

**U. PORTO**



**FACULDADE DE DESPORTO  
UNIVERSIDADE DO PORTO**

**Caracterização fisiológica do ciclista de estrada português da  
formação até à elite**

Dissertação apresentada com vista à  
Obtenção do grau de Mestre em Ciências  
do Desporto, área de especialização de  
Treino de Alto Rendimento, conforme  
decreto lei nº216/92

Realizado sobre a orientação do  
Professor Eduardo Oliveira

Hélder Fernandes Ferreira

Porto, 2017

### **Ficha de catalogação**

Ferreira, H. F. (2017). *Caracterização fisiológica do ciclista de estrada português da formação até à elite*. Porto. Dissertação apresentada às provas de Mestrado em Ciências do Desporto na Área de Especialização de Treino de Alto Rendimento. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÉNIO, POTÊNCIA, LIMIAR ANAERÓBIO VENTILATÓRIO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, FORMAÇÃO.

## **AGRADECIMENTOS**

Para a conclusão deste ciclo do meu percurso académico cabe-me reconhecer, através destas insuficientes mas sentidas palavras, a gratidão a quem possibilitou esta escalada final numa etapa de verdadeira montanha, nomeadamente:

Aos meus pais e irmão, a paciência e suporte para fazer face aos amos e desânimos.

Ao Professor Eduardo Oliveira, o conhecimento e a orientação que me permitiu seguir o percurso correcto.

Às direcções das equipas, o pronto auxílio e a disponibilidade demonstrada.

Ao amigo João Matias, o contributo para desbloquear determinadas circunstâncias.

Ao Sr. Alberto Costa, a rápida e competente ajuda.

A todos os ciclistas, todo o suor e empenho da vossa parte.

A todos vós, o último e mais sentido obrigado!



# ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE GERAL</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABREVIATURAS E SÍMBOLOS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 O CICLISMO.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA PARA O ESTUDO .....	2
1.3 OBJECTIVOS.....	3
1.3.1 <i>Objectivo Geral</i> .....	3
1.3.2 <i>Objectivos Específicos</i> .....	3
1.4 ESTRUTURA DO ESTUDO .....	3
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO CICLISMO .....	5
2.1.1 <i>A época desportiva</i> .....	5
2.1.2 <i>Equipas e Nações</i> .....	6
2.2 CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS .....	7
2.3 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS .....	8
2.3.1 <i>Consumo Máximo de Oxigénio (<math>VO_{2máx}</math>)</i> .....	9
2.3.2 <i>Limiar Anaeróbio</i> .....	10
2.3.3 <i>OBLA</i> .....	11
2.3.4 <i>Lactato</i> .....	11
2.4 EFICIÊNCIA .....	13
2.5 POTÊNCIA .....	14
2.6 RESPOSTAS E ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES.....	15
2.7 TIPOS DE ETAPAS (ANÁLISE FISIOLÓGICA).....	15
2.7.1 <i>Contra-relógios</i> .....	16
2.7.2 <i>Corridas de Grupo</i> .....	17
2.8 CICLISMO JOVEM .....	19
2.8.1 <i>Os Talentos</i> .....	19

2.8.2	<i>Fisiologicamente</i> .....	20
2.8.3	<i>Especialidades na Formação?</i> .....	22
2.8.4	<i>Treino: comportamentos nos escalões jovens</i> ... ..	23
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA .....	25
3.2.	PROCEDIMENTOS.....	25
3.2.1.	<i>Avaliação antropométrica</i> .....	25
3.2.2.	<i>Testes Laboratoriais (VO<sub>2</sub>max)</i> .....	26
3.2.3.	<i>Procedimentos estatísticos</i> .....	27
<b>4.</b>	<b>APRESENTAÇÃO RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
4.1	VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS .....	29
4.2	POTÊNCIA MÁXIMA AERÓBIA, FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA E PERCEÇÃO DE ESFORÇO 30	
4.3	LIMIAR ANAERÓBIO VENTILATÓRIO (LAN <sub>VENT</sub> ) .....	32
<b>5.</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
5.1	VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS .....	35
5.2	POTÊNCIA MÁXIMA AERÓBIA, FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA E PERCEÇÃO DE ESFORÇO 37	
5.3	LIMIAR ANAERÓBIO VENTILATÓRIO.....	40
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>45</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Valores relativos do $\text{VO}_2\text{máx}$ e potência máxima nos 3 escalões: cadetes, juniores e elites .....	31
Fig. 2: Valores da potência e $\% \text{VO}_2\text{máx}$ ao limiar anaeróbio ventilatório nos 3 escalões: cadetes, juniores e elites .....	33





## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro nº 1: Percentagens da frequência cardíaca em relação à FC máxima, ao limiar anaeróbio e ao início de acumulação de lactato em diferentes tipos de contra-relógios ..... 16

Quadro nº 2: Média da frequência cardíaca e percentagens em relação à FC máxima, ao limiar anaeróbio e ao início de acumulação de lactato em diferentes tipos etapas em linha (Padilla et al., 2001)..... 18

Quadro nº 3: Caracterização dos valores antropométricos no escalão de Cadetes (n=6), Juniores (n=7) e Elites (n=10); Valores expressos pela média e desvio padrão..... 29

Quadro nº 4: Caracterização dos valores de potência máxima aeróbia no escalão de Cadetes (n=6), Juniores (n=7) e Elites (n=10); Valores expressos pela média e desvio padrão. .... 30

Quadro nº 5: Caracterização dos valores de capacidade aeróbia no escalão de Cadetes (n=6), Juniores (n=7) e Elites (n=10); Valores expressos pela média e desvio padrão..... 32



## RESUMO

**OBJECTIVO:** O objectivo do presente estudo foi caracterizar o perfil fisiológico do ciclista português desde a formação até ao escalão profissional e comparar com a elite mundial. **MÉTODOS:** 23 ciclistas realizaram um protocolo máximo contínuo e gradual onde foram determinados a potência máxima aeróbia, consumo máximo de oxigénio e limiar anaeróbio ventilatório. Foram anteriormente medidas as pregas subcutâneas, os perímetros musculares, a altura e a massa corporal. **RESULTADOS:** A massa corporal e a estatura foram aumentando de acordo com o aumento da categoria: cadetes (59.3±7.6 kg/ 174±7.7 cm), juniores (63.7± 1.5 kg/ 175±2.9 cm) e elites (67.8±3.8 kg/ 176±5.0 cm). A massa gorda variava de maneira inversa à massa corporal e estatura ao longo dos escalões e está adequada ao perfil de um ciclista de estrada: cadetes (10.4±1.3% MG), juniores (9.4±1.3% MG) e elites (7.5±1.5% MG). A potência máxima alcançada foi de 362.5±23.9 W, 385.7±44.0 W, 430±30 W, em cadetes, juniores e elites respectivamente. O  $VO_{2MÁX}$  relativo em cadetes foi 62.8±5.5 ml/kg/min, em juniores 60.9±5.4 ml/kg/min e elites 67.6±4.6 ml/kg/min. O limiar anaeróbio ventilatório ocorreu em cadetes, juniores e elites a 79,1±6.3%, 82.7±5.7% e 82.1±3.9% do  $VO_{2MÁX}$ , respectivamente. **CONCLUSÕES:** Antropometricamente a amostra está ajustada aos dados recolhidos na literatura nomeadamente na %MG; os valores da potência máxima aeróbia e  $VO_{2MÁX}$  são claramente inferiores aos dados recolhidos para a elite velocipédica internacional; os cadetes superam os juniores ao contrário do esperado nos valores relativos da potência máxima aeróbia e  $VO_{2MÁX}$ ; positivos são os valores referentes à %  $VO_{2MÁX}$  ao limiar anaeróbio ventilatório de acordo com elite internacional.

**PALAVRAS CHAVE:** CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÉNIO, POTÊNCIA, LIMIAR ANAERÓBIO VENTILATÓRIO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, FORMAÇÃO.



## ABSTRACT

**AIM:** The aim of the present study was to characterize the physiological profile of the Portuguese cyclist from base to the professional level and compare with the international elite. **METHODS:** 23 cyclists performed a continuous and graded maximal protocol regime, in which were achieved the maximum aerobic power, maximum oxygen uptake and anaerobic ventilatory threshold. Subcutaneous folds, muscle perimeters, height and body mass were previously measured. **RESULTS:** Body mass and height increased according to the increase in the category: cadets ( $59.3 \pm 7.6$  kg /  $174 \pm 7.7$  cm), juniors ( $63.7 \pm 1.5$  kg /  $175 \pm 2.9$  cm) and elites ( $67.8 \pm 3.8$  kg /  $176 \pm 5.0$  cm). The fat mass varied inversely with body mass and height along the age groups and is adequate for the profile of a road cyclist: cadets ( $10.4 \pm 1.3\%$  MG), juniors ( $9.4 \pm 1.3\%$  MG) and elites ( $7.5 \pm 1.5\%$  MG). The maximum power reached was  $362.5 \pm 23.9$  W,  $385.7 \pm 44.0$  W,  $430 \pm 30$  W, in cadets, juniors and elites respectively. The relative  $VO_2$ max in cadets was  $62.8 \pm 5.5$  ml/kg/min, in juniors  $60.9 \pm 5.4$  ml/kg /min and elites  $67.6 \pm 4.6$  ml/kg /min. The anaerobic ventilatory threshold occurred in cadets, juniors and elites at  $79.1 \pm 6.3\%$ ,  $82.7 \pm 5.7\%$  and  $82.1 \pm 3.9\%$  of the  $VO_2$ max, respectively. **CONCLUSIONS:** Anthropometrically the sample is adjusted to the data collected in the literature, namely in %MG; the values of maximum aerobic power and  $VO_2$ max are clearly lower than the ones collected for the international cycling elite; the cadets have relative higher values of the maximum aerobic power and  $VO_2$ max than the juniors contrary to the expectations; positive values of the % $VO_2$ máx at the anaerobic ventilatory threshold were achieved according to the international elite.

**KEYWORDS:** MAXIMUM OXYGEN UPTAKE, POWER, ANAEROBIC VENTILATORY THRESHOLD, BODY COMPOSITION, YOUNG CYCLISTS.



## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

**VO<sub>2máx</sub>** - consumo máximo de oxigénio

**Lan** - limiar anaeróbio

**W** - watts

**FC** - frequência cardíaca

**UCI** - União Ciclista Internacional

**IMC** - Índice Massa Corporal

**Bpm** - batimentos por minuto

**Rpm** - rotações por minuto

**OBLA**- início de acumulação do lactato sanguíneo

**Lan<sub>vent</sub>** - limiar anaeróbio ventilatório

**MM** - massa muscular

**MG** - massa gorda

**TRIMP** - impulso de treino

**R**- coeficiente da razão respiratória

**RPE**- índice de escala de esforço percebido (Borg)

**DP** - desvio padrão

**VO<sub>2</sub>** - consumo de oxigénio

**VCO<sub>2</sub>** - dióxido de carbono produzido

**V'E<sub>(BTPS)</sub>** - ventilação pulmonar





## 1. Introdução

### 1.1 O Ciclismo

O ciclismo é um desporto que usa uma ferramenta imprescindível: a bicicleta. Logo o aparecimento da modalidade está relacionado com a descoberta, pelo ser humano, deste meio de transporte. No ciclismo há de um modo muito completo, a simbiose entre o homem e a máquina, a qual prolonga o seu próprio corpo.

É um desporto extremo que implica um atleta esforçado, com um conjunto de condições físicas e mentais para a sua prática.

Trata-se de uma modalidade abrangente que vai para além do ciclismo de estrada, vertente mais popular e retratada neste trabalho. Destacam-se também variantes como o todo o terreno, o ciclocross, o ciclismo de pista, o BMX, o trial ou o ciclismo adaptado. A este conjunto de vertentes acrescem múltiplas competições, numa modalidade complexa e interessante, que se rege pelas normas da União Ciclista Internacional.

Esta foi constituída em 1900, começando o ciclismo por duas vertentes essencialmente: o ciclismo de pista e o ciclismo de estrada. A primeira corrida importante e oficial de ciclismo foi “Os Seis Dias de Londres”, de ciclismo de pista, em 1878. No ciclismo de estrada o nascimento da prova mais cotada, a Volta a França, surge em 1903.

Em Portugal trata-se de um desporto popular, considerado por muitos o grande evento de Verão. Agosto é sinónimo de Volta a Portugal, com imagens diárias de ciclistas vergados sobre as suas máquinas, enfrentando as dificuldades do terreno, resistindo a condições climatéricas muitas vezes extremas.

É um desporto que bate à porta de todos, percorrendo todo o território, desde a mais recôndita aldeia do interior até a azáfama da capital. Veículo por

excelência para o turismo, as transmissões televisivas facultam autênticos postais paisagísticos, aos quais muitas vezes se associam programas que expõe a actividade da região quer seja gastronómica, cultural ou desportiva.

Trata-se de um desporto olímpico desde os primeiros Jogos da Era Moderna em Atenas, no ano de 1896.

## **1.2 Justificativa para o Estudo**

O ciclismo atinge actualmente mais pontos do nosso globo. Alcançou latitudes que eram incomuns tornando-se um fenómeno mais global. Equipas de topo mundial têm sede em países tão diversos como Bahrain, Austrália ou África do Sul.

O uso da bicicleta como meio de transporte cresce igualmente, sendo as cidades europeias as principais impulsionadoras.

No nosso país sempre existiu o fascínio pela bicicleta. A nossa Volta (“A Grandíssima”) já pedala há 78 anos. Pedaladas que marcaram gerações, dadas por nomes como Alfredo Trindade, José Maria Nicolau, Alves Barbosa, Ribeiro da Silva, Joaquim Agostinho, Cândido Barbosa ou David Blanco.

Ao longo dos anos a evolução nos métodos de treino, no material utilizado, na alimentação tem modificado o ciclismo. O progresso necessita de ser acompanhado pelos agentes do ciclismo nacional.

Tendo em consideração tudo que expus, senti a necessidade de partir para esta aventura, em faixas etárias cruciais, mas muitas vezes sujeitas ao esquecimento. No fundo tem sentido cuidar e preparar o futuro do ciclismo nacional, de modo a que o feito do campeão do mundo, Rui Costa, não se torne um caso isolado.

## 1.3 Objectivos

### 1.3.1 Objectivo Geral

Caracterização da performance física e fisiológica de ciclistas de diferentes escalões que competem a nível nacional na vertente de estrada.

### 1.3.2 Objectivos Específicos

- Analisar as alterações das características antropométricas em ciclistas de diferentes escalões;
- Interpretar e comparar os valores obtidos pelos ciclistas na avaliação fisiológica na evolução nos diversos escalões;
- Comparar dados recolhidos com os valores obtidos no ciclismo a nível internacional.

## 1.4 Estrutura do Estudo

No primeiro capítulo, a **Introdução**, dá-mos a conhecer todas as formas de prática do ciclismo, dando claro destaque ao ciclismo de estrada, nomeadamente a nível nacional. Fazemos um ponto de ordem da modalidade, partindo assim para o nosso estudo com objectivos gerais e específicos claros.

No segundo capítulo, a **Revisão da Literatura**, começamos por ver como na actualidade está organizada uma época desportiva. Centramos a maior parte da nossa revisão no estudo das características antropométricas e fisiológicas que determinam o sucesso nesta modalidade. Tentamos perceber as diferenças, nomeadamente fisiológicas, consoante diferentes tipos de percurso. Concluimos com o ciclismo de formação uma chave-mestra deste trabalho.

O terceiro capítulo, **Material e Métodos**, inclui a caracterização da amostra, os procedimentos metodológicos, bem como os instrumentos utilizados nas avaliações com indicação dos procedimentos estatísticos.

No quarto capítulo, **Resultados**, são descritos todos os valores obtidos no estudo.

No quinto capítulo, **Discussão dos Resultados**, é feita uma análise aos valores obtidos pelos diferentes escalões. Tenta-se comparar entre grupos, com as devidas cautelas para as diferenças significativas associadas aos diferentes escalões. A interpretação e comparação com outros estudos é igualmente realizada.

No sexto capítulo, **Conclusões**, apresentam-se as principais conclusões do estudo.

No sétimo e último capítulo, **Bibliografia**, são expostas todas as referências bibliográficas utilizadas ao longo do trabalho.

## **2. Revisão da Literatura**

### **2.1 Caracterização do Ciclismo**

O ciclismo profissional de estrada é um desporto complexo de resistência extremo onde muitas variáveis incontroláveis como as condições climáticas, altitude, direcção do vento, tática da equipa podem influenciar a performance (Lucía et al., 2001).

#### **2.1.1 A época desportiva**

Aproximadamente 30000 a 35000 quilómetros (km) são pedalados cada ano pelos ciclistas profissionais em treino e competição (Lucía et al., 2001).

A época habitual de um ciclista profissional começa no fim do Inverno (meio Fevereiro) e termina no fim do Verão/ início do Outono. Ano após ano o calendário vai-se alargando, fruto da expansão do mapa velocipédico. Por exemplo, em 2016 a época da categoria World Tour (categoria máxima do ciclismo) iniciou-se a 19 de Janeiro com o Tour de San Luis, na Argentina terminando a 1 de Outubro no Giro da Lombardia, Itália. Porém, foi realizado a 16 de Outubro o Campeonato do Mundo, no Qatar onde os melhores ciclistas do mundo representam as suas selecções. Os campeonatos do Mundo, campeonatos da Europa e Jogos Olímpicos são disputados com as camisolas das respectivas selecções nacionais.

O calendário português é mais diminuto começando a meio de Fevereiro até ao final do Verão. Em 2016, iniciou-se a 17 de Fevereiro com a Volta ao Algarve para terminar no final de Agosto com corridas de menor importância (tradicional circuitos pós-Volta a Portugal).

Anualmente, o ciclista cumpre cerca 90 a 100 dias de competição incluindo: numerosas corridas de 1 dia (“Clássicas” com alta quilometragem); Voltas de 1 semana (p. e. 5 dias com etapas em torno dos 150-200km e 1 contra-relógio

individual) e 1 ou 2 das 3 corridas de 3 semanas (Volta a Itália, Volta a França e Volta a Itália) (Lucía et al., 2001).

Voltando ao panorama português, o ciclista efectua menos competições não tendo acesso a nenhuma corrida de 3 semanas. Nenhuma equipa portuguesa actualmente pode participar nas três grandes voltas. Normalmente o foco de maior interesse nacional recai na Volta a Portugal, que actualmente conta com 10 etapas (9 em linha e um contra relógio), após um prólogo inicial (1618,7km em 2016).

Nos escalões jovens as corridas são naturalmente em menor número e com quilometragem inferior. Contudo disputam-se a Volta a Portugal em Cadetes (215,5km em 2016) e Juniores (306,9km em 2016).

### **2.1.2 Equipas e Nações**

No ano de 2016 a União Ciclista Internacional (UCI) teve um total de 18 equipas no escalão máximo do ciclismo, o World Tour. Destas a grande maioria pertencia à Europa (12), seguidas de 3 do continente americano e uma em cada um dos restantes 3 continentes (Ásia, Oceânia e África).

Apenas os Estados Unidos possuía 3 equipas, tendo um grupo de 3 países 2 equipas (França, Bélgica e Rússia).

Na divisão imediatamente inferior, tendo também acesso a corridas de grande importância internacional encontravam-se 23 equipas, as equipas Continentais Profissionais. A Europa dominava novamente com 19 equipas, às quais se juntam 3 do continente americano e 1 da Oceânia.

Todas as equipas portuguesas estão no 3º escalão mundial, as denominadas Equipas Continentais. Em 2016, 6 equipas integraram o pelotão português.

Ordenando o ciclismo por nações, torna-se curioso olhar o ranking mundial elite, no final do ano desportivo de 2016: 1ª França, 2ª Colômbia, 3ª Bélgica, 4ª

Itália, 5ª Espanha, 6ª Reino Unido, 7ª Holanda, 8ª Austrália, 9ª Eslováquia e 10ª Noruega. Portugal surge no lugar 18.

Para o escalão júnior, a UCI criou o ranking das Nações, sendo os pontos alcançados em representação do país, ao contrário do ranking mundial elite em que os atletas vão somando pontos, ao serviço das suas equipas WorldTour. A presença no conjunto das provas pontuáveis fica muitas vezes dependente da federação de cada país. As 10 primeiras, no ranking das Nações, foram deste modo ordenadas: 1ª França, 2ª Dinamarca, 3ª Estados Unidos da América, 4ª Eslovénia, 5ª Holanda, 6ª Cazaquistão, 7ª Suíça 8ª Reino Unido, 9ª Bélgica e 10ª Itália. Portugal ocupa o 25º lugar.

Em elites, natural destaque para a Colômbia o único país do continente americano no topo da lista, onde existe uma enorme paixão pela modalidade. Austrália, país que cada vez mais desenvolve uma escola velocipédica, surge também nas primeiras posições, dominadas pelas nações europeias.

Em Juniores, dominam novamente as nações europeias, às quais se juntam os Estados Unidos da América e o Cazaquistão, países que têm feito grandes investimentos na formação. O Cazaquistão tem inclusive um luxuoso apoio governamental, correndo uma das melhores equipas mundiais com o nome da sua capital.

## **2.2 Características Antropométricas**

O ciclismo de estrada requer performance elevada numa grande variedade de percursos / terrenos e situações competitivas. Por sua vez, a performance no ciclismo em cada um dos terrenos é parcialmente determinada pelas características morfológicas individuais (massa corporal, altura, superfície corporal, áreas frontais e índice de massa corporal). Qualquer espectador atento nota que as variáveis antropométricas podem diferir grandemente, de acordo com a especialidade do ciclista.

Segundo Mujika e Padilla (2001), os trepadores são significativamente mais baixos que roladores ( $175\pm 7$  centímetros (cm) vs  $186\pm 4$ cm), mas também mais leves que todas as outras especialidades ( $62\pm 4$ quilogramas (kg),  $68\pm 3$ kg,  $71\pm 6$ kg e  $76\pm 3$ kg para trepadores, completos, contra-relogistas e roladores, respectivamente). Para além disso apresentam uma área de superfície frontal e área corporal significativamente menor.

Lucia et al. (2001) apresentam números semelhantes: contra-relogistas ou especialistas em terrenos planos são usualmente mais altos e mais pesados (180 a 185 cm de altura, peso 70 a 75kg, índice massa corporal (IMC) de  $\approx 22$ ) do que aqueles que sobressaem em terrenos a subir (175 a 180cm altura, peso 60 a 66kg, índice massa corporal de 19-20). Analisaram também a percentagem de gordura corporal que não difere significativamente de acordo com o tipo de ciclistas: começa com valores próximos de 10% (usando técnicas de pregas) durante os meses de inverno, baixando gradualmente durante a época, para alcançar valores a rondar os 9% durante a primavera e próximos dos 8% durante corridas de 3 semanas (fim da primavera e meses de verão).

### **2.3 Variáveis Fisiológicas**

Para otimizar estratégias de treino e performance, as exigências fisiológicas de uma competição de ciclismo profissional necessitam de ser determinadas. Porém é uma tarefa difícil, devido às dificuldades técnicas inerentes à determinação do consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) e níveis de lactato no sangue durante a competição, dois dos principais métodos usados pelos cientistas do exercício para quantificar a intensidade do exercício. Contudo, o surgimento de aparelhos precisos e portáteis que registam a frequência cardíaca (FC) e potência têm tornado possível a compreensão da intensidade de exercício durante a competição, relacionando valores individuais da frequência cardíaca no terreno com os previamente obtidos em laboratório, e medindo a potência durante a competição. (Mujika & Padilla, 2001)



### **2.3.1 Consumo Máximo de Oxigénio ( $VO_{2máx}$ )**

O consumo máximo de oxigénio, também denominado  $VO_{2máx}$  é o volume máximo de oxigénio que o corpo pode processar para produzir energia. Pode ser medido em laboratório durante um teste incremental em que o atleta, usando um aparelho que mede o consumo de oxigénio, aumenta a intensidade do exercício até à exaustão. O  $VO_{2máx}$  é expresso em termos relativos em mililitros de oxigénio por quilograma por minuto (ml/kg/min) e em termos absolutos em litros por minuto (L/min). Corredores de classe mundial usualmente produzem valores na ordem dos 70 a 80 ml/kg/min. Garcia et. al. (2000) obteve um valor médio de 73,5 ml/kg/min para os sujeitos avaliados durante a Volta a Espanha de 1995 e a Volta a França de 1996.

O  $VO_{2máx}$  é largamente determinado pela genética e limitado por alguns factores fisiológicos tais como o tamanho do coração, frequência cardíaca, volume sistólico, conteúdo de hemoglobina no sangue, concentração de enzimas aeróbicas, densidade mitocondrial e tipo de fibras musculares. Pode contudo ser melhorado numa certa extensão através do treino. Atletas bem treinados necessitam normalmente entre 6 a 8 semanas de treino de alta intensidade para elevar significativamente os valores do  $VO_{2máx}$  (Friel, 2009).

Lucia et al. (2001) afirma que alcançado um certo patamar de treino, aumentos suplementares na intensidade de treino e volume não estão associados com melhorias do  $VO_{2máx}$ . Outras características fisiológicas, como a habilidade para manter altas percentagens (p. e. 90%) do  $VO_{2máx}$  durante períodos prolongados (> 30 minutos), desempenha um papel mais relevante no sucesso no ciclismo de resistência.

No sexo feminino o valor do  $VO_{2máx}$  é em média 10% mais baixo, devido à menor concentração de hemoglobina e valores superiores de gordura corporal (Joyner & Coyle, 2008).

### 2.3.2 Limiar Anaeróbio

Se a todos os corredores no final de uma competição fosse medido o valor do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , a classificação final não estaria necessariamente correlacionada com esse valor. Já o valor mais alto do  $VO_{2m\acute{a}x}$  que se consegue manter, durante um período extenso de tempo é um bom preditor de capacidade para a corrida, reflexo do limiar anaeróbio (Lan) de um atleta.

Limiar anaeróbio é portanto um nível de intensidade crítico para o ciclista. A habilidade para manter um período mais longo e duro próximo ou acima do limiar anaeróbio determina se se cruza a meta em primeiro. É medido o nível de intensidade de exercício acima do qual o lactato e seus iões hidrogénio associados começam rapidamente a se acumular no sangue. Pelo facto de o limiar do lactato ser caracterizado por uma acumulação de ácido no corpo, este pode ser rapidamente medido em laboratório.

Ao limiar, o metabolismo muda rapidamente a sua dependência na combustão de gordura e oxigénio na produção de energia para uma dependência do glicogénio (forma de armazenamento dos hidratos de carbono). Quanto mais alto o limiar, no valor da percentagem do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , mais rápido o atleta pode correr durante um extenso período de tempo. Uma vez atingido o conteúdo ácido no sangue suficientemente alto, não há outra opção a não ser diminuir o ritmo.

Limiar do lactato em indivíduos sedentários é a 40-50 % do  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Em atletas treinados, tipicamente ocorre a 80-90 % do  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Ao contrário da capacidade aeróbica, o limiar anaeróbio é altamente treinável (Friel, 2009).

As concentrações de lactato no sangue atingem valores significativamente superiores ao de repouso quando atingidas as taxas de trabalho de 55-70% do  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Em intensidades de trabalho maiores que estas, as concentrações no sangue são ainda maiores. A taxa de trabalho acima da qual a concentração de lactato no sangue, consistentemente, excede os valores de repouso ou de base ( $\approx 1\text{mmol/l}$ ) tem sido denominada Limiar Anaeróbio. Um lactato sanguíneo de  $2\text{mmol/l}$  é aceite como um guia aproximado para a localização do Limiar

Anaeróbio, mas a identificação directa do primeiro “break-point” na curva de acumulação lactato no sangue é altamente preferível.

Ciclistas profissionais sujeitos a um protocolo incremental com patamares de 4 minutos (min) atingiram o pico de lactato sanguíneo com valores de 6.9 a 13.7mmol/L. Ao limiar anaeróbio a potência era de 334 Watts (W) (76%  $W_{máx}$ ), o consumo de oxigénio de 4.0L/min (77%  $VO_{2máx}$ ) a frequência cardíaca de 163 batimentos por minuto (bpm) (84%  $FC_{máx}$ ) (Mujika & Padilla, 2001).

### **2.3.3 OBLA**

Um outro termo frequentemente encontrado é o Início de Acumulação de Lactato no Sangue (OBLA). Apesar de algumas vezes confundido como o Limiar Anaeróbio, OBLA foi inicialmente aproximado para um valor de referência significativamente maior, 4 mmol/l. Quando a concentração de lactato no sangue, medida no final de um período de exercício de 3-4min, é algures na proximidade dos 4mmol/l, ela não irá permanecer estável nesse nível, crescendo continuamente depois ao longo do tempo. Deste modo pode ser alcançada as 6 mmol/l depois de 30 min à mesma taxa de trabalho. Por contraste, um valor de 2.5mmol/l aos 4 min pode tipicamente cair para 2 ou 1.5mmol/l, se a mesma quantidade de trabalho é mantida por 30 min. “OBLA” é assim projectado para representar a taxa de trabalho mínima a que um aumento, em vez de uma queda, ocorre sobre este tempo previsto.

Em ciclistas profissionais sujeitos a um protocolo incremental com patamares de 4 min observaram-se valores ao OBLA de 386W (87%  $W_{máx}$ ), 4.5 L/min (86%  $VO_{2máx}$ ) e 178 bpm (92%  $FC_{máx}$ )(Mujika & Padilla, 2001).

### **2.3.4 Lactato**

Existe uma longa polémica sobre as causas do crescimento dos níveis de lactato sanguíneo e também a forma como o lactato (e/ou ião hidrogénio) contribuem ou não para a fadiga.

Joyner e Coyle (2008) destacam dois pontos acerca do lactato: 1) o aparecimento inicial do lactato no sangue não é sinónimo de hipoxia no músculo-esquelético; e 2) a molécula de lactato não é causa de fadiga muscular por si. Referem que esse crescimento dos níveis de lactato no sangue parece ocorrer quando a taxa máxima de oxidação de gorduras é inadequada para as necessidades de ATP dos músculos em contracção a intensidades moderadas e altas. Geram-se eventos de sinalização intracelular que estimulam a glicogenólise e glicólise e por fim a taxa de entrega de piruvato para a mitocôndria progressivamente excede a capacidade da mitocôndria em oxidar piruvato originando uma acelerada geração de ácido láctico. Os iões hidrogénios associados são os prováveis culpados na fadiga muscular. (Joyner & Coyle, 2008)

Um importante factor que reduz a fadiga muscular e produção de lactato durante o esforço a 85-90%  $VO_{2máx}$ , quando apenas uma fracção da massa muscular total do membro é simultaneamente recrutada, é a quantidade de massa muscular que o atleta pode recrutar para partilhar na manutenção da produção de potência. Ciclistas profissionais parecem capazes de produzir potência através de 20 a 25% de mais massa muscular ao longo do esforço de 1h, reduzindo assim stress e produção de potência relativa a cada fibra. Esta “partilha” reduz o stress glicolítico e produção de lactato por fibra, devido a maior partilha mitocondrial total para uma dada taxa de metabolismo aeróbio. Quando o exercício se entende para além das 2h o problema torna-se a disponibilidade de energia, com o conteúdo de glicogénio esgotar-se e a capacidade limitada do músculo activo para retirar glucose do sangue (via tanto o fígado como alimentação), pode limitar a taxa de geração de ATP oxidativo e assim o ritmo que pode ser mantido. Correctas escolhas alimentares, tanto pré-competição como durante a mesma, podem levar a um aumento de 40% nas reservas de glicogénio muscular pré-exercício, e hipoglicemia pode ser evitada com o balanço global na duração do exercício próxima do limiar lactato a poder ser prolongado em cerca de 1/3. (Joyner & Coyle, 2008)

## 2.4 Eficiência

A eficiência é um factor que tem uma importante contribuição na velocidade de um exercício de resistência. Olhando para o valor do consumo de oxigénio numa competição de resistência a uma dada velocidade este pode variar cerca de 30-40% entre os indivíduos. (Joyner & Coyle, 2008)

De acordo com Friel (2009) são apontados os seguintes aspectos para a economia de uma atleta de resistência aumentar:

- Uma maior percentagem de fibras musculares de contracção lenta (altamente genética);
- Uma baixa massa corporal (relação peso/altura);
- Baixo stress psicológico;
- Equipamento leve e aerodinâmico que se ajusta correctamente;
- Limitar a área corporal frontal exposta ao vento a altas velocidades;
- Movimentos não necessários e que desperdiçam energia.

Joyner e Coyle (2008) atribuem também uma grande importância à velocidade do sarcómero e encurtamento da fibra muscular. Destacam também a cadência de pedalada, cadência mais eficiente entre as 60-120 rotações por minuto (rpm) para as fibras de tipo I (em maior número nos ciclistas de elite). A cadência na maioria dos ciclistas mais consagrados ronda as 90 rpm.

A fadiga tem um impacto negativo na economia, não sendo os músculos em fadiga “de forma normal” recrutados para suportar a carga. Perto do final da corrida, quando a economia se deteriora por causa da fadiga, sente-se que a pedalada e capacidade técnica de manobra se vão ressentindo/piorando. Quanto mais longa a corrida, mais crítica se torna a economia na determinação do resultado. A economia é altamente treinável. Aumenta quando a resistência global aumenta e quando técnica/habilidade se vão refinando (Friel, 2009).

Passfield e Doust (2000) reportam reduções na eficiência comparando os valores de potência durante um esforço de alta intensidade (5 min) realizado antes e após um esforço de  $\approx 60$  minutos de exercício a intensidade constante (60%  $VO_{2máx}$ ).

Concluindo, a performance pode ser determinada pela alta eficiência global, sofrendo a eficiência mudanças como resultado do exercício contínuo (Atkinson et al., 2003).

## **2.5 Potência**

O watt, unidade de potência, representa o trabalho desenvolvido para elevar uma massa de 102 gramas um metro verticalmente, num segundo. Um ciclista sem preparação desenvolve facilmente um potência na ordem de 200 a 250 watts (Hinault & Genzling, 1988).

Pedalando durante um teste incremental, os valores médios de potência variam dependendo do protocolo utilizado: valores mais baixos de 400 a 450W (6.0 a 6.5W/kg) para um teste potência com incrementos a cada 4 minutos, enquanto que potências de 450 a 500W (6.5 a 7.5W/kg) podem ser obtidos durante protocolos mais curtos (por exemplo incrementos de 25W a cada minuto). Além disso, valores de potência superiores a 500W são frequentes em contrarelogistas de nível máximo usando o último tipo de protocolo (Lucía et al., 2001).

Mujika e Padilla (2001), aponta valores de  $W_{máx}$  entre 349 e 525W (5.7 a 6.8 W/kg) usando incrementos a cada 4 minutos.

Já os valores em competição, neste caso durante a Volta a Itália de 2005, foram de  $132W \pm 26$  (2.0 W/kg  $\pm 0,4$ ) e  $235W \pm 10$  (3.5W/kg  $\pm 0,1$ ) para etapas planas e de montanha respectivamente (Vogt et al., 2007). No mesmo estudo, foram alcançados valores médios de potência mais altos, durante intervalos mais longos (180-1800 segundos), nas etapas de montanha comparativamente a etapas planas. Nas etapas planas altos picos de potência por curtos períodos (15, 30 segundos) são necessários, provavelmente pela aceleração e dinâmica do pelotão (resultados evidenciam grande número de “outliers” em etapas planas). Como se constata pelo elevado número de períodos longos no intervalo 0-100W, em etapas planas muita potência pode ser poupada se se pedala em pelotão (Vogt et al., 2007).

## **2.6 Respostas e Adaptações Cardiovasculares**

Quando o treino é baseado na frequência cardíaca, a orientação do treino não requer necessariamente um reajustamento periódico por testes repetitivos durante a época. Têm-se observado que os valores da frequência cardíaca correspondendo a marcadores de performance tais como o limiar anaeróbio ou ponto de compensação respiratória permanecem estáveis durante o decorrer de uma época desportiva completa, apesar de uma significativa melhoria na performance ao longo da época (p.e. aumenta a potência ao limiar anaeróbio ou no ponto de compensação respiratória).

A frequência cardíaca máxima não muda significativamente durante a época. Já os valores de recuperação (recolhidos a 3 e 5 minutos após exercício) mostram uma descida consistente. Esta descida pode ser atribuída a um aumento no volume sistólico ou a uma diminuição no tónus simpático (Lucía et al., 2001).

A hipertrofia cardíaca é usual nos atletas. Estudo descobriu a existência de hipertrofia ventricular em 21 participantes de um grupo de 40 ciclistas profissionais. Atribuiu-se a hipertrofia, a uma adaptação fisiológica ao exercício de competição. Os desportistas de endurance altamente treinados mostram um perfil cardíaco com predominantemente hipertrofia excêntrica do ventrículo esquerdo. O diâmetro interno aumenta no fim da diástole do ventrículo esquerdo e há aumento proporcional na espessura da parede (Rodriguez Reguero et al., 1995).

As grandes artérias também sofrem modificações, resultado do estímulo que é o ciclismo de endurance. Investigadores descobriram um aumento de 13% no diâmetro nas artérias carótidas de 149 participantes na Volta a França comparativamente a indivíduos pouco treinados (Abergel et al., 1998).

## **2.7 Tipos de etapas (Análise Fisiológica)**

No estudo de Mujika e Padilla (2001), o ciclismo profissional de estrada é caracterizado por dois formatos possíveis de competição: contra-relógios e

corridas de grupo. O sucesso do ciclista em corridas de 1 dia, 1 semana, ou 3 semanas é por isso determinado pelo seu nível de performance num ou em ambos os formatos competitivos.

## 2.7.1 Contra-relógios

### Frequência Cardíaca

Numa investigação de Padilla et al. (1999), a intensidade de exercício em diferentes contra-relógios, em competição, foi estudada num grupo de ciclistas de classe mundial. Para tal efectuou-se a relação da frequência cardíaca (FC) em competição, com o valor máximo ( $\%FC_{m\acute{a}x}$ ) e submáximos - FC ao limiar anaeróbio ( $FC_{Lan}$ ) e ao início acumulação do lactato no sangue ( $FC_{OBLA}$ ) - previamente obtidos durante um teste laboratorial progressivo até à exaustão (conforme Quadro nº1).

Quadro nº 1: Percentagens da frequência cardíaca em relação à FC máxima, ao limiar anaeróbio e ao início de acumulação de lactato em diferentes tipos de contra-relógios

Tipos de CL	$\% FC_{m\acute{a}x}$	$\% FC_{Lan}$	$\%FC_{OBLA}$
Prólogos	89±3%	114±8%	100±3%
CL Curto	85±5	108±9%	95±7%
CL Equipas	82±2%	105±11%	92±4%
CL Longo	80±5%	103±8%	89±5%
CL Subida	78±3%	101±5%	87±2%

Verificou-se que os prólogos (7.3±1.1 km) foram corridos à maior intensidade relativa, seguidos pelo contra-relógio curto (28.0±8.6km), contra-relógio por equipas (67.0±0.5km), contra-relógio longo (49.2±8km) e contra-relógio com muita subida (40.6±4.8km, mais de 500 metros de desnível).

Apesar disso, levando em consideração o tempo total gasto na  $FC_{LT}$  e na  $FC_{OBLA}$  e acima da  $FC_{Lan}$  e da  $FC_{OBLA}$ , bem como a quantidade de impulso de treino (TRIMP), considerado um marcador integrativo da carga de exercício



empreendido durante a competição, foi concluído que contra-relógio por equipas foi o mais duro, seguido do contra-relógio em subidas, contra-relógios longos, contra-relógios curtos e prólogos.

A  $FC_{Lan}$  e  $FC_{OBLA}$  podem ser índices valiosos para determinar ritmo apropriado de competição para os contra-relógios. Contudo, ciclistas extremamente talentosos têm mostrado ser capazes de manter intensidades de exercício que correspondem, ou um pouco superiores ao OBLA, durante 60 minutos sob condições estáveis.

### Consumo Máximo de Oxigénio

Lucia et al. (1999) (cit. por Garcia, 1999) observaram uma contribuição de cerca de 7% acima de 87.5% do  $VO_{2máx}$ , e 23% entre 71.2 e 87.5% do  $VO_{2máx}$ . A percentagem de participação a uma intensidade de exercício acima de 90% do  $VO_{2máx}$  foi maior durante contra-relógio individual relativamente a etapas planas, média montanha e alta montanha. Em tempo absoluto (minutos) essa participação é bastante similar: 20 minutos em contra-relógio, 18 minutos em plano, e 27 minutos em etapas de montanha, da Volta a Espanha e Volta a França.

Já Garcia et al. (1999) observaram uma maior contribuição acima de 90% do  $VO_{2máx}$  (12.9% durante a Volta a Espanha e 16.7% durante a Volta a França) e entre 70 e 90% do  $VO_{2máx}$  (29.4% para Volta a Espanha e 29.1% para Volta a França) do que Lucia et.al. (García et al., 2000)

#### **2.7.2 Corridas de Grupo**

Num estudo de Padilla et al. (2001) as etapas foram classificadas com planas, média montanha ou de alta montanha, dependendo da distância de subida e do desnível acumulado.

### Frequência cardíaca

A monitorização da FC é usada para analisar a intensidade de exercício e a carga durante corridas de grupo. Para tal utiliza-se frequentemente a média da FC e a relação com a % FC<sub>MÁX</sub>, % FC<sub>Lan</sub> e % FC<sub>OBLA</sub>. No quadro nº 2, seguindo os resultados apresentados por Padilla et al. (2001), essas relações da FC tendo em consideração o tipo de etapa foram organizadas.

Quadro nº 2: Média da frequência cardíaca e percentagens em relação à FC máxima, ao limiar anaeróbio e ao início de acumulação de lactato em diferentes tipos etapas em linha (Padilla et al., 2001).

Etapas	Média FC	% FC <sub>MÁX</sub>	% FC <sub>Lan</sub>	% FC <sub>OBLA</sub>
Plano	119±10 bpm	51±7%	65±10%	57±8%
Média Montanha	130±9bpm	58±6%	74±11%	65±7%
Alta Montanha	135±9bpm	61±5%	79±9%	69±6%

As médias baixas dos valores da FC não reflectem o facto do ciclismo profissional de estrada não ser feito em condições estáveis. Pelo contrário, a natureza intermitente das corridas de grupo no ciclismo de estrada é reflectida pelos períodos de alta intensidade intercalados com períodos de recuperação de baixa intensidade (Mujika & Padilla, 2001).

O TRIMP tem sido usado como um marcador integrativo da carga de exercício suportada por um atleta durante o treino ou a competição, porque é calculada a partir da frequência cardíaca e duração do exercício (Padilla et al., 2001).

A quantidade de TRIMP correspondente a etapas de alta montanha foi a mais alta seguida pelas de média montanha e planas, sendo todos os valores estatisticamente diferentes. Valores nas etapas de alta montanha estiveram bem acima também dos contra-relógios individuais e por equipas (Padilla et al., 2001).

### Consumo Máximo de Oxigénio

Garcia et al. (1999), baseado nas respostas da FC em testes laboratoriais, observaram que cada atleta passava cerca de 93 min em etapas planas e 123 min em etapas de montanha (32% do tempo total da etapa em plano e 40% nas etapas de montanha) pedalando a intensidade superior que 70% do valor do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , e entre 18 e 27 min, foi a uma intensidade superior a 90% do valor do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , dependendo do tipo de etapa. No total, próximo de 75% de cada etapa foi passado acima de 50% do valor do  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

## **2.8 Ciclismo Jovem**

### **2.8.1 Os Talentos**

A identificação precoce de futuros atletas de elite pode dar uma vantagem competitiva às organizações que são capazes de os identificar. Para além disso, pensa-se que a rápida identificação de um talento e programas bem-estruturados de desenvolvimento, podem aumentar a probabilidade desses jovens se tornarem atletas de sucesso (Menaspa et al., 2010).

Um estudo de Schumacher et al. (2006) mostrou que nações onde o ciclismo não é um desporto popular (como Austrália e Alemanha), mas que adoptaram iniciativas para identificar talento e desenvolve-lo, têm um alto número de atletas juniores na selecção nacional que posteriormente alcançam resultados marcantes nos escalões profissionais.

Países como Espanha, França e Itália, onde o ciclismo é mais popular, mas que não usam esses programas de maneira sistemática, apenas 20 % dos seus ciclistas tiveram sucesso tanto em juniores como elites, em contraste com os 70% de ciclistas nos primeiros países que tiveram um percurso sempre de sucesso. Contudo países como Espanha continuam a ter muitos atletas no topo da elite mundial, fruto da grande base de recrutamento.

Quando se analisa atletas com sucesso tanto em juniores como em elites vê-se que atletas com muitos pódios e vitórias em juniores são aqueles que têm mais sucesso na categoria de elite. Isto pode significar que atletas de topo juniores

têm os pré-requisitos fisiológicos e psicológicos para se tornarem em atletas elites de sucesso. Por outro lado factores mentais tais como capacidades tácticas e experiência são de extrema importância em competições elites, onde muitos atletas têm qualidades fisiológicas comparáveis. Portanto, pode se assumir que atletas que adquirem qualidades mentais para vencer numa idade precoce serão mais facilmente capazes de reproduzir essas capacidades em situações decisivas como atleta elite. Um atleta de sucesso em juniores e elite alcança o seu primeiro resultado importante significativamente mais cedo, que o atleta que atingiu apenas o sucesso na categoria de elites, talvez devido ao seu talento fisiológico. Contudo o último sucesso em elite também tende a ser mais precoce, resultando numa extensão comparável na carreira. Não está claro o motivo de término da carreira mais precoce, mas factores motivacionais e financeiros podem ser a explicação.(Schumacher et al., 2006)

### **2.8.2 Fisiologicamente**

#### Consumo máximo de Oxigénio

O valor do  $VO_{2máx}$ , o principal determinante fisiológico de capacidade aeróbia atinge o pico aos 21-23 anos, com o maior aumento a ocorrer entre os 15 a 17 anos (escalões jovens) existindo uma grande variabilidade inter individual.

Menaspa et al. (2010) afirma porém que as medidas tradicionais da condição aeróbica, determinadas durante um teste incremental, não são capazes de prever o nível competitivo que os ciclistas juniores podem alcançar na fase adulta.

Essas medidas podem, no entanto, diferenciar o nível competitivo dos jovens atletas, sugerindo assim a sua utilidade para possíveis selecções nessas categorias.

Os resultados de Menaspa et al. (2010) mostraram que os jovens das selecções nacionais eram mais altos e mais pesados, apresentando valores

mais elevado tanto máximo, como submáximo de consumo de oxigénio do que os atletas não pertencentes à selecção.

As medições da condição aeróbica em função da massa corporal reflectem a habilidade para subir dos ciclistas, enquanto os valores absolutos são importantes para os roladores. Contudo para ser ciclista profissional trepador ser atleta na selecção nacional júnior não tem influência. Isto suporta a hipótese que trepadores têm maior dificuldade em demonstrar seu potencial nas categorias de júnior.

Menaspa et al. (2010) comparou um conjunto de dados na categoria de júnior:

- Bunc et al. (1996) testou 11 juniores masculinos entre os melhores ciclistas checos. Os valores de  $VO_{2máx}$  foram  $4.27 \pm 0.32$  L/min,  $65.4 \pm 5.1$  ml/kg/min;
- Perez-Landaluce et al. (2002) analisou 26 ciclistas espanhóis masculinos apresentando os seguintes valores  $4.4 \pm 0.4$  L/min,  $65.5 \pm 3.9$  ml/kg/min.
- Woolford et al. (1999) testou 10 juniores australianos de alto nível e apresentou valores do  $VO_{2máx}$  de  $5.3 \pm 0.2$  L/min,  $74.2 \pm 2.3$  ml/kg/min.
- Valores semelhantes aos de Woolford et al. (1999) são mostrados por Menaspa et al. (2010). Usando uma extraordinária amostra de 309 atletas juniores os valores médios absolutos e relativos de Woolford et al. (1999) situam-se no percentil 90 e 70, respectivamente.

Apesar do  $VO_{2máx}$  ser considerado um pré-requisito, outros factores com a economia e características anaeróbicas podem ser importantes para a excelência no ciclismo. Outros aspectos que não os fisiológicos são muitas vezes negligenciados, tais como habilidades técnicas, capacidades tácticas e condições socioeconómicas – natureza multifactorial da performance no ciclismo. (Menaspa et al., 2010).

## Frequência Cardíaca

Marroyo et al. (2011) mostraram que jovens e juniores apresentavam valores superiores da frequência cardíaca máxima e média em corridas de um dia comparativamente a provas por etapas. Ao longo de uma prova por etapas esses valores da frequência cardíaca sofriam também uma diminuição significativa. A fadiga muscular acumulada, numa corrida por etapas condiciona a performance nas últimas etapas, limitando o esforço desenvolvido nas zonas de alta intensidade. Assim, analisada a intensidade ao longo das provas por etapas, uma diminuição na percentagem de tempo na zona 3 (alta intensidade - acima do ponto de compensação respiratório) foi observada sendo compensada com aumento do tempo na zona 1 (baixa intensidade - abaixo do limiar ventilatório).

A frequência cardíaca observada nos juniores foi também mais baixa comparativamente aos outros escalões mais jovens. É sugerido que o treino aeróbico diminui a frequência cardíaca máxima e submáxima a partir de certo nível de trabalho. Por cada década aponta-se para uma diminuição de 5 % da frequência máxima.

Comparando o tempo e % tempo que os atletas jovens passavam numa zona 3, o resultado foi similar ao analisado nos ciclistas profissionais. Nas zonas de menor intensidade zona 1 e zona 2 (entre limiar ventilatório e ponto de compensação respiratório), as percentagens foram também similares, mas em termos de tempo global foi menor nestes escalões devido a menor extensão das etapas (Marroyo et al., 2011) .

### **2.8.3 Especialidades na Formação?**

Menaspa et al. (2012) reforçaram a lógica de classificar os corredores juniores de acordo com a sua especialidade. Os resultados antropométricos mostram que existem diferentes especialidades com ciclistas morfologicamente análogos. Roladores e sprinters têm composições corporais similares (altura, massa corporal, índice de massa corporal, massa gorda) e também os

trepadores e ciclistas completos eram similares. Estes resultados estão em sintonia com os verificados nos ciclistas profissionais. O valor absoluto do  $VO_{2m\acute{a}x}$  dos roladores, completos e sprinters foi mais alto do que trepadores ( $\geq 10\%$ ). Os outros valores absolutos aeróbios ( $VO_2$  no ponto de compensação respiratória, potência pico, potência no ponto de compensação respiratória) foram mais altos nos roladores e completos que trepadores ( $\geq 8\%$ ). Levando em consideração os valores aeróbios relativos, trepadores e completos mostram valores mais altos ( $\geq 6\%$ ) que roladores e sprinters. Olhando para as características anaeróbicas, sprinters mostram maior média de potência num esforço de 5 segundos que trepadores e roladores ( $> 11\%$ ) tanto para o valor absoluto como relativo. Confirmou-se que os atletas juniores classificados em quatro diferentes especialidades apresentavam diferentes características antropométricas, aeróbias e anaeróbias, diferenças com similares magnitudes aos profissionais. A idade é um factor a ter em conta entre os ciclistas juniores na sua performance. Os ciclistas que apresentavam resultados superiores tinham mais idade. Juniores ainda estão na adolescência e um ano adicional de experiência nesta categoria pode fazer uma grande diferença na performance (Menaspa et al., 2012).

#### **2.8.4 Treino: comportamentos nos escalões jovens...**

Muitas vezes corredores na formação estão tão entusiasmados com o desporto, que acabam por cometer exageros no treino, com intensidades que não devem ser suportadas para um desenvolvimento saudável. Os ciclistas profissionais não começaram a treinar com exercícios de enormes volumes e muito intensos.

Nos primeiros anos como ciclista, é recomendada a participação em pelo menos outro desporto. Nos primeiros dois anos de competição, enquanto participam noutros desportos, o tempo total anual de volume de treino em todos os desportos deve situar-se entre as 200 a 350 horas. Antes dos 17 anos o treino deve estar centrado nas habilidades básicas de força, endurance e velocidade, com corridas ocasionais.

Aos 17 anos, deve-se aumentar o volume, se não se encontrem dificuldades a ultrapassar os diferentes níveis até aí. O aumento deve ser gradual, porque mais nem sempre é melhor, sendo frequentemente pior.

Cada ano o número de corridas a participar deve aumentar um pouco até aos 18, onde se começa a correr tão frequentemente como os seniores. Quando começa a competição deve-se enfatizar a tática de equipa mais que ganhar. Aprender como se forma uma fuga, trabalhar com outros corredores numa fuga, ajudar colega de equipa e sprintar são noções a focar.

O treino de força numa sala de musculação no primeiro ano deve incluir uma fase de adaptação anatómica, fazendo-se um trabalho com máquinas e pesos livres, de forma a aperfeiçoar o levantamento para cada exercício. No segundo ano de treino de força, é a altura para começar a fase da força máxima. A primeira vez que se realiza esta fase, usa-se um peso não superior a 80% da repetição máxima estimada. A descoberta da força máxima deve ser estimada, através de determinadas guidelines usando múltiplas repetições. No terceiro ano deve-se estar pronto para um trabalho mais sério no treino de força, assumindo que o atleta tem pelo menos 17 anos de idade.

O treino deve ter em consideração as exigências específicas da competição alvo. Por exemplo, uma corrida em colinas requer treino em colinas e longas corridas exigem grande resistência aeróbia. De facto a resistência é a mais importante exigência do desporto independentemente da corrida.

Um erro comum dos novatos têm é trazer uma desmesurada motivação para o desporto. Treino compulsivo provavelmente impede o atleta de alcançar os objectivos traçados levando muitas vezes a lesão, doença e overtraining. Em nenhum momento na carreira de um ciclista é a abordagem conservadora ao treino mais crítica do que nestas fases iniciais do desenvolvimento (Friel, 2009).



### **3. Material e Métodos**

#### **3.1 Caracterização da Amostra**

O presente estudo foi realizado em 23 indivíduos, com idades compreendidas entre os 14 e 31 anos de idade pertencentes aos escalões de cadetes, juniores e elites que competem no calendário nacional e regional de ciclismo, na vertente de estrada. Destes 7 são do escalão de cadetes, 8 do escalão de juniores e 8 do escalão de elites.

A participação no estudo foi voluntária e foram informados de todos os procedimentos e objectivos do estudo antes do seu começo. Todos foram sujeitos a exames médicos previamente, atestando a inexistência de qualquer patologia contra-indicada à realização de exercícios físicos intensos.

#### **3.2. Procedimentos**

##### **3.2.1. Avaliação antropométrica**

As medições antropométricas foram realizadas segundo as directrizes da International Society for the Advancement of Kineanthropometry (ISAK) antes da realização da prova de esforço. Foram determinadas as seguintes variáveis antropométricas: massa corporal, estatura, oito pregas cutâneas (bicipital, tricipital, subescapular, supra-ílica, supra-espinal, abdominal, crural e geminal) e três perímetros musculares (coxa, gêmeo e braço). Todas as mensurações foram realizadas no lado direito dos indivíduos. As medidas foram triplicadas e utilizou-se como resultado a média aritmética das mesmas.

Foram tratados os valores das medições recorrendo às equações de Whitters et al. (1987) e Reilly et al. (2009).

A pesagem foi realizada em roupa interior numa balança da marca Tanita, modelo TBF- 305.

A medição realizou-se com indivíduos descalços, recorrendo uma fita graduada em milímetros da marca Fiber Glass.

### **3.2.2. Testes Laboratoriais (VO<sub>2</sub>max)**

O teste laboratorial pretendeu determinar os valores do VO<sub>2</sub>max e limiar anaeróbio ventilatório. Para tal cada atleta utilizou a sua bicicleta num rolo fixo da marca Technogym Spin Training (Cesena, Itália), no Laboratório de Fisiologia do Esforço da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, com análise da troca de gases simultaneamente. Utilizou-se um protocolo maximal contínuo e gradual até à exaustão. Procedeu-se a um aquecimento de 5 minutos a 75 Watts nos escalões de cadetes e juniores e a 100 Watts no escalão de elites. Após esse período a carga era aumentada, a cada minuto, 25 watts. A cadência de pedalada e os andamentos da bicicleta eram escolhidos arbitrariamente pelo atleta, que pedalava de acordo com a potência estipulada para o patamar.

O consumo de oxigénio foi medido continuamente a cada movimento respiratório (breath by breath), sendo utilizado o analisador de trocas respiratórias da marca Cortex Metalyser 3B (Leipzig, Alemanha), o qual havia sido calibrado anteriormente, proporcionando desta forma, uma análise mais precisa das fracções gasosas expiradas durante a realização do teste. Os valores do consumo de oxigénio relativo à massa corporal (ml/kg/min) foram calculados com base nos valores da média obtida nos últimos 30 segundos de cada patamar do protocolo. O limiar anaeróbio foi determinado pelo método ventilatório V-Slope (VCO<sub>2</sub> vs VO<sub>2</sub>) (Beaver et al., 1986).

Os sinais eram devidamente processados através do software meta soft 2.6, a fim de fornecer os valores referentes ao consumo de oxigénio (VO<sub>2</sub>), dióxido de carbono produzido (VCO<sub>2</sub>), o coeficiente da razão respiratória (R), ventilação pulmonar (V'E<sub>(BTPS)</sub>).

Foram adoptados como critérios para validade do VO<sub>2</sub>max os procedimentos referidos em Howley et al. (1995): (a) atingimento do "plateau" no VO<sub>2</sub>max

independente da carga; (b) percepção do estado de exaustão através do índice de escala de esforço percebido de Borg (RPE); (c) coeficiente da razão respiratória (R) $>$  1.0 na parte final da avaliação; (d) frequência cardíaca $>$  85% da FC teórica máxima, na parte final da avaliação.

A frequência cardíaca foi monitorizada em todos os patamares de forma contínua através de um cardiofrequencímetro de marca Polar (Kampele, Finlândia).

### **3.2.3. Procedimentos estatísticos**

Os dados foram tratados através do programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 23. Utilizou-se a estatística descritiva para determinar a média e o desvio padrão. Para determinar a diferença estatística entre grupos foi utilizada a Anova multifactorial. As diferenças estatisticamente significativas foram consideradas para um valor de  $p < 0.05$ .



## 4. Apresentação Resultados

### 4.1 Variáveis Antropométricas

Os resultados expressam as médias das variáveis antropométricas nos escalões de cadetes, juniores e elites e respectivos desvios padrão (DP).

No quadro nº 3 são apresentados os valores médios e desvios padrão do peso corporal, da estatura, do índice de massa corporal (IMC), da percentagem de massa muscular (%MM), da percentagem de massa gorda (%MG) e a soma das pregas dos três escalões.

Quadro nº 3: Caracterização dos valores antropométricos no escalão de Cadetes (n=6), Juniores (n=7) e Elites (n=10); Valores expressos pela média e desvio padrão.

Categoria <sup>3</sup>	Peso (kg)	Estatura (cm)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	% MM	%MG	Soma Pregas
Cadetes	59.3 (7.6)	174 (7.7)	19.5 (1.5)	46.7 (2.2)	10.4 (1.3)	64.6(11.4)
Juniores	63.7 (1.5)	175 (2.9)	20.7 (0.7) #	46.6 (1.4)	9.4 (1.3)	58.0(12.9)
Elites	67.8 (3.8)*	176 (5.0)	19.8 (1.1)	47.9 (1.9)	7.5 (1.5)*	55.8(9.9)

IMC: Índice de massa corporal; %MM: percentagem de massa muscular; %MG: percentagem de massa gorda. (\* p<0.05 Elites e Cadetes; # p<0.05 Juniores e Cadetes)

Relativamente ao peso, os atletas cadetes tiveram em média 59.3±7.6kg, os juniores 63.7±1.5kg e os elites 67.8±3.8kg. Diferenças estatisticamente significativas (p <0.05) apenas entre os cadetes e os elites (0,032).

Em média, os cadetes mediam 174±7.7cm, os juniores 175±2.9cm e os elites 176±5.0cm. Não foram reportadas diferenças estatísticas significativas.

O IMC situou-se em 19.5±1.5kg/m<sup>2</sup>, 20.7±0.7kg/m<sup>2</sup> e 19.8±1.1kg/m<sup>2</sup> em cadetes, juniores e elites respectivamente. Estatisticamente existem diferenças entre os escalões de cadetes e juniores (p= 0.046).

A percentagem de massa muscular não apresenta diferença estatística significativa, quaisquer que sejam os termos comparativos.

A percentagem de massa gorda foi significativamente maior quando comparamos os cadetes com os elites ( $p=0.026$ ).

#### 4.2 Potência Máxima Aeróbia, Frequência Cardíaca Máxima e Percepção de Esforço

No quadro nº 4 apresentam-se os resultados obtidos no teste incremental para a determinação da potência máxima aeróbia.

Quadro nº 4: Caracterização dos valores de potência máxima aeróbia no escalão de Cadetes ( $n=6$ ), Juniores ( $n=7$ ) e Elites ( $n=10$ ); Valores expressos pela média e desvio padrão.

Categoria	VO <sub>2max</sub> (L/min)	VO <sub>2max</sub> (ml/kg/min)	R	FC <sub>máx</sub> (bpm)	W <sub>máx</sub> (W)	W <sub>máx</sub> (W/Kg)	RPE
Cadetes	3.69 (0.41)	62.8 (5.5)	1.23 (0.05)	197 (6.1)	362.5 (23.9)	6.17 (0.54)	7.33 (0.94)
Juniores	3.87 (0.29)	60.9 (5.4)	1.27 (0.10)	192 (9.1)	385.7 (44.0)	6.06 (0.76)	7.00 (0.76)
Elites	4.86 <sup>*+</sup> (0.28)	67.6 <sup>*+</sup> (4.6)	1.23 (0.07)	191.3 (7.3)	430 <sup>*+</sup> (30)	6.39 <sup>*+</sup> (0.21)	8.1 (0.57)

R: Coeficiente da razão respiratória; FC<sub>máx</sub>: frequência cardíaca máxima; W<sub>máx</sub>: Potência máxima atingida; RPE: percepção de esforço no final do teste. (\*  $p<0.05$  Elites e Cadetes; +  $p<0.05$  Elites e Juniores)

O valor do VO<sub>2max</sub> absoluto foi subindo em sintonia com os escalões:  $3.69\pm 0.41$  L/min em cadetes,  $3.87\pm 0.29$  em juniores e  $4.86\pm 0.28$  em elites. Já o VO<sub>2max</sub> relativo foi mais elevado em elites ( $67.6\pm 4.6$  ml/kg/min em elite), seguido dos cadetes ( $62.8\pm 5.5$  ml/kg/min) e por último os juniores ( $60.9\pm 5.4$  ml/kg/min).

Os valores do  $VO_{2max}$  apresentam diferenças estatisticamente significativas quando se compara qualquer categoria com a categoria de elite ( $p < 0.05$ ). Já entre cadetes e juniores não há qualquer diferença estatística ( $p > 0.05$ ).

A frequência cardíaca máxima mais alta foi alcançada pelos cadetes ( $197 \pm 6.1$  bpm). Contudo nenhuma diferença estatística foi encontrada.

O valor da potência máxima atingida e potência relativa foi mais elevada nos elites, obtendo-se valores de  $430 \pm 30$  Watts e  $6.39 \pm 0.21$  W/kg, respectivamente. Apenas há diferenças estatisticamente significativas quando a comparação é feita com o escalão de elites ( $p < 0.05$ ).

Na figura nº 1 podemos distinguir com maior clareza os valores máximos relativos nos três escalões, tanto na capacidade de produção de potência como no consumo de oxigênio.

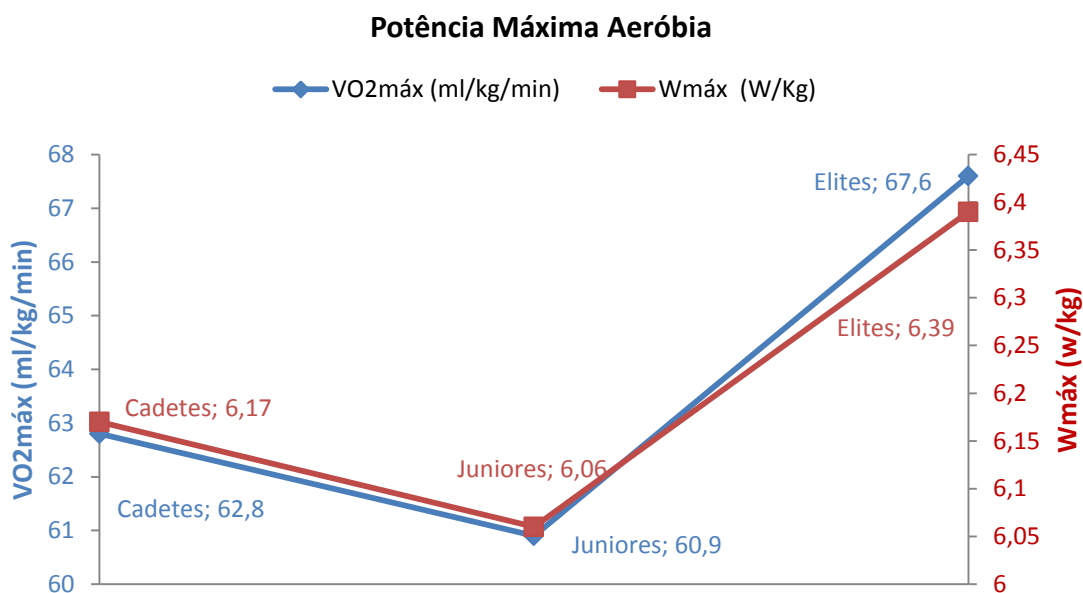


Fig. 1: Valores relativos do  $VO_{2max}$  e potência máxima nos 3 escalões: cadetes, juniores e elites

### 4.3 Limiar Anaeróbio Ventilatório ( $L_{an_{vent}}$ )

No quadro nº 5 estão descritos os parâmetros relacionados com a capacidade aeróbia.

Quadro nº 5: Caracterização dos valores de capacidade aeróbia no escalão de Cadetes (n=6), Juniores (n=7) e Elites (n=10); Valores expressos pela média e desvio padrão.

Categoria	% $VO_{2máx}$ $L_{an_{vent}}$	W $L_{an_{vent}}$	$L_{an_{vent}}$ (W/kg)	% $FC_{máx}$ $L_{an_{vent}}$
Cadetes	79.1 (6.3)	220.8 (30.3)	3.74 (0.39)	86.0 (3.9)
Juniores	82.7 (5.7)	239.3 (35.0)	3.76 (0.58)	86.0 (5.7)
Elites	82.1 (3.9)	330 (23.2) **	4.90 (0.29) **	85.0 (4.6)

% $VO_{2máx}$   $L_{an_{vent}}$ : percentagem do consumo de oxigénio ao limiar anaeróbio ventilatório; W  $L_{an_{vent}}$ : potência ao limiar anaeróbio ventilatório; % $FC_{máx}$   $L_{an_{vent}}$ : percentagem da frequência cardíaca ao limiar anaeróbio ventilatório. (\*  $p < 0.05$  Elites e Cadetes; +  $p < 0.05$  Elites e Juniores)

Observando o quadro nº 5, vemos que o  $L_{an_{vent}}$  nos ciclistas cadetes ocorreu a  $79.1 \pm 6.3\%$  do  $VO_{2máx}$ , nos juniores aos  $82.7 \pm 5.7\%$  e nos elites aos  $82.1 \pm 3.9\%$ , enquanto que a potência produzida ao limiar anaeróbio ventilatório situa-se nos  $220.8 \pm 30.3W$ ,  $239.3 \pm 35W$  e  $330 \pm 23.2W$  nos cadetes, juniores e elites, respectivamente com diferenças estatisticamente significativas entre o escalão de Cadetes vs Elites e Juniores vs Elites ( $p < 0.05$ ).

A % $FC_{máx}$  ao  $L_{an_{vent}}$  é similar entre os diferentes escalões ( $p > 0.05$ ).

Na figura nº 2 nota-se o comportamento crescente da potência produzida ao limiar anaeróbio ventilatório de acordo com aumento da idade dos escalões, e a % do  $VO_{2máx}$  mais elevada nos atletas juniores.



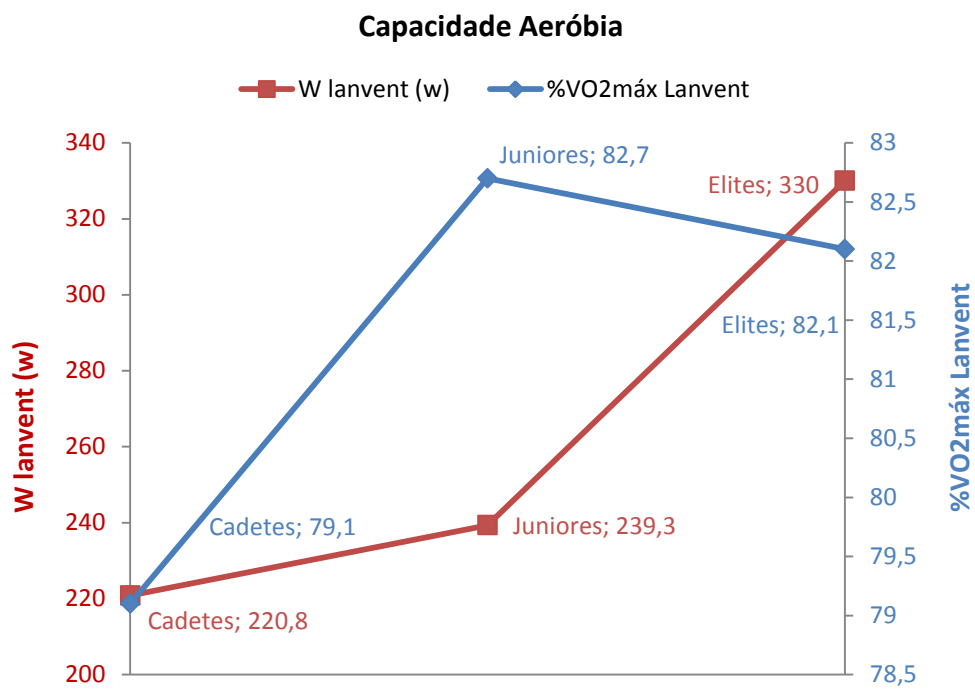


Fig. 2: Valores da potência e %VO<sub>2</sub>máx ao limiar anaeróbio ventilatório nos 3 escalões: cadetes, juniores e elites



## 5. Discussão dos Resultados

Nos resultados começamos por destacar uma ajustada composição corporal da amostra, em linha com os dados referentes aos melhores praticantes. O valor absoluto  $VO_2$ máx foi crescendo em sintonia com o escalão do ciclista, havendo uma descida anormal no valor relativo nos juniores em comparação com os cadetes. Na potência máxima o mesmo se verifica quando efectuamos esta dupla análise: valor absoluto vs valor relativo.

O limiar anaeróbio situa-se nas percentagens da  $FC_{máx}$  e do  $VO_2$ máx apontadas na maioria dos estudos. Bom indicador portanto para o limiar anaeróbio em contraste com os baixos valores em todas as categorias do  $VO_2$ máx.

### 5.1 Variáveis Antropométricas

Num desporto em que o peso corporal tem de ser transportado, como no caso do ciclismo, existe uma correlação negativa entre a gordura corporal e o desempenho (Powers & Howley, 2000).

As avaliações regulares da composição corporal são úteis a fim de monitorizar as alterações durante a temporada, assim como no período fora dela. Dessa forma, o atleta saberá se as alterações do seu peso corporal representam ganhos ou perdas de gordura corporal. O mais difícil é fornecer uma recomendação absoluta fixa sobre qual deve ser a gordura corporal para o desempenho individual de cada indivíduo. Uma recomendação para alterar a composição corporal a fim de obter um melhor desempenho deve ser feita em relação aos aspectos do desempenho e do estado de saúde actual observado por meio do padrão de sono, da dieta adequada, da condição mental (Powers & Howley, 2000).

Relativamente ao peso da nossa amostra, como seria expectável, foi aumentando consoante a idade dos atletas. Os cadetes tiveram em média

59.3±7.6kg, os juniores 63.7±1.5kg e os elites 67.8±3.8kg. Apenas entre os cadetes e os elites a diferença foi estatisticamente significativa, facto normal tendo em conta a grande diferença de idades entre estes escalões.

Contudo, mais peso não significa necessariamente mais massa gorda. Pelo contrário, a percentagem de massa gorda foi maior em cadetes 10.4%±1.3%, seguida dos juniores 9.4%±1.3% e finalmente elites 7.5%±1.5%. Novamente a diferença está entre escalão de elites e cadetes ( $p < 0.05$ ).

Segundo Lucia et al. (2001), a percentagem de gordura corporal varia entre os 10% durante meses de inverno, baixando gradualmente ao longo da época para cerca de 9% na primavera e próxima dos 8% nas provas de 3 semanas. Nota-se que os valores recolhidos na nossa amostra situam-se próximos destes, baixando à medida que avançamos no escalão, fruto seguramente de um maior compromisso e responsabilidade para com a modalidade.

No escalão de elites notam-se valores semelhantes aos apontados para as provas de 3 semanas, ou seja estes andam numa zona já baixa, quando nos referimos à percentagem de massa gorda.

Devem existir cuidados com os valores reduzidos de massa gorda, já que a mesma para além da função energética fundamental é também importante dentro de certos limites, como factor de insolação térmica. Muito do calendário competitivo português é desenvolvido em condições climatéricas que valorizam o factor de regulação térmica, pelo que uma determinada quantidade de gordura corporal é necessária para efeitos termorreguladores (Aragão, 2006).

O IMC situou-se em 19.5±1.5kg/m<sup>2</sup>, 20.7±0.7kg/m<sup>2</sup> e 19.8±1.1kg/m<sup>2</sup> em cadetes, juniores e elites, respectivamente. Aqui é importante constatar que a diferença estatística com valor significativo surge entre cadetes e juniores. Não foi o resultado esperado, de acordo com as anteriores análises da % massa gorda e do peso, em que as grandes diferenças se situavam entre os cadetes e os elites. Podemos supor que para os atletas o IMC é muito pouco funcional porque altura/ peso/ gordura /massa muscular não são associados, logo o valor

de IMC não é de todo útil. O resultado mais baixo acaba por ser do escalão de cadetes, onde os indivíduos possuem mais massa gorda.

## **5.2 Potência Máxima Aeróbia, Frequência Cardíaca Máxima e Percepção de Esforço**

No ciclismo uma capacidade elevada dos processos de produção aeróbia de energia é essencial para o sucesso. Logicamente, antes de qualquer avaliação laboratorial será necessário compreender os factores importantes para o desempenho ideal em determinada modalidade ou evento atlético.

Analisando o valor do  $VO_{2max}$  absoluto da amostra nota-se que subiu em sintonia com os escalões:  $3.69 \pm 0.41$  L/min em cadetes,  $3.87 \pm 0.29$  em juniores e  $4.86 \pm 0.28$  em elites. Contudo, a interpretação do  $VO_{2max}$  relativo tem mais pertinência na relação com o rendimento.

O  $VO_{2max}$  relativo demonstrou ser o factor isolado mais importante na predição do sucesso de uma corrida de atletismo de longa distância num grupo heterogéneo de atletas (com  $VO_{2max}$  diferentes). A explicação lógica é o facto de se tratar de um evento sobretudo aeróbio (tal como ciclismo), logo os indivíduos com um  $VO_{2max}$  elevado devem ter vantagem sobre os indivíduos com menor capacidade aeróbica. No entanto, a correlação entre o  $VO_{2max}$  e o desempenho na corrida de grande distância é pequena num grupo homogéneo de corredores (ou seja, com  $VO_{2max}$  similar) (Powers & Howley, 2000).

Tal sugere, que embora um  $VO_{2max}$  elevado seja importante na determinação do sucesso da corrida de longa distância, outras variáveis também são importantes.

Pode-se igualmente alcançar um valor elevado no consumo de oxigénio, mas desenvolvendo pouca potência, não se traduzindo portanto numa performance elevada.

Depois de analisar o  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo, o valor médio mais elevado esteve nos elites ( $67.6\pm 4.6$ ml/kg/min), seguido dos cadetes ( $62.8\pm 5.5$ ml/kg/min) e por último os juniores ( $60.9\pm 5.4$ ml/kg/min).

A salientar o facto do  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo ser superior em cadetes comparativamente aos juniores, oposto ao que se suspeitava devido ao menor tempo de treino a que os cadetes estão sujeitos e há menor extensão das competições. Segundo normas da UCI as corridas de 1 dia na categoria de juniores podem ter no máximo 140 km. Os cadetes segundo normas nacionais podem apenas percorrer 80km em corridas de 1 dia.

Precisamente o maior aumento do  $VO_{2m\acute{a}x}$  é apontado para a transição cadetes /juniores (entre 15 e 17 anos) por Menaspa et al. (2010).

Porém os valores do  $VO_{2m\acute{a}x}$  recolhidos estão distantes dos apontados por autores como Friel (2009) e Garcia et al. (2000) na ordem dos 70 a 80 ml/kg/min, para atletas elites de topo mundial. Nota-se que os atletas elites sujeitos à avaliação não alcançam os valores que a bibliografia aponta para o ciclismo internacional. A nossa amostra dos indivíduos elites rege-se contudo por bons resultados a nível interno e não internacionais, daí o possível desfasamento entre os números retratados.

Estudos recolhidos com os melhores juniores em determinados países mostram valores bastante díspares no  $VO_{2m\acute{a}x}$  relativo. Entre os mais modestos está uma amostra de ciclistas checos com  $65.4\pm 5.1$ ml/kg/min, e os mais altos com  $74.2\pm 2.3$ ml/kg/min numa amostra de 10 atletas australianos Juniores de elite. Os nossos resultados ficaram bastante aquém, mesmo em comparação com o valor mais modesto. Limitou-se a  $60.9\pm 5.4$ ml/kg/min sendo recolhida em atletas de bom nível nacional, não sendo a recolha limitada ao topo do ciclismo nacional júnior.

Como seria expectável existe diferenças estatisticamente significativas se se comparar qualquer dos escalões com o de elites. A selecção vai ocorrendo, o desenvolvimento atlético prossegue e apenas os mais capazes alcançam o escalão de elites.

A frequência cardíaca máxima mais alta foi alcançada pelos cadetes ( $197 \pm 6.1$  bpm). Como sugerido por Marroyo et al. (2011) nota-se um decréscimo da frequência cardíaca consoante o aumento da idade sendo que os autores apontam uma diminuição de 5% da  $FC_{m\acute{a}x}$  por cada década.

O valor da potência máxima atingida foi crescendo de acordo com as idades:  $362.5 \pm 23.9$  W em cadetes,  $385.7 \pm 44$  W em juniores e  $430 \pm 30$  em elites. Tal como  $VO_{2m\acute{a}x}$ , a potência produzida é um grande indicador acerca da performance, logo as diferenças significativas estão quando o termo de comparação é o escalão de elites ( $p < 0.05$ ).

Na potência máxima relativa os cadetes chegaram aos  $6.17 \pm 0.54$  W/Kg, os juniores aos  $6.06 \pm 0.76$  W/Kg e os elites aos  $6.39 \pm 0.21$  W/kg.

Contudo estes valores variam de acordo com o protocolo utilizado durante o teste incremental, sendo que de acordo com Lucia et al. (2001) os valores na ordem dos 400 a 450 W ( $6.5$  a  $7.5$  W/kg) para incrementos a cada 4 minutos e 450 a 500 W ( $6.5$  a  $7.5$  W/kg) durante protocolos com incrementos a cada minuto de 25 watts. Os elites, sujeitos ao nosso protocolo realizado com incrementos a cada minuto de 25 W, situam-se abaixo do limite inferior dos valores apresentados por Lucia et al. (2001), tanto em valor absoluto como no valor relativo.

Outra avaliação realizada foi a Classificação de Esforço Subjectivo através da escala de Borg adaptada. No final do teste de acordo com essa escala, os elites classificam o teste com uns  $8.1 \pm 0.57$ , os cadetes  $7.33 \pm 0.94$  e finalmente os juniores  $7 \pm 0.76$ . Todos enquadraram a pontuação no patamar muito intenso. As pontuações da taxa de percepção de esforço são bons indicadores do esforço subjectivo, e dão-nos quantitativamente informações do indivíduo durante, neste caso, um teste de esforço físico gradual. É útil de forma a saber quando o indivíduo se encontra próximo da exaustão, e os valores podem ser utilizados na prescrição da intensidade do exercício. Provavelmente pode-se especular que a duração dos patamares no protocolo, com incremento de carga a cada 1 minuto possa ter originado valores de RPE entre o 7 e o 8.

Caso os patamares promovessem steady state no  $VO_2$ , especulamos que poderíamos obter uma classificação mais elevada.

### **5.3 Limiar Anaeróbio Ventilatório**

A necessidade de uma metodologia não-invasiva para determinar o limiar anaeróbio, estimula o uso das medidas ventilatórias e da troca gasosa para estimar o respetivo  $Lan$ . O fundamento do uso do limiar ventilatório como um marcador do  $Lan$  está relacionado com a acumulação da concentração de lactato após o ponto de equilíbrio entre a produção e remoção de lactato que posteriormente estimula a ventilação.

O limiar anaeróbio indica-nos a capacidade do ciclista desenvolver esforço numa situação de agravada acidose intra-muscular, por acumulação de hidrogeniões produzidos pela via glicolítica e que se reflecte na acumulação de ácido láctico (Aragão, 2006).

Analisando o  $Lan_{vent}$ , nos ciclistas cadetes o ponto de turnover ocorre aos  $79.1 \pm 6.3\%$  do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , nos juniores aos  $82.7 \pm 5.7\%$  e nos elites aos  $82.1 \pm 3.9\%$ . Tanto os juniores como os elites apresentam valores em consonância com Friel (2009) que aponta para valores em atletas treinados entre 80 a 90% do  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Já Mujika e Padilla (2001) situam o limiar anaeróbio nos 77%  $VO_{2m\acute{a}x}$ , valor um pouco inferior ao observado no nosso estudo.

Coyle et al. (1988) atribuiu 81% da variação da performance de ciclistas de topo com valores similares de consumo máximo de oxigénio, às diferenças entre as percentagens de  $VO_{2m\acute{a}x}$  equivalentes ao limiar anaeróbio (Coyle et al., 1988).

A capacidade de manter uma percentagem elevada de  $VO_{2m\acute{a}x}$  durante largos períodos de tempo pode ter uma maior relevância no rendimento, nomeadamente em etapas de contra-relógio e de alta montanha (Aragão, 2006).



Em relação à potência produzida o  $L_{an_{vent}}$  situa-se nos  $220.8 \pm 30.3W$ ,  $239.3 \pm 35W$  e  $330 \pm 23.2W$  nos cadetes, juniores e elites, respectivamente. Em termos comparativos a potência ao limiar anaeróbio para os indivíduos elites segundo Mujika e Padilla (2001) é de  $334W$ , valor superior ao da amostra por nós estudada.

O limiar anaeróbico melhora com o treino adequado, não só através da melhoria metabólica mas também pelo aumento da eficiência mecânica que expressa uma maior eficácia no padrão de recrutamento das unidades motoras implicadas no esforço (Aragão, 2006).

A percentagem da  $FC_{máx}$  ao  $L_{an_{vent}}$  é similar entre os diferentes escalões: em cadetes  $86 \pm 3.9\%$ , em juniores  $86 \pm 5.7\%$  e em elites  $85 \pm 4.6\%$ . Para além de similar entre os diferentes escalões a percentagem recolhida no estudo de Mujika e Padilla (2001) não difere em grande medida ao nosso estudo ( $84\%$  da  $FC_{máx}$ ).

Neste estudo existem algumas limitações que podem ter influenciado os resultados obtidos.

O momento da época em que as recolhas foram realizadas (início da Primavera) numa fase precoce do período competitivo podem ter contribuído para valores inferiores. Outra limitação prendeu-se com o tamanho reduzido da amostra e a sua heterogeneidade. Por sua vez, a maioria dos estudos comparativos foi efectuada em selecções nacionais, logo com amostras de excelência. No nosso caso, a amostra cingiu-se a atletas que competem a nível nacional, sem qualquer constrangimento face aos resultados alcançados pelos mesmos nas competições em que estavam envolvidos. Por fim, qualquer análise comparativa deve ser cuidada, tendo em consideração o protocolo de avaliação utilizado neste estudo e acima enunciado.



## 6. Conclusões

Em relação à percentagem de massa gorda, os valores obtidos no escalão de elites não se distinguem do panorama internacional, sendo um indicador antropométrico importante na performance no ciclismo.

Entre os diferentes escalões o valor da massa corporal vai naturalmente subindo consoante a idade.

Conclui-se que o IMC não é um bom indicador para estudar antropometricamente os ciclistas, dado que o valor mais baixo é encontrado no escalão de cadetes, ciclistas esses que têm a maior percentagem de massa gorda. O IMC não nos elucida na avaliação entre a massa muscular e a massa gorda.

Os valores do  $VO_{2máx}$  e da potência relativa são significativamente mais altos no escalão de elites do que na formação.

Contudo em todas as análises comparativas com dados de estudos anteriores, os valores do  $VO_{2máx}$  são mais baixos independentemente dos escalões. Comparando juniores ou os elites os resultados são inferiores face aos dados internacionais.

Entre juniores e cadetes é importante realçar que ao contrário do que seria esperado os valores relativos quer sejam do  $VO_{2máx}$  quer da potência são superiores nos cadetes. Supõe-se que o grupo de cadetes apresenta um nível superior relativamente ao grupo dos juniores, análise contudo sempre sujeita ao constrangimento amostral acima referenciado.



## 7. Bibliografia

- Abergel, E., Linhart, A., Chatellier, G., Gariépy, J., Ducardonnet, A., Diebold, B., & Menard, J. (1998). Vascular and cardiac remodeling in world class professional cyclists. *Am Heart J*, 136(5), 818-823.
- Aragão, T. (2006). *Caracterização Fisiológica do Ciclista de Estrada Português*. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto: Dissertação de apresentada a
- Atkinson, G., Davison, R., Jeukendrup, A., & Passfield, L. (2003). Science and cycling: current knowledge and future directions for research. *J Sports Sci*, 21(9), 767-787.
- Beaver, W. L., Wasserman, k., & Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*, 60(6), 2020-2027.
- Coyle, F. E., Coggan, R. A., Hopper, K. M., & Walters, J. T. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology* 64(6), 2622-2630.
- Friel, J. (2009). *The cyclist's training bible* (4 ed.). Colorado: Velopress.
- García, F. B., Landaluze, P. J., Alonso, R. M., & Terrados, N. (2000). Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc*, 32(05), 1002-1006.
- Hinault, B., & Genzling, C. (1988). *Ciclismo de estrada*. Lisboa: Editorial Presença.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, 586, 35-44.
- Lucía, A., Hoyos, J., & Chicharro, L. J. (2001). Physiology of professional road cycling. *Sports Med* 31(5), 325-337.
- Marroyo, A. J., Pernía, R., Cejuela, R., López, G. J., Llopis, J., & Villa, G. J. (2011). Exercise intensity and load during different races in youth and junior cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 511-519.
- Menaspa, P., Rampinini, E., Bosio, A., Carlomagno, D., Riggio, M., & Sassi, A. (2012). Physiological and anthropometric characteristics of junior cyclists of different specialties and performance levels. *Scand J Med Sci Sports*, 22, 392-398.
- Menaspa, P., Sassi, A., & Impellizzeri, F. M. (2010). Aerobic fitness variables do not predict the professional career of young cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 42(4), 805-812.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Med*, 31(7), 479-487.

- Padilla, S., Mujika, I., Orbañanos, J., Santisteban, J., Angulo, F., & Goirienea, J. J. (2001). Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 796-802.
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2000). *Fisiologia do Exercício* (3 ed.).
- Rodríguez Reguero, J. J., Iglesias Cubero, G., Lòpez de la Iglesia, J., Terrados, N., Gonzalez, V., Cortina, R., & Cortina, A. (1995). Prevalence and upper limit of cardiac hypertrophy in professional cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 70(5), 375-378.
- Schumacher, Y. O., Mroz, R., Mueller, P., Schmid, A., & Ruecker, G. (2006). Success in elite cycling: A prospective and retrospective analysis of race results. *J Sports Sci*, 24(11), 1149-1156.
- Vogt, S., Schumacher, Y. O., Blum, A., Roecker, K., Dickhuth, H. H., Schmid, A., & Heinrich, L. (2007). Cycling power output produced during flat and mountain stages in the Giro d'Italia: a case study. *J Sports Sci*, 25, 1299-1305.