

**AVALIAÇÃO DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO COMO PARÂMETRO PARA  
DETERMINAÇÃO DO LIMAR DE FADIGA MUSCULAR.**

**FÁBIO MÍCOLIS DE AZEVEDO**

**Tese apresentada à Escola de  
Educação Física e Esporte da  
Universidade de São Paulo, como  
requisito parcial para a obtenção do  
grau de Doutor em Educação Física.**

**ORIENTADOR: PROF. DR. ALBERTO CARLOS AMADIO**

**CO-ORIENTADOR: PROF. DR. NERI ALVES**

Azevedo, Fábio Mícolis

Avaliação do sinal eletromiográfico como parâmetro para determinação do limiar de fadiga muscular / Fábio Mícolis de Azevedo. -- São Paulo: [s.n.], 2007. iv, 125p.

Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio

Co-orientador: Prof. Dr. Neri Alves

1. Eletromiografia 2. Fadiga muscular 3. Quadriceps femoral 4. Limiar de Fadiga Eletromiográfico 5. Biomecânica

## SUMÁRIO

### Página

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>01</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>04</b>
2.1. Considerações sobre a eletromiografia de superfície.....	04
2.2. Considerações sobre indicadores da fadiga muscular localizada obtidos através da análise espectral do sinal eletromiográfico .....	08
2.3. Bases do Processamento do sinal eletromiográfico para determinação do Limiar de Fadiga Eletromiográfico .....	10
2.4. Considerações adicionais sobre a determinação do Limiar de Fadiga Eletromiográfico.....	12
2.4.1. Introdução aos métodos de indução à fadiga .....	12
2.4.2. Processamento do sinal eletromiográfico.....	17
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
3.1. Objetivo geral .....	22
3.2. Objetivos específicos.....	22
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
4.1. Delineamento experimental.....	23
4.2. Descrição dos protocolos experimentais .....	24
4.2.1. Teste descontínuo isométrico.....	25
4.2.2. Teste descontínuo isotônico com peso fixo.....	27
4.2.3. Teste descontínuo isotônico no cicloergômetro .....	28
4.2.4. Pós-testes .....	32

4.3. Grupo Amostral .....	33
4.4. Instrumentação.....	34
4.4.1. Eletromiografo e eletrodos .....	34
4.4.2 Fixação dos eletrodos .....	35
4.4.3. Eletrogoniômetro e célula de carga.....	36
4.4.4. Transdutor para análise metabólica .....	37
4.5. Processamento dos sinais.....	38
4.5.1. Processamento dos sinais eletromiográficos para determinação do Limiar de Fadiga Eletromiográfico.....	38
4.5.2. Processamento dos sinais eletromiográficos no Pós- teste .....	44
4.6. Análises complementares do sinal EMG.....	45
4.6.1. Análise do comportamento da Freqüência Mediana inicial e final durante os testes de fadiga .....	45
4.6.2. Análise descritiva dos parâmetros das regressões dos testes de fadiga.....	46
4.6.3. Análise multivariada das bandas de freqüência através do método das componentes principais.....	47
4.7 Tratamento estatístico dos dados .....	50
4.7.1. Tratamento estatístico paramétrico e não paramétrico .....	50
4.7.2. Tratamento estatístico multivariado através de componentes principais .....	50
4.8. Delimitações e controle do erro experimental .....	51
4.8.1. Delimitações e os procedimentos de coleta de dados.....	51
4.8.2. Delimitações e os procedimentos dos testes máximos .....	52
4.8.3. Delimitações relacionadas aos instrumentos de medidas .....	53
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
5.1. Caracterização dos sujeitos da amostra.....	54
5.2. Parâmetros temporais relacionados aos testes de fadiga .....	54
5.3. Resultados do teste descontínuo isométrico .....	58
5.3.1. Coeficiente de inclinação e limiar de fadiga eletromiográfico .....	58

5.3.2. Resultados da análise do comportamento da frequência mediana inicial e final durante os testes de fadiga isométrico.....	61
5.3.3. Resultados do pós-teste isométrico.....	62
5.4. Resultados do teste descontínuo isotônico com peso fixo .....	66
5.4.1. Coeficiente de inclinação e limiar de fadiga eletromiográfico .....	66
5.4.2. Resultados da análise do comportamento da frequência mediana inicial e final durante os testes de fadiga isotônico com peso fixo.....	68
5.4.3. Resultados do pós-teste isotônico com peso fixo.....	70
5.5. Resultados do teste descontínuo no ergômetro .....	73
5.5.1. Coeficiente de inclinação e limiar de fadiga eletromiográfico .....	73
5.5.2. Resultados da análise do comportamento da frequência mediana inicial e final durante os testes de fadiga no ergômetro.....	76
5.5.3. Resultados do pós-teste no ergômetro.....	78
5.6. Resultados da análise das bandas de frequência através do método das componentes principais.....	80
5.6.1. Teste de fadiga isométrico .....	81
5.6.2. Teste de fadiga isotônico com peso fixo.....	83
5.6.3. Teste de fadiga no ergômetro .....	86
<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>88</b>
6.1. Considerações sobre o delineamento experimental.....	88
6.1.1. Caracterização dos sujeitos .....	88
6.1.2. Velocidade angular dos movimentos no teste de fadiga isotônico com peso fixo.....	89
6.2. O tempo total de exercício como indicador global do processo de fadiga muscular .....	90
6.3. Comportamento da Fmed durante o exercício, monitorado através do coeficiente de inclinação.....	92

6.3.1. Considerações sobre o coeficiente de inclinação como indicador do processo de fadiga muscular .....	92
6.3.2. Considerações sobre a qualidade dos ajustes .....	95
6.4. Considerações sobre o limiar de fadiga eletromiográfico (LFE) e sua caracterização .....	97
6.5. Considerações sobre as análises complementares. ....	100
6.5.1. Freqüências medianas obtidas durante o início e o momento de exaustão nos testes de fadiga .....	100
6.5.2. Considerações sobre a análise isolada das bandas de freqüência através do método de componentes principais .....	102
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>106</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>108</b>

Acredito que este é o fim de um ciclo. A partir deste ponto não sei o que me aguarda ou quais serão os desafios que me serão apresentados. Para mim não existe sentido em dedicar um punhado de idéias e esforço a aquelas pessoas que tanto amo. Prefiro dedicar o melhor de minha pessoa, sempre com a esperança de corresponder as expectativas daqueles que me apóiam. Obrigado!

Fábio Mícolis de Azevedo

## AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Roberto, minha mãe Regina, meu avô Humberto pelas condições e apoio que foram determinantes para que eu pudesse chegar até este momento de minha vida.

A minha esposa Raquel pelo apoio e amor, pela dedicação, pelo carinho e principalmente por nunca ter desistido de mim. Amo-te por tudo isso e te admiro por ser a mulher forte, verdadeira e honesta que sempre esta ao meu lado. Obrigado por tudo!

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo que forneceu apoio financeiro para execução desta pesquisa através do processo número 04/01061-4. Também agradeço sua acessória científica que, ao longo do processo, sempre apontou aspectos de grande relevância para o aperfeiçoamento deste estudo.

Aos companheiros do Laboratório de Biomecânica da EEFÉ – USP. Mesmo que por um curto período de tempo tive a oportunidade de conviver, neste laboratório, com pessoas competentes, dedicadas e com extremo bom humor. Saibam que guardo um grande apreço por todos vocês.

A minha sogra e meu sogro, Neuza e Giuseppe Napolitano, que me acolheram em sua casa possibilitando minha estada, na cidade de São Paulo, durante o período de cumprimento dos créditos. Com absoluta certeza sem esta ajuda este trabalho provavelmente não existiria. Saibam que os considero como um segundo pai e uma segunda mãe.

Aos funcionários da secretaria da Pós-graduação, sempre muito competentes e gentis na solução de nossos problemas. Em especial as secretárias Ilza e Célia.

A direção da empresa Lynx Tecnologia eletrônica, em especial ao Sr. Jaime Ono pelo empréstimo do equipamento utilizado neste trabalho. Agradeço sua paciência, idéias e conversas que foram fundamentais para o enriquecimento deste estudo.

Ao Prof. Dr. Rúben de Faria Negrão Filho, coordenador do Laboratório de Fisioterapia Aplicada ao Movimento Humano da FCT – UNESP de Presidente Prudente. Mestre que me acompanha desde a graduação e ao qual sou grato por compartilhar nossos trabalhos, idéias, ações e principalmente sua amizade.

Ao Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio que direta ou indiretamente sempre contribuiu, incondicionalmente, para minha formação acadêmica. Em nossas conversas sempre encontrei um homem sábio, humilde, honesto e extremamente competente. Não tenho palavras para agradecer toda a ajuda e apoio que recebi. Apenas digo que sou extremamente grato pela oportunidade que tive em trabalhar com o senhor.

Ao Prof Dr. Neri Alves, orientador, amigo e mentor. Depois de quase nove anos, percebo que se não fosse pela sua paciência em ensinar um aluno da fisioterapia a fazer uma tal de IC, com toda certeza, hoje não estaria completando este ciclo.

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
TABELA 01- Contribuição da produção aeróbica / anaeróbica de ATP durante o exercício máximo como função da duração do evento, adaptado de POWERS e HOWLEY (2000). .....	16
TABELA 02- Valores do VO <sub>2</sub> máximo e pontuação do questionário IPAQ para o grupo de sujeitos selecionados para este estudo. ....	55
TABELA 03- Valores médios ( $\pm$ SD) dos coeficientes de inclinação da frequência mediana em função do tempo de exercício, para as porções do VL, VM e RF durante o teste de fadiga isométrico a 15%, 30%, 45% e 60% correspondente a carga máxima (n = 15). ....	59
TABELA 04- Parâmetros relacionados a qualidade dos ajustes lineares das Fmed em função do tempo de exercício, durante os testes de fadiga na modalidade de exercício isométrico. ....	60
TABELA 05- Valores médios ( $\pm$ SD), normalizados, da Fmed no início do exercício para as porções do VL, VM e RF durante o teste de fadiga isométrico a 15%, 30%, 45% e 60% correspondente a carga máxima (n = 15). .	62
TABELA 06- Valores médios ( $\pm$ SD), normalizados, da Fmed no final do exercício (exaustão) para as porções do VL, VM e RF durante o teste de fadiga isométrico a 15%, 30%, 45% e 60% correspondente a carga máxima (n = 15). ....	63
TABELA 07- Valores médios ( $\pm$ SD), da Fmed normalizada para as porções do VL, VM e RF nos momentos de início do exercício, fadiga e exaustão no pós-teste (n = 15). ....	65
TABELA 08- Valores médios ( $\pm$ SD), dos tempos, em segundos, para as porções do VL, VM e RF nos momentos de fadiga e exaustão durante o pós-teste e o tempo total de exercício na carga 15% do teste de fadiga isométrico (n = 15). ....	65
TABELA 09- Valores médios ( $\pm$ SD) dos coeficientes de inclinação entre a frequência mediana em função do tempo de exercício, para as porções do VL, VM e RF durante o teste de fadiga isotônico com peso fixo a 15%, 30%, 45% e 60% correspondente a carga máxima (n = 15). .	67

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

