

PCA – do inglês “Principals Components Analysis”, análise estatística que reduz o espaço multidimensional dos dados originais em duas componentes principais.

PFM – Predominância de Fibras Musculares.

Pi – um átomo de fosfato inorgânico

Tipo-I, IIa e IIb – tipos específicos de fibras musculares, lentas I e rápidas II com suas subdivisões

VO<sub>2</sub> – Unidade de medida do consumo de oxigênio.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	3
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 Objetivos gerais	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 O MÚSCULO ESQUELÉTICO	6
2.2 A CONTRAÇÃO MUSCULAR	9
2.3 A ENERGIA DA CONTRAÇÃO MUSCULAR	10
2.4 CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES	12
2.5 UNIDADE MOTORA	14
2.6 ATIVIDADE DA FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA	16
2.7 COMPOSIÇÃO DE FIBRAS NO MÚSCULO ESQUELÉTICO	17
2.8 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE FIBRAS MUSCULARES	19
2.9 O TESTE DE POTÊNCIA FLEGNER	21
2.10 A ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	23
3 METODOLOGIA	25
3.1 SUJEITOS	25
3.2 CRITÉRIO DE SELEÇÃO	25
3.3 INSTRUMENTAÇÃO	26
3.4 PESSOAL	27
3.5 COLETA DE DADOS	27
3.5.1 Antropometria	28
3.5.2 Teste de Potência Flegner	29

3.5.3 Análise de Componentes Principais (PCA)	30
3.6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	30
4 RESULTADOS	31
4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA	31
4.1.1 Resultado das Medidas Antropométricas	31
4.1.2 Resultados do Teste de Potência Flegner (FPT)	33
4.2 COMPONENTES PRINCIPAIS	33
4.3 ESTATÍSTICA INFERENCIAL	36
4.3.1 ANOVA dos dados de AAPU, PC1 e PC2	36
4.3.2 Teste “t” da AAPU entre os grupos	37
4.3.3 Dispersão dos valores de AAPU e PC1	37
5 DISCUSSÃO	39
6 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	42
ANEXO A	53
ANEXO B	54
ANEXO C	55
ANEXO D	56
ANEXO E	57
ANEXO F	58

## 1.INTRODUÇÃO

Qualquer movimento humano, dos menores e mais simples como piscar de olhos, aos mais complexos e vigorosos como corrida ou levantamentos de peso, é gerado pela ação muscular. O músculo é o único tecido do corpo humano capaz de produzir força e, biomecanicamente, a única estrutura ativa do corpo (HALL, 2000).

Os músculos esqueléticos, com  $\pm$  434 músculos, constituem aproximadamente 40-45% da massa corpórea. Mesmo com essa quantidade de músculos voluntários, apenas 75 pares estão envolvidos na postura geral e movimentos do corpo (RASCH, 1991). Sua principal função é transformar energia química em energia mecânica em torno de uma ou mais articulação ao qual atravessa. Esta energia mecânica desencadeia o movimento das estruturas ósseas através do mecanismo da contração muscular (LAURINO; ALLOZA, 1994).

Os músculos são compostos de diversas células musculares ou sarcômeros que também são chamadas de fibras musculares, cujos diâmetros variam de 10 a 80 micrômetros (GUYTON, 2002). Há dois principais tipos de fibras musculares: Fibras lentas (tipo I) e rápidas (Tipos II). Estas últimas apresentam mais subdivisões, sendo as mais importantes as do tipo Iia e Iib (WILMORE; COSTILL, 2001).

Os tipos de fibras musculares e sua composição envolvem diversas atividades do ser humano e seu estado de saúde como: Produção hormonal (BAHI et al., 2005), idade e crescimento (DESCHENES, 2004; HUSOM et al., 2005; CANEPARI et al., 2005), arquitetura muscular (BLEMKER; DELP, 2005; LINDSTEDT et al., 1998; LINDSTEDT; KAMEN, 2005; BACH et al., 2004) e principalmente em doenças relacionadas à estrutura e função muscular (KARAKELIDES; SREEKUMARAN, 2005; KRIVICKAS et al., 2000; CARROLL et al., 2005; RAO et al., 2005; LAING et al., 2004). Há ainda o foco na correlação dos tipos de fibras com a respiração (POLLA et al., 2004), postura (SHENKMAN et al., 2004) e atividades cotidianas (RATEL et al., 2004; HOSTENS; RAMON, 2005; KERN et al., 2001).

Nas ciências do esporte, diversos estudos relatam os diferentes tipos de fibra e sua interferência no desempenho aeróbico (GARLAND et al., 2003; ZAWADOWSKA et al., 2004), anaeróbico (WIDRICK et al., 1996; KOMI et al., 1997; BARSTOW et al., 1996) e em ambos (INBAR et al., 1981; HARBER et al., 2004; PUTMAN et al., 2004), na flexibilidade (KOFOTOLIS et al., 2005), nas alterações musculares de ordem morfológicas (PRINCE et al., 1981; BLEMKER; DELP, 2005; LINDSTEDT et al., 1998; KNIGHT; KAMEN, 2005; FRIEDMANN et al., 2004; FRY, 2004) e fisiológicas (HANSEN et al.,

2005). Dentre outros, a fadiga muscular correlaciona-se diretamente com as fibras musculares em pessoas normais do sexo masculino (WEIR et al., 2000; HAMADA et al., 2003), feminino (WRETLING et al., 1997) e de ambos os sexos (WRETLING; HENRISON-LARSEN, 1998; VON TSCHARNER; GOEPFERT, 2003; KERN et al., 2001; BRIAN et al., 2003; LARIVIE`RE et al., 2003). Não obstante, pesquisas baseadas no ganho ou perda de massa corporal (MICHEL et al., 2004; MUTUNGI; RANATUNGA, 2000; THOMSON; GORDON, 2005) atendem para crescimento e desenvolvimento (VAN PRAAGH; DORE, 2002; KELLER et al., 2000), envelhecimento (KARAKELIDES; SREEKUMARAN, 2005; THOMSON; GORDON, 2005) e também para objetivos estéticos – na busca da melhor forma corporal (GARCIA; LEMOS, 2003; DAMASCENO et al., 2005).

Observando uma correlação positiva entre a Composição de Fibras Musculares (CFM) e potência anaeróbica em atletas e que a predominância de fibras de contração rápida afeta diretamente a potência anaeróbica absoluta; Flegner (1983) propôs o Teste de Potência Flegner (FPT – do inglês “Flegner Power Test”), um teste de campo que, combinado com massa corporal magra, estima a CFM; isto é, predominância de fibras musculares rápidas ou lentas.

Mais tarde, Coutinho (2002) com uma amostra de atletas com CFM conhecida por resultados em esportes específicos (CFM rápidas: velocistas, CFM lentas: fundistas; e para CFM mista, jogadores de futebol) desenvolveu três modelos matemáticos para prever a CFM (rápidas, lentas e mistas, respectivamente) nos membros inferiores, confirmando os resultados do FPT para medir potência anaeróbica alática. Este introduziu um método de diferenciação de com mais uma característica: a CFM mista, de certa forma difícil de descrever, pois o futebol pode apresentar atletas com características muito heterogêneas e não um grupo de atletas que não possuem predominância de fibras musculares.

Ao considerar a classificação para três tipos de fibras musculares, lentas do tipo-I, rápidas do tipo-IIa oxidativas e rápidas do tipo-IIb não-oxidativas, nota-se que o terceiro grupo apresentado por Coutinho (2002) não representa a especificidade de uma predominância ou quantidade maior de fibras do tipo-IIa em relação aos outros grupos, ou mesmo um grupo que possua uma distribuição equilibrada de fibras do tipo-I e II. Não obstante, há a possibilidade de os três grupos apresentarem características antropométricas também distintas, devido a diversos fatores ligados à CFM (WILMORE; COSTILL, 2001).

Sendo a análise de componentes principais (PCA – do inglês Principal Component Analysis), uma ferramenta eficaz na redução de um conjunto de variáveis multidimensionais



em apenas duas componentes principais, facilitando a identificação das mais importantes e a classificação de grupos; esta melhor se aplica para o caso. As medidas antropométricas de cada atleta com seus respectivos resultados no FPT formam um conjunto de variáveis multidimensional que assim tratados se reduzem em a um espaço bidimensional de duas Componentes Principais.

Diante da predominância de fibras não específica (ou uma quantidade maior de fibras do tipo-IIa) ou mesmo uma distribuição equilibrada de fibras do tipo-I e II, apresentada por Coutinho e a característica dos dados, o presente estudo tem como objetivo verificar através da PCA se o FPT, juntamente com medidas antropométricas, pode ser empregado na classificação da CFM para três tipos de fibras: Lentas do tipo-I, rápidas do tipo-IIa (ou quantidade equilibrada de fibras musculares, em vez da CFM mista) e rápidas do tipo-IIb.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

Com a exigência cada vez maior de resultados nos esportes de alto nível, o planejamento científico do treinamento, as características de cada esporte; somados a uma busca freqüente por uma forma física “ideal”; o ganho de massa muscular, bem como amenizar sua perda (sarcopenia), seja por doença ou envelhecimento, tornam o conhecimento sobre o perfil de composição muscular um fator essencial para atender a toda esta demanda, e possivelmente outras.

A grande dificuldade de implementação de métodos invasivos (biópsia), seja por questões estruturais e financeiras ou até mesmo de bioética, torna estes procedimentos praticamente inviáveis, principalmente para o dia-a-dia do professor de educação física tanto na preparação física de atletas como para aulas ou atendimento personalizados de seus alunos/atletas. Daí a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de métodos alternativos não invasivos, que possam oferecer respostas consistentes com validade e fidedignidade sobre a composição de fibras musculares, sempre voltados para a praticidade de aplicação dos mesmos.

Dentre os modelos apresentados para detecção da composição de fibras musculares utilizando testes de campo, o “Flegner Power Test” e o teste de 1RM (carga máxima para uma repetição de um movimento completo) apresentaram de forma distinta resultados para dois perfis de composição muscular; isto é, a composição de fibras musculares lentas e rápidas. Mais à frente Coutinho (2002), com uma amostragem intencional (atletas com perfil de

composição de fibras definido por resultados “expressivos” em suas especificidades esportivas), combinando o FPT com o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e análise de lactato, propôs um modelo para predição da composição de fibras musculares em atletas para três características de predominância de fibras musculares, composição de fibras com predominância de fibras rápidas (velocistas), predominância de fibras lentas (fundistas) e um terceiro grupo, que chamou de composição mista de fibras (formado por jogadores de futebol).

Este último estudo aperfeiçoou o trabalho de Flegner (1984) com a utilização de grupos de atletas com características de predominância de fibras mais específica para fibras rápidas e lentas (velocistas e fundistas, respectivamente), e a inclusão de um terceiro grupo com mais um perfil de predominância de fibras. Porém, a escolha de jogadores de futebol não permitiu uma identificação clara deste terceiro grupo ao qual chamou de composição mista. Portanto a falta de especificidade deste terceiro grupo criou a necessidade de se identificar um grupo de atletas com uma característica de composição de fibras mais específica, e também um modelo de identificação de composição de fibras que possa diferenciar três grupos com características mais específicas para os mesmos.

Considerando que as fibras musculares possuem três principais tipos distintos, as fibras lentas do tipo I, rápidas do tipo IIa e rápidas do tipo IIb, e que estas respondem diferentemente a estímulos de força, velocidade e resistência. Resta saber se grupos de corredores de diferentes níveis de exigência, em termos de velocidade e resistência (fundistas, meio-fundistas e velocistas), possa atender a esta diferenciação.

Sendo o FPT um teste de potência anaeróbica alática, espera-se que os diferentes grupos respondam também de forma diferente ao mesmo, isto é, obtendo valores médios de AAPU diferentes entre si. Isto, juntamente com variáveis antropométricas dos três grupos, tende a certificar o mesmo como um preditor para composição de fibras musculares.

Os grupos com uma amostragem intencional de resultados “expressivos” em esportes específicos podem não apresentar diferenças entre si, principalmente com relação às suas características antropométricas e também para o FPT. Resta saber se a análise de componentes principais pode ser empregada para tratamento destes dados, com resultados satisfatórios; visto que, seu objetivo é reunir o máximo de informação de um conjunto de variáveis, reduzindo sua análise a apenas duas dimensões; isto é, componentes principais.

Enfim, não foi encontrado na literatura até o momento um método indireto, que a partir de teste de campo, possa fazer a predição de composição de fibras musculares que

verifique a predominância característica para os três principais tipos de fibras musculares: predominância de fibras musculares lentas do tipo I, predominância de fibras musculares rápidas do tipo IIa e predominância de fibras musculares rápidas do tipo IIb. Pode também não ser uma predominância de fibras do tipo IIa, visto que esta é uma subdivisão das fibras do tipo II; mas sim uma quantidade maior desta subdivisão, em relação aos outros grupos, ao qual permitiria um resultado mais expressivo no fornecimento ATPs para atividades onde as características morfológicas e metabólicas das fibras do tipo IIa estariam mais apropriadas.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Este estudo tem por objetivo principal verificar, pela análise de componentes principais, se o “*Flegner Power Test*” pode ser empregado na determinação da composição de fibras musculares para os três grupos de predominância dos principais tipos de fibras musculares: lentas do tipo I, rápidas do tipo IIa e rápidas do tipo IIb.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Verificar se a análise de componentes principais aplicada ao FPT juntamente com variáveis antropométricas pode ser empregada para classificação de composição de fibras musculares;
2. Verificar se há diferenças nas variáveis antropométricas para os três grupos distintos entre si;
3. Verificar se os corredores de 1500m representam realmente o grupo para predominância de fibras do tipo IIa.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O MÚSCULO ESQUELÉTICO

O músculo esquelético é composto de inúmeras fibras que são as células do tecido muscular, variam de 10 a 80 micrômetros de diâmetros e, na maioria dos músculos se estendem por todo o seu comprimento. Com exceção de apenas 2%, cada fibra é inervada por apenas uma só terminação nervosa, próxima à sua parte média. Envoltas pelo sarcolema (membrana que envolve as fibras musculares), essas fibras por sua vez se subdividem em várias miofibrilas suspensas dentro de seu sarcoplasma (citoplasma da célula muscular) (GUYTON, 2002).

Além das miofibrilas o sarcoplasma contém diversas substâncias, tais como: mioglobina, gordura, glicogênio, fosfocreatina, ATP, dentre outras necessárias à célula (COUTINHO, 2002).

Os vasos sanguíneos, juntamente com os tecidos conjuntivos, penetram no músculo paralelamente às miofibrilas de modo a suprir, cada uma, de sangue oxigenado e, ao mesmo tempo, remover os produtos nocivos ao meio. Dos nervos destinados ao músculo, que também o penetram juntamente com os vasos, cerca de 60% são motores e 40% sensoriais que mantêm o sistema nervoso central informado de sobre dor e orientação das áreas corporais dos órgãos sensoriais (COUTINHO, 2002).

As fibras musculares são organizadas em feixes, que são chamados de fascículo. Os miofilamentos compreendem as miofibrilas que consiste em milhares de fibrilas (WEISS; ORON, 1992). Na extremidade de cada fibra muscular, a camada superficial do sarcolema se funde a uma fibra tendinosa formando os tendões musculares que se prendem aos ossos (GUYTON, 2002). Os tendões são os responsáveis pela transmissão da tensão gerada pelo músculo ao osso, para produzir o movimento (RASCH, 1991).

Paralelamente entre as miofibrilas, encontra-se o retículo sarcoplasmático, uma rede longitudinal de túbulos formando alças em torno delas que serve como local de armazenamento de cálcio, essencial para contração muscular. Transversalmente às miofibrilas e junto ao retículo sarcoplasmático, há também os túbulos transversos (T) que são extensões do sarcolema as quais permitem que os impulsos nervosos recebidos pelo sarcolema sejam rapidamente transmitidos às miofibrilas como representados na figura 1 (WILMORE; COSTILL, 2001).

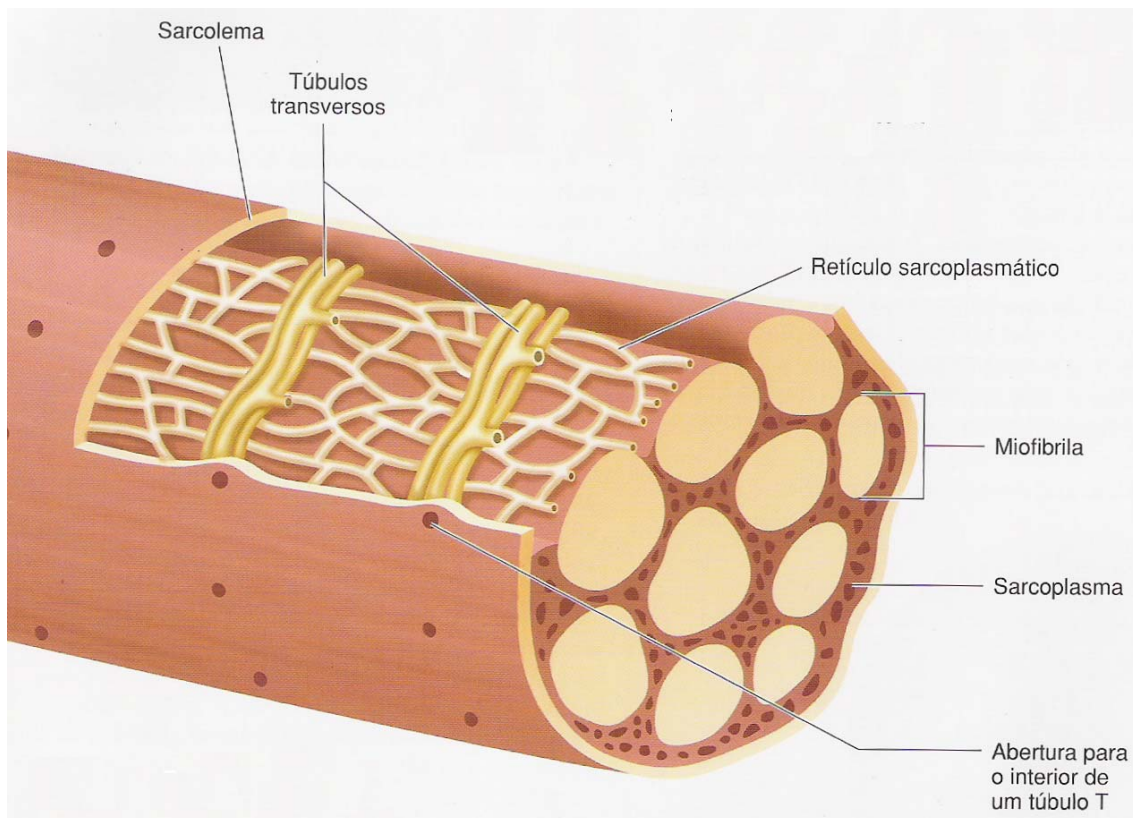


Figura 1: Estrutura do retículo sarcoplasmático e os túbulos T envolvendo as miofibrilas dentro do sarcoplasma da fibra muscular.

As miofibrilas são formações cilíndricas de comprimento igual ao da fibra muscular, dispostas paralelamente. As estrias apresentam um padrão no qual, regiões mais densas e escuras, as bandas A (anisotrópicas), que contêm os filamentos grossos, se alternam com regiões menos densas e, portanto mais claras, as bandas I (isotrópicas), contendo filamentos finos. Cada banda I contém centralmente uma fina região escura, a linha Z. Entre uma linha Z e outra constitui um sarcômero, este é a unidade funcional básica (unidade contrátil) de uma miofibrila que é formada por numerosos sarcômeros unidos em série por suas extremidades nas linhas Z. A unidade contrátil ou sarcômero contém miofilamentos chamados de miosina e actina (WILMORE; COSTILL, 2001).

Cada fibra muscular contém várias centenas a vários milhares de miofibrilas, que por sua vez é formada por cerca de 1.500 filamentos grossos de miosina adjacentes e 3.000 filamentos finos de actina; sendo estas grandes moléculas polimerizadas, responsáveis pela contração muscular (GUYTON, 2002).

O filamento grosso é constituído por um tipo de proteína, a miosina; cada filamento grosso contém cerca de 200 ou mais moléculas de miosina. Ela compreende em torno de 58% do total de proteínas existentes no músculo; isto é, próximo de dois terços das proteínas totais

do músculo esquelético. Possui uma morfologia alongada com aproximadamente 15 nm de comprimento. Cada molécula de miosina é composta de dois filamentos protéicos retorcidos conjuntamente que em suas extremidades é envolta numa cabeça globular denominada cabeça de miosina. Um filamento contém várias dessas cabeças, as quais formam as pontes cruzadas que interagem durante a ação muscular com sítios ativos especializados sobre os filamentos de actina (WILMORE; COSTILL, 2001; GUYTON, 2002; HOWARD, 1984).

O filamento fino é constituído por três proteínas principais: a actina (que juntamente com a miosina promove diretamente a contração muscular), a tropomiosina e a troponina, que atuam como moléculas controladoras, ou reguladoras, desencadeando ou inibindo o processo da contração muscular. A tropomiosina é uma proteína em forma de tubo que se retorce em torno dos filamentos de actina, encaixando-se na incisura excentente entre eles. A troponina é uma proteína mais complexa que se fixa em intervalos regulares, tanto aos filamentos de actina quanto aos de tropomiosina (WILMORE; COSTILL, 2001). No repouso a troponina e tropomiosina bloqueiam os sítios ativos sobre o filamento de actina e assim inibem a interação de actina e miosina (Figura 2) (GOULD, 1993).

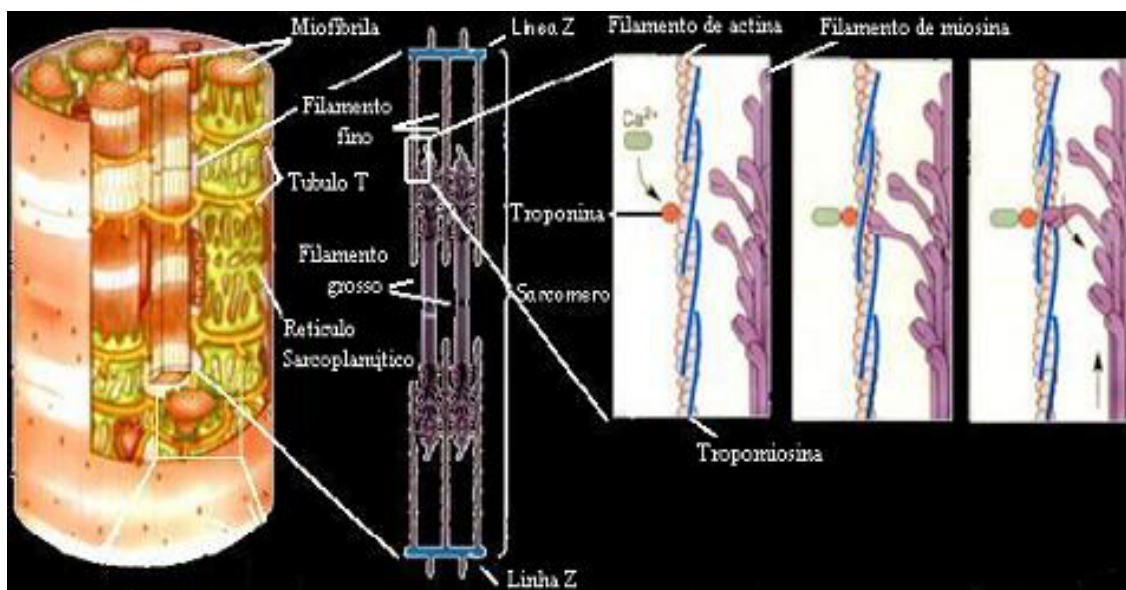


Figura 2: Estruturas contráteis da fibra muscular esquelética.

## 2.2 A CONTRAÇÃO MUSCULAR

Os músculos do corpo são os geradores de força interna que convergem energia armazenada quimicamente em trabalho mecânico (RASCH, 1991), através da contração muscular, mais especificamente de suas fibras. Para que haja a contração de uma fibra muscular esquelética é necessário que ela seja estimulada pelo motoneurônio, através da junção neuro-muscular. Quando o axônio de um motoneurônio chega ao músculo ele se divide em vários terminais, cada qual ligado a uma fibra muscular, formando uma região especializada denominada placa motora. Cada fibra muscular pode ter uma ou várias placas motoras. Ao conjunto do corpo celular do motoneurônio – seu axônio e as fibras musculares inervadas por ele – dá-se o nome de unidade motora. As unidades motoras são as unidades básicas da atividade motora (DOUGLAS, 2002).

Para Foss e Keteyan (2000) o mecanismo da contração muscular ocorre em cinco fases ordenadas em uma seqüência de eventos mecânicos e fisiológicos que sustentam a teoria do deslizamento dos filamentos:

Fase I (Repouso) – As pontes cruzadas dos filamentos de miosina não interagindo com os filamentos de actina, estendem-se na direção do osso. Uma molécula de ATP ligada à extremidade da ponte cruzada forma um complexo ATP-ponte cruzada “não carregado”. O cálcio na forma  $Ca^{++}$ , armazenado em grandes quantidades nas vesículas do retículo sarcoplasmático, provoca a ausência de  $Ca^{++}$  livre. Assim, a troponina e a tropomiosina do filamento de actina inibem a ligação entre a ponte cruzada de miosina e actina, estabelecendo uma ligação não acoplada.

Fase II (excitação-acoplagem) – Um impulso que alcança a placa motora libera acetilcolina gerando um impulso (potencial de ação) no sarcolema da fibra muscular, propagando-se rapidamente por toda a fibra pelos túbulos T. Em seu percurso, desencadeia a liberação de  $Ca^{++}$  pelas vesículas do retículo, sendo captado pelas moléculas de troponina sobre os filamentos de actina. A ligação (ativação) resulta das alterações desencadeadas pelos íons de  $Ca^{++}$  na conformação (estrutura) da troponina e da tropomiosina. Simultaneamente, o complexo ATP-ponte cruzada “não-carregado” se transforma em “carregado”, resultando em uma acoplagem físico-química de actina e miosina (complexo actomiosina) que se caracteriza como um gerador de força.

Fase III (contração) – A formação da actomiosina ativa a miosina ATPase desencadeando a quebra do ATP em ADP e Pi (fosfato inorgânico), liberando grande

quantidade de energia. Esta energia permite a translocação da ponte cruzada para um novo ângulo, de forma que o filamento de actina, ao qual está preso, deslize sobre o filamento de miosina até o centro do sarcômero, desenvolvendo tensão e encurtamento muscular.

Fase IV (restauração) – A primeira etapa da restauração da carga (recarregamento), consiste na destruição da antiga ligação entre a actina e a ponte cruzada de miosina com uma nova molécula de ATP. Essa nova molécula de ATP desfaz a ligação entre a ponte cruzada, miosina e local ativo sobre os filamentos de actina. A ponte cruzada de ATP separa-se da actina dispondo tanto a ponte cruzada, quanto o local ativo para reciclagem.

Fase V (relaxamento) – Quando o fluxo de impulsos nervosos cessa sobre a placa motora o  $\text{Ca}^{++}$  separa-se da troponina e passa a ser bombeado ativamente pela bomba de cálcio para ser armazenado nas vesículas externas do retículo sarcoplasmático. A remoção de  $\text{Ca}^{++}$  altera a interação troponina-tropomiosina, “desativando” o filamento de actina, e assim, interrompendo a formação dos complexos ATP-ponte cruzada. A atividade ATPase de miosina também é desativada, cessando todo e qualquer fracionamento de ATP. Os filamentos musculares retornam às suas posições originais e o músculo relaxa.

Este processo é também chamado de teoria do filamento deslizante (WILMORE; COSTILL, 2001; MARTINI, 2000), pode ser visualizado em três etapas de ampliações dos filamentos de actina e miosina na figura 2. É importante ressaltar também que, tanto a velocidade de contração das fibras musculares, como a força e a resistência à fadiga, dependem das características do tipo de fibras musculares e sua composição no músculo (HAMADA; et al., 2003; KOMI et al., 1977; WIDRICK et al., 1996).

### **2.3 A ENERGIA DA CONTRAÇÃO MUSCULAR**

Segundo Douglas (2002), a contração muscular se dá pelo consumo de energia proveniente da hidrólise do ATP. Graças a isto é que há o desenvolvimento de trabalho, apesar de cerca de 80% da energia gasta ser transformada em calor. A deficiência energética deve ser saldada, mesmo durante o processo contrátil, já que é necessário um novo suprimento de ATP para a desconexão da actina com a miosina. Este ATP é fornecido, de modo mais imediato, pela disponibilidade de fosfocreatina, de modo que após a liberação para a contração proveniente da quebra do ATP ( $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$ ), o ADP é refosforilado a ATP através do fornecimento de fosfato pela fosfocreatina ( $\text{ADP} + \text{fosfocreatina} \rightarrow \text{ATP} +$



creatina). Normalmente, há aproximadamente 25 vezes mais fosfocreatina do que ATP, havendo um reservatório adequado.

A fosfocreatina é formada através do armazenamento de energia do ATP em sua molécula (creatina + ATP → ADP + fosfocreatina). O ATP é fornecido através de duas vias metabólicas:

a) Via anaeróbica

a.1- Sistema ATP – CP ou anaeróbico alático

É o primeiro sistema a agir, o organismo lança mão de suas reservas que poderiam ser chamadas de emergência, usando a energia proveniente do sistema ATP – CP ou adenosina trifosfato – fosfato de creatina. Como este mecanismo é independente da presença de oxigênio e não há formação de ácido láctico, esta via é denominada anaeróbica alática.

A concentração de ATP celular é, em média, de 2,43 mmoles/100g de tecido seco, sendo esta reserva totalmente consumida em dois segundos, correspondendo à energia responsável talvez para um velocista apenas sair de sua marca. Passa então o organismo a utilizar a reserva de creatina – fosfato (CP), calculada em termos de 6,78 mmoles/100g de tecido seco, que é consumida até a altura de 0,10 s de exercício.

Neste mecanismo, a primeira enzima que se ativa é a creatina fosfoquinase (CPK) que quebra a molécula de CP e a energia liberada é usada na re-síntese de ATP.

As principais características deste sistema são alta potência, liberando grande energia em um espaço pequeno de tempo; e baixa capacidade.

a 2 – Metabolismo glicolítico ou anaeróbico láctico

Quando há necessidade de disponibilidade energética, o glicogênio volta à forma de glicose e por uma série de reações, onde a enzima chave é a fosfofrutoquinase, chega até ácido pirúvico. A esse nível duas situações poderiam ocorrer, se houver altas ou baixas taxas de oxigênio em nível celular.

Em condições onde a taxa de oxigênio é baixa o ácido pirúvico será metabolizado formando duas unidades de ATP e ácido láctico, sendo esta via a anaeróbica láctica.

Este sistema opera predominantemente até 30-40s do exercício intenso, sendo sua contribuição fundamental para eventos, como corridas de 400m ou provas de 100m nos diferentes tipos de estilos de natação.

Comparado ao sistema ATP-CP, o processo glicolítico, é de menor potência e de maior capacidade.

## b) Via aeróbica

Já na presença de oxigênio, o ácido pirúvico formado pela glicose, vai até acetil-coenzima A, que através das etapas do ciclo de Krebs, ou do ácido cítrico, dará origem a 38 moléculas de ATP, água e gás carbônico. Por utilizar oxigênio, esta via é denominada de aeróbica (Figura 3).

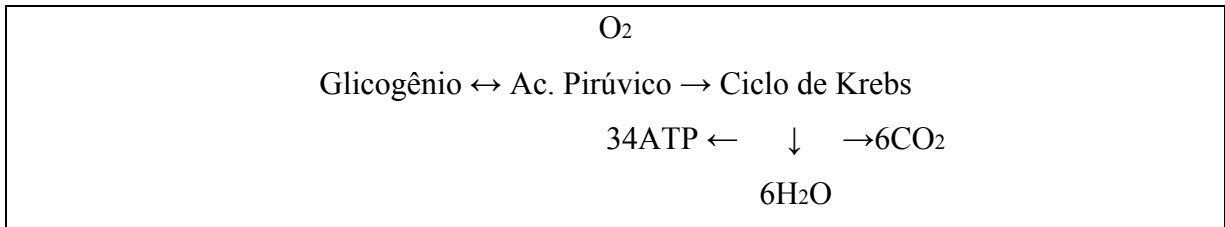


Figura 3: Formação de ATP na via aeróbica.

As demandas de ATP no músculo esquelético em contração são enormes. As reservas de energia são finitas, necessitando de um determinado tempo para reposição das mesmas. Dentro da fibra muscular cada via metabólica possui sua própria reserva de energética para, em conjunto, atender às demandas de energia do músculo (MARTINI, 2000). A tabela 1 mostra a capacidade de cada fonte energética que resulta em número de contrações ou duração de contração isométrica tetânica em uma fibra muscular.

Tabela 1: Recursos de energia armazenada em uma fibra muscular esquelética típica

Fonte Energética	Processo	Quantidade Inicial	Capacidade de cada fonte energética	
			No Contrações suportadas	Duração de contração tetânica isométrica
ATP	ATP → ADP + P	3 mmol	10	2 s
CP	ADP + CP → ATP + C	20 mmol	70	15 s
Glicogênio	Glicólise (anaeróbica)	100 mmol	670	130 s
	Metabolismo aeróbico		12.000	2.400 s (40 min)

## 2.4 CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES

Os músculos esqueléticos possuem dois principais tipos de fibras musculares: As fibras de contração lenta do tipo-I, e as fibras de contração rápida do tipo-II. Há ainda subdivisões para as fibras de contração rápidas: Fibras rápidas do tipo-IIa, IIx, IIb, IIc. As fibras de contração lenta ou rápida são assim denominadas pela diferença em sua velocidade de contração (WILMORE; COSTILL, 2001; POLLA, et al 2004; GERDLE et al.,

1997; WIDRICK, et al., 1996; BELTMAN et al., 2004). Putman et al., (2004) ainda cita fibras com fenótipos híbridos; isto é, Fibras híbridas do tipo I/IIa, tipo I/IIb(x) e do tipo IIa/IIb(x).

As fibras de contração lenta, após estimulação, levam aproximadamente 110 ms para atingir a tensão máxima, enquanto que as de contração rápida levam 50 ms (WILMORE; COSTILL, 2001). Polla et al (2004) escreve que cada tipo de fibra é identificado pelo isoforme da cadeia pesada de miosina expressados como lenta I, rápida IIa, rápida IIx, e rápida IIb. As fibras lentas são resistentes à fadiga devido a seu metabolismo altamente oxidativo visto que as fibras IIx e IIb são facilmente fadigáveis e as fibras IIa rápidas exibem resistência à fadiga intermediária. Guegen et al. (2005) sugere que a função mitocondrial em fibras rápidas IIa é mais próximo das fibras lentas I do que das rápidas IIx ou de IIb.

Há pouco conhecimento sobre as fibras do tipo IIc (representam apenas 1 a 3%) e outras subdivisões das fibras do tipo II além das principais (IIa e IIb) (WILMORE; COSTILL, 2001). A tabela 1 apresenta as peculiaridades dos três principais tipos de fibras musculares proposto por Zierath; Hawley (2004) com relação às suas características contráteis, atividade enzimáticas, e propriedades metabólicas e morfológicas.

Tabela 2: Características contráteis, atividade de enzimas selecionadas, e propriedades metabólicas e morfológicas dos tipos de fibras musculares esqueléticas humanas.

Característica	Lentas Oxidativas “ST”	Rápidas Oxidativas “FTa”	Rápidas Glicolíticas “FTb”
<b>Características Contráteis</b>			
Tempo para tensão de pico	1,0	0,4	0,4
Miosina ATPase Ca <sup>2+</sup>	1,0	3,0	3,0
Actomiosina ATPase Mg <sup>2+</sup>	1,0	2,8	2,8
<b>Atividade Enzimática</b>			
Creatina fosfoquinase	1,0	1,3	1,3
fosfofrutoquinase	1,0	1,5	2,1
Glicogênio fosforilase	1,0	2,1	3,1
Citrato sintase	1,0	0,8	0,6
<b>Propriedades Morfológicas</b>			
Densidade capilar	1,0	0,8	0,6
Densidade mitocondrial	1,0	0,7	0,4
<b>Propriedades Metabólicas</b>			
Potencial oxidativo	1,0	0,7	0,2
Potencial glicolítico	1,0	1,5	2,0
[Fosfocreatina]	1,0	1,2	1,2
[Glicogênio]	1,0	1,3	1,5
[Triglicerídeos]	1,0	0,4	0,2

\*A tabela ilustra a relação entre composições de fibras do músculo esquelético e suas características específicas, consistentes com diferenças nas atividades de velocidade e resistência. Todos os valores são expressos como mudanças em relação às fibras oxidativas “ST” (ZIERATH; HAWLEY, 2004).

## 2.5 UNIDADE MOTORA

A unidade motora é o conjunto de fibras musculares innervada por um motoneurônio simples (figura 2). Parece que o motoneurônio determina se a fibra será lenta ou rápida. O motoneurônio de uma unidade motora lenta possui um corpo celular pequeno e inerva de 10 a 180 fibras musculares, enquanto o motoneurônio que inerva uma unidade motora rápida possui corpo celular maior e mais axônios e inerva de 300 a 800 fibras musculares (WILMORE; COSTILL, 2001). Com isso, um estímulo de unidades motoras lentas se torna menos vigoroso, porém mais eficiente para atividades repetitivas; raciocínio inverso pode ser aplicado para unidades motoras rápidas.

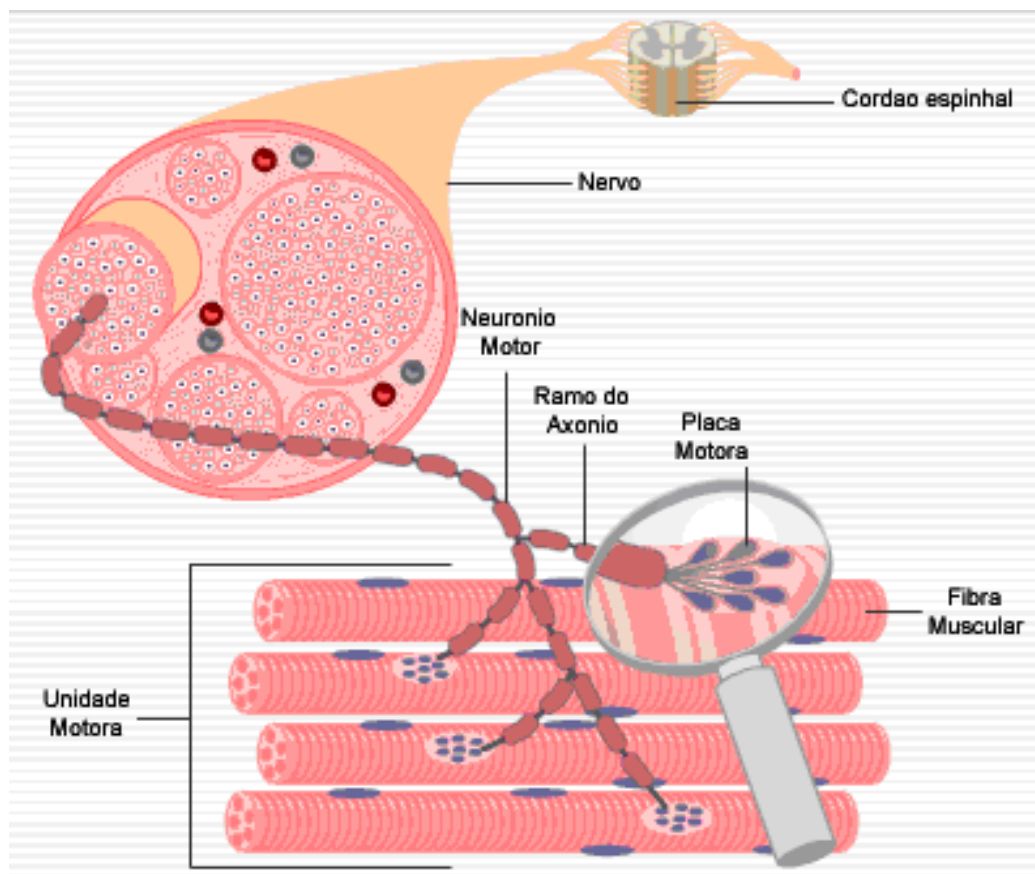


Figura 4: Esquema de uma Unidade Motora simples (www.getbodysmart.com)

Portanto, o número de fibras musculares que compõe uma unidade motora depende da especificidade do músculo. De modo geral pequenas unidades motoras são mais especializadas em movimentos finos, enquanto que grandes unidades motoras produzem contrações de grande força e deslocamento (DOUGLAS, 2002).

Entretanto, Knight e Kamen (2005) verificou que não há uma distribuição randômica das unidades motoras no músculo humano, mas unidades motoras maiores situadas em regiões mais superficiais e as unidades menores situadas em regiões mais profundas. Não obstante, ao monitorar a atividade da unidade motora os registros seus devem incluir unidades motoras de regiões profundas e mais superficiais do músculo.

Sunderkock (2005) observou que a estrutura complexa do músculo sugere uma soma não-linear da força entre unidades motoras; porém, quando grandes parcelas do músculo são ativas este fato se torna pequeno e não significativo fisiologicamente.

As fibras musculares têm uma escala de recrutamento de rápida para lenta em suas propriedades contráteis. As fibras lentas são usadas para todas as contrações musculares inclusive em velocidades rápidas, porém há tarefas motoras que são melhores executadas unicamente pelas fibras mais rápidas. Não obstante, há também a probabilidade de que os tipos diferentes de unidade motoras sejam recrutados de forma tarefa-dependente (dependente da tarefa) durante a locomoção (WAKELING, 2004). Ainda sobre essa forma dependente da tarefa, uma ordem hierárquica de ativação da fibra de lenta para rápida foi associada com intensidade crescente do exercício (BELTMAN et al., 2004).

A figura 3 é apresentada a relação entre força muscular e o recrutamento dos diferentes tipos de fibras em porcentagem (WILMORE; COSTIL, 2001):

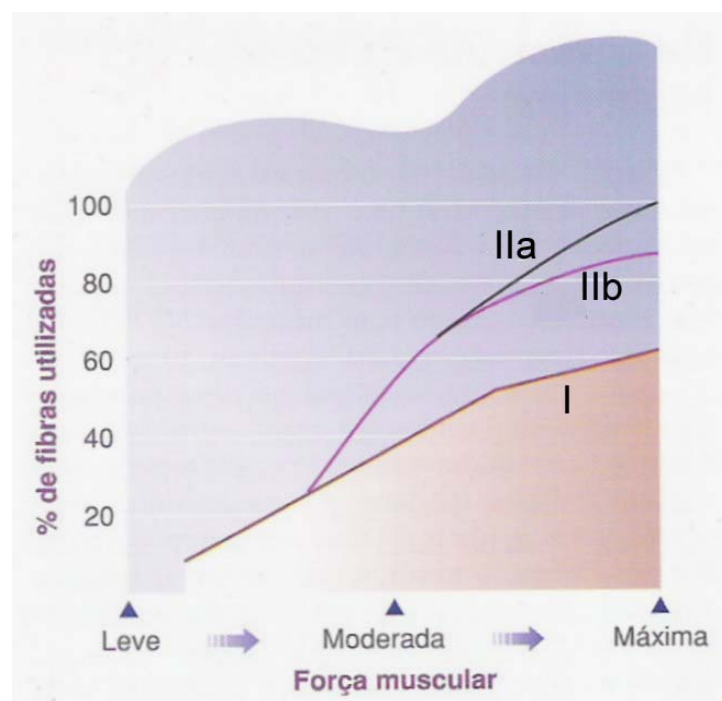


Figura 5: Ordem de recrutamento de fibras musculares (tipo I→IIa→IIb), de acordo com a exigência crescente de força, em resposta ao aumento progressivo da carga.

## 2.6 ATIVIDADE DA FIBRA MUSCULAR VERSUS ATIVIDADE FÍSICA

A análise da função muscular, mais especificamente no que se refere à atividade de suas diferentes fibras, não pode ser dissociada da análise da atividade física para qual o indivíduo está executando ou predisposto a executar. Isto porque a atividade muscular está intimamente ligada ao tipo de atividade, bem como ao desenvolvimento da mesma; por outro lado a atividade física tem influência direta tanto na morfologia como na função destas fibras.

A composição da fibra é um fator que contribui para habilidade de executar tanto exercício de curta duração bem como de resistência (INBAR et al., 1981). Daí a escolha da disciplina esportiva de acordo com o perfil de composição da fibra muscular do atleta pode determinar seu sucesso na busca pelo melhor desempenho para níveis elevados (ZAWADOWSKA et. al, 2004).

Wreteling et al. (1997) num estudo com mulheres observou que o desempenho mecânico e a frequência de potência média no eletromiograma durante a fadiga são determinados, pelo menos em parte, pela morfologia muscular. Widrick, et al. (1996) analisando as propriedades de força-velocidade e força-potência observou que, para o grupo de sedentários, a velocidade máxima de encurtamento das fibras foi: do tipo IIx = IIa > I; e as fibras de tipo IIx produziram duas vezes mais força de pico do que as fibras do tipo IIa, visto que as fibras do tipo IIa produziram aproximadamente cinco vezes mais força de pico do que as fibras do tipo I, esta força de pico foi reduzida no grupo de corredores de resistência, devido a um diâmetro menor de fibra I e IIa.

Por outro lado é de conhecimento geral na literatura de que a atividade física, qualquer que seja – esportiva, do dia-a-dia, profissional,... – tem interferência na estrutura e função mioelular, seja ela com planejamento sistemático (treinamento) ou sem planejamento, de forma intuitiva.

A influência do treinamento de velocidade no metabolismo e desempenho durante o exercício de velocidade, foi avaliada por Barnett et al. (2004), em homens destreinados e recreacionalmente ativos. Seus resultados demonstraram que o treinamento intervalado de tiros não alterou a degradação glicolítica do músculo, mas por outro lado pode ter realçado a capacidade oxidativa do mesmo.

Kotofolis et al. (2005), comparando os efeitos da facilitação neuromuscular proprioceptiva e do treinamento isocinético na distribuição do tipo de fibra e a área de secção transversal do vasto lateral, observou que tanto um como outro tipo de treinamento altera a

distribuição do tipo de fibra e a área de secção transversal média. Estas mudanças ocorrem no subgrupo de fibra do tipo II.

Contudo, nem sempre melhores resultados em determinada atividade física são por modificações morfológicas estruturais na fibra, mas sim por uma adaptação neuromuscular e/ou aprendizado do movimento; isto foi verificado por Kyröläinen et al. (2005), onde uma melhora no desempenho do salto vertical em consequência do treinamento de potência muscular pode ser explicada por uma contribuição maior na modificação da estratégia de controle da articulação e/ou potencialidades de desenvolvimento de força máxima.

Sobre adaptações neurais e morfológicas em resposta ao treinamento com ações excêntricas para altas velocidades, Paddon-Jones et al. (2001) observaram um aumento no percentual de fibras do tipo IIb e diminuição do tipo IIa. Ainda sobre ações excêntricas, Barroso et al. (2005) reportam que este tipo de ação apresenta vantagens sobre as ações isométricas; estas podem ser mecânicas, com maior produção de força, bem como neurais que requerem um recrutamento especial das unidades motoras e apresentam menor magnitude na EMG, lembrando não estar claro qual o tipo de treinamento maximiza as ações neurais.

Além das características musculares, fisiologia, anatomia, entre outras e suas respostas ao treinamento, há também fatores ambientais que influenciam tanto atividades do dia-a-dia como o desempenho atlético, tais como a temperatura (TUCKER et al., 2004; HE et al., 2000), hipóxia (OGAWA et al., 2005), economia de corrida (KYROLAINEN et al., 2003), aperfeiçoamento técnico (de KONING et al., 2005). Lafortuna et al. (2004) investigaram também o efeito do gênero, idade e nível de obesidade na composição corporal e na produção de potência anaeróbica, mostrando que estes fatores podem ser um importante determinante das diferentes limitações motoras observadas tanto em homens como em mulheres.

## **2.7 COMPOSIÇÃO DE FIBRAS NO MÚSCULO ESQUELÉTICO**

A composição de fibras no músculo esquelético também chamada de composição de fibras musculares nada mais é do que a distribuição da porcentagem de diferentes tipos dentro do músculo. A composição de fibras musculares varia tanto entre os músculos de um indivíduo, como também de um indivíduo para o outro (GERDLE, 1997; GERDLE, 2000; LEFAUCHEUR; GERRARD, 2000; LARSSON et al., 2001; PEDERSEN et al., 2002; CARROLL et al., 2004). O conhecimento de suas características de respostas ao exercício e de pré-disposição esportiva tem importância crucial na categorização esportiva, conveniente

para cada tipo de predominância de fibras (GOSWAMI et al., 2001; ZAWADOWSKA et al., 2004), bem como para atingir objetivos estéticos de um indivíduo na busca de uma melhor forma corporal (GARCIA; LEMOS 2003; DAMASCENO et al., 2005).

Na maioria dos músculos a composição média de fibras musculares é  $\pm 49\%$  de fibras lentas do tipo I,  $\pm 24\%$  de fibras rápidas do tipo IIa e os outros  $\pm 24\%$  é composto basicamente de fibras rápidas do tipo IIb, com 1 a 3% para outras subdivisões de tipos de fibras musculares. Os músculos dos membros superiores e inferiores, de um mesmo indivíduo, tendem a apresentar uma composição de fibras semelhantes. Não obstante, o músculo solear (localizado embaixo do gastrocnêmio) é composto basicamente de fibras lentas em todas as pessoas (WILMORE; COSTIL, 2001).

A composição de fibras musculares parece ser determinada geneticamente. Os genes que herdamos determinam quais neurônios motores inervarão nossas fibras musculares, diferenciando-as (especializando-as) de acordo com o tipo de neurônio que as inervam (WILMORE; COSTIL, 2001). Coutinho (2002) relata que a porcentagem de fibras musculares não pode ser alterada, mas o treinamento específico intenso pode elevar as capacidades das fibras e modificar sua estrutura bioquímica. Assim, um atleta de fibras lentas tende a de ser bem sucedido em desportos com predominância de resistência, que exigem maiores depreações de consumo de oxigênio (KERN et al., 2000; WIDRICK, 1996; BARSTOW et al., 1996, SCHEUERMANN ET AL., 2002). Por outro lado, a predominância inversa favorece naturalmente a esportes de alta intensidade, onde há fortes exigências de velocidade e/ou de potência (BOSCO et al., 1983; ORIZIO; VEICSTEINAS, 1992; TRAPPE et al., 2000).

Deschenes et al., (2001) detectaram conversões de fibras do tipo I  $\rightarrow$  II, no solear de ratos velhos. Resultados semelhantes foram encontrados por Trappe et al. (2004) em homens após 84 dias acamados, mostrando que a função contrátil das cadeias pesadas de miosina das fibras I foi mais afetada do que a das cadeias pesadas de miosina das fibras das fibras IIa; isto foi influenciado mais pelo repouso de cama do que pelo protocolo de exercício de resistência.

Exceto em condições extremas, como citadas acima, a proporção entre fibras lentas e rápidas permanece imutável com treinamento. Todavia, para Weineck (1999) a transformação de fibras rápidas em fibras lentas, induzida de treinamento intensivo, é possível; porém o inverso é impossível. E uma vez cessado o treinamento, a fibra muscular transformada, retorna ao seu estado original.



Powers e Howley (2000), relacionaram a distribuição de fibras musculares lentas (tipo I) e rápidas (tipo IIa e IIb) entre atletas de elite de diferentes modalidades esportivas e não atletas.

Tabela 3: Composição de fibras musculares em atletas de elite e não atletas

Esporte	% de Fibras Lentas (Tipo I)	% de Fibras Rápidas (Tipo IIa e IIb)
Corredores de longa distância	70-80	20-30
Corredores de curta distância	25-30	70-75
Halterofilistas	45-55	45-55
Não atletas	47-53	47-53

Há de se destacar que, na tabela 3, a quase inversão direta de composição de fibras musculares lentas e rápidas entre os corredores de longa e curta distância, respectivamente; confirmando que a pré-disposição genética é um fator decisivo na escolha e categorização desportiva como meio eficaz de alcance do sucesso esportivo em níveis elevados (GOSWAMI et al., 2001; ZAWADOWSKA et al., 2004).

Todavia, apesar de os halterofilistas apresentarem acima uma distribuição equilibrada de fibras na sua composição muscular, o ganho de massa muscular relaciona-se diretamente com as fibras de contração rápida (FRY, 2004; HAKKINEN et al., 2001; KOMI et al., 1997); isto sugere que atletas com maior proporção destas fibras poderiam obter melhores resultados, pois tenderiam a alcançar maior hipertrofia e, conseqüentemente, força mais elevada. Portanto, a composição de fibras musculares, influencia e é influenciada por praticamente toda atividade do ser humano.

## 2.8 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE FIBRAS MUSCULARES

A determinação da composição de fibras no músculo esquelético pode ser feita tanto de forma direta (invasiva), através de biópsia muscular, como de forma indireta (não invasiva), através de estimativas baseadas no relacionamento da composição de fibras musculares com as propriedades intrínsecas de cada tipo de fibra.

A determinação direta da composição dos diferentes tipos de fibras no músculo de uma pessoa é através da biópsia muscular – processo pelo qual se retira uma pequena quantidade de fibras do músculo para posterior exame microscópico. Há diversas técnicas para análise destas fibras (PUTNAM et al., 1980; LEFAUCHEUR; GERRARD, 2000; STARON et al., 2000;

SUNDMAN, 2004; ZIERATH et al., 2004), como exemplo dentre elas é separação química dos diferentes tipos (isoformas) de moléculas de miosina por eletroforese em gel. As isoformas são separadas e coradas, apresentando bandas de miosina que caracterizam os três tipos de fibras: Lentas do tipo I, rápidas do tipo IIa e rápidas do tipo IIb (WILMORE; COSTIL, 2001). Por melhor que seja o método de identificação das fibras, a porcentagem de cada tipo para uma pequena amostra de fibras retiradas do músculo “*in vivo*” e a estimativa da composição de fibras total do músculo a partir desta amostra é muito suscetível ao erro; pois a distribuição das fibras no mesmo não é homogênea (KNIGHT; KAMEN, 2005). Além disso, a composição de fibras de um músculo para o outro também varia num mesmo indivíduo (LEFAUCHEUR; GERRARD, 2000; WILMORE; COSTIL, 2001). Somados a todas estas dificuldades, há ainda a questão bioética de pesquisas com seres humanos (SARDENBERG et al., 1999).

Ao longo de décadas pesquisas baseadas no relacionamento das propriedades intrínsecas de cada tipo de fibra e sua proporção na composição muscular apresentaram resultados de grande relevância e bastante promissores (PHILIPS et al., 1949; DELLA, 1950; GLENCROSS, 1966; GOLLNICK et al., 1972; COYLE et al., 1979; FROESE; HOUSTON, 1987; SUTER et al., 1993; GERDLE et al., 1997; GERDLE et al., 2000; HOFFMAN, 2000). Este estudo também se baseou nestes e outros autores para investigação da determinação indireta da composição de fibras musculares, visto que apresenta diversas vantagens por ser um procedimento não invasivo, podendo muitas das vezes sua aplicação ser fora do ambiente do laboratório e com um custo bem inferior.

Como método indireto, Flegner (1984) propôs o “*Flegner Power Test*” (FPT), um teste de campo de potência anaeróbica alática desenvolvido com o objetivo de qualificar e quantificar a potência relacionada à força e velocidade; a partir de seu resultado combinado com a massa magra estima-se a composição de fibras musculares dos membros inferiores para dois tipos de fibras: lentas (tipo I) e rápidas (tipo II). Este teste será detalhado mais à frente neste estudo.

Um outro teste indireto para determinar a composição de fibra de um grupamento muscular numa sala de musculação é inicialmente estabelecer a carga máxima para uma repetição (1RM). A seguir executar quantas repetições possíveis para 80% da 1RM. Se o resultado for menor que sete repetições ( $< 7 R$ ), então o grupo muscular tende a ser composto de mais de 50% de fibras rápidas (tipo II). O resultado sendo igual ou acima de dose repetições ( $\geq 12 R$ ), o grupo muscular tende a ser composto de mais de 50% de fibras lentas

(tipo I). O resultado entre 7 e 12 repetições sugere que o grupo muscular tenha uma distribuição equilibrada de rápidas e lentas em sua composição (PIPES, 1994). Ainda de forma indireta, Karp (2001), sugere que sujeitos, especialmente atletas jovens ou ainda em iniciação esportiva, sejam submetidos a vários eventos esportivos diferentes; o tipo de fibra dominante ficará logo evidente baseado em seu sucesso em certas modalidades. Esta descoberta permite um treinamento mais direcionado para cada atleta.

Nesta linha, Coutinho (2002) propôs um instrumento para determinação da composição de fibras musculares utilizando uma amostragem intencional; isto é, atletas de “elite” com resultados expressivos em suas especialidades, as quais determinam sua composição de fibras musculares (FLEGNER; DIAS, 1995): Grupo 1 – velocistas com perfil de predominância de fibras de contração rápida do tipo II; Grupo 2 – fundistas com perfil de predominância de fibras de contração lenta do tipo I; e Grupo 3 – jogadores de futebol (sem predominância de fibras), classificados como de composição de fibras mista. A classificação para o terceiro tipo de composição de fibras musculares (mista) ainda não apresenta uma especificidade para composição de fibras musculares do tipo IIa, pois o futebol é muito heterogêneo em relação às características fisiológicas, antropométricas e motoras (SANTOS, 1999) de seus praticantes; não atendendo ainda à classificação para tipos os três principais tipos de fibras musculares, com as subdivisões das fibras rápidas do tipo IIa e IIb (ZIERATH; HAWLEY, 2004).

## **2.9 O TESTE DE POTÊNCIA FLEGNER (FPT)**

Correlações significativas entre testes de potência com salto – em distância e vertical – e fatores de velocidade e força foram verificadas por Philips (1949), com o teste de salto em distância fixo sem corrida de impulsão precedente, apresentando-se como o melhor para medir a potência. Assim, a partir do teste de salto em distância sem corrida de impulsão proposto por Della (1950) e Glencross (1966), Flegner (1984) desenvolveu o Teste de Potência Flegner (FPT – do inglês “*Flegner Power Test*”).

A potência muscular é um dos parâmetros fundamentais na avaliação do desempenho humano, ela sintetiza as componentes de força e velocidade. Contudo, há esportes em que a potência depende mais da componente de velocidade e em outros a componente de força é mais priorizada. O FPT foi desenvolvido como objetivo de qualificar e quantificar estas valências físicas, medindo a quantidade de potência relacionada à força e velocidade –

incluindo a porção de força representada pelo peso corporal. A quantificação de força relacionada à potência é expressa em valores de AAPU (do inglês “*Absolut Anaerobic Power Unit*”), isto é, Unidade de Potência Anaeróbica Absoluta, não considerando a relação peso/potência, a qual seria a potência relativa. Sua validação foi por com um teste laboratorial para medida indireta do metabolismo anaeróbico (“*Wingate Test*”). Os resultados obtidos no teste de campo para identificação da AAPU foram comparados com testes laboratoriais de potência anaeróbica máxima (MAP) e da Capacidade Anaeróbica (A. CAP) (BAR-OR, 1980), obtendo fortes correlações pelo teste t (MAP e AAPU,  $r = 0,91$  para um  $t = 2,355$  e  $p < 0,05$ ; e A.CAP e AAPU,  $r = 0,90$  para um  $t = 3,029$  e  $p < 0,01$ ) (Coutinho, 2002).

O FPT é realizado da seguinte forma: Num piso nivelado é marcado o ponto de partida. Os participantes são orientados quanto ao objetivo do teste que consiste de três tentativas de dez saltos consecutivos, com os pés paralelos, buscando atingir a maior distância no menor tempo. Na saída, a ponta dos pés devem estar ligeiramente atrás da linha que delimita o ponto de partida, considerada o ponto zero ou ponto inicial. Os pés devem estar paralelos do início ao fim do teste. Os saltos devem ser ininterruptos e os pés têm que tocar o solo simultaneamente a cada salto. Após o comando “pronto” do controlador do teste, inicia-se a marcação do tempo somente quando os pés se deslocarem do solo a critério do indivíduo testado. A marcação do tempo termina quando os pés do indivíduo tocam o solo após o último salto, marcando aí também na parte de trás de seu calcanhar a distância alcançada. Entre cada tentativa deverá haver um intervalo de 5 min, tempo este para reposição das reservas do sistema fosfagênio (FLEGNER, 1984).

Após o teste, apura-se o melhor resultado com o maior índice de AAPU obtido das três tentativas. O índice de AAPU é obtido de acordo com a seguinte fórmula:

$$AAPU = \frac{\text{Peso Corporal (kg)} \times \text{Distância Atingida (m)}}{\text{Tempo (s)}} \quad \text{Equação 1}$$

Flegner (1984) verificou uma forte correlação da variável AAPU com a Massa Corporal Magra (MCM) ( $r = 0,90$ ). Propôs um modelo matemático para estimar a AAPU a partir da MCM, como segue:

$$AAPU \text{ estimado (AAPUe)} = (5,84 \times MCM) - 112,63 \quad \text{Equação 2}$$

Considerando que indivíduos com predominância de fibras de contração rápida alcançariam melhores resultados no FPT, que é um teste de potência anaeróbica, e um resultado inverso aconteceria com indivíduos com predominância de fibras de contração lenta, pode-se estimar também a composição das fibras musculares da seguinte forma:

1ª Situação – Se AAPU obtida for maior que a estimada: Predominância de Fibras Musculares (PFM) de contração rápida ( $AAPU > AAPU_e \rightarrow$  PFM rápida).

2ª Situação – Se AAPU obtida for menor que a estimada: PFM de contração lenta ( $AAPU < AAPU_e \rightarrow$  PFM lenta)

3ª Situação – Se AAPU obtido for igual ou próxima da estimada, neste caso há uma composição de fibras musculares com uma distribuição equilibrada das mesmas ( $AAPU \approx AAPU_e \rightarrow$  sem PFM).

## **2.10 A ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)**

Dentre os diversos métodos estatísticos a Análise de Componentes Principais (PCA – do inglês “*Principal Components Analysis*”) tem sido de grande aplicação em diversas áreas, como física, matemática e geografia, química,... dentre outras, na área de educação física Sanches et al., (2004) a utiliza em seu estudo sobre estresse no futebol.

A PCA é uma técnica de análise multivariada linear para diminuição da quantidade de variáveis, sem perda considerável de informação. As novas variáveis de entrada do modelo são compostas da multiplicação matricial entre as variáveis originais e os autovetores da matriz de variáveis. Um de seus objetivos é a redução de um espaço multidimensional em um espaço bidimensional; extraíndo do conjunto de dados originais informações relevantes para o entendimento de determinado problema. Consiste em reescrever as variáveis originais em novas variáveis, denominadas componentes principais, através de uma transformação de coordenadas. Seu processamento pode partir de matriz de variâncias e covariâncias ou de matriz de correlação (MOITA NETO, 2004).

Em síntese a PCA é um método que tem por finalidade básica, a redução de dados a partir de combinações lineares das variáveis originais. Suas componentes são extraídas na ordem do mais explicativo para o menos explicativo. Teoricamente o número de componentes

é sempre igual ao número de variáveis. Entretanto, algumas poucas componentes são responsáveis por grande parte da explicação total.

Quando a aplicação do PCA está relacionada com classificação de padrões, deve-se tomar cuidado, pois há casos em que não se encontra uma combinação de componentes principais melhor do que as próprias coordenadas das variáveis originais (KOHN, 1998), o que não é o caso do presente estudo.

Neste estudo a aplicação da PCA pode ser satisfatória, visto que as medidas antropométricas com os valores de AAPU formam um conjunto de variáveis com características próprias para cada grupo, onde a classificação dos grupos pode ser melhor visualizada reduzindo este conjunto de variáveis (tratando-as como vetores) a duas dimensões ou componentes principais. Isto pode propiciar uma interpretação mais clara dos três grupos juntos e de cada um ao mesmo tempo sem perda das principais informações dados originais.

### **3. METODOLOGIA**

Neste capítulo foi detalhada toda a metodologia e procedimentos empregados neste estudo. Para facilitar sua compreensão este foi dividido em: Sujeitos, critério de seleção, instrumentação e coleta de dados. A coleta de dados também foi subdividida em antropometria e aplicação do FPT.

#### **3.1 SUJEITOS**

Participaram voluntariamente do estudo vinte e quatro corredores de alto nível, com programas de treinamento regular, em sua maioria no centro de atletismo do estádio Célio de Barros na cidade do Rio de Janeiro. Os participantes foram separados igualmente de acordo com sua modalidade/especificidade de corrida, como segue: oito fundistas ( $30,50 \pm 5,72$  anos; média  $\pm$  DP), oito meio-fundistas ( $24,00 \pm 3,64$  anos; média  $\pm$  DP) e oito velocistas ( $26,25 \pm 6,59$  anos; média  $\pm$  DP).

#### **3.2 CRITÉRIO DE SELEÇÃO**

Para a seleção dos corredores, considerou-se o resultado de acordo com seu perfil de predominância de fibras: Grupo 1 – Atletas com perfil de predominância de fibras de contração lenta do tipo I – foram selecionados fundistas especialistas em provas de corrida de fundo de 10.000 m ou acima, com tempos inferiores a 32 min para a prova de 10.000 m; Grupo-2 – Atletas com perfil de predominância de fibras de contração rápida do tipo IIa ou mesmo uma maior quantidade deste tipo de fibra em relação aos outros grupos – meio-fundistas (CFM rápidas IIa ou sem predominância de tipos de fibras) especialistas em corrida de meio-fundo, na prova de 1.500 m, com tempos inferiores a 4 min; Grupo-3 (CFM rápidas IIb) velocistas especialistas em prova de 100 m rasos, com tempos inferiores a 11 s para a mesma.

### 3.3 INSTRUMENTAÇÃO

Para a coleta de dados de antropometria e medidas do FPT, foram utilizados os seguintes instrumentos de medida e estrutura física:

Balança com Estadiômetro: Foi utilizada uma balança clínica nacional da marca Filizola, modelo mecânico com estadiômetro, para determinação do peso corporal. Sua precisão é de 0,1 kg, com escala de 0 a 150 kg. A precisão do estadiômetro é de 0,5 cm e sua escala varia de 0 a 190 cm.

Adipômetro ou Compasso de Dobras Cutâneas: Para as medidas de dobras cutâneas utilizou-se um adipômetro nacional da marca Cescorff, com escala de 0 a 100 mm, resolução de 0,1 mm e mola com pressão constante de 10g/mm<sup>2</sup>.

Fita Métrica: As medidas de perímetros corporais foram medidas com uma fita métrica inelástica com precisão de 1 mm.

Trena Métrica: Para medir a distância alcançada no FPT, foi utilizada uma trena métrica profissional de fibra inelástica de 50 m e precisão de 1 mm.

Paquímetro: Foi utilizado para medir diâmetros ósseos um paquímetro da marca mytutoio com braço adaptado de 10 cm e precisão de 0.1 mm e escala de 0 a 17 cm,

Cronômetro Digital: Nas aferições do tempo total de cada tentativa do FPT, foi utilizado um cronômetro digital profissional da marca Casio com precisão de 0,01 s.

Termômetro Digital: Foi utilizado para acompanhamento da temperatura ambiente, um termômetro digital, de marca Vacumed, com escala de 0 a 100 °C e precisão de 0.1 °C.

Estrutura Física: De modo a não interferir no TPF, o espaço físico contou com uma área livre coberta com 8 x 40 m de piso firme e nivelado.



### **3.4 PESSOAL**

A pesquisa contou com um grupo de apoio formado pelos seguintes profissionais:

- Dois orientadores, doutores pesquisadores da UNIVAP;
- Dois professores de Educação Física;
- Dois graduandos de Educação física;

### **3.5 COLETA DOS DADOS**

Todos os procedimentos e medidas foram feitos no mesmo dia por uma equipe de dois professores e dois graduandos de educação física, divididos em duas duplas de um professor e um graduando; todos colaboradores foram treinados e coordenados pelo próprio autor e o professor orientador do estudo. As medidas antropométricas foram feitas atendendo à necessidade do estudo, para a qual estas medidas poderiam ter qualquer relação com a composição de fibras musculares.

Para organizar e agilizar os procedimentos, a coleta dos dados ocorreu em 3 etapas: primeiro os atletas foram instruídos quanto a pesquisa assinando o termo de consentimento (ANEXO-A) para participarem da mesma e responderam a anamnese (ANEXO-B); todas os envolvidos na organização da pesquisa participaram desta etapa. Na segunda etapa foram realizadas as medidas antropométricas de peso, estatura, altura tronco-encefálica, comprimento de perna e perimetria – feitas em todos os atletas por uma dupla de professor e graduando em educação física; e dobras cutâneas e diâmetros ósseos – feitas também em todos os atletas por outra dupla. A terceira etapa foi destinada ao aquecimento – responsabilidade das duas duplas de colaboradores – e a aplicação do FPT – o autor e o orientador do estudo foram responsáveis.

Os procedimentos de coleta de dados iniciaram as 7:30 h e foram concluídos as 11:45 h da manhã em uma área coberta embaixo da arquibancada do estádio de atletismo Célio de Barros, no Maracanã-RJ. A temperatura oscilou em torno de 25 a 29 °C. Desta forma evitou-se uma influência da mesma nos resultados do teste (TUCKER et al., 2004; HE et al., 2000).

### 3.5.1 Antropometria

Todas as medidas antropométricas foram anotadas em uma folha de registro (ANEXO-C) para cada atleta. Este procedimento compreende a segunda etapa da coleta de dados. Início-se com a aferição do peso, estatura, altura tronco-encefálica, comprimento de perna em todos os atletas e perimetria – ficou a cargo da primeira dupla de colaboradores – e logo a seguir as medidas de diâmetros ósseos e dobras cutâneas – ficou a cargo da segunda dupla de colaboradores. O procedimento para cada medida foi da seguinte forma:

Peso: Com o atleta em pé sobre a plataforma da balança previamente tarada, registrou-se o peso de cada um com a precisão de 0,1 kg.

Estatura: Medida com o atleta em pé, de costas para a escala, e em posição ortostática com a cabeça mantida no plano de Frankfurt (paralela ao solo). Após uma inspiração máxima, em apnéia registra-se a altura do vértex.

Altura Tronco-Encefálica: medida da distância do vértex à bacia, para esta medida adotou-se o mesmo procedimento da medida de estatura, porém com a pessoa sentada em um banco e coluna ereta, descontou-se a distância entre a base da balança e a altura banco.

Comprimento de Perna: Distância entre o maléolo lateral do tornozelo e o epicôndilo lateral do fêmur, ambos do membro inferior direito, marcados com lápis dermatográfico e posterior medida com a fita métrica milimetrada.

Perimetria: medidas de circunferência de um segmento corporal que corresponde ao valor mais alto de perímetro perpendicular ao seu eixo principal. Para medidas de coxa, utilizou-se o ponto medial do segmento, não foi medida a mesma em contração ou tensa. Para estas medidas foram realizadas com uma fita métrica milimetrada. As medidas foram tomadas dos seguimentos corporais de ambos os lados como segue:

- Braço – em posição ortostática com o braço abduzido e cotovelo flexionado em um ângulo de 90°, mede-se a maior circunferência no ponto médio segmento.

- Braço Tenso – o mesmo procedimento acima, forçando a flexão do cotovelo, que deve manter-se em 90°, e segurando com o apoio da mão oposta de forma a se obter uma contração máxima isométrica.
- Perna – em pé, na posição anatômica fundamental, o peso distribuído nas duas pernas; mede-se a maior circunferência na maior porção da panturrilha.
- Perna Tensa – o mesmo procedimento acima, com o atleta em flexão plantar ou na ponta dos pés, mede-se o maior valor de circunferência.
- Coxa – medida da circunferência do ponto médio da coxa, este ponto médio é definido pela metade da distância diagonal entre o epicôndilo medial e o trocântero maior do fêmur.

Dobras Cutâneas: as medidas de dobras cutâneas foram extraídas de sete dobras que são: peitoral, triceptal, subescapular, supra-iliaca, abdominal, medial da coxa e medial da perna. Posteriormente, fez-se o somatório das mesmas para determinar a densidade total de dobras cutâneas.

Diâmetro Ósseos: estas medidas foram para os seguintes diâmetros ósseos: umeral, biestiloidal, femoral e bimaleolar.

As medições de antropometria acima basearam-se nas orientações da “*International Society for the Advancement of Kineanthropometry*” (ISAK), com supressão ou inclusão de algumas medidas e também algumas modificações para atender às necessidades do estudo.

### 3.5.2 Teste Potência Flegner (FPT)

Após as medidas citadas anteriormente, para prevenção de lesões e possível interferência no resultado do teste, os voluntários foram submetidos a um aquecimento geral e específico com de forma passiva alongamentos gerais e ênfase nos membros inferiores ( $\pm 10$  min) e ativa com corrida leve visando o aquecimento orgânico ( $\pm 5$  min) – a cargo da primeira dupla de colaboradores; ainda nesta fase e para familiarização com o teste, foram realizados saltos variados com um e depois com as duas pernas até a execução do mesmo com metade do

número de saltos para uma intensidade mais baixa, isto visando atingir uma frequência cardíaca de 120 bpm ( $\pm 10$  min) – a cargo da segunda dupla de colaboradores (GRAY; NIMMO, 2001).

A seguir, os atletas foram submetidos ao FPT que consiste de três tentativas de 10 saltos consecutivos com intervalo de 5 min entre as mesmas; os saltos devem ser executados com as pernas e pés unidos, procurando alcançar a maior distância no menor tempo, tocando o solo simultaneamente com os dois pés. Todos os testes foram providos de encorajamento verbal alto durante suas tentativas para cada participante. A Unidade de Potência Anaeróbica Alática (UPAA) foi obtida de cada tentativa segundo a fórmula proposta por Flegner (1983):  $UPAA = (\text{Peso Corporal} \times \text{Distância}) / \text{Tempo}$ . O melhor resultado foi considerado para o cálculo do índice de potência absoluta (UPAA) para cada atleta.

### 3.5.3 Análise de Componentes Principais

Utilizou-se a determinação das componentes principais pela matriz de covariância através da função *pcacov* do Matlab 7.0 (Mathworks). As variáveis antropométricas selecionadas para a determinação das componentes principais foram aquelas de maior correlação com a AAPU ( $r > 0.50$ ).

## 3.6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados são apresentados em média e desvio padrão para a estatística descritiva. E para a estatística inferencial, a diferença entre os valores de UPAA para os três grupos simultaneamente foi avaliada pela análise de variância (ANOVA) com o nível de significância de 5%, ou seja,  $p < 0,05$  e a análise entre dois grupos separadamente foi feita pelo Teste t (bicaudal e do tipo para variância desigual de duas amostras) para verificar a diferença estatística entre eles, também para um  $p < 0,05$ ; foi também feito este teste para verificar a diferença estatística entre os grupos separadamente para cada variável antropométrica. A classificação dos três grupos, a partir das medidas antropométricas e AAPU, foi feita pela PCA com apresentação gráfica dos resultados. As implementações computacionais foram feitas no Matlab 7.0.

## 4. RESULTADOS

Para uma melhor apresentação, organização e por consequência uma melhor compreensão dos resultados, este capítulo será dividido em três partes: Resultados para estatística descritiva, resultados da análise de componentes principais e estatística inferencial.

### 4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

#### 4.1.1 Resultados das Medidas Antropométricas

Tabela 4: Medidas antropométricas dos três grupos de corredores.

Participantes	GRUPO 1 Fundistas	Relação (1:2)	GRUPO 2 Meio-Fundistas	Relação (2:3)	GRUPO 3 Velocistas	Relação (1:3)
Variáveis	Média ± DP	Teste t	Média ± DP	Teste t	Média ± DP	Teste t
<b>Antropometria básica:</b>						
Peso Corporal	61,46 ± 6,48	0,577	63,18 ± 4,95	0,036 (*)	72,23 ± 6,50	0,010 (*)
Estatura	172,88 ± 7,14	0,514	170,31 ± 7,18	0,115	175,75 ± 4,60	0,344
Altura Tronco-Encefálica	85,50 ± 5,89	0,854	84,88 ± 6,54	0,068	90,69 ± 3,24	0,058
Altura de Membros Inf.	87,38 ± 8,12	0,660	85,44 ± 7,99	0,931	85,06 ± 4,33	0,530
Comprimento de Perna	39,88 ± 2,76	0,351	38,50 ± 2,57	0,682	38,94 ± 1,10	0,397
<b>Densidade de Dobras Cutâneas:</b>						
Peitoral	4,29 ± 1,22	0,444	3,86 ± 0,72	0,417	4,46 ± 1,51	0,872
Triceptal	6,06 ± 2,54	0,935	6,16 ± 1,91	0,651	6,40 ± 2,63	0,858
Sub-Escapular	7,78 ± 1,39	0,459	8,68 ± 2,76	0,611	10,24 ± 5,02	0,254
Supra-Iliaca	8,10 ± 3,38	0,960	8,01 ± 3,08	0,410	9,85 ± 5,71	0,536
Abdominal	7,23 ± 3,88	0,401	8,76 ± 2,61	0,242	11,26 ± 6,33	0,162
Medial da Coxa	8,11 ± 3,10	0,981	8,15 ± 2,81	0,919	7,79 ± 3,56	0,783
Medial da Perna	5,55 ± 1,99	0,884	5,70 ± 1,79	0,987	5,25 ± 1,55	0,682
Σ de Dobras	47,11 ± 15,28	0,774	49,33 ± 12,94	0,574	55,25 ± 23,75	0,461
<b>Diâmetros Ósseos:</b>						
Biestiloidal	5,18 ± 0,37	0,018 (*)	5,63 ± 0,22	0,046 (*)	5,91 ± 0,25	0,001 (*)
Umeral	6,54 ± 0,28	0,141	6,84 ± 0,42	0,876	6,85 ± 0,38	0,110
Bimaleolar	7,00 ± 0,43	0,506	7,15 ± 0,39	0,217	7,41 ± 0,42	0,077
Femural	9,26 ± 0,44	0,157	9,59 ± 0,36	0,361	9,79 ± 0,53	0,047 (*)
<b>Perimetria:</b>						
Braço Direito	27,63 ± 1,80	0,169	28,88 ± 1,39	0,043 (*)	31,56 ± 1,77	0,003 (*)
Braço Direito Tenso	29,73 ± 2,43	0,436	30,59 ± 1,44	0,057	32,94 ± 1,76	0,027 (*)
Braço Esquerdo	28,39 ± 3,22	0,766	28,79 ± 1,26	0,016 (*)	31,79 ± 1,54	0,055
Braço Esquerdo Tenso	29,54 ± 2,88	0,557	30,28 ± 1,43	0,026 (*)	33,03 ± 1,68	0,031 (*)
Perna Direita	33,53 ± 1,00	0,010 (*)	35,56 ± 1,45	0,360	37,24 ± 2,62	0,006 (*)
Perna Direita Tensa	33,75 ± 1,09	0,005 (*)	36,09 ± 1,45	0,500	36,89 ± 3,00	0,023 (*)
Perna Esquerda	33,78 ± 1,35	0,057	35,23 ± 1,27	0,198	36,98 ± 2,17	0,006 (*)
Perna Esquerda Tensa	34,09 ± 1,36	0,033 (*)	35,70 ± 1,18	0,229	37,41 ± 2,15	0,005 (*)
Coxa Direita	49,38 ± 2,87	0,092	52,00 ± 2,55	0,329	54,83 ± 2,61	0,012 (*)
Coxa Esquerda	49,7 ± 2,96	0,221	51,39 ± 1,17	0,074	55,36 ± 2,69	0,006 (*)

(\*) Variáveis com diferença estatística significativa nas relações entre grupos no Teste t para um  $p < 0,05$ .

A Tabela 4 mostra as médias e seus respectivos desvios padrões, bem como o nível de significância do Teste “t” de cada variável entre os grupos separadamente, as variáveis marcadas com asterisco (\*) apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ). Para facilitar a compreensão dos dados, as medidas antropométricas foram divididas em antropometria básica, perimetria, densidade de dobras cutâneas e diâmetros ósseos.

Na antropometria básica, o peso corporal apresentou médias de valores crescentes do grupo 1  $\rightarrow$  3, com diferenças estatísticas significativas entre as relações de grupos 2:3 e 1:3. A altura de membros inferiores apresentou uma ordem inversa para os valores de suas médias, porém nenhum relacionamento entre os grupos apresentou diferenças estatísticas significativas. As outras variáveis destas medidas além de não apresentarem uma lógica coerente com os grupos, também não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os mesmos.

Nas medidas de densidade de dobras cutâneas nenhuma variável apresentou diferenças estatísticas significativas para suas médias entre os grupos, nem mesmo nas relações de grupos 1:3. As medidas das dobras tricipital, sub-escapular, abdominal e o somatório total das dobras apresentaram valores de médias crescentes do grupo 1  $\rightarrow$  3; já nas dobras medial de coxa e medial de perna estes valores foram decrescentes. As medidas das dobras de peitoral e supra-iliaca não apresentaram uma ordem lógica com relação aos grupos de corredores.

Nos diâmetros ósseos todas as variáveis apresentaram médias crescentes com relação aos grupos de corredores, sendo com diferença estatística significativa apenas a femural para a relação de grupos 1:3 e a biestiloidal. Esta última foi a única de todas as variáveis que além de apresentar ordem crescente de valores para suas médias, também mostrou diferença estatística significativa entre os três grupos separadamente.

Na perimetria todas as variáveis apresentaram diferenças estatísticas significativas para as relações de grupos 1:3, com exceção do braço esquerdo que apresentou diferença estatística significativa apenas para a relação de grupos 2:3. As medidas de perna direita, perna direita tensa e perna esquerda tensa apresentaram diferenças estatísticas significativas para as relações 1:2 e 1:3, enquanto que as medidas de braço direito e braço esquerdo tenso apresentaram para as relações de grupos 2:3 e 1:3. Todas as médias das variáveis de perimetria também apresentaram valores crescentes de acordo com a ordem dos grupos de corredores.

### 4.1.2 Resultados do Teste de Potência Flegner (FPT)

Os resultados para o FPT apresentados a seguir na Tabela-5 mostram uma ordem crescente nos valores de UPAA de fundistas para velocistas. Inversamente os valores do desvio padrão relativo foram decrescentes de fundistas para velocistas. Os meio-fundistas apresentaram menor desvio padrão, porém o grupo mais coeso é o de velocistas com o menor desvio padrão relativo. Por outro lado, o grupo 1 apresentou um maior desvio padrão relativo indicando ser o mais disperso.

Tabela-5: Resultados do FPT para cada grupo, expressos em valores de UPAA

Variável	Grupo	Atletas	N	Média	DP	DP relativo
UPAA	1	Fundistas	8	118,98	24,78	20,83 %
	2	Meio-fundistas	8	154,96	20,27	13,08 %
	3	Velocistas	8	238,19	27,47	11,53 %

## 4.2 COMPONENTES PRINCIPAIS

O total de informações das variáveis antropométricas da tabela 4 e AAPU, contidas em cada componente principal gerada pela PCA, é apresentado no gráfico 1. Este também mostra o total acumulado de informação da primeira à última componente, onde as três primeiras detêm em torno de 93% de toda informação contida nas variáveis originais.

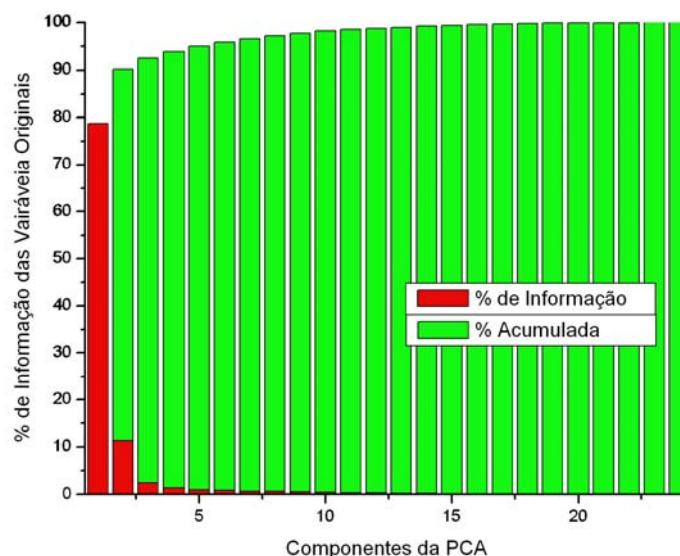


Gráfico 1: Porcentagem de informação e cada componente da PCA e porcentagem cumulativa da mesma.

Para melhor entendimento e visualização da diferenciação dos grupos de corredores pela PCA, os gráficos gerados desta análise são apresentados da seguinte forma: Três gráficos bidimensionais das relações entre as três primeiras componentes principais (gráficos 2, 3 e 4), visto que estas juntas contêm em torno de 93% das informações contidas nas variáveis originais, e um gráfico tridimensional das três componentes juntas (gráfico 5), confirmando que os grupos estão visivelmente separado no espaço e que a maior parte das informações (cerca de 90%) podem ser melhor visualizadas em um espaço bidimensional das duas primeiras componentes principais (gráfico 2). Nota-se uma distinção clara do grupo 3 em relação aos outros dois; devido à proximidade entre os grupos 2 e 3, visualmente houve uma pequena mistura podendo alguns elementos de um grupo ser confundido com o outro.

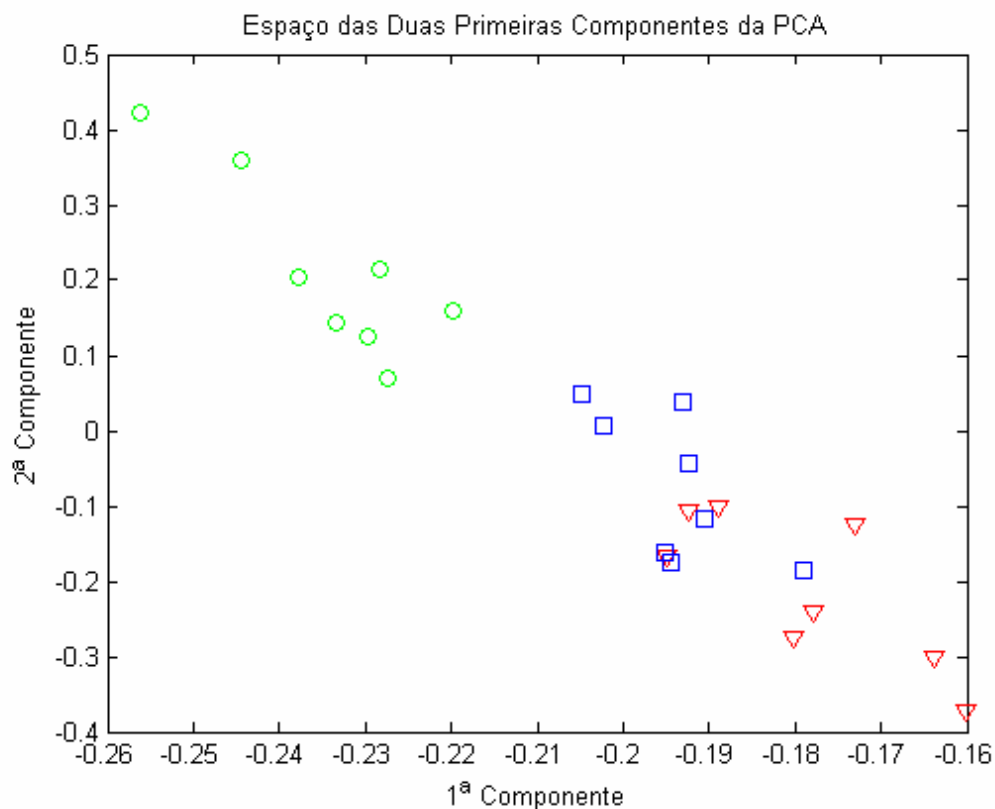


Gráfico 2: Espaço das duas primeiras componentes principais da PCA geradas das variáveis originais.

Nos gráficos 3 e 4 esta interferência entre os grupos 2 e 3 aparece mais evidente, isto se deve por que estas relações serem feitas com a 3ª componente principal que detém apenas em torno de 2% do total de informações dos dados originais.



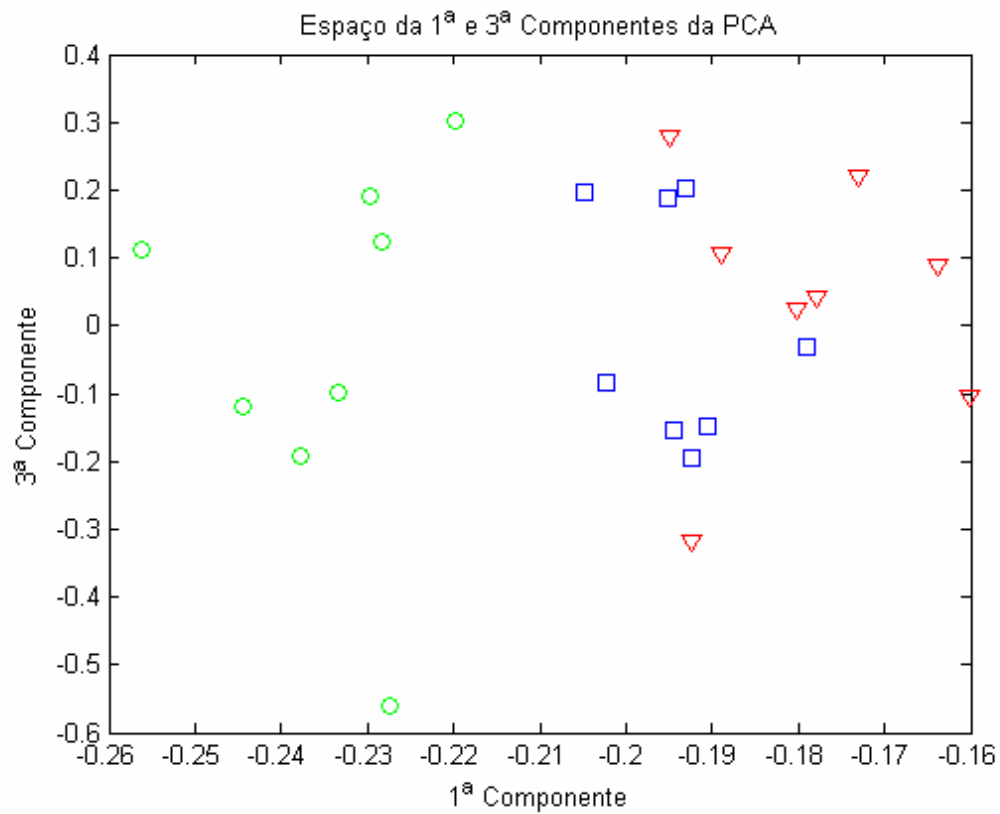


Gráfico 3: Espaço da primeira e terceira componentes principais da PCA geradas das variáveis originais.

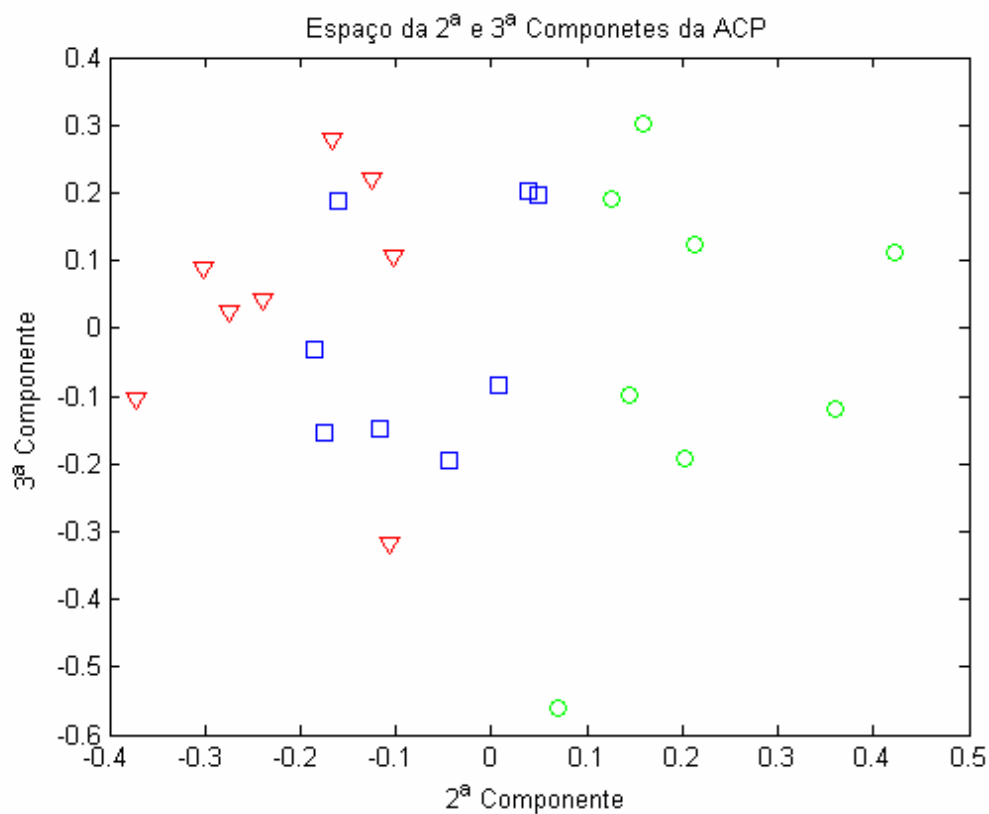


Gráfico 4: Espaço da segunda e terceira componentes principais da PCA geradas das variáveis originais.

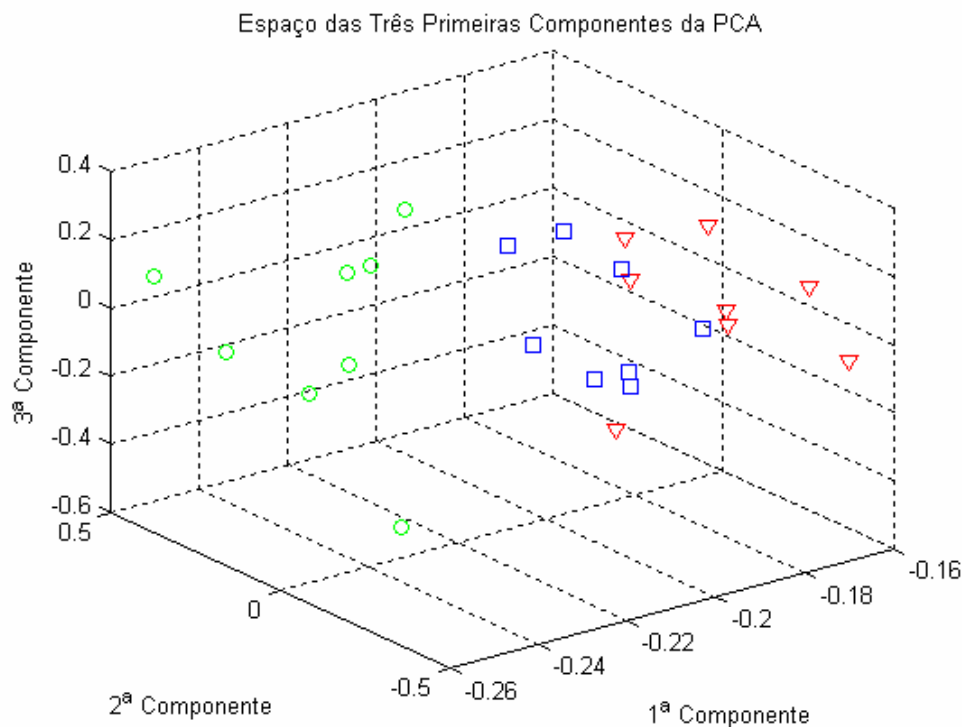


Gráfico 5: Espaço tridimensional das três componentes principais da PCA juntas, geradas das variáveis originais.

No gráfico 5 pode-se ter uma visão em profundidade dos três grupos; esta situação mostra a distribuição dos dados pelas três componentes simultaneamente e a importância de cada componente na análise do conjunto dos dados.

### 4.3 ESTATÍSTICA INFERENCIAL

#### 4.3.1 ANOVA

Houve uma probabilidade muito alta de os três grupos serem estatisticamente diferentes tratados simultaneamente com a ANOVA individualmente para as variáveis originais de AAPU e as duas primeiras componentes principais da PCA. Como se pode ver a seguir na tabela 6, seus respectivos níveis de significâncias foram muito baixos, para cada variável. A primeira componente da PCA apresentou um nível de significância menor que a variável original de AAPU, mostrando uma maior sensibilidade da primeira componente da PCA para diferenciação dos três grupos após sua análise da AAPU com os dados antropométricos. Já, com relação à segunda componente da PCA, a AAPU original apresentou maior sensibilidade, visto que esta componente isolada contém uma porcentagem bem menor de informações das variáveis originais como visto anteriormente no gráfico 1.

Tabela 6: Nível de significância da ANOVA das variáveis para diferença estatística entre os três grupos de atletas.

<b>Variável</b>	<b>P</b>
AAPU	$\leq 3.0 \times 10^{-8}$
PC1	$\leq 3.7 \times 10^{-9}$
PC2	$\leq 3.7 \times 10^{-7}$

#### 4.3.2 Teste “t” da AAPU entre os grupos

Quando tratados com o Teste “t” entre os grupos separadamente, as médias dos valores de AAPU apresentaram diferenças estatísticas para níveis de significâncias muito baixos (Tabela 7), mostrando claramente a distinção entre os grupos. A diferença entre grupos foi crescente: grupo 1 e 2 < grupo 2 e 3 < grupo 1 e 3; isto foi confirmado com níveis de significância decrescentes para as mesmas relações.

Tabela 7: Nível de significância do Teste t para os valores de AAPU entre os grupos separadamente.

<b>Grupos testados</b>	<b>p</b>
Grupo 1:2	$\leq 0,01$
Grupo 2:3	$\leq 1,6 \times 10^{-4}$
Grupo 1:3	$\leq 5,2 \times 10^{-7}$

#### 4.3.1 Dispersão dos valores de AAPU e PC1

As médias das variáveis, bem como suas medianas e valores centrais (Gráfico 6) para os três grupos apresentaram valores crescentes do grupo 1 ao grupo 3, como segue: Grupo 1 < 2 < 3 (fundistas < meio-fundistas < velocistas). Isto revela que esta variável representa o resultado do FPT, este teste de potência anaeróbica pode muito bem ser empregado na classificação de grupos para os diferentes tipos de composição de fibras musculares esqueléticas.

### Valores de AAPU dos 3 grupos de atletas

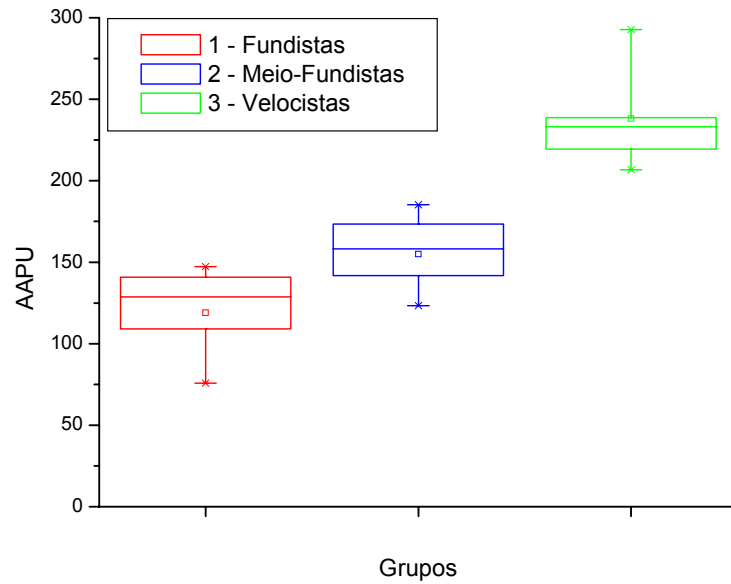


Gráfico 6- Gráfico de dispersão dos valores da AAPU para os três grupos de atletas.

A dispersão da primeira componente principal (gráfico 6) apresentou uma ordem de valores decrescente. Isto evidencia uma relação inversa dos valores da primeira componente da PCA com os de AAPU. Nota-se também uma menor dispersão dos dados nos três grupos, confirmando uma maior sensibilidade desta componente para diferenciação dos mesmos.

### Valores da primeira componente principal dos 3 grupos de atletas

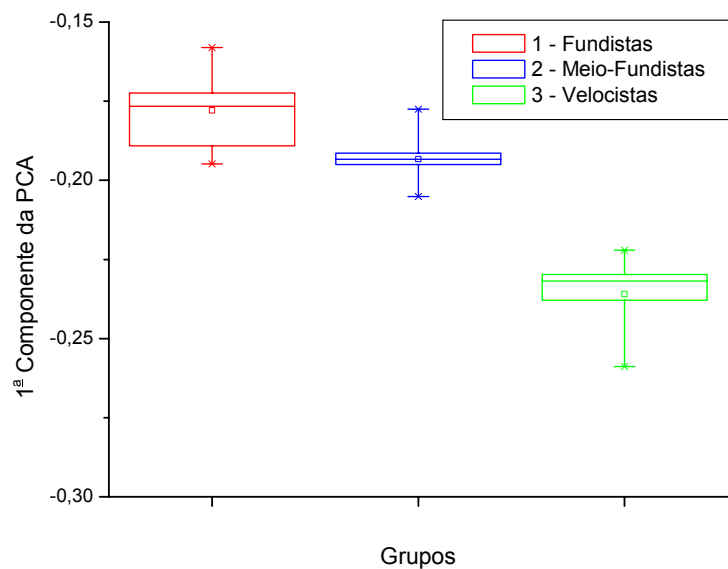


Gráfico 7: Gráfico de dispersão dos valores da primeira componente principal para os três grupos de atletas.

## 5. DISCUSSÃO

Ao considerar o TPF como um classificador, onde seus resultados dependem também do estado de motivação dos participantes, a proximidade dos grupos 1 e 2, devido às características das fibras IIa e I (GUEGUEN et al., 2005; SPENCER; GASTIN, 2001), pode interferir nos resultados e de certa forma incorrer em erros. Esta proximidade foi também confirmada neste estudo, porém a diferenciação destes grupos foi alcançada com a ANOVA tanto com os resultados do FPT, como também com maior precisão para a primeira componente da PCA. Não obstante, o Teste “t” aplicado entre os grupos separadamente confirmou diferença estatística significativa entre os grupos 1 e 2, eliminando assim a possibilidade de confusão entre os mesmos.

No presente estudo, a classificação do grupo 2, tende a ser mais precisa que a do grupo misto apresentado por Coutinho (2002), o qual utilizou jogadores de futebol, que não apresentam uma especificidade em características de fibra. Não obstante, pode-se verificar uma melhor seleção do grupo intermediário, visto que os três grupos apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, mesmo considerando a proximidade entre os dois primeiros grupos. Isto sugere que a identificação da CFM pode ser melhor para os três tipos de fibras musculares utilizando a PCA.

Sabe-se que a especificidade do treinamento (KOFOTOLIS et al., 2005; HARBER et al., 2004; PUTMAN et al., 2004) pode também favorecer esta proximidade e até influenciar os resultados finais, porém o presente estudo confirmou que a utilização da PCA abre espaço para tratamento também com outros grupos de atletas com uma característica de CFM intermediária mais específica como corredores de 800 m ou mesmo 400 m (CRAIG; MORGAN; 1998; DUFFIELD et al., 2005a), no qual o fator de resistência à atividade física muito presente nos 10.000 m não seja tão influente quanto aos de 1.500 m (MALDONADO et al., 2002; DUFFIELD et al., 2005b; HILL, 1999).

Com relação ao grupo 3 a AAPU apresentou-se significativamente diferente dos demais, mostrando que a especificidade das provas de corrida se aplicam muito bem às características de fibras específicas para as mesmas (DUFFIELD et al., 2004). Raciocínio similar poderia ser aplicado com relação ao grupo 1, o qual apresenta CFM em outro extremo, relativo ao grupo 3 (MALDONADO et al., 2002; SVEDENHA; SJODIN, 1994; DUFFIELD et al., 2005b; BUSSO; CHATAGNON, 2006).

As medidas de dobras cutâneas, juntamente com a estatura altura tronco-encefálica e comprimento de pernas foram as variáveis de menor coerência com relação aos grupos de corredores, assim deve se ter cautela na utilização destas em estudo com os tipos de fibras. Como a PCA trata o conjunto de dados como um todo, separando variáveis de menor informação, atribuindo maior peso às de informações mais relevantes; neste estudo estas variáveis foram automaticamente diferenciadas eliminando possíveis influências negativas das mesmas na classificação dos três grupos de corredores.

O peso corporal apesar de seus valores de médias crescentes e diferenças estatísticas significativas nos relacionamentos de grupo 2:3 e 1:2; o grupo 1 e 2 não apresentaram médias com diferença estatística significativa entre si, confirmando a proximidade entre os mesmos (GUEGUEN et al., 2005; SPENCER; GASTIN, 2001) e a relação que o tipo de fibra muscular possa ter com a massa corpórea ((MICHEL et al., 2004; MUTUNGI; RANATUNGA, 2000; POWERS; HOWLEY, 2000; THOMSON; GORDON, 2005).

As medidas de diâmetros ósseos foram as que apresentaram melhor relação com os três grupos, todas as médias foram crescentes com relação aos grupos de corredores (do grupo 1 → 3), sendo com diferença estatística significativa apenas a femural, para os grupos 1 com 3, e a biestiloidal que foi a única de todas as variáveis que além de apresentar ordem crescente de valores para suas médias, também mostrou diferença estatística significativa entre os três grupos separados dois a dois. Isto mostra a importância de considerar esta última em estudos que visam a proposição de modelagem matemática para predição da composição de fibras musculares esqueléticas.

Os valores crescentes das médias de perimetria, de acordo com a ordem dos grupos de corredores, sugerem uma boa relação destas variáveis com os tipos de fibras representados em cada grupo; além disso, diferenças estatísticas significativas para relação de grupos 1:3, reforçam esta afirmativa principalmente para diferenciação de fibras rápidas e lentas sem especificar as subdivisões das fibras rápidas; mesmo para o braço esquerdo que apresentou diferença estatística significativa apenas para a relação de grupos 2:3, mas seu nível de significância para a relação de grupos 1:3 foi  $p = 0,055$ ; pouco acima do considerado ( $p < 0,05$ ) neste estudo. Das três relações para diferenciação entre os grupos (1:2, 2:3 e 1:3), metade destas variáveis tiveram duas relações com diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ), mostrando que as mesmas podem ser consideradas para diferenciação também dos grupos 1 e dois, reforçando a classificação das subdivisões das fibras rápidas IIa e IIb.

## 6. CONCLUSÃO

O Teste de Potência Flegner expresso pela Unidade de Potência Anaeróbica Alática (UPAA) mostra-se eficiente na classificação de composição de fibras musculares, onde se objetiva separar os grupos de predominância de fibras lentas do tipo I, rápidas do tipo IIa e rápidas do tipo IIb. Houve uma melhora nos resultados quando na análise os dados de AAPU e variáveis antropométricas foram tratados com a PCA, assim este procedimento pode eliminar possíveis interferências de características de composição de fibras musculares próximas ou parecidas.

Das variáveis antropométricas, além do peso corporal, tanto as variáveis de perímetros corporais como as de diâmetros ósseos, ambas apresentaram melhor diferenciação de suas médias entre os grupos. Para os grupos 1 e 3, praticamente todas as variáveis de perimetria tiveram médias com diferenças estatísticas significativas, separando muito bem as fibras rápidas das lentas; contudo, metade destas variáveis podem auxiliar na classificação do grupo intermediário, visto que diferenciaram também os grupos 1 e 2 e os grupos 2 e 3. A medida biestiloidal apresentou médias com diferenças estatísticas significantes ( $p < 0,02$ ) para os três relacionamentos e em ordem crescentes do grupo  $1 \rightarrow 3$  (grupo  $1 < 2$ ,  $2 < 3$  e  $1 < 3$ ), sugerindo que esta pode ser de grande importância quando na proposição de modelagem matemática para predição da composição de fibras musculares.

A seleção dos corredores de 1500 m como representante do grupo intermediário foi satisfatória, com uma boa classificação mesmo neste estudo, porém para uma melhor caracterização deste grupo com relação às fibras IIa, o presente estudo sugere uma amostra incluindo atletas de 800 e 400m.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACH, A.D.; BEIER, J.P.; STERN-STAETER, J.; HORCH, R.E. Skeletal muscle tissue engineering. **J. Cell. Mol. Med.**, v.8, n.4, p.413-422, 2004.

BAHI, L.; GARNIER, A.; FORTIN, D.; SERRURIER, B.; VEKSLER, V.; BIGARD, A.X.; VENTURA-CLAPIER, R. Differential effects of thyroid hormones on energy metabolism of rat slow- and fast-twitch muscles. **J. Cell. Physiol.**, v.203, n.3, p.589-598, 2005.

BARNETT, C.; CAREY, M.; PROIETTO, J.; CERIN, E.; FEBBRAIO, M.A.; JENKINS, D. Muscle metabolism during sprint exercise in man: influence of sprint training. **J. Sci. Méd. Sport**, v.7, n.3, p.314-322, 2004.

BARROSO, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. **R. bras. Ci e Mov.**, v.13, n.2, p. 111-122, 2005.

BARSTOW, T.J.; JONES, A.M.; NGUYEN, P.H.; CASABURI, R. Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. **J. Appl. Physiol.**, v.81, n.4, p.1642-1650, 1996.

BELTMAN, J.G.; SARGEANT, A.J.; VAN MECHELEN, W.; DE HAAN, A. Voluntary activation level and muscle fiber recruitment of human quadriceps during lengthening contractions. **J. Appl. Physiol.**, v.97, n.2, p.619-626, 2004.

BLEMKER, S.S.; DELP, S.L. Three dimensional representation of complex muscle architectures and geometries. **Ann. Biomed. Eng.**, v.33, n.5, p.661-673, 2005.

BOSCO, C.; KOMI, P.V.; TIHANYI, J.; FEKETE, G.; APOR, P. Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, v.51, n.1, p. 129-135, 1983;.

BRIAN, C.C.; TODD, M.M.; DWIGHT, J.T.; NEIL, A.D.; LORI LPS. Gender differences in skeletal muscle fatigability are related to contraction type and EMG spectral compression. **J. Appl. Physiol.**, v.94, p.2263-2272, 2003.

BUSSO, T.; CHATAGNON, M. Modelling of aerobic and anaerobic energy production in middle-distance running. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.97, n.6, p.745-754, 2006.

CANEPARI, M.; ROSSI, R.; PELLEGRINO, M.A.; ORRELL, R.W.; COBBOLD, M.; HARRIDGE, S.; BOTTINELLI, R. Effects of resistance training on miosin function studied by the in vitro motility assay in young and older men. **J. Appl. Physiol.**, v.98, n.6, p.2390-2395, 2005.



CARROLL, C.C.; CARRITHERS, J.A.; TRAPPE, T.A. Contrátil protein concentrations in human single muscle fibers. **J. Muscle Res. Cell. Motil.**, v.25, n.1, 55-59, 2004.

CARROLL, C.C.; GALLAGHER, P.M.; SEIDLE, M.E.; TRAPPE, S.W. Skeletal muscle characteristics of people with multiple sclerosis. **Arch. Phys. Méd. Rehabil.**, v.86, n.2, p.224-229, 2005.

COUTINHO, M.H.P. **Predição da composição de fibras musculares: Um instrumento não invasivo para treinadores.** Dissertação de mestrado (Maestría en Psicopedagogía – Mención en Educacion física), Universidad De La Habana, Cuba, 2002. 172f.

CRAIG, I.S.; MORGAN, D.W. Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Méd. Sci. Sports Exerc.**, v.30, n.11, p.1631-1636, 1998.

DAMASCENO, V.O.; LIMA, J.R.P.; VIANNA, J.M.; VIANNA, V.R.A.; NOVAES, J.S. Tipo físico ideal e satisfação com a imagem corporal de praticantes de caminhada. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v.11, n.3, p.181-186, 2005.

DE KONING, J.J.; FOSTER, C.; LAMPEN, J.; HETTINGA, F.; BOBBERT, M.F. Experimental evaluation of the power balance model of speed skating. **J. Appl. Physiol.**, v.98, n.1, p.227-233, 2005.

DELLA, D. G. Individual differences in foot leverage in relation to jumping performance. **Research Quartely.**, v.21, p.11-19, 1950.

DESCHENES, M. R.; BRITT, A. A.; CHANDLER, W. C. A comparison of the effects of unloading in young adult and aged skeletal muscle. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.33, n.9, p.1477-1483, 2001.

DESCHENES, M.R. Effects of aging on muscle fibre type and size. **Sports Méd.**, v.34, p.12, p.809-824, 2004.

DOUGLAS, C. **Tratado de Fisiologia Aplicada as Ciências da Saúde** 5. ed. São Paulo: Robe, 2002. 1582p.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events. **J. Sci. Med. Sport.**, v.7, n.3, p.302-313, 2004.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. **J. Sports Sci.**, v.23, n.3, p.299-307, 2005a.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. **J. Sports Sci.**, v.23, n.10, p.993-1002, 2005b.

FLEGNER, A.J. **Correlational analysis of an absolute and relative field power test and a laboratorial evaluation of anaerobic metabolism.** Tese (Doctor of Philosophy in Health and Physical Education) – Faculty of George Peabody College for Teachers of Vanderbilt University, USA, 1983. 107f.

FLEGNER, A.J.; DIAS, J.C. **Pesquisa e metodologia: Manual completo de pesquisa e redação.** Rio de Janeiro: Ministério do Exército, 1995.

FOSS, M. L.; KETEVAN, S. J. **Fox / bases fisiológicas do exercício e do esporte.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 578p.

FROESE, E.A.; HOUSTON, M.E. Performance during the Wingate anaerobic test and muscle morphology in males and females. **Int. J. Sports Med.**, v.8, n.1, p.35-9, 1987.

FRIEDMANN, B.; KINSCHERF, R.; VORWALD, S.; MÜLLER, H.; KUCERA, K.; BORISCH, S.; RICHTER, G.; BÄRTSCH, P.; BILLETTER, R. Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload. **Acta Physiol. Scand.**; v.182, n.1, p.77-88, 2004.

FRY, A.C. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. **Sports Med.**, v.34, n.10, p.663-679, 2004.

GARCIA, P.R.; LEMOS, K.M. A estética como um valor na educação física. **Revista Paulista de Educação Física**, v.17. n.1, p.32-40, 2003.

GARLAND, S.W.; NEWHAM, D.J.; TURNER, D.L. The amplitude of the slow component of oxygen uptake is related to muscle contractile properties. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.91, n.2-3, p.192-198, 2004.

GERDLE, B.; KARLSSON, S.; CRENSHAW, A.G.; FRIDEN, J. The relationships between EMG and muscle morphology throughout sustained static knee extension at two submaximal force levels. **Acta Physiol. Scand.**, v.160, n.4, p.341-351, 1997.

GERDLE, B.; KARLSSON S.; CRENSHAW A. G.; ELERT J.; FRIDÉN J. The influences of muscle fibre proportions and areas upon EMG during maximal dynamic knee extensions. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.81, p.2-10, 2000.

GLENCROSS, D. J. The nature of the vertical jump test and the standing broad jump. **Research Quarterly**, v.37, p.202-209, 1966.

GOSWAMI, A.; SADHUKHAN, A.K.; GUPTA, S. EMG characteristics and fibre composition: study on rectus femoris of sprinters and long distance runners. **Indian J. Physiol. Pharmacol.**, v.45, n.4, p.497-501, 2001.

GRAY, S.; NIMMO, M. Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. **J. Sports Sci.**, v.19, n.9, p.693-700, 2001.

GUEGUEN, N.; LEFAUCHEUR, L.; FILLAUT, M.; HERPIN, P. Muscle fiber contractile type influences the regulation of mitochondrial function. **Mol. Cell. Biochem.**, v.276, n.1-2, p.15-20, 2005.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 973p.

HALL, S. **Biomecânica Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 528p.

HAMADA, T.; SALE, D.G.; MACDOUGALL, J.D.; TARNOPOLSKY, M.A. Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. **Acta Physiol. Scand.**, v.178, n.2, p.165-173, 2003.

HANSEN, A.K.; FISCHER, C.P.; PLOMGAARD, P.; ANDERSEN, J.L.; SALTIN, B.; PEDERSEN, B.K. Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily. **J. Appl. Physiol.**, v.98, n.1, p.93-99, 2005.

HARBER, M.P.; GALLAGHER, P.M.; CREER, A.R.; MINCHEV, K.M.; TRAPPE, S.W. Single muscle fiber contractile properties during a competitive season in male runners. **Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.**, v.287, n.5, p.R1124-1131, 2004.

HAKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; NEWTON, R.U.; ALEN, M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. **Acta Physiol. Scand.**, v.171, n.1, p. 51-62, 2001.

HE, Z.H; BOTTINELLI, R.; PELLEGRINO, M.A.; FERENCZI, M.A.; REGGIANI, C. ATP consumption and efficiency of human single muscle fibers with different miosina isoform composition. **Biophys. J.**, v.79, n.2, p.945-961, 2000.

HILL, D.W. Energy system contributions in middle-distance running events. **J. Sports Sci.**, v.17, n.6, p.477-483, 1999.

HOFFMAN, J. R.; EPSTEIN, S.; EINBINDER, M.; WEINSTEIN, Y. A Comparison Between the Wingate Anaerobic Power Test to Both Vertical Jump and Line Drill Tests in Basketball Players. **J. Str. Cond. Research**, v.14, n.3, p.261–264, 2000.

HOSTENS, I.; RAMON, H. Assessment of muscle fatigue in low level monotonous task performance during car driving. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, v.15, n.3, p.266-274, 2005.

HOWARD, J.D.; et.al. Relative activation of two human elbow flexors under isometric conditions: a cautionary note concerning flexor equivalence. **Exp. Brain Res.**, v.62, p.199-202, 1984.

HUSOM, A.D.; FERRINGTON, D.A.; THOMPSON, L.V. Age-related differences in the adaptive potential of type I skeletal muscle fibers. **Exp. Gerontol.**, v.40, n.3, p.227-235, 2005.

INBAR, O.; KAISER, P.; TESCH, P. Relationships between leg muscle fiber type distribution and leg exercise performance. **Int. J. Sports Med.**, v.2, n.3, p.154-159, 1981.

KARAKELIDES, H.; SREEKUMARAN NAIR, K. Sarcopenia of aging and its metabolic impact. **Curr. Top. Dev. Biol.**, v.68, p.123-148, 2005.

KARP, J.R. Muscle Fiber Types And Training. **Track Coach**, v.155, p.4943-4946, 2001.

KELLER, H.; BAR-OR, O.; KRIEMLER, S.; AYUB, B.V.; SAIGAL, S. Anaerobic performance in 5- to 7-yr-old children of low birthweight. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.32, n.2, p.278-283, 2000.

KERN, D.S., SEMMLER, J.G., ENOKA, R.M. Long-term activity in upper- and lower-limb muscles of humans. **J. Appl. Physiol.**, v.91, n.5, p.2224-2232, 2001.

KNIGHT, C.A.; KAMEN, G. Superficial motor units are larger than deeper motor units in human vastus lateralis muscle. **Muscle Nerve**, v.31, n.4, 475-480, 2005.

KOFOTOLIS, N.; VRABAS, I.S.; VAMVAKOUDIS, E.; PAPANIKOLAOU, A.; MANDROUKAS, K. Proprioceptive neuromuscular facilitation training induced alterations in muscle fibre type and cross sectional area. **Br. J. Sports Méd.**, v.39, n.3, p.11-15, 2005.

KOMI, P.V.; RUSKO, H.; VOS, J.; VIHKO, V. Anaerobic performance capacity in athletes. **Acta Physiol. Scand.**, v.100, n.1, p.107-114, 1977.

KOHN, A. F. **Reconhecimento de Padrões – Uma abordagem Estatística**. São Paulo: Dep. de Eng. Eletrônica – Escola Politécnica / USP. 1998. 205p.

KRIVICKAS, L.S.; ANSVED, T.; SUH, D.; FRONTERA, W.R. Contrátil properties of single muscle fibers in myotonic dystrophy. **Muscle Nerve**; v.23, n.4, p.529-537, 2000.

KYRÖLÄINEN, H.; KIVELA, R.; KOSKINEN, S.; MCBRIDE, J.; ANDERSEN, J.L.; TAKALA, T.; SIPILA, S.; KOMI, P.V. Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.35, n.1, p.45-49, 2003.

KYRÖLÄINEN, H.; AVELA, J.; MCBRIDE, J.M; KOSKINEN, S.; ANDERSEN, J.L.; SIPIILÄ, S.; TAKALA, T.E.; KOMI, P.V. Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v.15, n.1, p.58-64, 2005.

LAFORTUNA, C.L.; AGOSTI, F.; MARINONE, P.G.; MARAZZI, N.; SARTORIO, A. The relationship between body composition and muscle power output in men and women with obesity. **J. Endocrinol. Invest.**, v.27, n.9, p.854-861, 2004.

LAING, N.G.; CLARKE, N.F.; DYE, D.E.; LIYANA, G.E.K.; WALKER, K.R.; KOBAYASHI, Y.; SHIMAKAWA, S.; HAGIWARA, T.; OUVRIER, R.; SPARROW, J.C.; NISHINO, I.; NORTH, K.N.; NONAKA, I. Actin mutations are one cause of congenital fibre type disproportion. **Ann Neurol.**, v.56, n.5, p.689-694, 2004..

LARIVIE`RE, C., ARSENAULT, A.B., GRAVEL, D., GAGNON, D., LOISEL, P. Surface electromyography assessment of back muscle intrinsic properties. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, v.13, n.4, p.305-318, 2003.

LARSSON, B.; BJORK, J.; ELERT, J.; LINDMAN, R.; GERDLE, B. Fibre type proportion and fibre size in trapezius muscle biopsies from cleaners with and without myalgia and its correlation with ragged red fibres, cytochrome-c-oxidase-negative fibres, biomechanical output, perception of fatigue, and surface. electromyography during repetitive forward flexions. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.84, n.6, p.492-502, 2001.

LAURINO, C.F.S.; ALLOZA, J.F.M. Lesão Muscular: Supertreinamento. **Ars Curandi**, v.27, p.46-60, 1994.

ASAS ANNUAL MEETING, E2, 1998/1999. Denver, Colorado. Anais eletrônicos Denver, Colorado: ASAS annual meetings, 1998. Disponível em:  
<http://www.asas.org/JAS/journal.asp?Society=asas&month=0&year=0>

LINDSTEDT, S.L.; MCGLOTHLIN, T.; PERCY, E.; PIFER, J. Task-specific design of skeletal muscle: balancing muscle structural composition. **Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.**, v.120, n.1, p.35-40, 1998.

LINDSTEDT, C.A.; KAMEN, G. Superficial motor units are larger than deeper motor units in human vastus lateralis muscle. **Muscle Nerve**; v.31, n.4, p.475-480, 2005.

MALDONADO, S.; MUJIKA, I.; PADILLA, S. Influence of body mass and height on the energy cost of running in highly trained middle- and long-distance runners. **Int. J. Sports Med.**, v.23, n.4, p.268-272, 2002.

MARFELL-JONES, M., OLDS, T., STEWART, A. AND CARTER, L. **International standards for anthropometric assessment**. Potchefstroom, South Africa: ISAK, 2006.

MARTINI, R. **Fundamentals of Anatomy and Physiology**. Publicação eletrônica, 1<sup>a</sup> ed., 2000. Disponível em: <http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/martinidemo>. Acesso em: 14 jul. 2006.

MICHEL, R.N.; DUNN, S.E.; CHIN, E.R. Calcineurin and skeletal muscle growth. **Proc. Nutr. Soc.**, v.63, n.2, p.341-349, 2004.

MOITA NETO, J. M. Estatística multivariada - Uma visão didática-metodológica. **Revista de Filosofia e Ensino**, v.9, 2004. Disponível em: [http://criticanarede.com/cien\\_estatistica.html](http://criticanarede.com/cien_estatistica.html). Acesso em: 18 jun. 2006.

MUTUNGI, G., RANATUNGA, K.W. Sarcomere length changes during end-held (isometric) contractions in intact mammalian (rat) fast and slow muscle fibres. **J. Muscle Res. Cell. Motil.**, v.21, n.6, p.565-575, 2000.

OGAWA, T.; OHBA, K.; NABEKURA, Y.; NAGAI, J.; HAYASHI, K.; WADA, H.; NISHIYASU, T. Intermittent short-term graded running performance in middle-distance runners in hypobaric hypoxia. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.94, n.3, p.254-261, 2005.

ORIZIO, C.; VEICSTEINAS, A. Soundmyogram analysis during sustained maximal voluntary contraction in sprinters and long distance runners. **Int. J. Sports Med.**, v.13, n.8, p.594-599, 1992.

PADDON-JONES, D.; LEVERITT M.; LONERGAN A.; ABERNETHY P. Adaptations to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.85, n.5, p.466-471, 2001.

PEDERSEN, P.K.; SORENSEN, J.B.; JENSEN, K.; JOHANSEN, L.; LEVIN, K. Muscle fiber type distribution and nonlinear  $\dot{V}O_2$ -power output relationship in cycling. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.34, n.4, p.655-61, 2002. Author reply, **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.34, n.11, p.1859-1860, 2002.

PIPES, T.V. Strength training and fiber types. **Scholastic Coach**, v.63, n.8, p. 67-71,1994.

POLLA, B.; D'ANTONA, G.; BOTTINELLI, R.; REGGIANI, C. Respiratory muscle fibres: specialisation and plasticity. **Thorax**, v.59, n.9, p.808-817, 2004.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício**. São Paulo: Manole, 2000. 726p.

PRINCE, F.P.; HIKIDA, R.S.; HAGERMAN, F.C.; STARON, R.S.; ALLEN, W.H. A morphometric analysis of human muscle fibers with relation to fiber types and adaptations to exercise. **J. Neurol. Sci.**, v.49, n.2, p.165-179, 1981.

PUTMAN, C.T.; XU, X.; GILLIES, E.; MACLEAN, I.M.; BELL, G.J. Effects of strength, endurance and combined training on miosina heavy chain content and fibre-type distribution in humans. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.92, n.45, p.376-384, 2004.

PUTNAM, R.W.; GLEESON, T.T.; BENNEW, A.F. Histochemical determination of the fiber composition of locomotory muscles in a lizard, *dipsosaurus do rsalis*. **J. Exper. Zool.**, v.214, p.303-309, 1980.

RAO, T.V.; KOUL, R.L.; INUWA, I.M. Congenital fiber-type disproportion myopathy with type I fiber predominance and type II fiber smallness and atrophy--a sterological analysis. **Clin. Neuropathol.**, v.24, n.1, p.26-31, 2005.

RASH, P. J.: **Cinesiologia e Anatomia Aplicada**, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 204p.

RATEL, S.; LAZAAR, N.; DORE, E.; BAQUET, G.; WILLIAMS, C.A.; BERTHOIN, S.; VAN PRAAGH, E.; BEDU, M.; DUCHE, P. High-intensity intermittent activities at school: controversies and facts. **J. Sports Méd. Phys. Fitness**, v.44, n.3, p.272-280, 2004.

SANCHES, A.B.; CASAL, H.M.V.; BRANDÃO, M.R.F. Fatores de estresse no futebol. **Revista Digital - Buenos Aires**, v.10, n.73, 2004. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd73/futebol.htm>. Acesso em: 14 jul. 2006.

SANDERCOCK, T.G. Summation of motor unit force in passive and active muscle. **Exerc. Sport Sci. Ver.**, v.33, n.2, p.76-83, 2005.

SANTOS, J.A.R. Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futebolistas de diferente nível competitivo. **Rev. paul. Educ. Fís.** São Paulo, v.13, n.2, p.146-159, 1999.

SARDENBERG, T.; MÜLLER, S.S.; PEREIRA, H.R.; DE OLIVEIRA, R.A.; HOSSNE, W.S. Análise dos aspectos éticos da pesquisa em seres humanos contidos nas Instruções aos Autores de 139 revistas científicas brasileiras. **Rev. Ass. Med. Brasil.**, v.45, n.4, p.295-302, 1999.

SCHEUERMANN, B.W.; TRIPSE MCCONNELL, J.H.; BARSTOW, T.J. EMG and oxygen uptake responses during slow and fast ramp exercise in humans. **Exp. Physiol.**, v.87, n.1, p.91-100, 2002.

SHENKMAN, B.S.; PODLUBNAIA, Z.A.; VIKHLIANTSEV, I.M.; LITVINOVA, K.S.; UDAL'TSOV, S.N.; NEMIROVSKAIA, T.L.; LEMESHEVA, I.U.S.; MUKHINA, A.M.; KOZLOVSKAIA, I.B. [Human solear fibers contrátil characteristics and sarcomeric cytoskeletal proteins after gravitational unloading. Contribution of support stimulus] **Biofizika**, v.49, n.5, p.881-890, 2004.

SPENCER, M.R., GASTIN, P.B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.33, n.1, p.157-162, 2001.

STARON, R.S.; HAGERMAN, F.C.; HIKIDA, R.S.; MURRAY, T.F.; HOSTLER, D.P.; CRILL, M.T.; RAGG K, E.; TOMA, K. Fiber Type Composition of the Vastus Lateralis Muscle of Young Men and Women. **J. Histochem. Cytochem.**, v.48, n.5, p.623–629, 2000.

SUNDMAN, E.; ANSVED, T.; MARGOLIN, G.; KUYLENSTIERNA, R.; ERIKSSON, L. I. Fiber-type composition and fiber size of the human cricopharyngeal muscle and the pharyngeal constrictor muscle. **Acta Anaesthesiol. Scand.**, v.48, p.423-429, 2004.

SUTER, E.; HERZOG, W.; SOKOLOSKY, J.; WILEY, J.P.; MACINTOSH, B.R. Muscle fiber type distribution as estimated by Cybex testing and by muscle biopsy. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.25, n.3, p.363-370, 1993.

SVEDENHA, G. J.; SJODIN, B. Body-mass-modified running economy and step length in elite male middle- and long-distance runners. **Int. J. Sports Med.**, v.15, n.6, p.305-310, 1994.

THOMSON, D.M.; GORDON, S.E. Diminished overload-induced hipertrofia in aged fast-twitch skeletal muscle is associated with AMPK hyperphosphorylation. **J. Appl. Physiol.**, v.98, n.2, p.557-564, 2005.

TRAPPE, S.; COSTILL, D.; THOMAS R.. Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.32, n.12, p. 48–56, 2000.

TUCKER, R.; RAUCH, L.; HARLEY, Y.X.; NOAKES, T.D. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. **Pflugers Arch.**, v.448, n.4, p.422-430, 2004.



VAN PRAAGH, E.; DORE, E. Short-term muscle power during growth and maturation. **Sports Med.**, v.32, n.11, p.701-728, 2002.

VON TSCHARNER, V.; GOEPFERT, B. Gender dependent EMGs of runners resolved by time/frequency and principal pattern analysis. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, v.13, n.3, p.253-272, 2003.

WAKELING, J.M.; KAYA, M.; TEMPLE, G.K.; JOHNSTON, I.A.; HERZOG, W. Determining patterns of motor recruitment during locomotion. **J. Exp. Biol.**, v.205, n.3, p.359-369, 2002.

WAKELING, J.M. Motor units are recruited in a task-dependent fashion during locomotion. **J. Exp. Biol.**, v.207, n.22, p.3883-3890, 2004.

WEIR, J.P.; AYERS, K.M.; LACEFIELD, J.F.; WALSH, K.L. Mechanomyographic and electromyographic responses during fatigue in humans: influence of muscle length. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.81, n.4, p.352-359, 2000.

WEISS, N.; ORON, U. Enhancement of muscle regeneration in the rat gastrocnemius muscle by low energy irradiation. **Anat. and Embr.**, v.186, p. 497-503, 1992.

WEINECK, J. **Treinamento ideal**. São Paulo: Manole, 1999. 740p.

WIDRICK, J.J.; TRAPPE, S.W.; COSTILL, D.L.; FITTS, R.H. Force-velocity and force-power properties of single muscle fibers from elite master runners and sedentary men. **Am. J. Physiol.**, v.271, n.2 Pt 1, p.C676-683, 1996.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. São Paulo: Manole, 2001. 726p.

WRETLING, M.L.; HENRIKSSON-LARSEN, K.; GERDLE, B. Inter-relationship between muscle morphology, mechanical output and electromyographic activity during fatiguing dynamic knee-extensions in untrained females. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, v.76, n.6, p.483-490, 1997.

WRETLING, M.L.; HENRIKSSON-LARSEN, K. Mechanical output and electromyographic parameters in males and females during fatiguing knee-extensions. **Int. J. Sports Med.**, v.19, n.6, p.401-407, 1998.

ZAWADOWSKA, B.; MAJERCZAK, J.; SEMIK, D.; KARASINSKI, J.; KOLODZIEJSKI, L.; KILARSKI, W.M.; DUDA, K.; ZOLADZ, J.A. Characteristics of miosina profile in human vastus lateralis muscle in relation to training background. **Folia Histochem. Cytobiol.**, v.42, n.3, p. 359–369, 2004..

ZIERATH, J.R.; HAWLEY, J.A. Skeletal muscle fiber type: Influence on contractile and metabolic properties. **PLoS Biology**, v.2, n.10, p.1523-7, 2004. Disponível em: [www.plosbiology.org](http://www.plosbiology.org). Acesso em: 11 jun. 2006.

## ANEXO-A

### TERMO DE CONSENTIMENTO DO ATLETA

Venho através deste documento, solicitar a colaboração de V.Sa. como participante voluntário na coleta dos dados para minha dissertação de mestrado tendo como tema: “**Análise de Componentes Principais na Determinação da Composição de Fibras Musculares pelo Teste de Potência “Flegner” em Fundistas, Meio-Fundistas e Velocistas**”.

Este convite é de caráter voluntário, onde sua participação será extremamente valiosa, também podendo ser significativa para a melhoria do nível de treinamento, já que teremos chance de obter informações importantes às suas aptidões físicas.

As seguintes avaliações serão necessárias:

- 1- Anamnese;
- 2- Avaliação da Composição Corporal e Circunferências;
- 3- Testes de contração muscular isométrica com registro de eletromiografia;
- 4- Teste de potência anaeróbica – Teste de Potência Flegner.

O participante da pesquisa poderá desistir a qualquer momento, podendo ser solicitado um laudo com os resultados ao final das avaliações.

A UNIVAP e os profissionais que participam deste projeto, não se responsabilizarão por qualquer dano que possa resultar da sua participação nesta pesquisa através das avaliações e do programa de testes físicos para o qual o voluntário for submetido.

Os participantes não terão participação em eventuais direitos autorais que possam advir da publicação dos resultados desta pesquisa.

Na certeza de sua compreensão, conto com sua participação,

Atenciosamente,

Pesquisador: **Prof. Cidllan Silveira Gomes Faial**

Aceito participar da pesquisa voluntariamente

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Assinatura: \_\_\_\_\_

**ANEXO-B****ANAMNESE****I- Informações Pessoais**

Nome: \_\_\_\_\_ Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Bairro \_\_\_\_\_ Cidade \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Cep: \_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_-\_\_\_\_ Telefone Residencial: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Telefone Trabalho: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ Celular: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Ocupação: \_\_\_\_\_

**II- Histórico Pessoal**

Esporte que pratica: \_\_\_\_\_ Há quanto tempo: \_\_\_\_\_

Quantas horas são dedicadas ao treinamento semanalmente: \_\_\_\_\_

Esportes que já praticou: \_\_\_\_\_

Possui alguma lesão óssea, muscular ou articular? \_\_\_\_\_

Qual o local? \_\_\_\_\_ Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Quais os sintomas? \_\_\_\_\_

Está ingerindo algum tipo de remédio e/ou suplemento nutricional? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Quantas competições você disputa por mês? \_\_\_\_\_

Recorde pessoal nos últimos 2 anos: 100m \_\_\_\_\_ 1500m \_\_\_\_\_

10.000m \_\_\_\_\_ 15.000m \_\_\_\_\_ Maratona \_\_\_\_\_

São José dos Campos, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200 \_\_\_\_

Assinatura do participante voluntário: \_\_\_\_\_

## ANEXO-C

### MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ N<sup>o</sup>: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ anos

Peso (Kg): \_\_\_\_\_ Estatura (cm): \_\_\_\_\_ Altura Tronco-Encefálica (cm): \_\_\_\_\_

Cumprimento da Perna (distância maléolo Joelho (cm)): Dir. \_\_\_\_\_ Esq. \_\_\_\_\_

Diâmetros Ósseos (cm):

Maléolo- \_\_\_\_\_ Fêmur- \_\_\_\_\_ Úmero- \_\_\_\_\_ Rádio- \_\_\_\_\_

Densidade de Dobras Cutâneas (cm):

Peitoral- \_\_\_\_\_ Tríceps- \_\_\_\_\_ Sub-Escapular- \_\_\_\_\_

Supra-Ilfaca- \_\_\_\_\_ Abdominal- \_\_\_\_\_ Coxa- \_\_\_\_\_ Panturrilha- \_\_\_\_\_.

Perímetros Corporais (cm):

Braço (circunferência do ponto mais volumoso do bíceps)-

Dir. Normal \_\_\_\_\_ Contraído \_\_\_\_\_ Esq. Normal \_\_\_\_\_ Contraído \_\_\_\_\_

Coxa- Dir. \_\_\_\_\_ Esq. \_\_\_\_\_ (circunf. do ponto médio entre a patela e quadril)

Perna (circunferência do ponto mais volumoso da perna)-

Dir. Normal \_\_\_\_\_ Contraído \_\_\_\_\_ Esq. Normal \_\_\_\_\_ Contraído \_\_\_\_\_

Composição Corporal:

% de Gordura- \_\_\_\_\_ Gordura Total- \_\_\_\_\_ Massa Magra- \_\_\_\_\_

Massa Muscular- \_\_\_\_\_ Massa Óssea- \_\_\_\_\_ Massa Residual- \_\_\_\_\_

**ANEXO-D**  
**TESTE DE POTÊNCIA FLEGNER**

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

Nº: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

**- 1ª tentativa**

Distância atingida nos 10 saltos (m): \_\_\_\_\_

UPAA: \_\_\_\_\_

Tempo total gasto nos 10 saltos (s): \_\_\_\_\_

**- 2ª tentativa**

Distância atingida nos 10 saltos (m): \_\_\_\_\_

UPAA: \_\_\_\_\_

Tempo total gasto nos 10 saltos (s): \_\_\_\_\_

**- 3ª tentativa**

Distância atingida nos 10 saltos (m): \_\_\_\_\_

UPAA: \_\_\_\_\_

Tempo total gasto nos 10 saltos (s): \_\_\_\_\_

**- Melhor Resultado**

UPAA = \_\_\_\_\_      UPAAe = \_\_\_\_\_

Fórmula aplicada ao teste realizado:  $UPAA = \frac{\text{Peso Corporal (Kg)} \times \text{Distância (m)}}{\text{Tempo (s)}}$

Fórmula de estimativa (predição):  $UPAAe = (5,94) \times MCM - 112,63$

Nome: \_\_\_\_\_      Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Assinatura: \_\_\_\_\_

## ANEXO-E

### TERMO DE CONSENTIMENTO PARA A INSTITUIÇÃO

Rio de Janeiro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

De: Professor Cidllan Silveira Gomes Faial

Para: Cel. Adalberto de Souza Rabelo (responsável pela equipe de corrida da PMERJ)

Venho através deste documento, solicitar a colaboração de V.Sa. no sentido de liberar os atletas desta instituição, que se propuserem a participar como voluntário na coleta dos dados para minha dissertação de mestrado, tendo como tema: **“Análise de Componentes Principais na Determinação da Composição de Fibras Musculares pelo Teste de Potência “Flegner” em Fundistas, Meio-Fundistas e Velocistas”**

Este convite é de caráter voluntário, onde a participação dos atletas será extremamente valiosa, também podendo ser significativa para a melhoria do nível de treinamento dos mesmos, já que teremos chance de obter informações importantes quanto às suas aptidões físicas.

As seguintes avaliações serão necessárias: 1- Anamnese; 2- Avaliação da Composição Corporal e Circunferências; 3- Teste de potência anaeróbica (Teste de Potência Flegner).

Os participantes da pesquisa poderão desistir a qualquer momento, podendo ser solicitado um laudo com os resultados ao final das avaliações.

A UNIVAP e os profissionais que participam deste projeto, não se responsabilizarão por qualquer dano que possa resultar da participação dos atletas nesta pesquisa através das avaliações e do programa de testes físicos para o qual os voluntários forem submetidos.

Os voluntários não terão participação em eventuais direitos autorais que possam advir da publicação dos resultados desta pesquisa.

Na certeza de sua compreensão, conto com sua colaboração,

Atenciosamente,

Pesquisador: **Prof. Cidllan Silveira Gomes Faial**

Aceito participar da pesquisa voluntariamente,

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

Assinatura: \_\_\_\_\_

## ANEXO-F

### ROTINA DO MATLAB

```

x=load('AtletasRio8.txt');

x1=x(:,[2:27]);% retirando variaveis dependentes do EEP
p=[];
for i=1:size(x1,2)%para i de UM ate o maior comprimento de x1
pp=anova1([x1(1:8,i) x1(9:16,i) x1(17:24,i)],[],'off');% faz o anova entre os grupos nas colunas seleccionadas na
linha 7.
p=[p pp];% valor de p para o teste de t student.
end
nc0=find(p<=0.05);
x2=x1(:,nc0);
cor=corrcoef(x2);%coeficiente de correlacao
cor36=corrcoef(x1);
y=[ ones(1,8) 2*ones(1,8) 3*ones(1,8) ];
x1L=[x1 y];
cor36L=corrcoef(x1L);%coeficiente de correlacao.
nc=find(abs(cor36L(:,end))>=0.45);
[pc1, lat1, exp1] =pcacov(x1');
figure,plot(pc1(1:8,1),pc1(1:8,2),'rv',pc1(9:16,1),pc1(9:16,2),'bs',pc1(17:24,1),pc1(17:24,2),'go')
xlabel('pc1'),ylabel('pc2'),title('CP de todas as variaveis')
figure, plot(pc1(1:8,1),pc1(1:8,3),'rv',pc1(9:16,1),pc1(9:16,3),'bs',pc1(17:24,1),pc1(17:24,3),'go')
xlabel('pc1'),ylabel('pc3'),title('CP de todas as variaveis')
figure, plot(pc1(1:8,2),pc1(1:8,3),'rv',pc1(9:16,2),pc1(9:16,3),'bs',pc1(17:24,2),pc1(17:24,3),'go')
xlabel('pc2'),ylabel('pc3'),title('CP de todas as variaveis')
figure,
plot3(pc1(1:8,1),pc1(1:8,2),pc1(1:8,3),'rv',pc1(9:16,1),pc1(9:16,2),pc1(9:16,3),'bs',pc1(17:24,1),pc1(17:24,2),pc
1(17:24,3),'go')
xlabel('cp1'),ylabel('cp2'),zlabel('cp3')
[pc2, lat2, exp2] =pcacov(x2');
figure, plot(pc2(1:8,1),pc2(1:8,2),'rv',pc2(9:16,1),pc2(9:16,2),'bs',pc2(17:24,1),pc2(17:24,2),'go')
xlabel('pc1'),ylabel('pc2'),title('CP de variaveis seleccionadas')
figure, plot(pc2(1:8,1),pc2(1:8,3),'rv',pc2(9:16,1),pc2(9:16,3),'bs',pc2(17:24,1),pc2(17:24,3),'go')
xlabel('pc1'),ylabel('pc3'),title('CP de variaveis seleccionadas')
figure,plot(pc2(1:8,2),pc2(1:8,3),'rv',pc2(9:16,2),pc2(9:16,3),'bs',pc2(17:24,2),pc2(17:24,3),'go')
xlabel('pc2'),ylabel('pc3'),title('CP de variaveis seleccionadas')
figure,
plot3(pc2(1:8,1),pc2(1:8,2),pc2(1:8,3),'rv',pc2(9:16,1),pc2(9:16,2),pc2(9:16,3),'bs',pc2(17:24,1),pc2(17:24,2),pc
2(17:24,3),'go')
xlabel('cp1'),ylabel('cp2'),zlabel('cp3')
class1= classify(pc2(:,1:3),pc1(:,1:3),y)
class2= classify(pc1(:,1:3),pc2(:,1:3),y)

```