

FACULDADE DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MIOELÉCTRICO DOS
MÚSCULOS *VASTUS LATERALIS* E *BICEPS BRACHII*
DURANTE O TESTE ANAERÓBIO DE WINGATE

Monografia da Licenciatura realizada
no âmbito do seminário de Fisiologia:
Estudo do comportamento mioelétrico dos
músculos *Vastus lateralis* e *Bíceps brachii*
durante o teste anaeróbio de Wingate.

Ano Lectivo 2002/2003

COORDENADOR: Prof. Fontes Ribeiro

ORIENTADOR: Prof. Paula Tavares

ÍNDICE

Índice	2
Lista de Abreviaturas	4
Agradecimentos	5
Resumo	6
Abstract	8
Capítulo I Introdução	10
1. Acção do sistema Nervoso sobre a Contração Muscular	12
1.1. A Contração Muscular	13
1.2. Interações Músculo-Nervo – O Relaxamento muscular	15
2. A Electromiografia (EMG)	16
2.1. Alterações electromiográficas em função da fadiga muscular	17
2.2. Análise do espectro	19
3. Transferência de energia durante a actividade física	21
3.1. Via Anaeróbia Láctica	22
4. Performance Anaeróbia	25
4.1. Teste de Wingate (WAnT)	26
5. Relação EMG/Wingate/Lactatos	27
Capítulo II Objectivos	29
Capítulo III Instrumentos e Métodos	31
1. Selecção e Caracterização da Amostra	32
2. Explicação do Protocolo	32
3. Caracterização Antropométrica	36
3.1. Massa Corporal	36
3.2. Estatura	36
3.3. Circunferências musculares:	37
3.4. Diâmetros ósseos:	37
3.5. Pregas de gordura subcutânea:	38
3.6. Índice de Massa Corporal (IMC)	39
3.7. Percentagem de massa gorda	39
3.8. Somatótipo	40
4. Monitorização da Frequência Cardíaca (FC)	42
5. Teste de Wingate (WanT)	42
5.1. Preparação do teste	42
5.2. Protocolo de aquecimento	43
5.3. Procedimentos do teste	43
5.4. Procedimentos após o teste	44
6. Concentração sanguínea de lactato	45
7. Electromiografia (EMG)	47
7.1. Instrumentos e equipamentos utilizados para a realização da EMG	47
7.2. Procedimentos para a realização da EMG	48
7.3. Procedimentos para a análise dos resultados da EMG	49
8. Sensação Subjectiva de Esforço (SSE)	49
9. Estatística	50
Capítulo IV Resultados	51
1. Caracterização da amostra	52
2. Avaliação do Teste de Wingate (WAnT)	54

3. Lactato Sanguíneo	57
4. Electromiografia (EMG).....	60
5. Frequência Cardíaca (FC).....	67
6. Sensação Subjectiva do Esforço (Cr10)	69
Capítulo V Discussão dos Resultados	70
Capítulo VI Conclusões.....	78
Capítulo VII Bibliografia	81
Anexos.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS

Ach – Acetilcolina
ATP – Adenosina Trifosfato
ADP – Adenosina Difosfato
Pi – Fosfato inorgânico
P – Ião fosfato
NAD⁺ - Nicotinamina adenina dinucleótido
NADH - Nicotinamina adenina dinucleótido reduzido
H⁺ - Protão
O₂ – Oxigênio molecular
H₂O – Água
LDH – Desdrogenase láctica
CF - Fosfocreatina
EMG – Electromiografia
AEMG – Amplitude média
MPF – Potencia da frequência média
MF – Mediana da frequência
ZCR – “Zero crossing rate”
W – Watt
Hz – Hertz
μV – Microvolts
V - Volts
mm – milímetros
g – Gramas
cm – Centímetros
ms – Milisegundos
seg. – Segundos
mmol – Milimoles
min. – Minutos
SSE – Sensação subjectiva de esforço
Cr10 – Category rate scale
et al – e colaboradores
WAnT – Teste de Wingate
F.C. – Frequência cardíaca
IMC – Índice de Massa Corporal
% MG – Percentagem de massa gorda
rpm – rotações por minuto
La1 – recolha de lactato antes cinco minutos do teste de Wingate
La2 - recolha de lactato após cinco minutos do teste de Wingate
La3 - recolha de lactato após quinze minutos do teste de Wingate
La4 - recolha de lactato após trinta minutos do teste de Wingate
La5 - recolha de lactato após sessenta minutos do teste de Wingate

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Fontes Ribeiro, pela coordenação e pelos conhecimentos transmitidos ao longo da licenciatura.

Á Prof. Doutora Paula Tavares, por acreditar no projecto, pela orientação, dedicação, pelo incansável apoio, disponibilidade e incentivo durante todas as fases deste trabalho e por todos os conhecimentos transmitidos durante o curso e esta investigação.

Á Doutora Fátima pelo auxílio no Laboratório, simpatia, boa disposição e disponibilidade.

Ao Nuno pela paciência, compreensão, amor e amizade demonstrado ao longo destes 4 anos.

Á Marta pela amiga que é tanto nos bons como nos maus momentos, por todo o apoio e preciosa ajuda durante todo o trabalho e pela sua disponibilidade.

Á Carla pela grande amizade destes 5 cinco anos, que ficará para sempre.

A todos os meus colegas que participaram no projecto, que pelo seu excelente empenho e disponibilidade tornaram possível a realização deste trabalho.

A todos os meus colegas de curso, Costa, Sara, Saulo, Jota, Artur, Cabral, Luís...por todas as alegrias que vivemos durante estes cinco anos.

Á Paula por toda a amizade e apoio demonstrado ao longo deste ano de tantas dificuldades.

Por fim aos meus pais pelo apoio incondicional, pelo carinho, compreensão demonstrados desde sempre.

A todos os meus amigos e familiares, por estarem sempre presentes.

A todos, muito, muito obrigado!

RESUMO

Muitos trabalhos têm centrado o seu objectivo no estudo da relação entre a fadiga central e a fadiga periférica. O lactato sanguíneo é normalmente utilizado como um indicador da fadiga muscular. Porém esta correlação, entre a fadiga e o comportamento dos músculos não se encontra bem esclarecidas. Por isso outros indicadores têm sido desenvolvidos tal como a electromiografia de superfície, um instrumento não invasivo e bastante útil, uma vez que permite uma avaliação não só da fadiga mas também da função neuromuscular. Este instrumento tem sido utilizado em diversos estudos como um prático instrumento em diferentes áreas, tal como nas ciências do desporto.

O objectivo deste trabalho foi estudar a relação entre o comportamento muscular do *Vastus lateralis* e do *Biceps brachii* através do registo electromiográfico e a fadiga no teste anaeróbio de Wingate e os lactatos sanguíneos. O *Vastus lateralis* é um músculo utilizado e avaliado frequentemente em diferentes estudos em cicloergómetro mas o *Biceps brachii* usualmente não é analisado neste tipo de exercícios, daí o nosso objectivo em comparação dos resultados entre ambos os músculos.

Neste estudo participaram oito indivíduos, voluntários, saudáveis e praticantes regulares de actividade física, do sexo masculino. Foram realizados Testes de Wingate durante os quais foi monitorizada a actividade eléctrica dos músculos *Vastus lateralis* e *Biceps brachii* através de um sistema de electromiografia de superfície (ME300 da MegaWin®). Para a comparação de ambos os músculos, os valores de MPF (Mean Power Frequency) e AEMG (Averaged EMG) foram normalizados pela circunferência crural e bicipital, respectivamente. Ainda durante a realização dos testes foi monitorizada a frequência cardíaca através de um cardiófrequencímetro, marca POLAR®. Antes e após o teste anaeróbio de Wingate foram quantificados os níveis de lactato sanguíneo pelo método espectrofotométrico (Dr. Lange). No final do teste foi avaliado o esforço percebido pela escala Cr10 de Borg. A análise estatística dos dados foi realizada pela análise da variância com um intervalo de confiança de 95%.

No teste de Wingate foram obtidos os resultados de $907 \pm 56,6$ W para a potência máxima (PP) e $11,64 \pm 0,8$ W/Kg para a potência máxima relativa. O índice de fadiga foi

de $49,8 \pm 8,8$ % e a percepção de esforço de $8,1 \pm 1,3$. Após a normalização do sinal de EMG a amplitude do sinal foi analisada em função do tempo, tendo sido verificado que o perfil da curva era diferente para os dois músculos. A amplitude registada para o *Vastus lateralis* era praticamente linear, a curva de amplitude do *Bíceps brachii*, apresentou um perfil semelhante á curva de potência média do teste de Wingate. Relativamente aos valores de MPF e AEMG, ratificados pelo valor das circunferências crural e bicipital, não se mostraram diferentes entre os dois músculos. No entanto, após a análise separada dos músculos em três fases distintas (no espectro total, nos primeiros 10 segundos e nos últimos 10 segundos do teste de Wingate) verificamos que o MPF e o AEMG para o *Vastus lateralis* não apresentavam diferenças. No entanto, no *Bíceps brachii* foi observada uma tendência em diminuir a AEMG nos últimos 10 segundos, sem haver alterações no MPF. Foram também verificadas correlações entre os valores dos lactatos sanguíneos e o MPF do *Bíceps brachii*, tanto no espectro total como nos últimos 10 segundos, assim como do AEMG do espectro total. No *Vastus lateralis* foram verificadas correlações entre os valores de lactato e o AEMG, tanto no espectro total, como no início e final do teste de Wingate.

Através do registo electromiográfico foi demonstrado existir uma correlação entre os valores de lactato e o AEMG em ambos os músculos, assim como do MPF no *Bíceps brachii*. A contracção deste último demonstrou ser uma importante componente na teste anaeróbio de Wingate. A tendência de diminuição do AEMG do *Bíceps brachii* parece sugerir uma menor mobilização das suas fibras musculares, no final do teste sem alteração da velocidade de condução do potencial de acção. Apesar da fadiga muscular deste músculo durante o teste de Wingate, esta não é acompanhada da fadiga muscular do *Vastus lateralis* como poderia ser de prever, apesar da correlação com os lactatos sanguíneos.

ABSTRACT

Many works have centred its aim in the relationship between the central fatigue and the peripheral fatigue. Blood lactate is used as a pointer of the muscular fatigue. However this correlation, between the fatigue and the behaviour of the muscles does not meet clarified well. Therefore other pointers have been developed such as the surface EMG, a not invasive and useful instrument, a time that allows an evaluation of the fatigue but also of the muscular function. This instrument has been used in many studies as one practical instrument in different areas, such as sport sciences.

The aim of study was the relationship between the muscular behaviour of *the Vastus lateralis* and the *Biceps brachii* through the EMG register and the fatigue in the anaerobic test of Wingate and blood lactates. The *Vastus lateralis* is an used muscle and evaluated in different studies in cycle ergometer but *the Biceps brachii* usually is not frequent used in this type of exercises, from there our aim in comparison of the results between both of the muscles.

In this study eight individuals had participated, volunteers, healthful and practicing regular of physical activity, and the masculine sex. Tests of Wingate had been carried through during which the electric activity of *the Vastus lateralis* and *Biceps Brachii* muscles was monitorized through a system of surface EMG (ME300 of the MegaWin®). For the comparison of both of the muscles, the values of MPF (Mean Power Frequency) and AEMG (Averaged EMG) had been normalized by the respectively circumference. Still during the accomplishment of the tests was monitorized the heart rate through, POLAR®. Before and after the anaerobic test of Wingate had been quantified the blood lactate levels for the espectrofotométric method (Dr. Lange). In the end of the test the perceived exertion was evaluated through the Cr10 scale. The analysis statistics of the data was carried through by the analysis of the variance with a reliable interval of 95%.

In the test of Wingate for maximum power (PP) was $907 \pm 0,8$ and for relative the maximum power $11,64 \pm 56,6$ W/Kg. The fatigue index was of $49,8 \pm 8,8$ % and the perceived exertion was $8,1 \pm 1,3$. After the normalization of the EMG signal the AEMG of the signal was analyzed in function of the time, having been verified that the

profile of the curve was different for the two muscles. The AEMG register for *the Vastus lateralis* was practically linear, the curve of amplitude of *the Biceps brachii*, presented arched a similar profile has the curve of average power of the test of Wingate. Relatively to the values of MPF and AEMG, ratified for the value of the circumferences, they had not shown differences between the two muscles. However, after the separate analysis of the muscles in three distinct phases (in the total spectre, first the 10 seconds and last the 10 seconds of the test of Wingate) we verify that the MPF and the AEMG for the *Vastus lateralis* did not present differences. However, in the *Biceps brachii* was observed a trend in decreasing the AEMG in the last 10 seconds, without having alterations in the MPF. Also had been verified correlations between the values of blood lactates and the MPF of the *Biceps brachii*, in the total spectre and in last the 10 seconds, as well as of the AEMG of the total spectre. In the *Vastus lateralis* correlations between the values of lactate and the AEMG, as much in the total spectre had been verified, as in the beginning and end of the test of Wingate.

Through the EMG register it was demonstrated to exist a correlation between the values of lactate and the AEMG in both the muscles, as well as of the MPF in the *Biceps brachii*. The contraction of the *Biceps brachii* demonstrated to be an important component in the anaerobic test of Wingate. The trend of reduction of the AEMG in the *Biceps brachii* seems to suggest a lesser mobilization of its muscular staple fibres, in the end of the test without alteration of the speed of conduction of the share potential. Despite the muscular fatigue of this muscle during the test of Wingate, this is not followed to the muscular fatigue of the *Vastus lateralis* as it could be to foresee, despite the correlation with blood lactate.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A Electromiografia de superfície (EMG) é um método aceitável não invasivo de quantificação da actividade neuromuscular. O EMG é utilizado em diversos estudos como um prático instrumento de análise da fadiga muscular (Moritani e Vries, 1978), como por exemplo na ergonomia, na reabilitação física (Arent-Nielsen e Mills 1985; De Luca 1993; Hagberg et al 1978) e nas ciências do desporto (Robert et al 1997).

O lactato foi também identificado como um indicador da actividade da via glicolítica, neste ultimo século (Boycott e Haldane 1908; Embden et al. 1924; Hill et al 1924) e rapidamente a concentração sanguínea de lactato foi estabelecida como uma medida do exercício intensivo. A concentração sanguínea de lactato no exercício é o resultado de complexas interacções entre a sua formação, distribuição e utilização de lactato nos diferentes tecidos e compartimentos (Brooks, 1986; Mader e Heck 1986). Isto é, os valores de lactato sanguíneo no exercício assumem um papel de predictor do estado da via anaeróbia assim como de indicador da fadiga.

Diferentes estudos sugerem que a amplitude do espectro do EMG em baixas frequências pode ser atribuída a uma acumulação local de metabolitos tais como o lactato (Mortimer et al, 1990; Tesh et al. 1983). A formação de lactato ou associação das diferenças de pH no sarcolema das fibras musculares pensa-se que são responsáveis pela menor velocidade de condução do estímulo, sendo este, um dos factores que é dado a conhecer pela frequência do EMG (Brody et al, 1991). A amplitude e a frequência do EMG podem estar assim intimamente relacionados com o processo de fadiga primária (Robert et al 1997).

Em alguns estudos foram investigados a diminuição da frequência do EMG e a acumulação de lactato, mas foram obtidos resultados bastante controversos. Alguns autores reportam uma significativa correlação entre o lactato e a frequência do EMG (Buisson et al. 1989; Horita and Ishiko 1987; Tesh et al 1983) enquanto outros não encontraram nenhuma correspondência entre estes dois indicadores (Gamet et al 1983; Helal et al 1987; Viitasalo et al 1985).

Sabendo que na literatura consultada ainda não foi estabelecida correlação entre a concentração de lactato sanguíneo e o EMG, num esforço anaeróbio, supramáximo, é este o objectivo a que nos propomos investigar.

Para mais facilmente entendermos como se processa a quantificação da actividade muscular através da Electromiografia passamos a descrever os processos implícitos na contracção muscular.

1. ACÇÃO DO SISTEMA NERVOSO SOBRE A CONTRACÇÃO MUSCULAR

O sistema nervoso periférico é quem fornece a rápida comunicação entre o cérebro e os diferentes tecidos e órgãos do corpo. Os nervos são células especializadas que têm a função de conduzir rapidamente sinais eléctricos através da membrana (**potencial de acção**) ao longo de um componente fino da célula (**axónio**). O axónio distende-se de uma parte do corpo até outra parte deste, conduzindo o potencial de acção para locais específicos (Robergs e Roberts, 2000). Os axónios são constituintes dos neurónios, assim como as dendrites e o corpo da célula.

Uma célula neuronal conecta com outro neurónio ou tecido alvo através de um processo é designado de **sinapse**. Na sinapse é libertada uma substância química (neurotransmissor) que resulta da transmissão do potencial de acção para o tecido. Este processo é facilitado pela presença de proteínas específicas na membrana celular (receptores pós-sinápticos) que fazem a ligação entre o neurotransmissor e regeneram o potencial de acção. Quando o potencial de acção chega ao tecido alvo a ligação entre o neurotransmissor e o receptor específico da membrana pós-sináptica, a célula/tecido alvo apenas responde a esse receptor específico.

Esta série de processos podem causar a contracção do músculo esquelético, a produção de hormonas, a aceleração da frequência cardíaca e muitos outros em apenas 5 msec, o que é exemplo claro da rapidez da comunicação neuronal dentro do corpo (Robergs e Roberts, 2000).

1.1. A CONTRACÇÃO MUSCULAR

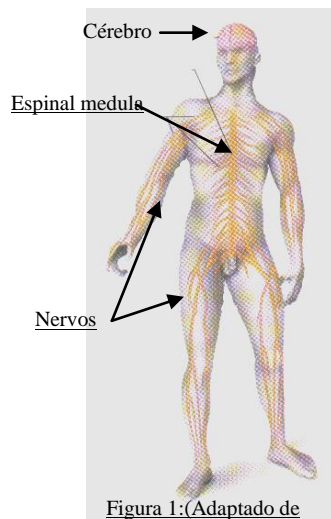


Figura 1: (Adaptado de Roberts e Robergs, 2000)

Quando ocorre um movimento do nosso corpo, a consciencialização do resultado desta acção ocorre quando se sente ou se vê, os nossos músculos contraem ou os membros se movem.

Porém, o movimento é realmente o resultado de uma sequência de processos neuronais e musculares (Robergs e Roberts, 2000). O complexo neuronal ocorre antes da contracção do músculo esquelético, sendo que, o início desta tem lugar no sistema nervoso central.

Esta é iniciada através de uma coordenação entre todos os componentes da região motora do cérebro (tálamo, cerebelo, núcleo vermelho) que actuam em forma

de complexo, que resulta numa controlada e orquestrada série de potenciais de acção que são propagados através dos nervos motores Alfa da espinal medula. Estes nervos motores são de grande diâmetro e rápida condução, isto é, muito mielinizados.

A estimulação do nervo motor Alfa resulta da propagação dos potenciais de acção ao longo das fibras do músculo esquelético. Aquando da transmissão dos potenciais de acção são formadas várias

junções entre o nervo e as fibras do músculo esquelético, estas junções são designadas de **junções neuromusculares ou placa motora**.

A junção neuromuscular é constituída por um terminal nervoso localizado numa invaginação do sarcolema, denominado de terminal **pré-sináptico**. Ao espaço entre o terminal pré-sináptico e a fibra muscular chama-se **fenda sináptica** (Seely et al., 1997).

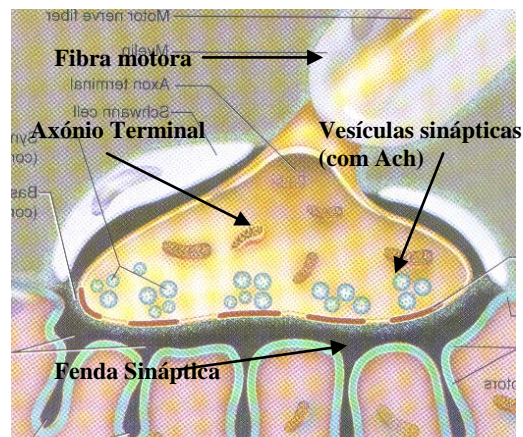


Figura 2: Junção Neuromuscular (Adaptado de Robergs e Roberts, 2000)

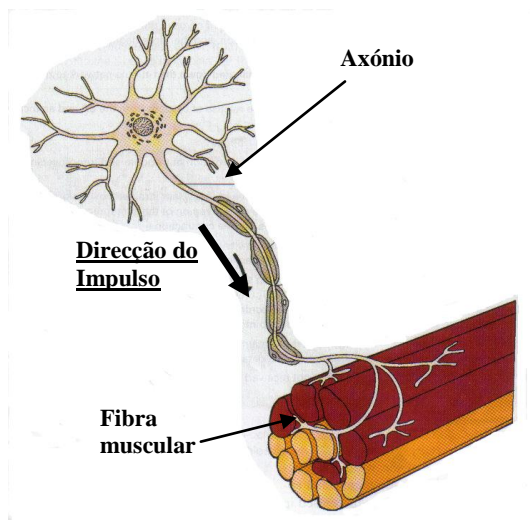


Figura 3: Unidade Motora – (Adaptado de Robergs e Roberts, 2000)

O conjunto do nervo motor e as fibras que este enerva é denominado de **Unidade Motora**. Quando o nervo é estimulado, as unidades motoras respondem através de uma contracção máxima. Logo, as unidades motoras são as unidades funcionais da contracção muscular (Robergs e Roberts, 2000).

A transmissão neuronal do impulso nervoso através das fendas sinápticas ocorre devido á libertação da **Acetilcolina** (Ach), pela terminação nervosa para a membrana pós-sináptica. A Ach vai-se ligar aos receptores muscarínicos que se encontram no sarcolema, acoplados a canais de sódio. Deste modo, o sarcolema é despolarizado, por entrada dos iões sódio e o potencial de acção, assim gerado, propaga-se através do sarcolema.

Estes potenciais de acção produzem correntes eléctricas que se propagam para o interior da fibra, onde vão originar a libertação dos iões cálcio pelo retículo sarcoplasmático, são esses iões cálcio, que por sua vez vão desencadear os eventos químicos da contracção muscular. Todo este processo global é denominado de acoplamento excitação-contracção (Guyton e Hall, 1996).

O potencial de acção penetra nas fibras musculares através dos túbulos T, que provocam a libertação dos iões cálcio pelos sacos laterais do retículo sarcoplasmático. O cálcio libertado liga-se á Troponina C que modifica a sua conformação e permite á tropomiosina deixar a descoberto os locais de ligação para a miosina, presentes na molécula de actina. Esta alteração faz com que os lugares activos da actina fiquem livres para estabelecer ligações com miofilamentos de miosina (Cairó, 1992).

Após a modificação conformacional descrita, a ATPase existente na cabeça da miosina é activada e a miosina vai-se ligar aos locais activos da actina, com hidrólise de uma molécula da ATP, estabelecendo-se assim as pontes cruzadas, com libertação de ADP e Pi.

Para a formação das pontes cruzadas, são mais uma vez necessárias moléculas de ATP, que se ligam ás cabeças dos miofilamentos de miosina (Seely et al., 1997). A

energia libertada promove o deslizamento dos filamentos. Estamos então, perante o fenómeno da contracção muscular.

A esta teoria de deslizamento da actina e da miosina é designada de “teoria da cremalheira”, sendo que, apesar de existirem ainda muitas lacunas é esta a que tem maior aceitação.

Esta teoria foi proposta há aproximadamente 50 anos para explicar os movimentos moleculares responsáveis pela contracção muscular, este ainda se coaduna magistralmente com os detalhes da ultra-estrutura e função musculares que estão continuamente a ser descobertas (Williams e Wilkins, 1996).

1.2. INTERACÇÕES MÚSCULO-NERVO – O RELAXAMENTO MUSCULAR

O relaxamento muscular ocorre quando termina o fluxo de impulsos nervosos sobre o nervo motor que enerva o músculo (Seely et al., 1997).

O fluxo de iões cálcio cessa e a troponina fica novamente livre para inibir a interacção actina-miosina. Durante a recuperação, o ião cálcio é bombeado activamente para o interior do retículo sarcoplasmático, onde se concentra nas vesículas laterais. A recuperação do ião cálcio a partir das proteínas troponina-tropomiosina “desliga” os locais activos sobre o filamento de actina. Este facto leva á prevenção de qualquer elo mecânico entre as pontes cruzadas de miosina e os filamentos de actina e á inibição da actividade da miosina-ATPase, de forma a reduzir a lise das moléculas de ATP. O relaxamento muscular é produzido pelo retorno dos filamentos de actina e miosina ao seu estado estrutural (Williams e Wilkins, 1996).

2. A ELECTROMIOGRAFIA (EMG)

A EMG estuda a função muscular através da detecção da actividade eléctrica que emana da despolarização dos nervos e membranas musculares durante uma contracção muscular (Robergs e Roberts, 2000). Isto é, a EMG mede a diferença de potencial produzido durante a despolarização da fibra muscular. Este potencial registado á superfície da pele não é o verdadeiro potencial de acção muscular mas o fenómeno eléctrico consecutivo á sua passagem (Correia et al, 1993).

Existem dois tipos de recolha dos sinais electromiográficos, que são o EMG de profundidade e o EMG de superfície.

O EMG de profundidade baseia-se na colocação de eléctrodos no interior do músculo em contacto directo com as fibras musculares. Este tipo de EMG é normalmente utilizado em aplicações clínicas devido às diversas limitações que advêm da sua utilização, tais como, dor, colocação, e apenas regista uma única unidade motora.

O EMG de superfície é uma técnica não invasiva, que consiste na colocação de eléctrodos á superfície da pele. Este é de fácil manuseamento e controlo para o experimentador assim como de maior conforto para o executante e possibilita uma análise global do comportamento muscular, daí a sua maior utilização em estudos cinesiológicos. Apesar das vantagens enumeradas, este também tem limitações. O EMG de superfície é menos sensível que o EMG de profundidade, visto que no dá uma soma de potenciais de um conjunto de unidades motoras bastantes heterogéneas, onde as diferenças de amplitude, duração e frequência de potenciais de acção podem ser muito acentuadas (Correia et al, 1993). Sendo que na actividade desportiva pode ser considerada uma vantagem. Outra das limitações desta técnica é o efeito de filtragem dos componentes de alta frequência do sinal produzido pelos tecidos situados entre as fibras activas e a pele (Kadefors, 1973), mas esta pode ser eliminada, utilizando um meio electrolítico. Este facto leva a que o contributo principal para o sinal obtido é fornecido pelas fibras mais superficiais, localizadas mais próximo dos eléctrodos (Correia et al, 1993).

Apesar das limitações que esta técnica apresenta vários autores não deixam, no entanto, de recomendar a sua utilização na cinesiologia, na avaliação de músculos superficiais e como complemento fisiológico, de parâmetros biomecânicos.

Em estudos de fadiga musculares, a EMG pode fornecer informação sobre a performance neuromuscular e o padrão de activação durante exercícios dinâmicos ou estáticos assim como, do “biofeedback” e do relaxamento muscular (Adams, 1998).

2.1. ALTERAÇÕES ELECTROMIOGRÁFICAS EM FUNÇÃO DA FADIGA MUSCULAR

Como referimos anteriormente o funcionamento da EMG consiste na colocação de eléctrodos na pele do sujeito, que permitem detectar e registar a soma da actividade eléctrica das fibras musculares activas, que resulta das diferenças de potencial verificados no sarcolema.

Na detecção dos potenciais de acção á superfície do músculo deve-se ter em consideração as propriedades eléctricas da pele já que a sua não preparada não é complexa. Para minimizar esta influência e no sentido de aumentar a fidelidade, é necessário preparar a pele adequadamente, de forma a reduzir a impedância do conjunto eléctrodo/pele (Correia et al, 1993).

A recolha do sinal eléctrico da EMG pode ser realizado através de duas técnicas distintas: monopolar e bipolar.

A configuração bipolar permite uma maior resolução espacial e um aumento da rejeição do ruído (De Luca et al, 1990). Neste tipo de configuração, as diferenças de potencial na pele são detectadas por duas superfícies em relação a um eléctrodo de referência colocado num ponto neutro em relação ao músculo estudado. Os dois sinais captados nas superfícies de detecção são posteriormente enviados para um amplificador diferencial onde a diferença entre os dois eléctrodos é amplificada, sendo assim eliminado o sinal comum antes da amplificação.

A recolha do sinal pode sofrer interferências ao nível de artefactos mecânicos (alterações de baixa frequência da linha de base, devidas fundamentalmente ao movimento dos eléctrodos e dos seus cabos de ligação), esta interferência pode ser reduzida através de um filtro. Podem também surgir interferências ao nível de campos electromagnéticos, tais como lâmpadas fluorescentes, aparelhos de ondas curtas. Outros factores que podem causar interferência na recolha do sinal é na realização de EMG próximos do coração e na área de gravação que os eléctrodos de superfície apresentam,

devido a que a recolha do sinal não se limite apenas ao(s) músculo(s) que se pretende estudar, mas também a músculos “vizinhos”, este fenómeno designa-se de “Crosstalk”.

A alteração do espectro de frequências com o aparecimento da fadiga muscular foi inicialmente atribuída a factores periféricos (Correia et al, 1993). Sendo que, durante uma contracção muscular isométrica ocorre a oclusão dos vasos sanguíneos, levando ao aumento da acumulação de metabolitos, essencialmente lactato, o qual produz uma diminuição do pH intramuscular alterando a excitabilidade das membranas celulares, o principal factor responsável pela diminuição da velocidade de condução das fibras musculares. Esta redução de velocidade de condução é traduzida numa maior duração dos potenciais das unidades motoras recolhidos o que leva a uma diminuição dos componentes de alta frequência do sinal electromiográfico e a um aumento dos de baixa frequência.

Mas a fadiga muscular pode ser associada a factores centrais, sendo que, é referida em diversos estudos onde após o aparecimento da fadiga é analisada o espectro da frequência e da amplitude da EMG. Nestes estudos verificou-se que após a instalação da fadiga, as frequências eram mais baixas e a amplitude do espectro aumentava. Este facto deve-se ao recrutamento e sincronização das unidades motoras atenuar a diminuição da resposta mecânica do músculo (Lindstrom et al, 1977; Viitasalo et al., 1978; Sato, 1982; Arendt-Nielsen et al., 1988; Bouisson et al., 1989; Maton et al., 1989; Gamet et al., 1989; Duchêne et al., 1990)

O recrutamento de novas unidades motoras, a diminuição da frequência de disparo das unidades motoras e a sincronização do disparo são também factores explicativos das alterações electromiográficas em consequência da fadiga, estando também associados a factores centrais. No electromiograma o estado de fadiga é verificado através da diminuição do MPF e do aumento do AEMG, isto é, a velocidade de disparo do estímulo eléctrico diminui e o recrutamento de unidades motoras ou fibras musculares aumenta.

Porém, alguns estudos sugerem que o limiar de fadiga pode ser mantido sem modificações no electromiograma, sendo que esta “teoria” é muito limitada devido a existência de poucos dados (Matsumoto et al., 1991; Moritani et al., 1993; Pavlat et al., 1993).

2.2. ANÁLISE DO ESPECTRO

2.2.1 Sinal Electromiográfico bruto

O sinal electromiográfico bruto ou directo é o tipo de registo que possibilita maior quantidade de informação, contudo é também aquele cuja interpretação é mais difícil (Correia et al, 1993).

De forma a facilitar a sua interpretação, podem ser utilizadas técnicas de processamento do sinal captado. Estas técnicas podem incluir a integração e a rectificação. A integração apresenta o balanço da actividade produzida em intervalos de tempo fixos e a rectificação consiste na transformação de todos os valores negativos em valores absolutos (positivos). O sinal electromiográfico pode ser analisado segundo a sua amplitude, frequência, duração e análise dos parâmetros do espectro. A amplitude da curva da EMG varia de acordo com a quantidade de actividade eléctrica detectada no músculo a cada momento e fornece-nos informação sobre a intensidade de activação muscular. Esta, pode variar entre 10 μV e 5 milivolts pico a pico. A duração corresponde ao período de tempo de activação do músculo estudado, sendo que, é necessário definir a partir de que nível de amplitude do sinal se considera que o músculo entrou em acção (Correia et al, 1993).

As frequências do sinal da electromiografia situam-se entre 1 e 3000 Hz (Cabri, 1989), no entanto, alguns autores referem que a energia mais significativa vai até aos 1000 Hz (Kadefors, 1973), sendo que, outros autores defendem que a actividade grosseira muscular é até 250 Hz (Sato, 1982; McLeod, 1973).

Relativamente á análise dos parâmetros do espectro da EMG, podem analisar-se: a Mediana da Frequência (MF), a Potência da Frequência Média (MPF), o “Zero Crossing Rate” (ZCR) e a Média do sinal (AEMG).

Segundo Correia et al (1993) são vários os factores que influenciam o perfil espectral do sinal electromiográfico da frequência. Estes são:

- O EMG de superfície pode ser considerado como uma sobreposição das séries de potenciais de unidade motora, de todas as unidades motoras activas;

- ↳ Os mecanismos como a frequência do disparo das unidades motoras activas, o número e tipos de unidades motoras recrutadas ou a sincronização de disparo das diferentes UM tem uma importante influencia na distribuição das diferentes frequências do sinal;
- ↳ O espectro do sinal electromiográfico varia em função do músculo estudado, sendo que, músculos pequenos apresentam frequências mais elevadas;
- ↳ O comprimento do músculo influencia o espectro de frequências, aumentando os componentes de baixa frequência quando o músculo está mais estirado;
- ↳ A filtragem e as características eléctricas de detecção dos eléctrodos bem como a distância que os separam também influencia o espectro;
- ↳ A colocação dos eléctrodos, a distância entre eles e em relação ás fibras activas são outro factor determinante;
- ↳ Assim como, a instalação da fadiga e conseqüente acumulação de lactato, com a diminuição do pH intramuscular leva a uma diminuição dos componentes de alta frequência do sinal electromiográfico.

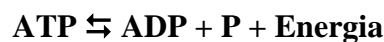
→

3. TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA DURANTE A ACTIVIDADE FÍSICA

Para a realização de qualquer tipo de contracção muscular efectuado durante uma actividade física é necessária energia. Esta encontra-se armazenada nos alimentos na forma de Hidratos de carbono, Lípidos e Proteínas, e especificamente no músculo esquelético sob a forma de ATP (adenosina trifosfato).

Os músculos têm uma capacidade limitada de armazenamento de ATP e as suas reservas esgotam em cerca de cinco segundos, durante um esforço máximo, sendo necessária a sua ressíntese para permitir a realização de contracções musculares.

A energia necessária aos músculos para a sua contracção provém da libertação do último grupo fosfato do ATP, resultando desta reacção, uma molécula de ADP (adenosina difosfato) e um ião fosfato (P).



Esta ocorre devido á acção da ATPase que vai fraccionar o ATP, que por sua vez, vai induzir o movimento das pontes cruzadas provocando o encurtamento da fibra muscular. Esta decomposição do ATP não necessita da presença de oxigénio, daí que pode realizar-se sempre que as unidades motoras sejam activadas.

Como citado anteriormente o músculo tem uma capacidade armazenamento de ATP reduzida, aproximadamente cinco milimoles por kg de músculo (Nunes,1996).

O outro composto de alta energia, que permite uma síntese imediata do ATP é a Fosfocreatina (CF). Este composto existe em maior abundância que o ATP, fornecendo energia para a reconstituição do ATP decomposto na contracção muscular (Nunes, 1996).



Entre o ATP e o CF existe uma diferença, é que enquanto o ATP serve de intermediário no transporte de energia dos alimentos para os sistemas funcionais celulares, a CF não o faz, mas pode trocar a sua energia com o ATP (Nunes, 1996).

Pela participação ou não do oxigénio nestas transformações celulares, considera-se, respectivamente, vias energéticas distintas, a via aeróbia e via anaeróbia láctica e aláctica. No presente trabalho, pretendemos explorar a via anaeróbia láctica pelo que passamos a analisar.

3.1. VIA ANAERÓBIA LÁCTICA

A via energética, capaz de produzir ATP rapidamente, sem a presença de oxigénio é a Via Anaeróbia Láctica. Esta via envolve a libertação de energia através da lise da glicose, sendo esta reacção denominada de Glicólise, podendo ocorrer na presença ou ausência de oxigénio.

O piruvato é o produto resultante da glicólise, sendo que em repouso ou em exercício leve, quando as células dispõem de bastante oxigénio e os hidrogénios extraídos do substrato são oxidados ao mesmo ritmo com que se tornam disponíveis, isto é, o ritmo de remoção é igual ao de produção, não se verifica a formação de ácido láctico. Isto ocorre na glicólise aeróbia.

Se considerarmos a glicólise anaeróbia, que ocorre em exercício intenso, as necessidades energéticas ultrapassam o fornecimento e o ritmo de utilização do oxigénio, visto que, nem todo o hidrogénio pode ser oxidado pela cadeia transportadora de electrões e como a energia anaeróbia na glicólise depende do NAD^+ para a oxidação de 3-fosfogliceraldeído, o excesso de hidrogénios combinam-se com o ácido pirúvico, formando o ácido láctico (McArdle, 1992).

A glicólise anaeróbia decorre de uma cadeia de 10 reacções enzimáticas, convertendo uma molécula de glicose em duas de piruvato, duas de ATP e transferem quatro átomos de hidrogénio para formar $2\text{NADH} + 2\text{H}^+$, traduzindo-se pela seguinte equação:

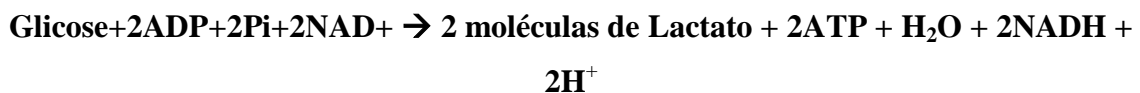


Esta cadeia de reacções tem lugar no citoplasma das células, ocorrendo sem a presença de oxigénio.

As duas moléculas de piruvato resultantes destas reacções podem seguir direcções distintas, dependendo da presença ou ausência de oxigénio. Neste caso, como estamos a falar de uma via que ocorre sem a presença de oxigénio, as moléculas de piruvato vão ser convertidas em lactato, através de uma reacção reversível, catalisada pela enzima **Desdrogenase Láctica** (LDH).



Nesta reacção, dois átomos de hidrogénio provenientes do $\text{NADH}+\text{H}^+$ são transferidos do piruvato para o lactato, formando-se ainda NAD^+ . Estes hidrogénios foram inicialmente transferidos para o NAD^+ durante a cadeia de reacções da glicólise, por forma que a coenzima NAD^+ transportasse o hidrogénio de uma reacção para outra durante a glicólise anaeróbia. Esta traduz-se segundo a equação:



Esta via energética não produz grandes quantidades de energia, mas em conjunto com a Via Anaeróbia Aláctica, conseguem gerar força mesmo quando as reservas de oxigénio são limitadas. No entanto, esta tem uma grande limitação que é a acumulação de lactato nos músculos. O seu maior valor de acumulação no sangue ocorre ao fim de um – dois minutos para Wilmore e Costill, (1999), sendo que para Rieu e colaboradores (1988) ocorre entre os três e cinco minutos, para esforços supra-maximais. Neste tipo de esforços os níveis de lactato podem aumentar de 1mmol/kg do músculo até mais de 25 mmol/kg (Wilmore e Costill, 1999).

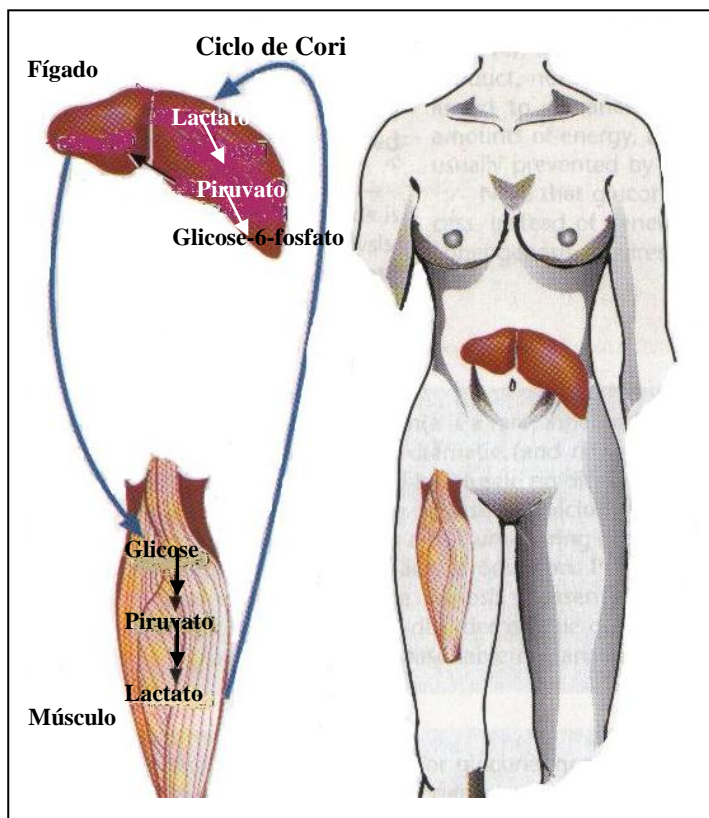


Figura 4: Ciclo de Cori (Adaptado de McKee e McKee, 1996)

O lactato produzido pelas células em anaerobiose é libertado para a corrente sanguínea e transportado até ao fígado para a formação de glicose, isto, se existir oxigénio disponível. A esta série de reacções denomina-se **Ciclo de Cori**.

Mais detalhadamente o Ciclo de Cori consiste na saída do lactato das células, sendo oxidado em piruvato ao nível do fígado e posteriormente transformado em glicose pela gliconeogénese (síntese de glicose). Seguidamente

a glicose é libertada para a circulação, podendo ser novamente captada pelas células em anaerobiose (ou outras) para a formação de energia com formação de lactato (Laires, 1997). Mas o lactato também pode ser utilizado como fonte energética durante o exercício moderado (McArdle et al., 1996).

O lactato por si só pode contribuir para a fadiga muscular através da redução da capacidade da produção de força muscular (Hogan et al, 1995). Quando a sua concentração aumenta dentro das células provoca um nível ácido intracelular, que leva a uma diminuição do pH. Pensa-se que a diminuição do pH celular, o aumento da concentração de H^+ e da concentração de lactato seja a principal causa da fadiga (S.E. Gordon, Kraemer e Pedro, 1991).

Podemos concluir que os níveis de lactato sanguíneos estão intimamente relacionados com a intensidade e duração do exercício, sendo que estes também podem ser influenciados pelo tipo de fibras predominantes. Segundo Donovan (2000) os músculos com predominância de fibras de contracção lenta, oxidativas, primeiramente convertem o lactato em glicogénio. Sendo que, a oxidação do lactato se encontra altamente correlacionada com a enzima LDH. Enquanto que nas fibras de contracção rápida, glicolíticas a tendência da enzima LDH é em favorecer a conversão do piruvato em lactato (McArdle et al., 1996).

Após o exercício, os processos corporais não retornam de imediato aos níveis de repouso. A recuperação pós exercício pode ser realizada passiva ou activa. Relativamente á recuperação passiva os níveis de remoção do lactato do sangue e dos músculos demora pelo menos uma hora até voltar aos seus valores normais (Foss e Keteyan, 1998). Durante a recuperação activa a o tempo de remoção do lactato sanguíneo é inferior ao da recuperação passiva. Mesmo em repouso a concentração de lactato mantém-se a cerca de 1mmol/kg, que é explicado com base no equilíbrio entre a produção, metabolismo da fibra muscular e sua remoção da célula para ser utilizado no metabolismo de outros tecidos (Robergs e Roberts, 2000).

4. PERFORMANCE ANAERÓBIA

Tendo em conta o objectivo do trabalho, a realização de um esforço anaeróbio, de seguida vamos aprofundar um pouco mais estes esforços assim como os diferentes tipos de testes que existem para avaliar esta via energética.

Um esforço anaeróbio é um esforço de curta duração, sendo determinado pela capacidade dos sistemas de produção de energia solicitados, que neste caso são os sistemas anaeróbios, sem a presença de oxigénio. A designação de “tarefa anaeróbia” atribuída a este tipo de actividades não é totalmente correcta, sendo que, mesmo quando o exercício é intenso e de breve duração existe sempre algum contributo aeróbio para a sua realização (Vanderwalle et al, 1987). Esta opinião também é partilhada por Inbar et al. (1996), que afirma que é erróneo assumir que existem tarefas que podem ser realizadas exclusivamente através de um dos sistemas de produção de energia.

Apesar de ser quase impossível quantificar a contribuição dos diferentes metabolismos energéticos é contudo, possível encontrar um indicador que nos informe qual das vias energéticas é predominante num determinado exercício (Hahn, 1992; Inbar et al, 1996).

Para uma avaliação do desempenho dos vários sistemas de produção de energia é importante distinguir **capacidade** e **potência** do sistema em causa. A capacidade energética de um sistema refere-se á energia total cedida pelo sistema para a realização da actividade, enquanto que a potencia é a energia máxima gerada por unidade de tempo (durante um exercício de máxima intensidade).

Na avaliação do desempenho anaeróbio utilizam-se vários tipos de testes, que integram a realização de tarefas de grande intensidade e cuja duração pode oscilar entre os 200ms e 60s (Van Praagh, 1995). Em função da duração da tarefa podemos dividir os testes anaeróbios em duas categorias distintas:

1. “**Testes de muita curta duração**” ou também designados por testes de potência instantânea (“instantaneous power tests”) (Van Praagh, 1995). Nesta categoria encontram-se inseridos o Teste de Força-Velocidade (Force-Velocity), o teste de Impulsão Vertical (Sargeant Vertical Jump), o teste da Escada de Margaria (Margaria Step Test) entre muitos outros. Estes testes segundo Inbar et al. (1996) avaliam ou determinam a potencia mecânica mais elevada que o músculo ou grupo muscular consegue gerar ao fim de um breve

períodos de tempo (de 1 a mais ou menos 10s). Nestes testes o sistema de produção de energia é predominantemente o sistema anaeróbio aláctico (ATP-CF).

2. **“Testes de curta duração”**, estes avaliam ou determinam a capacidade do músculo sustentar a potência elevada durante um período de 15 a 60s, permitindo a avaliação da capacidade anaeróbia. Entre muitos outros testes dentro desta categoria encontra-se inserido o Teste de Wingate (WAnT). O sistema de produção de energia implícito neste tipo de testes é a Via Anaeróbia Láctica.

4.1. TESTE DE WINGATE (WAnT)

Neste estudo, onde se pretende correlacionar o nível de lactato sanguíneo com a EMG num esforço supramáximo, e visto que a investigação decorreria no laboratório, por forma, a tentar controlar todas as variáveis externas á investigação, tentando obter resultados mais fidedignos, válidos e objectivos, a nossa escolha recaiu sobre o teste do Wingate, visto cumprir todos os requisitos necessários.

O WanT foi desenvolvido durante os anos 70 no Departamento de Pesquisa e Medicina Desportiva do Instituto Wingate para Educação Física e Desporto, em Israel. Este é o teste mais utilizado em todo o mundo para avaliar a potência, a resistência e o índice de fadiga (Inbar et al., 1996).

Este teste consiste num sprint de 30s, á velocidade máxima, contra uma resistência constante, determinada individualmente através da massa corporal de cada sujeito. Os indicadores de performance considerados normalmente são a potência Máxima, a Potência Média, o Índice de Fadiga e o Trabalho Total (Inbar et al., 1996).

Alguns autores têm levantado dúvidas acerca da validade do teste de Wingate, no que respeita ao valor da potência anaeróbia máxima devido à carga não ser aquela que proporciona ao indivíduo o desenvolvimento da sua potência (Vanderwalle e Friemel, 1989).

Apesar do teste do Wingate apresentar algumas limitações, pensamos que neste estudo estas não são consideráveis para o estudo. Dado que, este estudo não é um estudo descritivo, com a finalidade de caracterizar uma população, mas sim um estudo

experimental que nos servimos do teste para tentar correlacionar a EMG com o lactato sanguíneo.

5. RELAÇÃO EMG/WINGATE/LACTATOS

O Teste de Wingate tem sido utilizado exaustivamente por investigadores e por praticantes de desporto para analisar a potência máxima, assim como para analisar as respostas dos atletas ao esforço supramáximo (Bar-Or, 1978). O WAnT é realizado em 30 segundos em cicloergómetro (Cumming, 1973), visto este ser o teste que fornece um índice da capacidade anaeróbia dos indivíduos (Bernardi et al, 1997). Hussain et al (1996) demonstram um significativo aumento do pH dos níveis básicos, imediatamente após o WAnT. A diminuição do pH encontra-se frequentemente associada a sintomas de fadiga (Mortimer et al., 1970; Arendt-Nielsen et al., 1989). Porém não é claro que estas alterações do pH afectem a amplitude da EMG, a frequência (MPF) e a sua relação durante o WAnT (Hunter et al., 2003).

O único estudo que analisa a fadiga neuromuscular durante o WAnT foi o Vandewalle et al (1991), que concluiu que havia um declínio da amplitude do EMG, devido a fadiga central. Porém este estudo é limitado devido a que o protocolo utilizado não era supramáximo, devido á realização do teste durante 45 segundos e a EMG amplitude foi medida sem o espectro electromiográfico, logo as conclusões de ser fadiga periférica ou central são especulativas (Hunter et al., 2003).

Outros estudos demonstraram o declínio do espectro do EMG durante sprints máximos em corrida, porém nestes estudos a relevância do WAnT pode ser questionada devido á utilização de outros grupos musculares e da acção biomecânica ser diferente.

Como citado anteriormente, o pH após o WAnT diminui, este facto pode dever-se á acumulação de metabolitos, tais como lactato. A este também é atribuído o facto do deslocamento do espectro EMG para baixas frequências (Mortimer et al., 1970; Tesh et al., 1983). A formação de lactato ou associado ás alterações do pH no sarcolema das fibras musculares pensa-se ser o responsável pela diminuição da velocidade de condução do estímulo, sendo um dos factores que se encontra relacionado com a frequência do EMG (Brody et al., 1991). O deslocamento da frequência do EMG encontra-se intimamente relacionado com o processo de fadiga primária.

Em vários estudos foram analisados a diminuição da frequência e a acumulação de lactato, sendo obtidos resultados bastante controversos. Alguns autores reportam para uma significativa correlação inversa entre as modificações da concentração de lactato e o deslocamento da frequência da EMG (Bouissou et al., 1989; Horita and Ishiko, 1987; Tesch et al., 1985), enquanto outros não encontraram nenhuma correspondência (Gamet et al., 1983; Helal et al., 1987; Viitasalo et al., 1985). É de referir que nestes estudos foram realizados protocolos diferentes, o que dificulta a comparação.

Relativamente ao teste de WAnT e o lactato, estudos indicam que a concentração máxima de lactato após o teste é verificada entre 5 a 8 minutos depois deste (Yitahak et al., 1998; Collomp et al., 1993; Fujitsuka et al., 1982).

CAPÍTULO II

OBJECTIVOS

Objectivo Geral:

Através da literatura consultada verificamos que muitos trabalhos têm centrado o seu objectivo no estudo da fadiga. Porém a relação, entre a fadiga e o comportamento dos músculos não se encontra bem esclarecida. Assim como a existência de uma correlação entre indicadores de fadiga (lactatos) e o comportamento muscular ainda é um pouco controversa.

Deste modo, pretendemos estudar a relação entre o comportamento muscular do *Vastus lateralis* e do *Bíceps brachii* através do registo electromiográfico e a fadiga no teste anaeróbio de Wingate e os lactatos sanguíneos.

Objectivos específicos:

Através da realização deste trabalho, pretendemos atingir os seguintes objectivos específicos:

- Verificar o desempenho neuromuscular dos músculos *Bíceps brachii* e *Vastus laterallis* num esforço anaeróbio através do Teste de Wingate;
- Verificar os níveis de lactato antes e após o Teste de Wingate, 5 minutos antes e 5, 15, 30 e 60 minutos após o teste;
- Verificar o tempo de restabelecimento dos níveis de lactato, após o teste de Wingate aos níveis basais;
- Estabelecer uma correlação entre os níveis de lactato sanguíneo e a electromiografia de superfície nos músculos *Bíceps brachii* e *Vastus laterallis*, através da análise dos valores da amplitude e de frequência obtidos através do registo electromiográfico.

CAPÍTULO III

INSTRUMENTOS E MÉTODOS

1. Selecção e Caracterização da Amostra

A amostra foi constituída por oito indivíduos do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 20 e os 24 anos de idade, com alturas entre o 1,70 e 1,85 e praticantes de actividade física regular, pelo menos três vezes por semana.

Todos os voluntários participantes no estudo foram seleccionados da população estudantil da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra tentando, deste modo uma maior homogeneidade da amostra.

2. Explicação do Protocolo

A investigação decorreu da selecção e caracterização da amostra e da realização do protocolo, ocorrendo no Laboratório de Biocinética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Na primeira fase foi dado a conhecer aos possíveis sujeitos o protocolo da investigação, assinatura do consentimento e caracterização dos sujeitos.

Depois de correctamente informados acerca do protocolo, os voluntários que concordaram, assinaram um formulário de consentimento, sendo que nesse formulário estava referida a possibilidade de estes abandonarem o estudo a qualquer momento.

Após a assinatura do formulário de consentimento por parte dos voluntários procedeu-se á sua caracterização. A cada voluntário foi distribuído um inquérito individual com o objectivo de recolher informações acerca dos estado de saúde e hábitos desportivos de cada um dos sujeitos. De seguida foram medidos e avaliados a composição corporal de cada um deles, através da medição das variáveis somáticas: peso, altura, diâmetros (bicondilo-umeral e bicôndilo-femural), perímetros (braquial e geminal) e pregas de gordura subcutânea (tricipital, subescapular, suprailíaca e abdominal). Nesta fase foi também pedido aos sujeitos que durante três dias consecutivos tirassem a sua frequência cardíaca de repouso ao acordar.

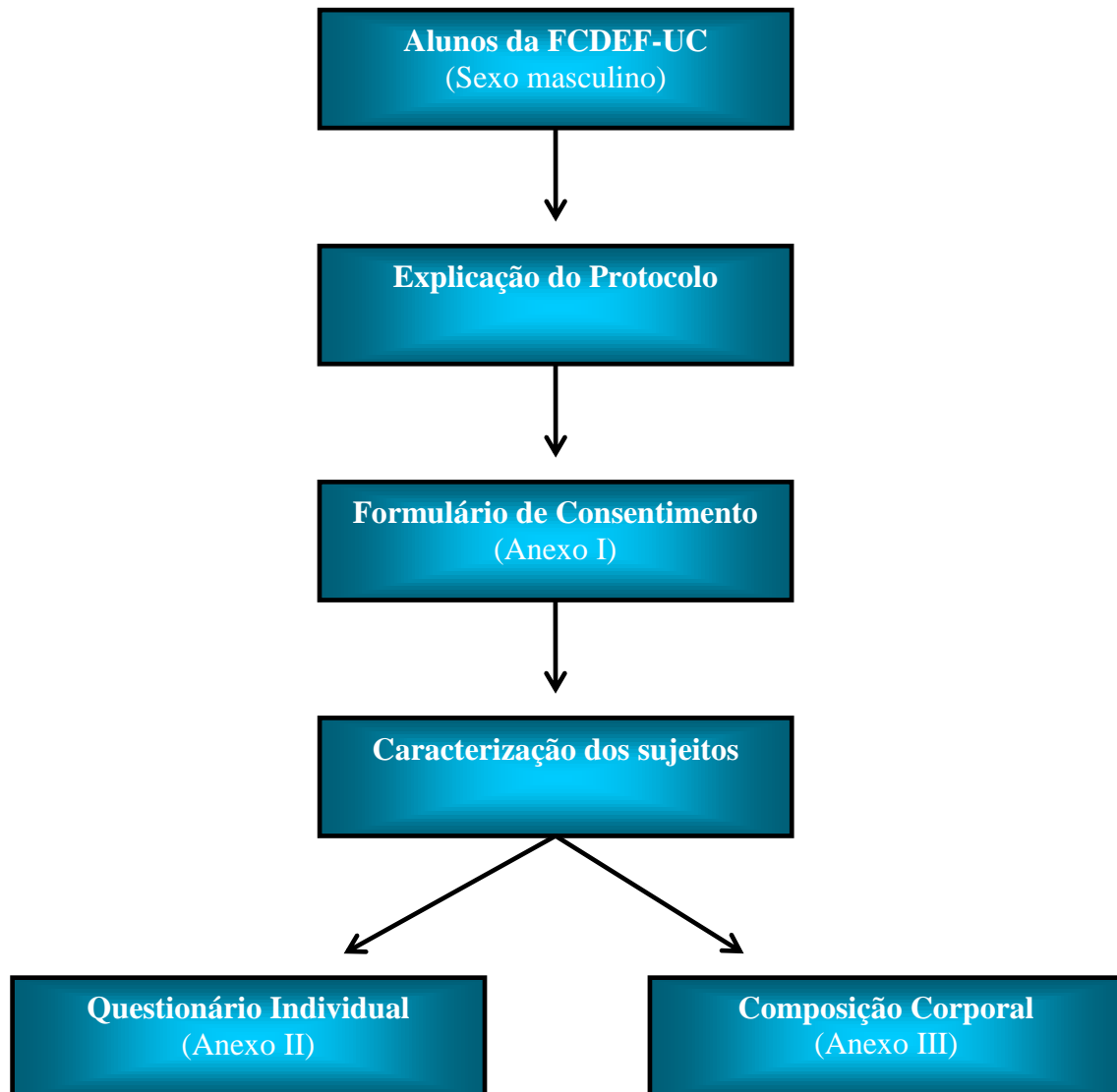


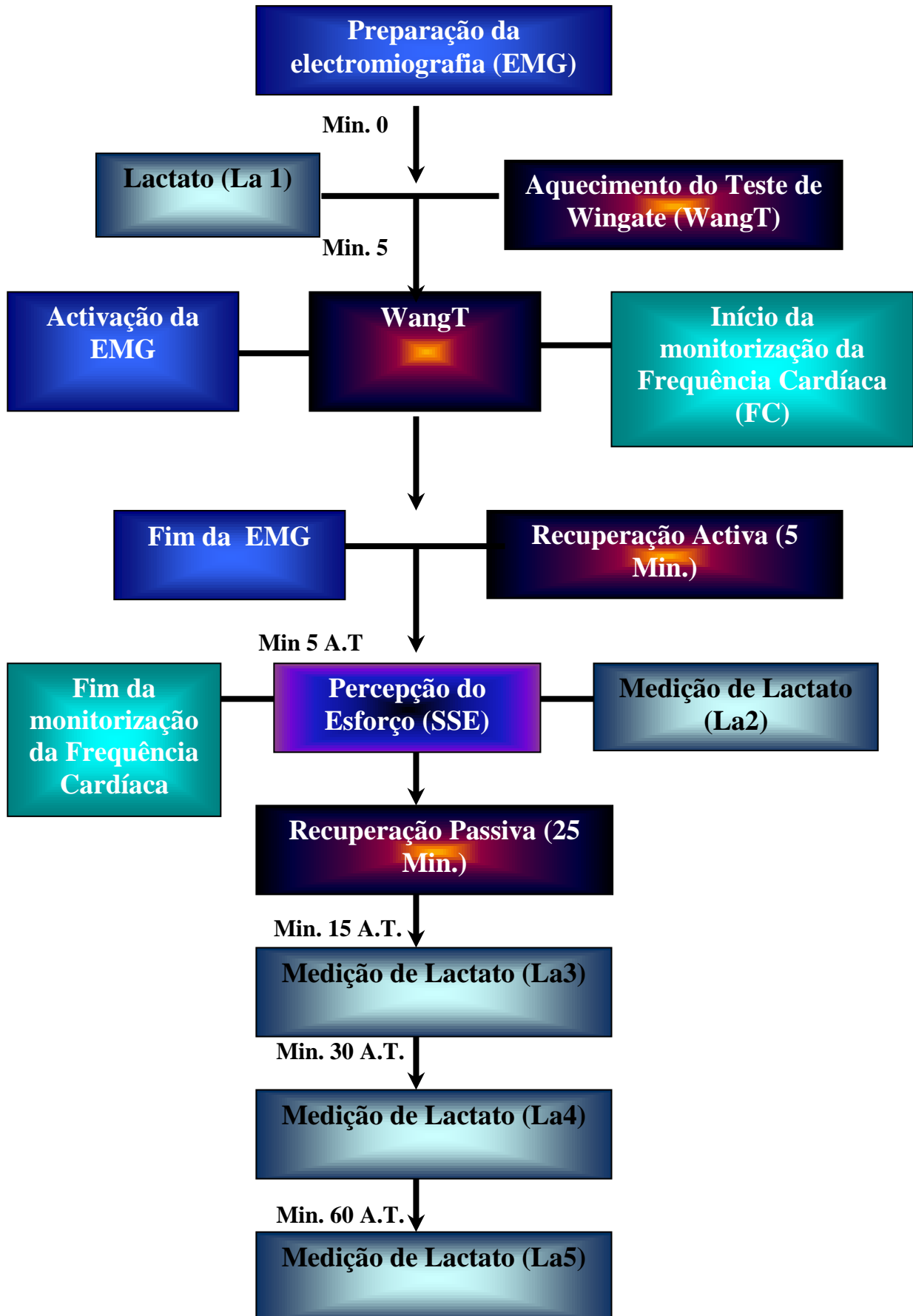
Figura 1: Representação esquemática dos procedimentos preliminares da investigação (selecção da amostra).

A segunda fase consistiu na realização do estudo propriamente dito. Após a chegada dos voluntários foi-lhes pedido que se sentassem durante uns minutos para lhes medir a frequência cardíaca de repouso. De seguida, foram colocados os eléctrodos de superfície no *Biceps Brachii* e no *Vastus Lateralis* do lado direito, para o registo electromiográfico (EMG), assim como o polar para a medição da frequência cardíaca. Foi-lhes também retirada a primeira amostra sanguínea para a medição de lactato sanguíneo (La1).

Seguidamente foi iniciado o aquecimento para o teste de Wingate. Após os cinco minutos do aquecimento foi iniciado o teste, coincidindo com a iniciação da electromiografia e da monitorização da frequência cardíaca.

Após o teste seguiu-se um período de recuperação activa de 5 minutos, realizada no cicloergómetro, entre 50 a 60 rotações por minuto. Após os 5 minutos foi retirada a segunda amostra de lactato sanguíneo (La2), foi solicitado aos sujeitos que avaliassem a intensidade do esforço desenvolvido através da escala Cr10 de Borg e foi parada a monitorização da frequência cardíaca. Terminada a recuperação activa do Teste de Wingate seguiu-se um período de recuperação passiva de 25 minutos, no qual após 15 minutos do teste foi retirada a terceira amostra de sangue para análise do lactato (La3). Ao fim de 30 minutos após o teste foi feita a quarta colheita de sangue para análise do lactato (La4). Passados 60 minutos foi feita a quinta recolha para a medição de lactato sanguíneo (La5) com o intuito de saber se este já estava no nível basal. Como os valores de lactato sanguíneo ainda não tinham voltado aos níveis basais foram recolhidas amostras de lactato de 15 em 15 minutos. O protocolo terminou após o lactato sanguíneo dos sujeitos voltar ao nível basal.

Figura 2: Representação esquemática do protocolo realizado



3. Caracterização Antropométrica

Todos os indivíduos foram avaliados com os mesmos instrumentos e segundo as prescrições técnicas descritas por Sobral e Silva (1998).

As medições das variáveis somáticas foram efectuadas a partir da posição anatómica de referência: posição vertical, olhar dirigido para a frente, membros superiores ao lado do tronco com os antebraços em supinação (palmas das mãos viradas para fora) e pés juntos dirigidos para a frente.

3.1. Massa Corporal

A medição da massa corporal foi realizada numa balança marca SECA® (modelo 174), previamente calibrada.

Nesta medição os indivíduos encontravam-se descalços, apenas de calções e t-shirt, em posição imóvel, com o olhar dirigido para a frente e braços estendidos ao lado do corpo, os valores foram registados em kilogramas com aproximação às décimas.

3.2. Estatura

A estatura, ou altura total do corpo, é medida entre o vertex e o plano de referência do solo (Sobral e Silva, 1998).

Para a determinação desta medida foi utilizado um estadiómetro marca SECA® (modelo 220/221).

Nesta medição os indivíduos encontravam-se descalços, apoiando totalmente a planta do pé, mantendo uma posição estática erecta, com olhar dirigido para a frente e com os membros superiores ao longo do tronco. Com o indivíduo imóvel na plataforma, a ponteira superior é ajustada ao vertex do crânio, registando-se o valor marcado até às décimas.

3.3. Circunferências musculares:

As circunferências proporcionam informações sobre a totalidade das estruturas morfológicas na secção transversal do segmento (Sobral e Silva, 1998).

Para a determinação das circunferências musculares foi utilizada uma fita métrica flexível, marca HOECHSTMASS®, com precisão até às décimas de centímetro.

3.3.1. Circunferência braquial máxima

Medida ao nível da maior circunferência do braço direito, com o *biceps brachii* em contracção isométrica máxima e com o cotovelo flectido a 90 graus. Os valores foram registados em centímetros, com aproximação às décimas.

3.3.2. Circunferência Crural

Medida ao nível da maior circunferência da coxa, com o individuo de pé, na posição anatómica de referência. Os valores foram registados em centímetros, com aproximação às décimas.

3.4. Diâmetros ósseos:

Para a determinação dos diâmetros ósseos foi utilizado um compasso de pontas redondas, marca GPM®, com precisão até às décimas de centímetro.

3.4.1. Diâmetro Bicôndilo-umeral

Este diâmetro é medido entre o epicôndilo e a epitróclea umerais, com o cotovelo elevado á altura do ombro, flectido a 90 graus e em supinação. Os ramos do compasso estão dirigidos para cima na bissetriz do ângulo recto formado ao nível do cotovelo. A medida é algo oblíqua pelo facto de a epitróclea estar num plano

ligeiramente inferior ao epicôndilo. Os valores foram registados em centímetros (cm), com aproximação às décimas.

3.4.2. Diâmetro Bicôndilo-femural

É medido entre os dois pontos mais salientes dos côndilos lateral e mediano do fêmur. O indivíduo encontra-se sentado, com o joelho flectido a 90 graus. Os valores foram registados em centímetros (cm), com aproximação às décimas.

3.5. Pregas de gordura subcutânea:

As pregas de gordura subcutânea podem também ser designadas por “pregas” ou “skinfolds”. Estas são medidas dos valores dos depósitos de gordura subcutânea, sendo geralmente utilizadas em formas de estimação antropométrica da composição corporal (Sobral e Silva, 1998).

As pregas foram determinadas através de um adipómetro marca SLIMGUIDE (de plástico), com precisão até às décimas de centímetro e pressão de 10 g/mm².

Estas foram medidas em locais específicos, com os indivíduos com a musculatura relaxada. O adipómetro foi agarrado com a mão direita e com o polegar e o indicador em forma de pinça, da mão esquerda foi “apanhada” a prega de gordura. Em cada medição de cada prega foi assegurado de que não se estava a apanhar tecido muscular e as pontas do adipómetro foram colocadas a um centímetro de distância dos dedos que seguram a prega. A leitura foi realizada em milímetros (mm) aos dois segundos após a aplicação do adipómetro. Para cada prega foram realizadas três medições, sendo realizada e registada a média das três e eliminados os valores erróneos.

3.5.1. Prega de gordura Tricipital

Prega vertical, medida na face posterior do braço direito, a meia distancia entre os pontos *acromiale* e *radiale*.

3.5.2. Prega de gordura Subescapular

Prega oblíqua dirigida para baixo e para o exterior, formando um ângulo de 45 graus com o plano horizontal. Medida abaixo do vértice inferior da omoplata direita.

3.5.3. Prega de gordura Suprailíaca

Prega ligeiramente oblíqua dirigida para baixo e para dentro. Medida acima da crista ilíaca sobre a linha midaxilar.

3.5.4. Prega de gordura Abdominal

Prega vertical, paralela ao eixo longitudinal do corpo. Medida cinco centímetros para a esquerda do *omphalion* (cicatriz umbilical).

A partir das medidas referidas acima foram calculados os seguintes parâmetros da composição corporal dos indivíduos:

3.6. Índice de Massa Corporal (IMC)

O índice de massa corporal consiste numa medida que relaciona a altura e o peso dos indivíduos. Para a sua determinação é utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{IMC} = \text{Peso (Kg)} / \text{Altura (m)}^2$$

3.7. Percentagem de massa gorda

Para o cálculo da percentagem de massa gorda (%MG) foi utilizado o Método de Faulkner, em que o cálculo é efectuado através da seguinte equação:

$$\%MG = X 0,153 + 5,783$$

O **X** é o resultado do somatório de quatro pregas de gordura subcutânea (Subescapular, Tricipital, Suprailíaca e Abdominal).

3.8. Somatótipo

O Somatótipo consiste numa descrição expressa por três algarismos, numa sequência fixa, em que cada algarismo representa a cotação atribuída a cada uma das três componentes primárias da constituição (Sobral e Silva, 1998).

As três componentes do somatótipo foram determinadas segundo o método de Heath-Carter (1971) in Sobral e Silva (1998), revelando a proeminência relativa e a respectiva dominância das três componentes que passo a descrever, de seguida.

3.8.1. Endomorfismo (adiposidade relativa)

É a componente do somatótipo que exprime o grau de desenvolvimento da adiposidade e decorre do somatório da três pregas subcutâneas (subescapular, tricipital e suprailíaca) corrigida para a altura. O seu valor pode variar entre 0,5 e 12.

O seu cálculo foi realizado através da seguinte fórmula:

$$\text{ENDO} = 0,1451 X - 0,00068 X^2 + 0,0000014 X^3 - 0,7182$$

Em que o X é o valor da soma das pregas multiplicado por (altura/170,18).

3.8.2. Mesomorfismo (robustez músculo-esquelética relativa)

É a segunda componente primária do somatótipo e o seu valor pode variar entre 0,5 e 9.

Sendo o **H** e **F** as medidas dos diâmetros bicondilo-umeral e bicondilo-femural, **B** e **G** as circunferências braquial e geminal corrigidas (isto é, aos seus valores são subtraídos os valores, em centímetros, das pregas tricipital e geminal) e **A** a altura.

A sua determinação é realizada através da seguinte fórmula:

$$\text{MESO} = 0,858 H + 0,601 F + 0,188 B + 0,161 G - 0,131 A + 4,5$$

3.8.3. Ectomorfismo (linearidade relativa)

É a terceira componente primária do somatótipo e o seu valor pode variar entre 0,1 e 9.

O cálculo da componente do ectomorfismo pode ser efectuado através de fórmulas, dependendo do valor correspondente ao Índice Ponderal Recíproco (**I**).

O Índice Ponderal Recíproco é determinado pela seguinte fórmula:

$$\mathbf{I} = \text{Altura} / \text{Peso}^{1/3}$$

$$\text{Se } \mathbf{I} > 40,75 \quad \mathbf{ECTO} = 0,7321 \mathbf{I} - 28,58$$

$$\text{Se } \mathbf{I} > 38,28 \text{ e } < 40,75 \quad \mathbf{ECTO} = 0,463 \mathbf{I} - 17,63$$

$$\text{Se } \mathbf{I} < 38,28 \quad \mathbf{ECTO} = 0,1 \text{ (valor mínimo)}$$

3.8.4. Representação gráfica do Somatótipo

A representação gráfica do somatótipo é designada por somatograma. Este consiste num triângulo de lados curvos, com a designação de Triângulo de Reuleux, o qual se define como a curva de raio constante que apresenta a menor área para um dado raio.

Para converter o valor das três componentes do somatótipo num ponto de duas coordenadas foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\mathbf{X} = \mathbf{III} - \mathbf{I}$$

$$\mathbf{Y} = 2 \times \mathbf{II} - (\mathbf{I} + \mathbf{III})$$

Sendo **I**, **II** e **III** os valores da 1ª, 2ª e 3ª componente, respectivamente, determinando o ponto correspondente ao somatótipo no somatograma.

Em suma, a classificação somatotipológica pode ser expressa de duas formas: gráfica, através da localização do somatótipo no somatograma e numérica, através das cotações atribuídas às suas três componentes.

4. Monitorização da Frequência Cardíaca (FC)

Para a monitorização da FC foram utilizados cardiofrequencímetros da marca POLAR®, modelo 810, série s, juntamente com transmissores da marca POLAR®, modelo T81 – CODED.

A monitorização da frequência cardíaca foi iniciada aquando do início do teste, com registos de 5 em 5 segundos, até 5 minutos após o Teste de WanT.

O receptor foi colocado no pulso esquerdo do voluntário. O transmissor foi colocado no peito, depois de ser espalhado cardiogel de modo a facilitar a transmissão, sensivelmente ao nível da apófise xifóide do esterno e ajustado de forma a não cair e não ser desconfortável.

Ao início do teste, foi pressionado o botão “start” do receptor (botão vermelho), iniciando-se assim a monitorização da frequência cardíaca.

Após o fim da monitorização da FC, os dados referentes aos registos da FC foram transferidos para o computador através de um interface de infra-vermelhos, da marca POLAR®, modelo S810.

5. Teste de Wingate (WanT)

O teste de Wingate (WanT) é um teste supramáximo que consiste em pedalar á máxima velocidade, durante 30 segundos num cicloergómetro com uma resistência constante, equivalente a $0,075\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ da massa corporal.

5.1. Preparação do teste

O teste foi realizado num cicloergómetro MONARK 824 E, previamente verificado, calibrado e ajustado ao comprimento dos segmentos do sujeito.

A altura do selim foi ajustada individualmente, de modo a que o joelho de cada sujeito ficasse ligeiramente flectido aquando do pedal se encontrar na parte mais baixa da trajectória.

Todos os sujeitos efectuaram o teste com uma carga correspondente a $0,075\text{ kg}$ por Kg de massa corporal ($0,075\text{kg}\cdot\text{Kg}^{-1}$). A carga foi calculada multiplicando o peso

do sujeito por 0,075, correspondendo o valor encontrado á carga total a utilizar no teste. Uma vez que o cesto destinado á colocação dos pesos representa 1 kg de carga, sendo este valor subtraído á carga total calculada, determinando assim o valor a colocar sobre o cesto.

5.2. Protocolo de aquecimento

O aquecimento para o teste de Wingate consiste em pedalar durante 4 minutos a 60 rotações por minuto (rpm), sem carga. No final dos minutos 1,2 e 3, o indivíduo realiza um sprint de dois a três segundos, á velocidade máxima, contra a resistência utilizada no próprio teste. Após o terceiro sprint, o sujeito continua a pedalar até completar os 4 minutos de aquecimento.

De seguida, o sujeito sai da bicicleta e realiza uma série de alongamentos padronizados, durante dois minutos, envolvendo os músculos do quadríceps, isquiotibiais e adutores.



Figura 3: Alongamentos realizados no aquecimento do WAnT – Quadríceps, Isquiotibiais e Adutores

5.3. Procedimentos do teste

Após a realização dos alongamentos, os voluntários dirigem-se para o cicloergómetro, onde colocam os pés nos pedais, sendo que, o sistema de fixação é ajustado ao indivíduo. De seguida começam a pedalar a 60 rpm contra uma resistência mínima.

Quando o atleta atinge um ritmo constante, é retirado o cesto com a carga correspondente ao peso do voluntário, da posição de segurança sendo suportado com a mão esquerda, numa posição elevada para não provocar resistência. De seguida, é seleccionada a função de “*Start countdown*”, dando início á contagem decrescente. A contagem decrescente efectuada pelo computador é acompanhada pelo investigador com “Três, dois, um, Vai”. A expressão “Vai” indica o inicio do teste, ou seja o momento em que o sujeito deve começar a pedalar á máxima velocidade. Neste exacto momento o investigador larga o cesto com a carga e o computador inicia automaticamente a recolha dos dados.

Durante os 30 segundos, o sujeito é incentivado a pedalar á máxima velocidade, de modo a atingir o mais rápido possível o pico de potencia máxima e a manter o esforço máximo durante todo o teste, permanecendo sentado durante este. O cicloergómetro foi estabilizado por duas pessoas, uma atrás e outra é frente, evitando que este oscile.

5.4. Procedimentos após o teste

Após o teste o indivíduo continua a pedalar entre as 50 e 60 rpm, sem carga, durante aproximadamente 5 minutos.

No final deste período de recuperação activa, serão retiradas novas amostras de sangue para a análise da concentração de lactato (La2), assim como o fim da monitorização da FC. Segue-se um período de 25 minutos de recuperação passiva, sendo que ao fim de 10 minutos desta será recolhida uma terceira amostra de lactato (La3) e no final será repetida a recolha (La4).

Os indicadores considerados foram a Potência Máxima, Potência Média e o Índice da Fadiga, Trabalho Total Relativo, Frequência Cardíaca, sendo estes aliados ao registo electromiográfico.

No presente estudo serão avaliados e analisados os seguintes indicadores obtidos através do Teste WAnT:

Potência Máxima (Peack Power): corresponde ao valor de potência mais elevado registado num intervalo de tempo. Este indicador traduz a potência anaeróbia.

Potência Média (Mean Power): é o valor médio da potência durante os trinta segundos. Este indicador traduz a capacidade anaeróbia.

Índice de Fadiga: calculado pela diferença, expressa em percentagem entre a Potência Máxima e a Potência Mínima. Traduz o decréscimo do valor da potência ao longo dos trinta segundos de duração do teste.

Trabalho Total Relativo: calculado através da carga utilizada no teste multiplicando pelo deslocamento efectuado.

6. Concentração sanguínea de lactato

As recolhas e análise de lactato sanguíneo foram realizadas através dos procedimentos e materiais, que passamos a descrever.



Figura 5: Picada do dedo com uma lanceta descartável, marca UNISTIK® 2 EXTRA,

Para a obtenção das amostras de sangue foram efectuados os seguintes passos: segurando na mão do sujeito, desinfecta-se o dedo polegar com um pouco de algodão embebido em álcool etílico, secando-se de seguida com papel absorvente a zona. Após a zona estar bem seca e com o dedo do indivíduo agarrado, realiza-se uma pequena picada, com uma lanceta descartável, marca, apertando o dedo até formar uma gota de sangue suficiente para perfazer 10µl.

O sangue é recolhido através de um tudo capilar da marca DR. LANGE® que é colocado sobre a gota de sangue até que o sangue chegue a uma marca preta que são os 10µl. O excesso de sangue do capilar é retirado, colocando o capilar em contacto com o papel absorvente, até atingir o nível de aferição.

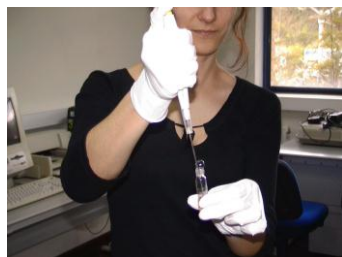


Figura 7: Colocação do sangue recolhido com a micropipeta, marca DR.LANGE® para a solução tampão

De seguida, com a ajuda de uma micropipeta, marca DR. LANGE®, injecta-se o sangue num tubo com a solução tampão *Lactat Enzimat*, marca DR.



Figura 4: Lancetas descartáveis, marca UNISTIK® 2 EXTRA, micropipeta, marca DR. LANGE®, capilares, marca DR. LANGE® e soluções tampão Lactat Enzimat, marca DR. LANGE®



Figura 6: Recolha de sangue para o capilar, marca DR. LANGE® -



Figura 8: Mini espectrofotómetro, marca DR. LANGE®, modelo LP 20 Plus

LANGE®, modelo LKM 140, agitando-se de forma a misturar o sangue com a solução. Após cada recolha de lactato (La1, La2, La3, La4 e La5) os tubos *Lactat Enzimat* foram sendo colocados no frigorífico, devidamente identificados.

No final das cinco recolhas de lactato, a análise das amostras foi efectuada com um mini espectrofotómetro, marca DR. LANGE®, modelo LP 20 *Plus*. se pronto a avaliar. De seguida são introduzidos os tubos de *Lactat Enzimat* (brancos), devidamente identificados, limpos e secos, sendo colocados um a um no mini espectrofotómetro.

Nesta investigação foram realizadas pelos menos cinco recolhas de lactato em momentos distintos.

La1: recolha efectuada antes do inicio do aquecimento estandardizado do WAnT, cinco minutos antes do teste, com o objectivo de determinar o nível inicial do lactato sanguíneo.

La2: recolha efectuada cinco minutos após o WAnT, com o intuito de determinar a concentração máxima de lactato, dando a indicação acerca da contribuição da via anaeróbia láctica, durante o WAnT.

La3: recolha realizada 15 minutos após o WAnT, com o intuito de estudar a recuperação dos indivíduos após o WAnT, assim como as restantes recolhas.

La4: recolha realizada 30 minutos após WAnT

La5: recolha realizada 60 minutos após WAnT, com o objectivo de saber se estes já voltaram ao valor inicial.

Aos sujeitos que no La5 não tinham valores de lactato sanguíneo coincidentes com o La1 foram realizadas recolhas de lactato de 15 em 15 minutos até este valor ser restabelecido.

7. Electromiografia (EMG)

Durante a realização do WAnT, foi registada a frequência de estimulação eléctrica dos músculos *Vastus lateralis* e *Bíceps brachii*, do lado direito, através da electromiografia de superfície.

O *Vastus lateralis*, é um dos quatro músculos, que formam o grupo muscular quadríceps. É um músculo mono-articular, innervado pelo nervo do quadríceps, ramo do nervo crural (L3 e L4). As inserções superiores deste músculo localizam-se no bordo anterior e inferior do grande trocanter, ramo externo da trifurcação da linha áspera do fémur, nos dois terços superiores do lábio externo da linha áspera e no septo intermuscular. Já a inserção inferior, localiza-se no bordo superior da rótula, através do tendão quadricipital. A principal acção muscular deste músculo consiste na extensão da perna sobre a coxa (Pinheiro, 1998).

O músculo *Bíceps Brachii* é um músculo composto por duas porções, a curta e a longa, mono-articular e innervado pelo nervo músculo-cutâneo. Tem como inserções superiores, a curta porção na apófise coracóide e a longa porção no bordo superior da cavidade glenóide da omoplata e com inserção inferior, ambas as porções num tendão terminal comum, na tuberosidade bicipital do rádio. Este músculo tem como acção muscular a flexão do antebraço sobre o braço e de supinação quando o rádio se encontra em pronação.

7.1. Instrumentos e equipamentos utilizados para a realização da EMG

Para a recolha dos padrões de activação neuromuscular foi utilizado um sistema de EMG da marca MEGA ELECTRONICS®, modelo MUSCLE TESTER ME 3000P4. De igual forma, foram também utilizados eléctrodos descartáveis (da marca BLUE SENSOR®, modelo ECG ELECTRODES e um programa de análise (marca MEGA



Figura 8: Eléctrodos descartáveis marca BLUE SENSOR®, modelo ECG ELECTRODES e sistema EMG da marca MEGA ELECTRONICS®, modelo MUSCLE TESTER ME 3000P4

ELECTRONICS[®], modelo MEGA WIN V1.2).

Este sistema é caracterizado por um tipo de registo bipolar, com um filtro entre 10 e 500 Hz, uma taxa de rejeição comum de 120 decibéis, um ganho de 100, um ruído abaixo de 1 μ V e um registo de 1000 Hz.

7.2. Procedimentos para a realização da EMG

Para a realização da EMG, foi preparado o sistema de registo e colocados os eléctrodos de superfície para a captação do sinal eléctrico.

Antes de se colocar os eléctrodos, as zonas onde estes iriam ser colocados foram limpas com algodão embebido em álcool etílico e de seguida fixaram-se três eléctrodos no *Vastus Lateralis* e três eléctrodos no *Bíceps Brachii*, com a distância de 2 cm entre cada eléctrodo., de acordo com a localização indicada pelo programa MEGA WIN V1.2., sendo um de referência e dois de detecção.

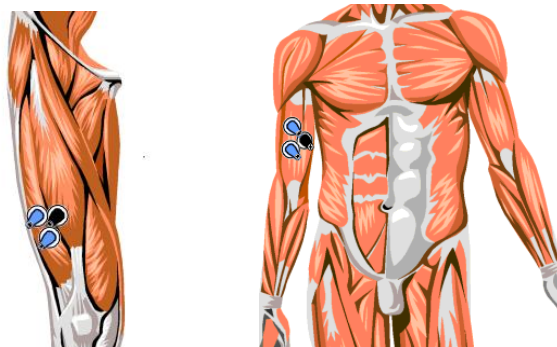


Figura 9: Disposição dos eléctrodos de acordo com a localização indicada pelo programa MEGA WIN V1.2

Após a realização do protocolo de investigação, desconectaram-se os cabos, retiraram-se os eléctrodos da pele dos sujeitos e procedeu-se de seguida à análise dos resultados.

7.3. Procedimentos para a análise dos resultados da EMG

Para a análise dos resultados, foram recolhidos os seguintes gráficos, após o programa ter efectuado as transformadas de Fourier (análise **FFT**):

- *Averaged spectrum; Basic results; Distributions; Single spectrum;*
- *Assim como foram recolhidos os dados no Averaging Spectrum (amplitude) de 2 em 2 segundos, durante os 30 segundos do teste*

8. Sensação Subjectiva de Esforço (SSE)

A avaliação da SSE foi realizada através da escala CR10 de Borg (Category ratio scale).

Esta escala tem o intuito de escalonar as diferentes intensidades do exercício extremo (Borg, 1998). Logo, para este trabalho foi com este objectivo que esta foi utilizada.

A escala foi apresentada aos sujeitos num formato de 12 cm × 13 cm, letra Times New Roman, tamanho 16 pci (Anexo V).

A realização deste avaliação foi efectuada após a recuperação activa do Teste de Wingate, ou seja, 5 minutos após o teste.

0	Absolutamente nada
0,3	
0,5	Extremamente fraco
1	Muito fraco
1,5	
2	Fraco
2,5	
3	Moderado
4	
5	Forte
6	
7	Muito Forte
8	
9	
10	Extremamente Forte
11	
...	
•	Máximo Absoluto

Figura 10: Escala de percepção do esforço CR10

9. Estatística

Para a análise das variáveis foi realizado o Teste-T (*Paired Simple Test*) para as amostras emparelhadas e para as correlações foi utilizada a Correlação de Pearson. A análise estatística dos dados foi realizada pela análise de variância com intervalo de confiança de 95%.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

1. Caracterização da amostra

A amostra considerada neste estudo foi constituída por oito atletas, todos eles do sexo masculino e estudantes da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, com uma média de idades de $22,4 \pm 0,75$ anos.

Todos os atletas são praticantes de actividade física regular, com uma média de $5,4 \pm 0,5$ horas semanais, sendo que, dois praticam basquetebol, dois praticam futebol, dois praticam musculação, um pratica badminton e o último pratica diversas actividades. As características da população em estudo podem ser observados na Tabela I. Nesta pode ser observado que a amostra foi composta por indivíduos com uma massa corporal de $78,1 \pm 5,3$ Kg e uma altura de $178,8 \pm 6,9$ cm.

Tabela I - Caracterização da amostra em relação ao peso, altura, idade e pratica de actividade física (n= 8).

	Média \pm Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo
Idade (anos)	$22,4 \pm 0,75$	24	22
Massa Corporal (Kg)	$78,1 \pm 5,3$	86,9	69,9
Altura (cm)	$178,8 \pm 6,9$	186	168,4
Prática de Actividade Física (horas/semama)	$5,4 \pm 0,5$	+ de 6	5

A tabela II mostra a caracterização antropométrica da amostra, onde se verifica que o Índice de Massa Corporal destes é de $24,7 \pm 1,79$ e a % de Massa Gorda de $12,3 \pm 2,76$.

Tabela II - Caracterização da amostra em relação aos dados antropométricos (n=8).

	Média \pm Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo
Índice de Massa Corporal (Kg.m ⁻¹)	24,7 \pm 1,79	27,2	22,36
Circunferência Braquial	32,3 \pm 2	35,3	28,3
Circunferência Crural	53,6 \pm 1,9	58	51,5
Σ 4 Pregas de Gordura Subcutânea	40,8 \pm 17,3	68,2	29
% Massa Gorda (Faulkner, 1968)	12,3 \pm 2,76	16,21	9,53

O gráfico 1 permite-nos verificar a distribuição da gordura subcutânea da amostra na região onde foram realizadas as medições das pregas de gordura subcutânea. Este indica-nos que as zonas onde se verifica mais gordura localizada é na suprailíaca e abdominal, sendo estas estatisticamente significativas em relação à prega tricéptica.

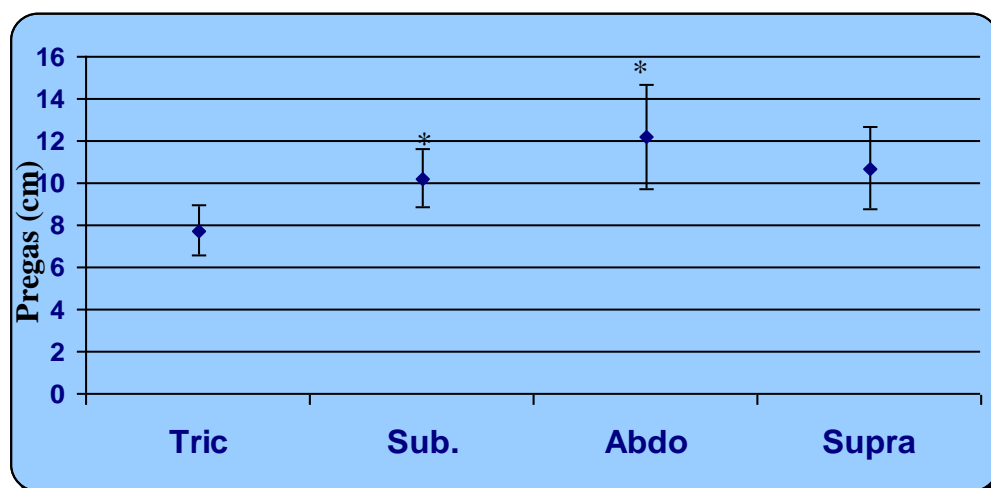


Gráfico 1: Distribuição da gordura corporal. Valores médios \pm erro padrão das 4 pregas de gordura subcutânea: Tricipital (Tric.), Subescapular (Sub.), Abdominal (Abdo) e Suprailíaca (Supra). * $P < 0,05$ em relação á prega tricipital

Na tabela III estão apresentados os dados relativos ao somatótipo (Endomorfismo, Ectomorfismo e Mesomorfismo). Sendo que a conversão destes valores em duas coordenadas, através das fórmulas: $X = III - I$ e $Y = 2II - (I + III)$, em que I, II e III correspondem aos valores de endomorfismo, mesomorfismo e ectomorfismo, respectivamente, obteve-se $X = -0,86$ e $Y = 6,77$.

Tabela III- Caracterização da amostra em relação ao somatótipo (n=8).

	Média \pm Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo
Endomorfismo	2,8 \pm 1,2	4,7	1,62
Mesomorfismo	5,7 \pm 1,4	7,45	3,63
Ectomorfismo	1,8 \pm 0,9	2,84	0,48

O resultado médio do somatótipo dos sujeitos constituintes da amostra, foi calculado através do Método Heath-Carter (1970), que resultou 2,8/5,7/1,8, para o endomorfismo, mesomorfismo e ectomorfismo, respectivamente. Um somatótipo com estes valores é classificado como **Endo-mesomorfo** (Tabela III).

2. Avaliação do Teste de Wingate (WAnT)

Através da análise da Tabela IV, em que podemos observar os parâmetros obtidos no teste anaeróbio de Wingate verificamos que a potência máxima foi de

907 \pm 56,6W, a potência máxima relativa 11,64 \pm 0,8W/Kg, sendo esta atingida aos 7,3 \pm 0,7 segundos e um Índice de Fadiga de 49,8 \pm 8,8%.

Tabela IV: Parâmetros obtidos no Teste de Wingate obtidos (Potencia máxima; Potencia máxima relativa; Tempo até atingir a potencia máxima; Potencia média; Potencia média relativa; Índice de fadiga; Trabalho total relativo) n= 8.

	Média \pmDesvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo
Potência Máxima (W)	907 \pm 56,6	990	831
Potência Máxima Relativa (W. Kg ⁻¹)	11,64 \pm 0,8	12,6	10,6
Tempo até atingir a Potência Máxima (S)	7,3 \pm 0,7	8,5	6
Potência Média (W)	720,8 \pm 64,69	822	635
Potência Média Relativa (W.kg ⁻¹)	9,2 \pm 0,9	10,4	8
Índice de Fadiga (%)	49,8 \pm 8,8	58,9	38,5
Trabalho Total Relativo (W.kg ⁻¹)	4502,7 \pm 538,8	5628	3996

O perfil da potência média exercida durante o teste de Wingate pode ser observado no gráfico 2 através da sua análise é possível verificar que o valor mais alto da Potência Média é atingido aos 8 segundos, sendo este ponto coincidente com o valor em que foi atingida a Potência Máxima.

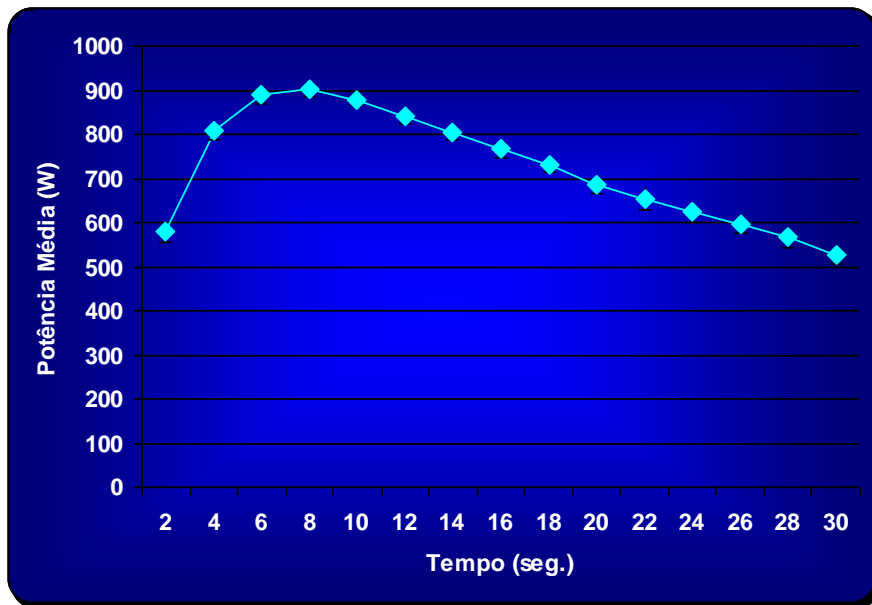


Gráfico 2: Representa a potência média de 2 em 2 segundos durante o Teste de WAnT.

3. Lactato Sanguíneo

Os valores de lactato sanguíneo dos voluntários antes do teste de Wingate foram de $1,81 \pm 0,44$ mmol. O valor máximo de lactato foi atingido aos 5 minutos após o teste de Wingate (Tabela V e gráfico 3).

Existem diferenças significativas entre os valores basais, aos cinco minutos antes do teste e os valores de lactato recolhidos após o teste até aos 60 minutos. Assim como foram verificadas diferenças significativas entre os valores de lactato recolhidos aos cinco após o teste e os restantes valores de lactato retirados posteriormente a este, isto é, aos 15, 30, 60, 75 e 90 minutos.

A recuperação dos valores basais do lactato sanguíneo é efectuada entre os 60 minutos e os 90 minutos após o teste. Sendo que, aos 60 minutos dois dos indivíduos atingiram os valores basais, outros três aos 75 minutos e os restantes voluntários aos 90 minutos após o teste.

Tabela V: Concentrações de lactato sanguíneo medidas antes cinco minutos e após o teste de Wingate e ao longo do tempo até ao valor de recuperação.

Variáveis Dependentes	n	Média \pm Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo
[Lactato] antes 5' do teste (mmol.L ⁻¹)	8	1,81 \pm 0,44	2,58	1,15
[Lactato] depois 5' do teste (mmol.L ⁻¹)	8	15,5 \pm 2,9	20,7	12,5
[Lactato] depois 15' do teste (mmol.L ⁻¹)	8	11,8 \pm 1,56	14,3	9,26
[Lactato] depois 30' do teste (mmol.L ⁻¹)	8	6,2 \pm 1,66	9,49	4,8
[Lactato] depois 60' do teste (mmol.L ⁻¹)	8	2,99 \pm 0,7	4,33	1,82
[Lactato] depois 75' do teste (mmol.L ⁻¹)	6	2,09 \pm 0,33	2,51	1,55
[Lactato] depois 90' do teste (mmol.L ⁻¹)	3	1,35 \pm 0,1	1,56	1,17

No gráfico 3 é visível a curva das concentrações de lactato sanguíneo desde a primeira recolha efectuada cinco minutos antes do teste até ao retorno dos valores de lactato aos valores iniciais. Assim como se pode verificar que o pico de lactato foi obtido aos cinco minutos depois do teste.

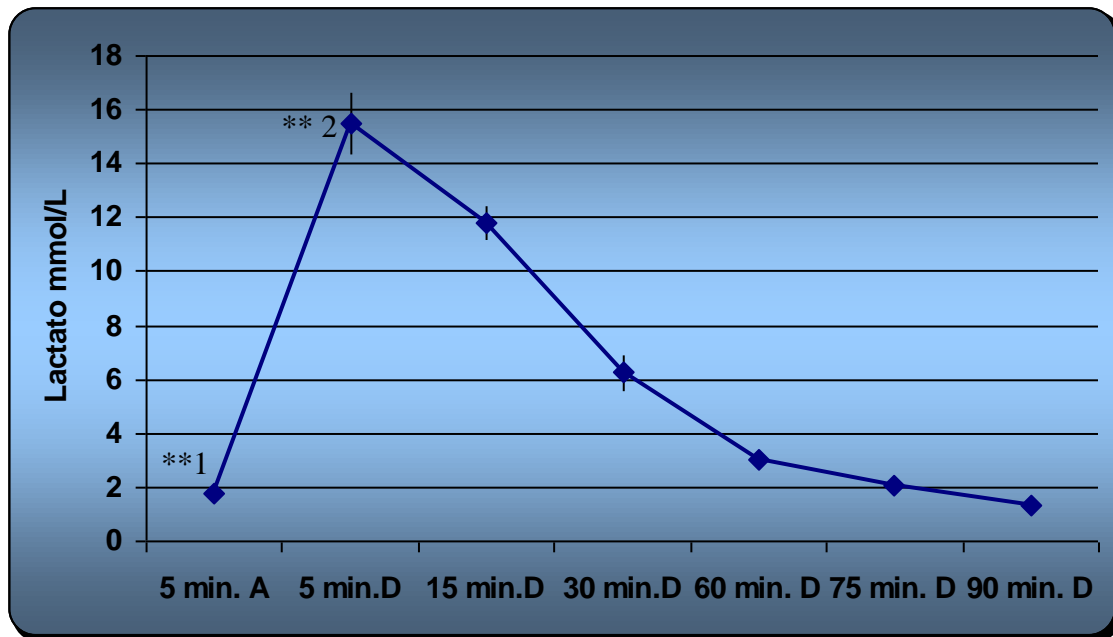


Gráfico 3: Concentrações de lactato sanguíneo recolhido, aos 5 minutos antes do teste e após o teste aos 5, 15, 30, 60, 75 e 90 minutos. ** 1 $P < 0,05$ em relação aos lactatos aos 5, 15, 30 e 60 após o teste. ** $P < 0,05$ em relação aos lactatos aos 15, 30 e 60 minutos após o teste.

4. Electromiografia (EMG)

Uma vez avaliado o comportamento físico no Teste de Wingate fomos analisar o comportamento neuromuscular dos músculos *Vastus lateralis* e *Bíceps brachii* através da electromiografia de superfície.

No gráfico 4 estão representadas as amplitudes do *Bíceps brachii* e do *Vastus lateralis*, corrigidas pelas respectivas circunferências (tricipital e crural). Neste verificamos uma certa manutenção da amplitude do *Vastus Laterallis* e uma tendência de diminuição na amplitude do *Biceps Brachii*. Foram verificadas diferenças altamente significativas entre os valores do *Vastus lateralis* entre os 2 e os 6 segundos e o *Biceps Brachii*. Foram verificadas diferenças significativas entre os valores da amplitude do *Bíceps brachii* e *Vastus lateralis* entre os 22 e os 26 segundos do teste de Wingate.

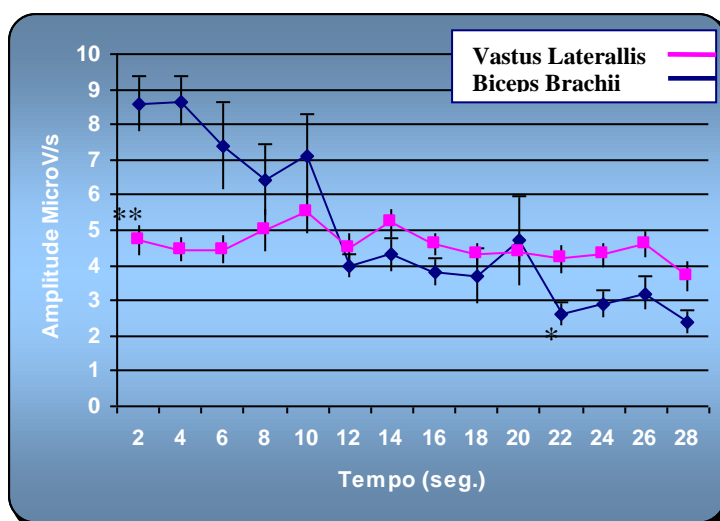


Gráfico 4: Amplitude média ($\mu\text{V/s}$) do *Bíceps brachii* e *Vastus laterallis* registada de 2 em 2 segundos, durante o teste de WAnT. ** $P < 0,05$ em relação aos valores do *Bíceps brachii* até 6 segundos. * $P < 0,05$ em relação aos valores do *Vastus laterallis* até aos 26 segundos.

O gráfico 5 representa as amplitudes dos músculos *Bíceps brachii* e *Vastus lateralis* sem a respectiva ratificação pelas circunferências e a potência média durante o teste de Wingate. No que concerne ao perfis das curvas da amplitude do *Bíceps brachii* e da potência média durante o teste de Wingate constatamos que estes são semelhantes.

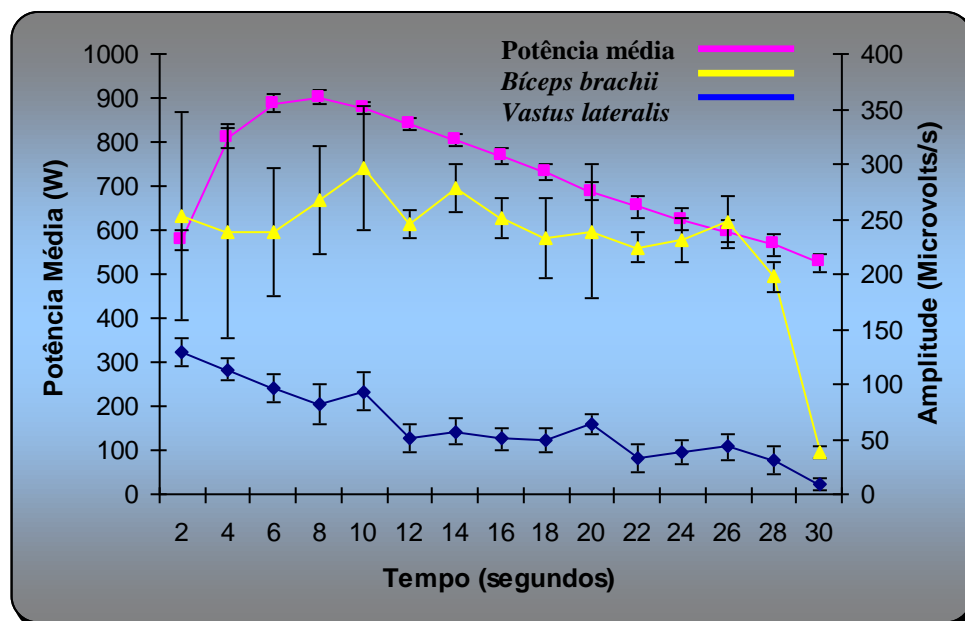


Gráfico 5: Valores das amplitudes médias ($\mu\text{V/s}$) de dois em dois segundos dos músculos *Biceps brachii* e *Vastus lateralis* durante o teste de Wingate e valores da potencia média (W) obtidos durante o teste de Wingate.

Através da análise dos valores das distribuições obtidos na electromiografia, constatamos que a amplitude máxima corrigida do gráfico das distribuições, tanto no *Vastus lateralis* como no *Biceps brachii* corresponde á amplitude máxima destes, aos 10 segundos e entre dois e quatro segundos, respectivamente.

Na tabela VI encontra-se a correlação significativa e positiva entre as amplitudes corrigidas dos diferentes músculos, *Vastus lateralis* e *Biceps brachii* de 0,05. o valor da correlação é de 0,588.

Tabela VI: Correlação significativa entre a amplitude corrigida do *Bíceps brachii* ($\mu\text{V/s}$) e a amplitude corrigida do *Vastus lateralis* ($\mu\text{V/s}$). *Correlação significativa a 0,05

		Amplitude <i>Vastus lateralis</i> ($\mu\text{V/s}$)	Amplitude <i>Bíceps brachii</i> ($\mu\text{V/s}$)
Amplitude <i>Vastus lateralis</i> ($\mu\text{V/s}$)	Pearson Correlation	1	0,588*
	Sig. (2-tailed)	.	0,021
	n	15	15
Amplitude <i>Bíceps brachii</i> ($\mu\text{V/s}$)	Pearson Correlation	0,588*	1
	Sig. (2-tailed)	0,021	.
	n	15	15

Ainda, relativamente às amplitudes corrigidas dos músculos *Bíceps brachii* e *Vastus lateralis* foram encontradas correlações significativas, positivas, entre estas e a Potência média do Teste de WAnT, de 0,05, que de seguida passamos a apresentar.

Na tabela VII encontra-se a correlação entre a amplitude corrigida do músculo *Bíceps brachii* e a potência média (W) durante o teste de Wingate. O valor da sua correlação é de 0,565.

TabelaVII: Correlação significativa entre a amplitude corrigida do *Bíceps brachii* ($\mu\text{V/s}$) e a potência média (W). *Correlação significativa a 0,05.

		Amplitude <i>Biceps brachii</i> ($\mu\text{V/s}$)	Potência Média (W)
Amplitude <i>Biceps brachii</i> ($\mu\text{V/s}$)	Pearson Correlation	1	0,565*
	Sig. (2-tailed)	.	0,028
	n	15	15
Potência Média (W)	Pearson Correlation	0,565*	1
	Sig. (2-tailed)	0,028	.
	n	15	15

A Tabela VIII apresenta a correlação significativa entre a amplitude corrigida do músculo *Vastus lateralis* e a potência média durante o teste de Wingate, sendo o seu valor, sendo o seu valor de 0,599.

Tabela VIII: Correlação significativa entre a amplitude corrigida do *Vastus lateralis* ($\mu\text{V/s}$) e a potência média (W). *Correlação significativa a 0,05.

		Amplitude <i>Vastus lateralis</i> ($\mu\text{V/s}$)	Potência Média (W)
Amplitude <i>Vastus lateralis</i> ($\mu\text{V/s}$)	Pearson Correlation	1	0,599*
	Sig. (2-tailed)	.	0,018
	n	15	15
Potência Média (W)	Pearson Correlation	0,599*	1
	Sig. (2-tailed)	0,018	.
	n	15	15

No gráfico 6 estão representados os valores de MPF corrigidos nos músculos *Bíceps brachii* (A e B) e *Vastus lateralis* (C e D), durante os 30 segundos e nos primeiros 10 segundos e últimos 10 segundos durante o teste de Wingate. Em relação ao MPF do *Bíceps brachii* verifica-se uma manutenção dos valores durante o teste de Wingate, não existindo diferenças significativas entre os valores do MPF nos primeiros 10 segundos e últimos 10 segundos (A e B). No músculo *Vastus lateralis* verifica-se uma tendência em diminuir o MPF, apesar de não existirem diferenças significativas entre os primeiros 10 segundos e os últimos 10 segundos (C e D).

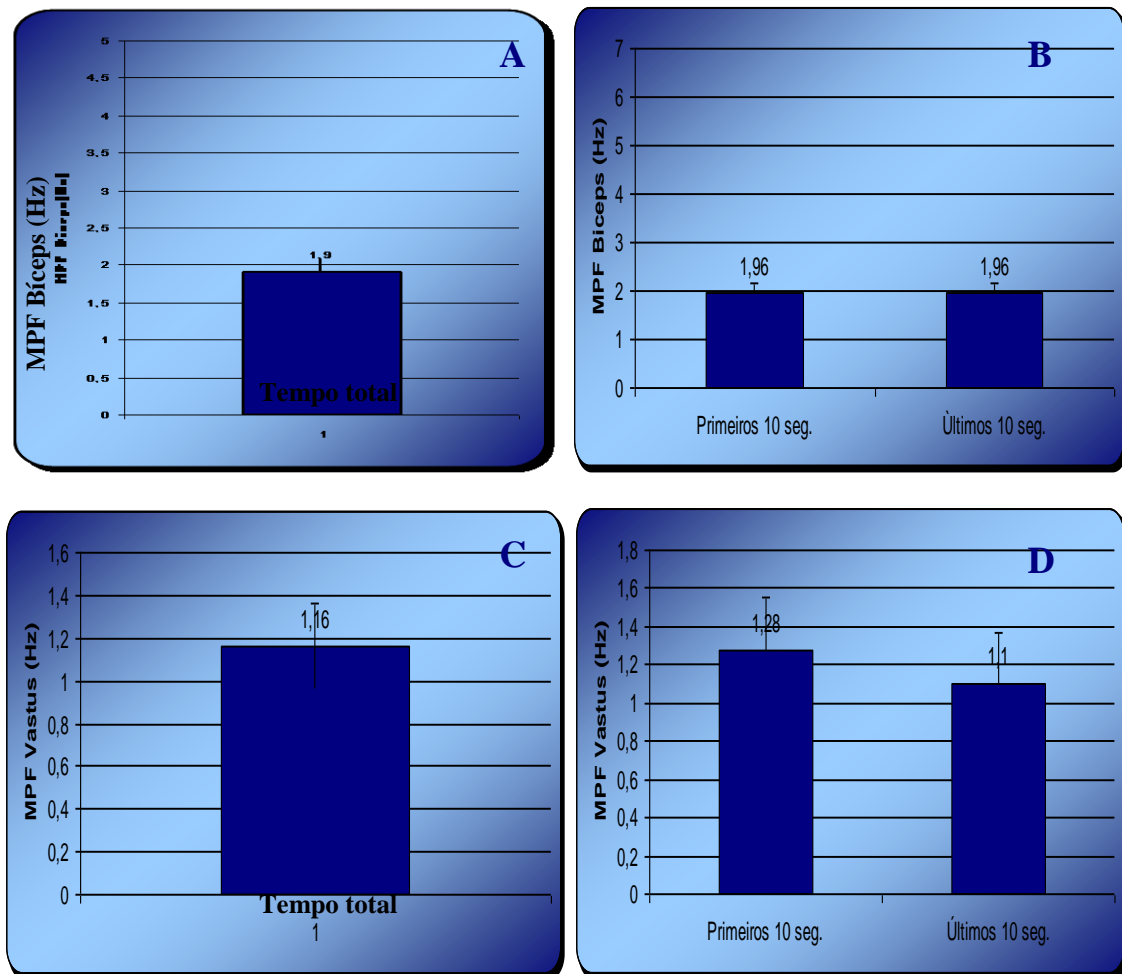


Gráfico 6: A) MPF corrigido do *Biceps brachii* durante o teste de WAnT; B) MPF corrigido do *Biceps brachii* nos primeiros 10 segundos e últimos 10 segundos; C) MPF corrigido do *Vastus lateralis* durante o teste de WAnT; D) MPF corrigido do *Vastus lateralis* nos primeiros 10 segundos e últimos 10 segundos.

Na tabela IX encontra-se a correlação significativa entre o MPF corrigido do *Biceps brachii* dos 30 segundos com os valores de lactato sanguíneo aos 5 minutos. Esta correlação tem um valor de 0,842.

Tabela IX: Correlação significativa entre os lactatos sanguíneos aos 5 minutos pós o WAnT (mmol) e o MPF corrigido do *Bíceps brachii* (30s) (Hz). *Correlação significativa a 0,05

		Lactatos 5 minutos após teste (mmol)	MPF <i>Bíceps brachii</i> (30s) (Hz)
Lactatos 5 minutos após teste (mmol)	Pearson Correlation	1	0,842*
	Sig. (2-tailed)	.	0,017
	n	7	7
MPF <i>Bíceps brachii</i> (30s) (Hz)	Pearson Correlation	0,842*	1
	Sig. (2-tailed)	0,017	.
	n	7	8

Na tabela X encontra-se a correlação significativa entre o MPF corrigido do *Bíceps brachii* dos últimos 10 segundos com os valores de lactato sanguíneo aos 5 minutos. Esta correlação tem um valor de 0,853.

Tabela X: Correlação significativa entre os lactatos sanguíneos aos 5 minutos pós o WAnT (mmol) e o MPF do *Bíceps brachii* (últimos 10 s) (Hz). *Correlação significativa a 0,05

		Lactatos 5 minutos após teste (mmol)	MPF <i>Bíceps brachii</i> (últimos 10 s) (Hz)
Lactatos 5 minutos após teste (mmol)	Pearson Correlation	1	0,853*
	Sig. (2-tailed)	.	0,015
	n	7	7
MPF <i>Bíceps brachii</i> (últimos 10 s) (Hz)	Pearson Correlation	0,853*	1
	Sig. (2-tailed)	0,015	.
	n	7	8

No gráfico 7 estão representados os valores de AEMG corrigidos nos músculos *Bíceps brachii* (A e B) e *Vastus lateralis* (C e D), durante os 30 segundos e nos primeiros 10 segundos e últimos 10 segundos durante o teste de Wingate. Relativamente à AEMG no músculo *Bíceps brachii*, verificamos uma tendência em diminuir entre os valores dos primeiros 10 segundos e os últimos 10 segundos, apesar de não existirem diferenças significativas entre os valores (A e B). A AEMG no músculo *Vastus lateralis* durante o teste de Wingate apresenta uma manutenção dos seus valores (C e D).

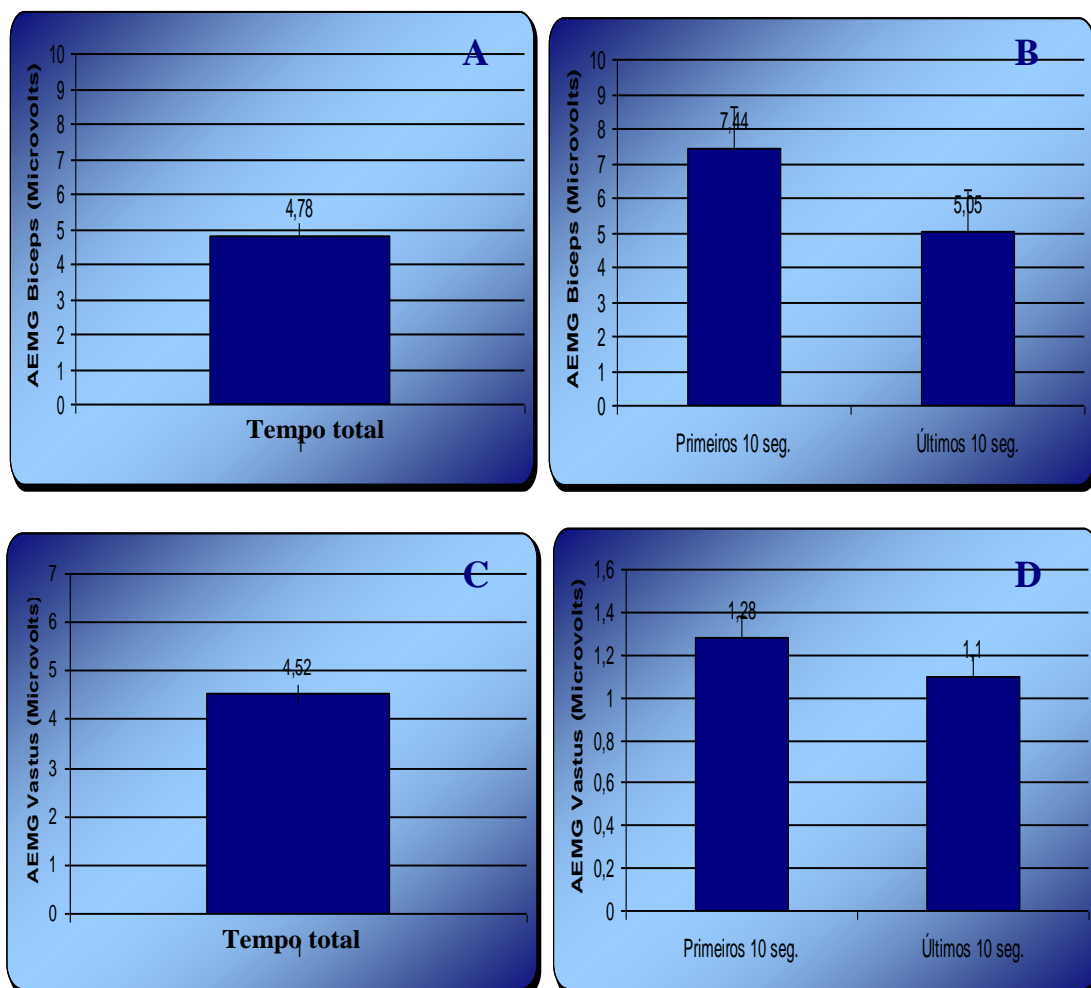


Gráfico 7: A) AEMF corrigido do *Bíceps brachii* durante o teste de WANt; B) AEMG corrigido do *Bíceps brachii* nos primeiros 10 segundos e últimos 10 segundos; C) AEMG corrigido do *Vastus lateralis* durante o teste de WANt; D) AEMG corrigido do *Vastus lateralis* nos primeiros 10 segundos e últimos 10 segundos.

Na AEMG foi encontrada uma forte correlação entre os lactatos aos 5 minutos após o teste de Wingate e o AEMG corrigido do espectro total, bem como nos primeiros 10 segundos e últimos 10 segundos, para o músculo *Vastus lateralis*. No que concerne ao Bíceps brachii foi encontrada uma correlação significativa entre a AEMG corrigida do espectro total e os lactatos sanguíneos aos 5 minutos após o teste de Wingate.

5. Frequência Cardíaca (FC)

No gráfico 8 é possível verificar o perfil da frequência cardíaca durante o teste de Wingate. Constatamos, através da sua análise que esta aumenta progressivamente durante o teste de Wingate, ocorrendo diferenças significativas entre os valores de frequência cardíaca aos 0 segundos e os valores de frequência cardíaca a partir dos 15 segundos.

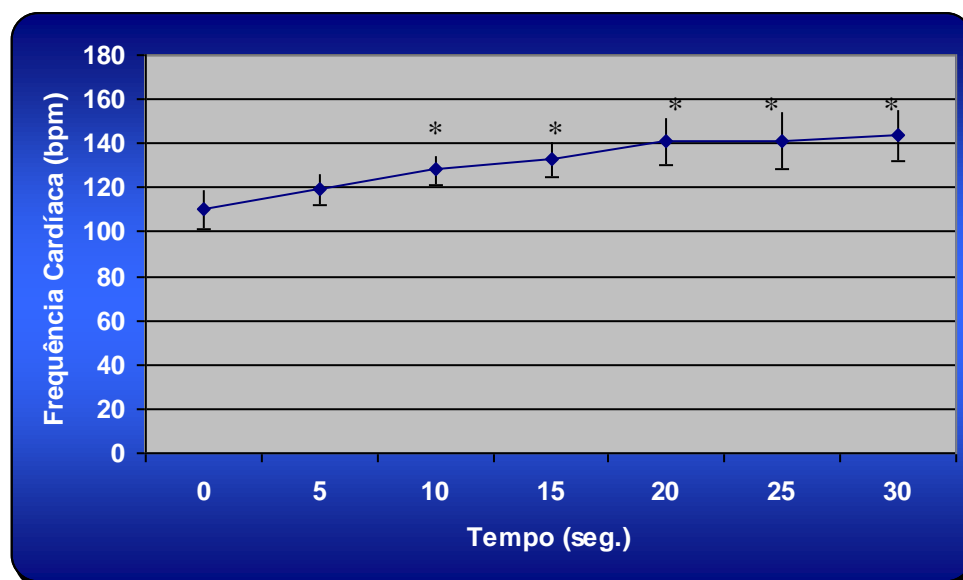


Gráfico 8: Frequência Cardíaca em função do tempo, de 5 em 5 segundos, durante o teste de WAnT. * $P < 0,05$ em relação á frequência cardíaca no ponto 0 segundos.

Na tabela X encontra-se a correlação significativa entre a potência máxima durante o teste anaeróbio de Wingate e a frequência cardíaca aos 30 segundos do WanT, sendo o seu valor de 0,773.

Tabela XI : Correlação significativa entre a potência máxima (W) e a Frequência Cardíaca aos 30 segundos (bpm). *Correlação significativa a 0,05.

		Potência Máxima (W)	Frequência Cardíaca (bpm)
Potência Máxima (W)	Pearson Correlation	1	0,773*
	Sig. (2-tailed)	.	0,025
	n	8	8
Frequência Cardíaca (bpm)	Pearson Correlation	0,773*	1
	Sig. (2-tailed)	0,025	.
	n	8	8

O gráfico 9 traduz o perfil da frequência cardíaca durante o teste de Wingate até aos 5 minutos da recuperação. Analisando o gráfico (9) constatamos que após o teste WanT ocorre uma diminuição da F.C. mas que não é estatisticamente significativa, mantendo-se esta de certa forma linear até aos 5 minutos.

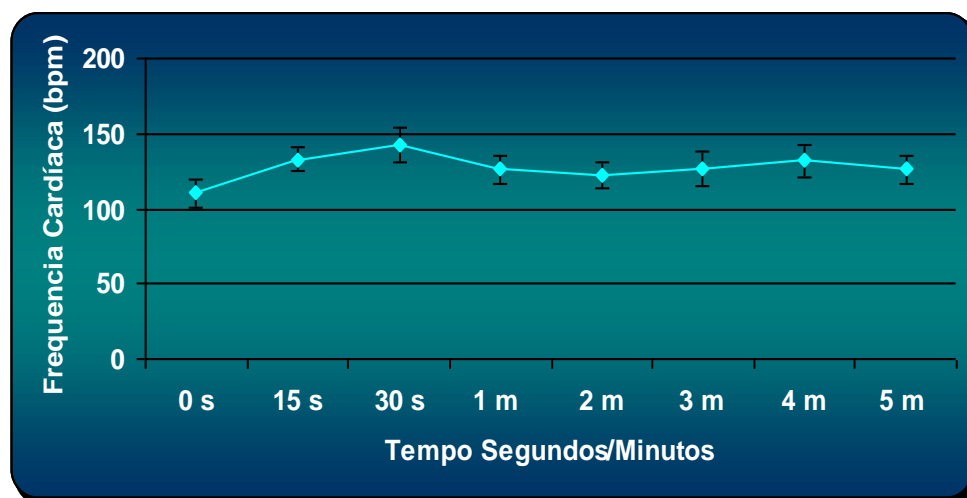


Gráfico 9: Frequências Cardíacas durante o teste de WanT aos 0, 15 e 30 segundos e após o teste de Wingate de minuto a minuto até aos 5 minutos.

6. Sensação Subjectiva do Esforço (Cr10)

A sensação subjectiva do esforço foi avaliada através da escala Cr10 de Borg, a tabela XII apresenta os resultados da sua aplicação.

Tabela XII: Resultados da aplicação da Escala de Borg, Cr10 n= 8.

Variáveis	Média \pm Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo
Escala de Borg (Cr10)	8,1 \pm 1,3	10	6

Na tabela XIII encontra-se a correlação altamente significativa e positiva entre a Cr10 de Borg e a potência máxima desenvolvida durante o teste anaeróbio de Wingate.

Tabela XIII: Correlação altamente significativa entre a potência máxima (W) e a Escala de Borg. *Correlação altamente significativa a 0,01.

		Potência Máxima (W)	Escala de Borg
Potência Máxima (W)	Pearson Correlation	1	0,859*
	Sig. (2-tailed)	.	0,006
	n	8	8
Escala de Borg	Pearson Correlation	0,859*	1
	Sig. (2-tailed)	0,006	.
	n	8	8

CAPÍTULO V

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este trabalho teve como objectivo central o estudo da relação entre o comportamento muscular do *Vastus lateralis* e do *Bíceps brachii* através da electromiografia durante o teste anaeróbio de Wingate e os lactatos sanguíneos.

Através da caracterização antropométrica da amostra encontramos valores de Índice de Massa Corporal (IMC) ($24,7 \pm 1,8$ kg/m²), que permitem classificar os sujeitos como obesos grau I. Devemos no entanto considerar a percentagem de massa gorda identificada ($12,3 \pm 2,76$) e a própria actividade física realizada semanalmente ($5,4 \pm 0,5$). Segundo Pollock e Wilmore (1993) indivíduos com idades compreendidas entre os 18 a 25 anos o valor de percentagem de gordura identificada estabelece-se acima da média, sendo por isso considerado como bom. A regularidade na prática de actividade física é também um importante aspecto ao considerarmos os sujeitos como fisicamente bem constituídos e com musculatura bem desenvolvida. A classificação do IMC, relacionando apenas a estatura e a massa corporal, não se aplica desta forma à amostra seleccionada.

Relativamente ao esforço exercido em cicloergómetro, os músculos que mais activamente participam no gesto de pedalar são o *Vastus lateralis*, o *Vastus medialis* e o *soleus* (Ericson et al., 1986) e várias pesquisas que envolveram EMG (Nilsson et al., 1977) e biopsias musculares (Essen, 1977), sugerem que o *Vastus lateralis* é o músculo, que mais fortemente participa na acção de pedalar. Em vários estudos, o *Vastus lateralis* é também o músculo mais comunmente usado (Arnaud et al., 1997; Hausswirth et al., 2000; Jammes et al., 1998; Jammes et al., 2001; Takaiski et al., 1996). Devido às razões referidas anteriormente e devido também a que a sua forma anatómica permite também facilmente uma a colocação exacta dos eléctrodos e dada a sua localização que permite que os cabos de recolha da informação da EMG não interfiram com a acção de pedalar á máxima velocidade, sem qualquer interferência provocada pelo equipamento, a escolha do musculo neste estudo recaiu sobre este. Em relação ao *Bíceps brachii*, este é um musculo que auxilia/apoia de certa forma o gesto técnico, e dado que na bibliografia consultada não foi encontrado nenhum estudo em cicloergómetro e com a avaliação neuromuscular através de EMG deste.

A intensidade máxima do exercício pode ser determinada através de funções fisiológicas tais como o VO₂ máx., a frequência cardíaca máxima, o volume sanguíneo (Asmussen, 1979) entre outros, tais como a acumulação de metabolitos (Wilmore e Costil, 1994). Quando o máximo de trabalho físico ocorre é usual dizer-se que se atingiu a fadiga, como limite de continuação da actividade. Segundo Mosso (1892) existem dois tipos de mecanismos da fadiga, a central e a periférica. A central situada ao nível proximal dos motoneurónios principalmente no cérebro e a periférica ao nível das unidades motoras, nervos periféricos, placa motora e fibras musculares. No estudo realizado por Asmussen, (1979) este refere-se á fadiga muscular, que além de ocorrer devido a factores periféricos, pode também conter uma componente central. Mais recentemente, Vander (1994) afirma que a fadiga central se encontra associada a uma “falha” da região do córtex cerebral, na emissão de estímulos para os motoneurónios pode estar associada á contracção das fibras musculares, esta pode causar a paragem da realização do exercício apesar de não haver fadiga muscular. A fadiga muscular é caracterizada pelo declínio da tensão muscular como resultado de uma prévia actividade contráctil, dependendo do tipo de fibras musculares, da intensidade e duração da contracção muscular (Vander, 1994).

O termo fadiga é, pois utilizado usualmente para descrever sensações gerais de cansaço acompanhado de um decréscimo da performance muscular. Mas existem alguns indicadores que nos predizem este estado de fadiga, tal como o lactato sanguíneo, a frequência cardíaca, o consumo máximo de oxigénio, assim como o teste de Wingate. Segundo Wilmore e Costil (1994) nenhum destes sozinho nos dá a indicação do estado de fadiga.

Segundo Collomp e colaboradores (1991 e 1993) e Gokbel e colaboradores, (1996) a concentração máxima de lactato sanguíneo após o teste de Wingate é obtida entre os 5 e os 10 minutos de recuperação, o que é suportado pelo de Yitzahak e colaboradores (1998), que após o teste de Wingate obtiveram valores da concentração máxima de lactato entre os 5 e os 7 minutos. Neste estudo foram medidos os níveis de lactatos sanguíneos aos 5, 15, 30 e 60 minutos após o teste Wingate e constatamos que os valores máximos da concentração de lactato sanguíneo foram obtidos aos 5 minutos. Este estudo é limitado, relativamente ao pico de lactato após o teste de Wingate devido a que foram colhidos os lactatos aos 5 minutos e só depois aos 15 após o teste. Relativamente aos lactatos sanguíneos, a sua acumulação aumenta, com o aumento da intensidade do exercício. Vários autores referem que entre 2.0 e 4.0 mmol por litro de

oxigénio consumido, representa o ponto onde a acumulação de lactato é iniciada, isto é o limiar de lactato (Wilmore e Costill, 1994). Mesmo em repouso a concentração de lactato mantém-se a cerca de 1mmol/kg, que é explicado com base no equilíbrio entre a produção, metabolismo da fibra muscular e sua remoção da célula para ser utilizado no metabolismo de outros tecidos (Robergs e Roberts, 2000). No presente estudo foram encontrados níveis de lactato 5 minutos antes do teste de $1,81 \pm 0,44$ mmol. No estudo realizado por Almeida (2004), com uma população de basquetebolistas (10), com idades de 22 ± 1 , os níveis de lactato encontrados foram de $2,05 \pm 0,46$ mmol. Em relação ao lactato após o teste de Wingate (5 minutos após) no presente estudo foram de $15,5 \pm 2,9$ mmol. No estudo de Almeida (2004) os valores de lactato foram de $12,63 \pm 1,81$ mmol. Num estudo realizado por Duarte (2002), com uma amostra de 9 indivíduos com idades de $20,89 \pm 0,93$, também praticantes de actividade física regular, foram obtidos valores da lactato aos 5 minutos após o teste de Wingate de $12,79 \pm 2,45$ mmol. Fonseca (2003) num estudo realizado com 10 indivíduos praticantes de actividade física regular com idades de $21,2 \pm 0,8$, obteve uma concentração de lactato sanguíneo de $12,86 \pm 2,13$ mmol. Nos estudos realizados por Duarte (2002) e Fonseca (2003), a concentração de lactato sanguíneo 30 minutos após o teste de Wingate foi $5,19 \pm 1,66$ mmol e $7,86 \pm 2,16$ mmol, respectivamente. Neste estudo os níveis de lactato sanguíneo após 30 minutos do teste de Wingate foram de $6,2 \pm 1,66$. Em relação á concentração sanguínea de lactatos após o teste de Wingate os valores encontrados no presente estudo, aos 5 minutos após o teste foram os mais elevados em relação á bibliografia consultada, mas os lactatos aos 30 minutos foram inferiores aos encontrados por Fonseca (2003)

O teste de Wingate dá-nos alguns dados que nos permitem de certa forma obter informação acerca do estado de fadiga dos atletas. No presente estudo a Potencia máxima foi de $907 \pm 56,6$ W, a potencia máxima relativa de $11,64 \pm 0,8$ W/Kg e o índice de fadiga de $49,8 \pm 8,8\%$. No estudo de Almeida (2004) a potência máxima foi de $874,1 \pm 83,2$ W, a potencia máxima relativa de $10,5 \pm 0,87$ W/Kg e o índice de fadiga de

38,1±8,1%, no estudo realizado por Duarte (2002) a potência máxima foi 782,44±72,9W, a potência máxima relativa de 10,67±0,87W/Kg e o índice de fadiga de 50,6±5,64% e no estudo de Fonseca (2003) a potencia máxima foi de 805,20±71,35W, a potencia máxima relativa de 11,45±0,40W/Kg e o índice de fadiga de 39,6±2,88%. Um estudo realizado por Hunter e colaboradores (2003), realizado por 10 voluntários saudáveis com idades de 21,4±2,6, obtiveram um índice de fadiga de 44,5±8,6%. Analisando os diferentes estudos, podemos constatar que no presente estudo a potência máxima e a potencia máxima relativa são as mais elevadas, em concordância com os dados obtidos por Almeida (2004), sendo o índice o mais elevado. Constatamos também que apesar da potencia máxima ser a mais elevada, assim como os valores de lactato aos 5 minutos após o teste, a concentração sanguínea de lactato, após 30 minutos do teste é inferior á encontrada por Fonseca (2003). Este facto pode nos reportar para uma remoção de lactato sanguíneo mais rápida.

Nesta investigação, um dos objectivos foi o estudo da remoção do lactato sanguíneo após um exercício supramáximo. Constatamos que a recuperação dos níveis basais de lactato ocorreram entre os 60 e os 90 minutos, após uma recuperação activa de 5 minutos e o restante de recuperação passiva. Karlsson e Saltin (1971) após a realização de 5 sprints de um minuto, com 5 minutos de recuperação activa e os restantes de recuperação passiva obtiveram que é necessário pelo menos uma hora para a remoção da maior parte do lactato sanguíneo. Segundo Foss e Keteyan (1998) 95% do lactato é removido em 1 hora e 15 minutos, na realização de exercício máximo, com recuperação passiva. É de referir que estes valores foram obtidos após a realização de um exercício supramáximo e na literatura consultada não existem dados sobre o tempo de recuperação dos valores basais de lactato, neste tipo de exercício.

Durante o teste de Wingate foi monitorizada a frequência cardíaca, sendo que verificamos que esta aumenta progressivamente, verificando-se diferenças significativas entre os valores desta aos 0 s e os valores após os 15 segundos. Estes resultados vão de encontro com os obtidos num estudo realizado por Yitzhak e colaboradores (1998), onde também se verifica um aumento progressivo da F.C. durante o teste de Wingate. Mas neste estudo não foi verificado um aumento significativo após o teste de Wingate o que não vai de encontro com os resultados obtidos no estudo referido anteriormente onde se verifica um aumento significativo da F.C. e o pico ocorre aos 5 s depois do

teste. Outros estudos verificaram que a frequência cardíaca máxima durante o teste de Wingate foi atingida aos 30s (Almeida, 2004; Fonseca, 2003), sendo os seus valores de $173,0 \pm 8,9$ bpm e $178 \pm 6,7$ bpm respectivamente. Estes estudos vão ao encontro com os dados obtidos nesta investigação, onde a frequência cardíaca máxima durante o teste de Wingate foi atingida aos 30 s e foi de $143,7 \pm 28,8$ bpm. Neste estudo foi também verificada uma correlação entre a F.C. aos 30 s e a potência máxima.

Em suma, em relação aos diferentes indicadores de fadiga, no presente estudo foram obtidos valores de potência máxima e potência máxima relativa superiores aos de Fonseca (2003) e Duarte (2002), apesar do índice da fadiga ser inferior ao encontrado por Duarte (2002). Sendo que, os valores de lactatos aos 5 minutos após o teste de Wingate terem sido superiores a todos os valores encontrados na bibliografia. A frequência cardíaca máxima durante o teste de Wingate, obtida neste estudo apesar de ter ocorrido aos 30 s foi a mais baixa em relação aos dados obtidos por Fonseca (2003) e Almeida (2004).

No que diz respeito ao comportamento neuromuscular, obtido através da EMG do *Vastus laterallis* e do *Bíceps brachii* durante o teste de Wingate, verificamos que a frequência de ambos os músculos se mantém e a amplitude do *Bíceps brachii* diminui. Estes resultados sugerem que através do registo electromiográfico o *Vastus laterallis* não entrou em fadiga enquanto que no *Biceps brachii* ocorreu fadiga muscular devido a uma diminuição da amplitude deste, isto é, ocorreu uma menor mobilização das suas fibras musculares no final do teste sem alteração na velocidade de condução do potencial de acção.

Vandewalle e colaboradores (1991) estudaram a fadiga neuromuscular durante o teste de Wingate e concluíram que a diminuição da amplitude do EMG ocorria devido a fadiga central. Porém este estudo é limitado devido a que o protocolo utilizado foi o teste de Wingate até á exaustão, (45 seg.) e a amplitude electromiográfica foi medida sem o espectro electromiográfico, logo as conclusões de ser fadiga periférica ou central são especulativas.

Resultados contrários foram encontrados por Hunter e colaboradores (2003) em que durante o WAnT (30s) o espectro da frequência baixou ligeiramente e sem declínio do espectro da amplitude, que pode ter sido causado devido á acumulação de metabolitos na periferia. Estes dizem também que é possível que os 30 segundos do teste de WAnT não sejam suficientes para ocorrer o feedback entre o metabolismo

intramuscular e o sistema nervoso central para afectar as estratégias de recrutamento das unidades motoras.

Num estudo de Petrofsky (1979), onde foi realizado um protocolo em cicloergómetro progressivo em que constatou a fadiga no EMG era denotada através de uma diminuição do MPF e o aumento da amplitude do espectro. Estas alterações devem-se, segundo Mortimer (1970) e Tesh (1983) devido á diminuição da condução do potencial de acção na fibra muscular, devido á acumulação de metabolitos nas fibras musculares.

Em relação á manutenção de uma certa linearidade do MPF de ambos os músculos neste estudo, segundo Viitasalo (1985) pode ocorrer devido aos valores de lactato intramuscular não serem suficientes para influenciar a condução do potencial de acção do sarcolema das fibras musculares e/ou essa diminuição da velocidade de condução é compensada pelo aumento da temperatura intramuscular. Segundo Winkel e Jorgenson (1991) a temperatura intramuscular pode afectar o EMG de superfície. No presente estudo não foi medida a temperatura intramuscular.

Em suma, os resultados sugerem que ocorreu fadiga muscular no Bíceps brachii durante o teste de Wingate, não sendo esta acompanhada de fadiga muscular do *Vastus lateralis* como poderia ser de prever, apesar da correlação com os lactatos sanguíneos. Estes resultados podem sugerir que durante um esforço supramáximo de curta duração a acção dos braços é fundamental, e que a contracção desenvolvida por estes é superior á das pernas.

No presente estudo foram encontradas correlações entre o MPF total e dos últimos 10 segundos com os lactatos aos 5 minutos. Em alguns estudos foram igualmente encontradas correlações inversas significativas entre a concentração de lactato e o MPF (Bouissou e al., 1989; Horita e Ishiko, 1987; Tesch et al., 1983) porém em outros estudos não foi encontrada uma clara correspondência (Gamet e tal., 1983; Helal et al, 1987; Viitasalo et al., 1985). É de notar que nestes estudos foram utilizados diferentes protocolos, o que dificulta a comparação. Num estudo realizado por Jansen e colaboradores (1997), em cicloergómetro progressivo por patamares, constataram que a concentração de lactato não afecta sistematicamente o MPF, visto que, foi observado um aumento do MPF durante a recuperação em 8 dos 12 sujeitos, aquando do decréscimo da concentração de lactato, daí que, não existe uma simples relação entre os resultados do EMG e a concentração de lactato. Foram também encontradas correlações

entre os lactatos e a AEMG no *Biceps brachii* e no *Vastus lateralis*, sendo mais forte no *Vastus lateralis*.

Foram encontradas correlações significativas entre as amplitudes corrigidas de ambos os músculos *Biceps Brachii* e *Vastus Laterallis*, tendo sido também obtidas correlações entre a AEMG corrigida do *Biceps brachii* e *Vastus lateralis* e a potência média desenvolvida durante o teste anaeróbio de Wingate.

Em relação á escala de Borg foi obtida uma correlação altamente significativa (0,006) entre esta e a potência máxima obtida no teste de Wingate, estes resultados vão ao encontro da ligação perceptiva e fisiológica durante o exercício dinâmico (Borg, 1970). Isto é, a Escala de Borg para o esforço percebido foi conceptualizada para a quantificação da intensidade do esforço e dado que o teste de Wingate é um teste supramáximo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

Após a análise e discussão dos resultados obtidos, podemos concluir que, nas condições em que foi realizado e para a presente amostra:

- Através do registo electromiográfico verificou-se a correlação entre os níveis de lactato e a frequência do *Bíceps brachii*, não sendo encontrada no *Vastus laterallis*;
- Durante o teste de Wingate, verificamos que a frequência de ambos os músculos se mantém e a amplitude do *Bíceps brachii* diminui. Estes resultados sugerem que através do registo electromiográfico o *Vastus laterallis* não entrou em fadiga enquanto que no *Biceps brachii* os resultados sugerem que houve uma menor mobilização das suas fibras musculares no final do teste sem alteração na velocidade de condução do potencial de acção;
- Apesar do *Vastus lateralis* ser um músculo com uma acção activa durante o gesto pedalar, este não entrou em fadiga muscular, durante o teste de Wingate, sendo que o *Biceps brachii* demonstrou ser um componente importante no teste de Wingate;
- O tempo de remoção do lactato sanguíneo, após o teste de Wingate é de 60 a 90 minutos;
- A frequência cardíaca durante o teste de Wingate, aumenta progressivamente, ocorrendo uma manutenção desta até aos 5 minutos após o teste;
- Foi encontrada uma correlação significativa entre a F.C. aos 30 s e a potência máxima;
- A percepção do esforço foi de $8,1 \pm 1,3$, sendo encontrada uma correlação altamente significativa entre esta e a potência máxima;
- Em suma, através do registo electromiográfico foi demonstrado existir uma correlação entre os valores de lactato e o AEMG em ambos os músculos, assim

como do MPF no *Biceps brachii*. A contracção do *Biceps brachii* demonstrou ser uma importante componente na teste anaeróbio de Wingate. A tendência de diminuição do AEMG do *Biceps brachii* parece sugerir uma menor mobilização das suas fibras musculares, no final do teste sem alteração da velocidade de condução do potencial de acção. Apesar dos indicadores de fadiga muscular deste músculo durante o teste de Wingate, esta não é acompanhada pelo mesmo comportamento no que se refere ao *Vastus lateralis* como poderia ser de prever, apesar da correlação com os lactatos sanguíneos. Sugerindo então que durante um esforço supramáximo de curta duração a acção dos braços é fundamental.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFIA

-
- 📖 Adams M. Gene (1998). Exercise Physiology – Laboratory Manual. 3º ed. McGraw-Hill.
- 📖 Almeida, M. (2004). Influencia da fadiga muscular na eficácia no lançamento em jogadores profissionais de Basquetebol. . Coimbra. FCDEF-UC.
- 📖 Antonutto G., Prampero P. The concept of lactate threshold. J Sports Med Phys Fitness. 1995, 35 (1): 6 – 12.
- 📖 Arnaud, S., Zattara- Hartmann, Tomei, C., Jammes Y. Correlation between muscle metabolism and changes in M-wavw and surface electromyogram: dynamic constant load leg exercise in untrained subjects. Muscle Nerve. 1999, 20 (49): 1197 – 1199.
- 📖 Armstrong N., Welsman J. (2000) Anaerobic performance. In: Armstrong N., Mechelen W. (Eds). Paediatric exercise science and medicine. (1º Edição). Pp. 37-41. University Press Oxford. United States, New York.
- 📖 Arendt-Nielsen. L., Mills, K. Muscle fibre conduction velocity, mean power frequency, mean EMG voltage and force during submaximal fatiguing contractions of human quadriceps. Eur J Appl Physiol. 1988, 58: 20-25.
- 📖 Asmussen E. Muscle fatigue. Med Sci Sports. 1979, 11 (4) : 313-321.
- 📖 Ayalon A., Inbar O, Bar-Or O. Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power. 1974, IV: 527-532.
- 📖 Bar-Or O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. Sports Med. 1987, 4: 381-394.
- 📖 Barbosa João (2002). Influencia de lactato na potencia anaeróbia. Coimbra. FCDEF-UC.

-
- 📖 Beneke R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports*. 1995, 6: 363-367.
- 📖 Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. 2003, 88 (4-5): 361 – 369.
- 📖 Beneke R., Plimann C., Bleif I., Leithauser R. M., Hutler M. How anaerobic is the Wingate Test for humans? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 2002, 87 (4-5): 388 – 392.
- 📖 Bernardi M., Solomonow M., Baratta RV. Motor unit recruitment strategy of antagonist muscle pair during linearly increasing contraction. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1997, 37: 3-12.
- 📖 Billat V. L., Sirvent P., Py G., Koralsztein J. P., Mercier J. The concept of maximal lactate steady state : a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med*. 2003, 33 (6): 407 – 426.
- 📖 Borg, G. (2000). Escalas de Borg para a dor e esforço percebido. Editora Manole.
- 📖 Brooks G. Current concepts in lactate exchange. *Med Sci Sports Exerc*. 1991, 23 (8): 895-906.
- 📖 Bouisson, P., Estrade, P., Goubel, F., Guezenc, C., Serrurier, B. Surface EMG power spectrum and intramuscular pH in human vastus lateralis muscle during dynamic exercise. *J Appl Physiol*. 1989, 67: 1245-1249.
- 📖 Cabri J. (1989). The influences of different doses alprazolam on muscle activity, in function and cardiovascular responses to concentric and eccentric efforts in isohinetic movement conditions. Doctoral Thesis, Vrije Universiteit Brussel, Belgium.

- 📖 Cairó J. (1995). Fisiologia del músculo In: Gallego (1995) Fisiologia de la actividad física y del deporte.
- 📖 Cafarelli E., Hassmen P., Lagerstrom M., Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1977, 37: 181-189.
- 📖 Casaburi R., Storer W. T., Sullivan S. C., Wasserman K. Evaluation of blood lactate elevation as an intensity criterion for exercise training. *Med Sci Sports.* 1995, 27 (6): 852 – 862.
- 📖 Castelo, J., Barreto, H., Alves, F., Santos, P., Carvalho, J., Vieira, J. (1996) Metodologia do treino desportivo. Edições FMH-UTL.
- 📖 Cardoso Carla (1999). Avaliação do desempenho anaeróbio em crianças e jovens. Coimbra. FCDEF-UC.
- 📖 Correia, P., Santos, P., Veloso, A. (1993) Electromiografia – Fundamentação fisiológica; Métodos de recolha e processamento: Aplicações Cinesiológicas. Edições FMH-UTL.
- 📖 Correia, PP. (1993). Anatomofisiologia – Tomo II Sistema Nervoso. FMH-UTL.
- 📖 Chicharro L. J., Vaquero F. A. (1995). Fisiologia del Ejercicio. Editorial Médica Panamericana.
- 📖 Cumming GR. Correlation of athletic performance and aerobic power in 12-17 year old children with bone age, calf muscle total body potassium Heart volume and two indices of anaerobic power. Natanya: Pedriatic, 1973.
- 📖 De Luca C, Knaflitz M. (1990). Surface EMG: What´s new? Monograph of the Neuromuscular Research Center. Boston. Boston University.

-
- 📖 Duarte, N. A., (2002). Influencia da cafeína no metabolismo e performance anaeróbio no Teste de Wingate. . Coimbra. FCDEF-UC.
- 📖 Duchêne, J., Goubel, F. EMG spectral shift of fatigability is an heterogenous muscle group. Eur J Appl Physiol. 1990, 61: 81-87.
- 📖 Essen, B. Intramuscular substrate utilization during prolonged exercise. Ann NY Acad Sci. 1997, 301: 30 – 44.
- 📖 Ericson, M. On the biomechanics of cycling: a study of joint and muscle load during exercise on the bycilce ergometer. Scand. J. Rehabil. Med. Suppl. 1986, 16: 1- 43.
- 📖 Farinatti V. T. Paulo, Monteiro D. Wallace (1992). Fisiologia e avaliação funcional. Editors Sprint Lda.
- 📖 Frasão António (1999). Vias anaeróbias ao longo do processo maturacional. Coimbra. FCDEF-UC.
- 📖 Fleck J. Steven, Kraemer J. William (1997). Designing resistance training programs. 2º ed. Human Kinetics.
- 📖 Finsterer J., Mittendorfer B., Neuhuber W., Loscher N. W. Influence of disposable, concentric needle electrodes on muscle enzyme and lactate serum levels. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2002, 12 (4): 329 – 337.
- 📖 Fonseca, G. (2003). A influência da cafeína no Teste de Wingate acoplado ao registo electromiográfico. Coimbra. FCDEF-UC.
- 📖 Foss L. Merle, Steven J. Keteyian (1998). Fox´s Physiological basis for exercise and sport. 6ª ed. McGraw- Hill.

-
- 📖 Foster C., Schrage M., Snyder A. Blood Lactate and Respiratory Measurement of the Capacity for Sustained Exercise In: Maud J. Peter, Foster Carl (1995). Physiological Assessment of Human Fitness. Human Kinetics.
- 📖 Gamet, D., Maton, B. The fatigability of two agonistic muscles in human isometric voluntary submaximal contraction: an EMG study. I – assessment of muscular fatigue by means of surface EMG. Eur J Appl Physiol. 1989, 58: 361-368.
- 📖 Gastin P. Energy System interaction and relative contribution during maximal exercise. Sports Med. 2001, 31 (10): 725-741.
- 📖 Guedes, DP. (1994) Composição Corporal – Princípios, técnicas e aplicações. 2º Edição. Editora APEF.
- 📖 Gladden B. Muscle as a consumer of lactate. Med Sci Sports. 2000, 32 (4): 764-771.
- 📖 Glass C., Knowlton G. R., Sanjabi P.B., Sullivan J.J. The effect of exercise induced glycogen depletion on the lactate, ventilatory and electromyographic thresholds. J. Sports Med. 1997, 37: 32 – 40.
- 📖 Granier P., Mercier B., Mercier J., Anselme F., Prefaut C. Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle-distance runners. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1995, 70 (1): 58 – 65.
- 📖 Green S. Measurement of anaerobic work capacities in humans. Sports Med. 1995, 19: 29-35.
- 📖 Guyton A., Hall J. (1998) Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças. 6ª ed. Guanabara Koogan.
- 📖 Gunnar Borg (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics

-
- 📖 Guyton C. Arthur, Hall E. John (1996). *Tratado de Fisiologia médica*. 9ª ed. Guanabara Koogan.
- 📖 Hanon C., Thépaut- Mathieu C., Hausswirth C. Electromyogram as an indicator of neuromuscular fatigue during incremental exercise. *Eur J. Appl Physiol*. 1998, 78 (4): 315 – 323.
- 📖 Hausswirth, C., Brisswalter, J., Vallier, J.M., Smith, D., Lepers, R. Evolution of electromyographic signal, running economy, and perceived exertion during diferente prolonged exercise. *Int J Sports Med*. 2000, 21 (1): 429 – 436.
- 📖 Heyword, V., Stolarczyk. (1996) *Applied Body Composition Assessment*. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
- 📖 Hofman P., Bunc V., Leitner H., Pokan R., Gaisl G. Heart rate threshold to lactate turn point and steady-state exercise on a cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994, 69 (2): 132 – 139.
- 📖 Horita T., Ishiko T. Relationship between muscle lactate accumulation and surface EMG activities during isokinetic contractions in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1987, 56 (1): 18 – 23.
- 📖 Houtz, S.J., Fischer, F.J. An analysis of muscle action and joint excursion during exercise on a stationary bicycle. *J Bone Joint Surg*. 1959, 41: 123 – 131.
- 📖 Hunter M. A., Gibson A., Lambert M., Noakes T. Electromyographic (EMG) normalization method for cycle fatigue protocols. *Med Sci Sports*. 2002, 24 (5): 857 – 861.
- 📖 Hunter A., Gibson A., Lambert M., Dennis S., Mullany H., O'Malley M., Vaughan C., Noakes T. EMG Amplitude in maximal and submaximal exercise is dependent on signal capture rate. *Int J Sports Med*. 2003, 24: 83 – 152.

-
- 📖 Hussain ST., Smith RE., Medback S., et al. Haemodynamic and metabolic responses of the lower limb after high intensity exercise in humans. *Exp Physiol*. 1996, 81: 173-187.
- 📖 Jammes, Y., Zattara-Hartmann, M., Caquelard, F., Arnaud, S., Tomei, C. Electromyographic changes in Vastus lateralis during dynamic exercise. *Muscle Nerve*. 1997, 20: 247 – 249.
- 📖 Jammes Y., Caquelard F., Badier M. Correlation between surface electromyogram, oxygen uptake and blood lactate concentration during dynamic leg exercises. *Respir Physiol*. 1998, 112 (2): 167 – 174.
- 📖 Jammes, Y., Arbogast, S., Faucher, M., Montmayeur, A., Tagliarini, F., Robinet, C. Interindividual variability of surface EMG changes during cycling exercise in healthy humans. *Clin Physiol*, 2001, 21 (5): 556 – 560.
- 📖 Jansen R., Ament W., Verkerke G. J., Hof A.L. Median power frequency of the surface electromyogram and blood lactate concentration in incremental cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997, 75(2): 102 – 108.
- 📖 Jones L. Norman, McComas J. Alan, McCartney Neil (1986). Human muscle power. Editors Human Kinetics Inc.
- 📖 Kadefors R. (1973) Myoelectric signal processing as an estimation problem. In J. E. Desmedt (Ed), *New developments in EMG and Clinical Neurophysiology*: 519 – 552. Basel: Karger.
- 📖 Karatzaferi C., Giakas G., Ball D. Fatigue profile: a numerical method to examine fatigue in cycle ergometry. *Eur J Appl. Physiol*. 1999, 80: 508-510.
- 📖 Lagally M. K., Robertson J. R., Gallagher I. K., Goss L. F., Jakicic M. J., Lephart M. S., McCaw T. S., Goodpaster B. Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Med Sci Sports*. 2002, 34 (3): 552 – 559.

-
- ☞ Laires J. Maria (2000) Bioquímica. Edições FMH.
- ☞ Latash M. (1998) Neurophysiological – Basis of movement. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
- ☞ Lindstrom, L., Kadefors R., Petersen, I. An electromyographic index for localized muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 1977, 43: 750-754.
- ☞ Lohman, T.G., Roche, A., Mortorele, R. (1998) Anthropometric standardization reference manual. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
- ☞ Lucia A., Sanchez O., Carvajal A., Chicharro J. L. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. *Br J Sports Med.* 1999, 33(3): 178 – 185.
- ☞ MacIntosh B., Esau S., Svedahl K. The lactate minimum test for cycling: Estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol.* 2002, 27 (3): 232 – 249.
- ☞ Margaria, R., Oliva RD., Di Prampero PE., et al. Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity. *J Appl Physiol.* 1969, 26: 752-756.
- ☞ Matsumoto T., Ito K., Moritani T. The relationship between anaerobic threshold and electromyographic fatigue threshold in college women. *Eur. J. Appl Physiol.* 1991, 63: 1-5.
- ☞ McComas J. A. (1996). Skeletal Muscle – Form and Function. Human Kinetics.
- ☞ McKee T., McKee J. (1996) Biochemistry – An Introduction. Wm.C. Brown Publishers.

-
- 📖 McLeod W. (1973). EMG instrumentation in biomechanical studies: amplifiers, recorders, recorders and integrators. In: J.E. Desmedt (Ed.), *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology*: 511– 518.
- 📖 Maton, B., Gamet, D. The fatigability of two agonistic muscles in human isometric voluntary submaximal contraction : an EMG study. II – Motor unit firing rate and recruitment. *Eur J Appl Physiol*. 1989, 58: 369-374.
- 📖 Moreau k. L., Whaley H. M., Ross H. J. The effects of blood lactate concentration on perception of effort during graded and steady state treadmill exercise. *Int J Sports Med*. 1999, 20: 269 – 274.
- 📖 Moritani T., Takaishi T., Matsumoto T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. *J. Appl Physiol*. 1993, 74: 1729-1734.
- 📖 Mortimer JT., Magnusson R., Petersen I. Conduction velocity in ischemic muscle : effect on EMG frequency spectrum. *Am J Physiol*. 1970, 219: 1324-1329.
- 📖 Mosso, A. *Die Ermüdung* (1892). Hirzel, Leipzig: P. 333.
- 📖 Nagata A., Muro M., Moritani T., Yoshida T. Anaerobic threshold determination by blood lactate by myoelectric signals. *Apn J Physiol*. 1981, 31 (4): 585 – 597.
- 📖 Nilsson, J., Tesh, P., Thorstensson, A. Fatigue and EMG of repeated fast voluntary contractions in man. *Acta Physiol Scand*. 1977, 101: 194 – 198.
- 📖 Noble B., Borg G., Ceci R., Jacobs I., Kaiser P. A category-ratio perceived exertion scale: Relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Med Sci Sports Exerc*. 1983, 15: 523-528.
- 📖 Noble B., Bruce J. (1986). *Physiology of exercise and sport*. Mosby.

-
- 📖 Noble B., Robertson R., (1996). Perceived exertion. Human Kinetics Books. Champaign.
- 📖 Nunes Luís (1996) O organismo no esforço. Caminho. Coleção Desporto e Tempos Livres.
- 📖 Pavlat D., Housh T., Johnson G., Eckerson J. Electromyographic responses at the neuromuscular fatigue threshold. J Sports Med Fitness. 1995, 35 (1): 31 – 37.
- 📖 Pavlat D., Housh T., Johnson GO, Schimdt RJ., Eckerson JM. An examination of the electromyographic threshld test. Eur J Appl Physiol. 1993, 67: 305-308.
- 📖 Powers K. Scott, Howley T. Eduard (1997). Exercise Physiology. 3ª ed. Brown & Benchmark.
- 📖 Pringle J. S., Jones A. M. Maximal lactate steady state, critical power and ENG during cycling. Eur J Appl Physiol. 2002, 88 (3): 214 – 226.
- 📖 Ribeiro Basil (1992). O treino do músculo. Editora Caminho. Colecção Desporto e Tempos Livres.
- 📖 Robergs A. Robert, Roberts O. Scott (2000) Fundamental principles of exercise physiology for fitness, performance, and health. McGraw-Hill Higher Education.
- 📖 Roche A., Heymsfield, S., Lohman, T. (1996) Human Body Composition. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.
- 📖 Seargent A. Human power output and muscle fatigue. Int. J. Sports Med. 1994, 15 (3): 116-121.
- 📖 Seeley R. Rod, Stephens D. Trent, Tate P. (1997) Anatomia e Fisiologia. 1ª ed. Lusodidacta 3ª ed.

-
- 📖 Seburn K. L., Sanderson D. J., Belcastro A. N., McKenzie D. C. Effect of manipulation of plasma lactate on integrated EMG during cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 1992, 24 (8): 911 – 916.
- 📖 Sobral, F., Silva, MJ. (1997) *Cineantropometria – Curso Básico*. FCDEF-UC.
- 📖 Stryer, L. (1996). *Bioquímica*. 4º Edição. Guanabara Koogan.
- 📖 Takaishi, T., Yasuda, Y., Takaishi, O., Moritani, T. Optimal pedalling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 1996, 28 (12): 1492 – 1497.
- 📖 Tesh P., Komi P., Jacobs P., Karlsson J., Viitasalo J., Influence of lactate accumulation of EMG frequency spectrum during repeated concentric contractions. *Acta Physiol. Scand.* 1983, 119: 61-67.
- 📖 Tresguerres F. A. J. (1992). *Fisiologia Humana*. Interamericana McGraw-Hill.
- 📖 Vander J. Arthur, Sherman H. James, Luciano S. Dorothy (1994). *Human Physiology*. 6º ed. McGraw Hill.
- 📖 Vandewalle H., Maton B., Le Bozec S., et al. An electromyographic study of all-out exercise on a cycle ergometer. *Arch Int Physiol Biochim Biophys.* 1991, 99: 89-93.
- 📖 Viitasalo J., Luhtanen P., Rahkila P., Rusko H. Electromyographic activity related to aerobic and anaerobic threshold in ergometer bicycling. *Acta Physiol. Scand.* 1985, 124: 287-293.
- 📖 Weinstein Y., Bediz C., Dotan R., Falk B. Reliability of peak-lactate, heart rate, and plasma volume following the Wingate test. *Med Sci Sports.* 1998, 30 (9): 1456 – 1461.

- 📖 William e Wilkins (1998) Fisiologia do exercício. 4ª ed. Guanabara Koogan.

- 📖 Wilmore H. Jack, Costill L. David (1994). Physiology of sport and exercise. Human Kinetics.

ANEXOS

ANEXO I

CONSENTIMENTO

Eu _____, portador do B.I. n.º: _____ declaro que participo de livre vontade na realização de uma investigação sobre a correlação entre os níveis de lactato e a electromiografia no Teste do Wingate, a realizar no Laboratório de Biocinética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Tenho conhecimento que realizarei um teste máximo, com a duração de 30 segundos, num cicloergómetro. Assim como serei submetido a cinco picadas num dos dedos, para que seja retirada uma gota de sangue para a análise da concentração de lactato, durante o período do teste.

Fui informado sobre a referida investigação, bem como de todos os procedimentos experimentais e que entendo de forma clara.

Comprometo-me a seguir as orientações dadas pelos responsáveis.

Compreendo que a qualquer momento posso abandonar o projecto de investigação, se for essa a minha vontade.

Coimbra, ___ de _____ de 2004

(Sujeito testado)

(Responsável pela investigação)

ANEXO II

Questionário Individual

Nome: _____

Data: ____/____/2004

1. Possui algum(s) problema(s) de saúde?

	Sim	Não
Asma		
Gripe/Constipação		
Problemas articulares		
Outros:		

2. É fumador?

Sim _____ Não _____

2.1 Se respondeu afirmativamente indique a quantidade de cigarros que fuma diariamente:

Cigarros _____

3. Pratica actividade física regularmente? (pelo menos 3 sessões de 1 hora por semana)

Sim _____ Não _____

3.1 Se respondeu sim, quantas horas semanais?

3 horas _____ 4 horas _____ 5 horas _____ 6 horas _____ + de 6 horas _____

4. É praticante regular de alguma modalidade específica?

Não _____ Sim _____ Qual/ Quais _____

5. Encontra-se a tomar algum medicamento?

Não _____ Sim _____ Qual/ Quais _____

ANEXO III

Ficha Individual

1. Dados pessoais:

Nome: _____ Data de nascimento: ___/___/ 19__

Idade: _____ Anos Ano de Curso: _____ ano Contacto: _____

2. Medições Antropométricas:

Data da avaliação: ___/___/ 2004

Massa corporal:			Kg
Estatura:			Cm
Pregas de gordura	Subescapular		mm
	Tricipal		mm
	Peitoral		mm
	Suprailíaca		mm
	Abdominal		mm
	Crural		mm
	Geminal		mm
Circunferências	Tricipital		mm
	Crural		mm
Diâmetros	Bicôndilo-humeral		mm
	Bicôndilo-femural		mm