

**Tiago André Masqueiro Encarnação**

**Análise da medição de potência em ciclismo:  
Comparação entre diferentes rolos de treino**

Dissertação de Mestrado em Biocinética, orientado pelo professor Doutor Amândio Santos e apresentada na  
Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

Coimbra, 2016



Tiago André Masqueiro Encarnação

**Análise da medição de potência em ciclismo:  
Comparação entre diferentes rolos de treino**

Dissertação de Mestrado em Biocinética, apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, com vista à obtenção do grau de mestre em Biocinética, na área científica de Ciências do Desporto

**Orientador:** Professor Dr. Amândio Santos

**UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

Coimbra, 2016

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus pais, Carlos e Célia Encarnação, que sempre acreditaram no meu valor e que sempre estiveram a meu lado nos bons e menos bons momentos.

Agradeço à minha família por toda a compreensão e paciência em mais uma etapa da minha vida, em especial ao meu padrinho Miguel Masqueiro.

Agradeço ao meu orientador, o Professor Doutor Amândio Santos pela ajuda e orientação neste projeto e por inculcar o gosto pelas Ciências do Desporto e Fisiologia do exercício, procurando sempre a melhoria constante.

Agradeço ao Gabriel Mendes pela disponibilidade de equipamentos essenciais ao projeto.

Agradeço à Fátima Rosado, pela ajuda nas muitas horas no laboratório

Agradeço ao atleta e colega de mestrado, José Afonso pela disponibilidade e energia na preparação e realização de todos os testes.

## Resumo

**Objetivos:** comparar os dados de potência obtidos com a utilização de diferentes rolos de treino com medição de potência, aplicando um mesmo protocolo; Verificar se, para um mesmo protocolo, os dados recolhidos nos diversos rolos de treino são idênticos; Comparar os dados de potência apresentados pelos rolos de treino a diferentes intensidades de esforço (40%, 60%, 80%, 100% e 120% do seu Limiar Anaeróbio); Verificar qual o rolo de treino mais exato.

**Metodologia:** Neste estudo foi utilizado um atleta de ciclismo, do género masculino de 21 anos de idade, com experiência > 3 anos de competição e com  $Vo_{2max} > 60 \text{ml.kg.min}^{-1}$ , que pedalou a 90rpm durante 4 minutos por cada patamar gerando um pulso de dados de 1 por segundo, tendo realizado 9 patamares relativamente ao teste máximo e 5 patamares em cada um dos testes sub-máximos. O estudo foi dividido em duas fases distintas. Numa primeira fase foram retirados dados antropométricos para caracterização da amostra, bem como efectuado um teste máximo por patamares no cicloergómetro *Monark 894Peak* com análise de consumo de Oxigénio e medição de lactato sanguíneo, para estabelecimento de patamares de esforço. Numa segunda fase, o atleta em estudo efectuou cinco testes sub-máximos (mesmo protocolo) em cinco rolos de treino com medição de potencia diferentes. Em todos os testes o consumo de oxigénio foi monitorizado, bem como recolhidas amostras de sangue para análise, para comparação direta entre testes. Foram realizadas análises estatísticas para determinar a relação entre as diferentes variáveis em estudo.

**Resultados:** Do teste máximo realizado nesta dissertação e após análise estatística, verificaram-se diferenças significativas entre as medições de potência do equipamento *SRM power meter* e a *Monark 894E peak* em todos os patamares de esforço. Foram ainda verificadas diferenças significativas em todos os patamares dos testes sub-máximos nos rolos de treino com medição de potência. Os limiares anaeróbios estabelecidos através do método de Newell et al, 2007, registaram variações na ordem dos  $\pm 23\%$  correspondendo a cerca de  $\pm 55$  watts entre rolos para uma mesma intensidade de esforço.

**Conclusão:** Com os resultados verificados nesta dissertação é possível concluir que apesar de terem sido encontradas diferenças entre os dois equipamentos padrão utilizados, neste caso o *SRM power meter* e a *Monark 894E peak*, essas mesmas diferenças são desprezíveis em termos de treino de ciclismo, uma vez que se trata de valores de diferenças máximas de 12 watts ou seja  $\pm 3\%$ , no entanto o mesmo já não podemos dizer em relação aos restantes equipamentos utilizados visto que essas diferenças são cerca de  $\pm 23\%$  relativamente aos ergómetros padrão. Este facto poderá levar a que um atleta que seja avaliado num equipamento laboratorial e depois vá utilizar o seu equipamento de treino, esteja completamente fora das duas zonas alvo de treino devido aos erros de medida associados aos equipamentos.

**Palavras-chave:** Potenciómetros, SRM power meter, Monark 894E Peak, Vo<sub>2</sub>máx, rolos de treino

## **Abstract**

**Goal:** Comparing the performance data obtained using different power measurement training rollers, applying the same protocol; Check that, for the same protocol, the data collected in the various power training rollers are identical; Compare the performance data submitted by power training rollers at different effort intensities (40%, 60%, 80%, 100% and 120% of athlete's anaerobic threshold); Verify the most exact power training roller

**Methodology:** This study used one cyclist, male 21 years of age with experience >3 years of competition and  $VO_{2max} >60\text{ml.kg.min}^{-1}$ , which pedaled at 90rpm for 4 minutes for each level generating a pulse of 1 data per second, and performed 9 stages on the maximum test and 5 stages in each of the five sub-maximal tests. The study was divided into two phases. Initially there were taken anthropometric data to characterize the sample, and carried out a maximal test in the cycle ergometer Monark 894Peak with oxygen consumption analysis and measurement of blood lactate to establish athlete lactate levels. In a second stage, the athlete studied conducted five sub-maximal tests (same protocol) in five power training rollers with different power measurement units. In all tests, the oxygen consumption was monitored and collected blood samples for analysis, for direct comparison between tests. Statistical analyzes were performed to determine the relationship between different variables under study.

**Results:** From the maximum test performed and after statistical analysis, there were significant differences between the power measurements of the SRM power meter equipment and Monark 894E peak at all levels of effort. Significant differences were also observed in all levels of sub-maximal tests in power training rollers. The anaerobic thresholds established by the method of Newell et al, 2007, registered variations in the order of  $\pm 23\%$ , which corresponds to about  $\pm 55$  watts of difference between power training rollers for the same exercise intensity.

**Conclusion:** With the results obtained in this dissertation it is possible to conclude that despite being found differences between the two standard equipment used in this case the SRM power meter and the Monark 894E peak, these same differences are negligible in terms of cycling training, since it comes to maximum differences of about 12 watts or  $\pm 3\%$ , however the same can not be said for the remaining used equipments as these differences are about  $\pm 23\%$  compared to standard ergometers. This may lead to an athlete who is evaluated in laboratory with a specific equipment and then go use his own power training rollers at home, the training target areas are completely different due to measurement errors associated with the used equipment.

**Key words:** Power meters, SRM power meter, Monark 894E Peak, Vo2max, Training rollers

# Índice

<b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
1. Objetivo Geral.....	4
2. Objetivos Específicos .....	4
3. Pertinência de Estudo.....	4
<b>CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
1. Caracterização do Ciclismo de Estrada .....	6
2. Importância da Potência no Ciclismo .....	8
I. <i>O que é a Potência</i> .....	8
II. <i>Qual a vantagem de utilizar um power meter</i> .....	9
III. <i>Como Medir a Potência?</i> .....	10
3. Potência – Revisão Literatura .....	13
4. Determinantes Fisiológicas Pertinentes ao Estudo .....	16
I. <i>Consumo Máximo de Oxigênio (VO<sub>2</sub>max)</i> .....	16
II. <i>Limiar Anaeróbio/Limiar Lactato</i> .....	18
III. <i>Capacidade Anaeróbia</i> .....	21
IV. <i>Potência Anaeróbia</i> .....	22
<b>CAPÍTULO III - METODOLOGIA .....</b>	<b>25</b>
1. Delineamento da Pesquisa .....	25
2. Autorizações e Considerações Éticas.....	25
3. Caracterização e Seleção da Amostra .....	25
4. Critérios de Inclusão .....	25
5. Critérios de Exclusão .....	26
6. Desenho do Estudo .....	26
7. Cronograma de Trabalhos.....	27
8. Instrumentos de Medida .....	28

I. Análise Antropométrica e Composição Corporal.....	28
II. Teste Máximo.....	28
III. Teste Sub-máximo Laboratório.....	29
9. Variáveis Independentes, Dependentes e de Controlo .....	30
10. Procedimentos de Avaliação.....	31
I. Pletismografia por Ar (Bod Pod).....	31
II. Antropometria.....	32
III. Teste Máximo Laboratório.....	35
IV. Testes Sub-máximo .....	44
V. Rolos de treino com Medição de potencia .....	48
<b>CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
1. Dados Antropométricos.....	58
2. Dados Teste Máximo .....	59
3. Dados Testes Sub-máximos .....	65
I. Rolo treino Elite Turbo Muin Smart B+ .....	67
II. Rolo de treino Tacx Bushido Smart.....	68
III. Rolo de treino Lemond Revolution.....	69
IV. Rolo de treino Tacx Neo Smart.....	70
V. Rolo de treino Tacx Vortex.....	71
Comparação entre todos rolos.....	72
4. Variáveis Fisiológicas.....	73
<b>CAPÍTULO V - DISCUSSÃO.....</b>	<b>75</b>
1. Teste Máximo .....	75
2. Testes Sub-máximo.....	76
3. Variáveis Fisiológicas.....	81
<b>CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO .....</b>	<b>83</b>
1. Limitações do Estudo.....	85
2. Sugestões para novos estudos .....	85
<b>CAPÍTULO VII - BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>87</b>

<b>CAPÍTULO VIII – APÊNDICE .....</b>	<b>96</b>
Apêndice I .....	96
Apêndice II.....	97

## Glossário

**Adipómetro** – equipamento médico para medição pregas adiposas ou espessura da gordura da pele

**Cardiofrequencímetro** – equipamento utilizado por desportistas que permite controlar a frequência cardíaca

**Crenque** – peça de bicicleta também denominado de eixo pedaleiro. Conectado aos pedais

**Cubo traseiro** – peça constituinte da zona central da roda traseira, de onde partem os raios da bicicleta em direção ao aro da roda e onde se incorpora a chaveta de ligação ao quadro

**Cicloergómetro** – equipamento utilizado em ciências do desporto que permite medir a quantidade de trabalho realizado pelo corpo humano

**Drafting** – permissão de Vácuo

**“drop” do guiador** – zona mais curva do guiador de ciclismo de estrada

**Estadiómetro** – escala para medição de alturas

**Ergoespirometria** – procedimento que avalia o desempenho físico máximo do paciente e mede a resposta de seus sistemas cardiovascular, muscular e pulmonar a situações de esforço

**Inseam** – medida vertical retirada desde a sínfise púbica até ao solo

**Indoor** – desporto ou actividade realizada num recinto fechado

**Lactato** – ácido láctico; composto do metabolismo energético produzido em esforços de alta intensidade

**Overtraining** – sobre treino; treino em excesso

**Outdoor** - desporto ou actividade realizada num recinto ao ar livre

**Pletismógrafo** – aparelho medico que permite registar as modificações de volume por parte de um órgão ou do corpo por inteiro

**Power Output** – potência

**Performance** – rendimento desportivo

## **Lista de Abreviaturas/Siglas/Acrónimos**

**SRM** – Sistema de medição de Potência

**Vo2 máx** – Consumo Máximo de Oxigénio

**W** – Watts de potência

**r** – Coeficiente de correlação de Pearson

**VO2 L/min** – Consumo máximo de oxigénio Absoluto

**Rpm** – Rotações por minuto

**ml** – Mililitros

**KG/L** – Quilogramas por litro

**DP** – Desvio Padrão

**FC** – Frequência cardíaca

**UCI** – União Ciclista Internacional

**LAn** - Limiar Anaeróbio

**MM** – Massa magra

**MG** – massa gorda

**x** – Média de uma variável

**FCM** – Frequência cardíaca Máxima

**R** – Coeficiente de Razão Respiratória

**DP** – Desvio-Padrão

**2DP** – Dois Desvios-Padrão

## Lista de Figuras

Figura 1 - Balança da Potência.....	9
Figura 2 – Interior Extensómetros.....	11
Figura 3 – Extensómetros.....	11
Figura 5 - Cicloergómetro Monark 894E Peak .....	38
Figura 6 - Potenciómetro SRM montado no cicloergómetro Monark 894E Peak ..	38
Figura 7 - Exemplificação da colocação da máscara utilizada nos testes .....	41
Figura 8 - Analisador de Gases Metamax@ .....	41
Figura 9 - Equipamentos utilizados na análise de Lactatos .....	41
Figura 10 - Analisador de Lactatos Dr. Lange .....	41
Figura 11 - Rolo de Treino Elite Turbo Muin Smart B+ .....	55
Figura 12- Rolo de Treino Tacx Neo Smart.....	55
Figura 13 - Rolo de Treino Lemond Revolution.....	55
Figura 14 - Rolo de Treino Tacx Bushido Smart.....	55
Figura 15 - Rolo de Treino Tacx Vortex Smart .....	55

## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1 - Protocolo de Teste Máximo.....	37
Gráfico 2- Protocolo de Teste Sub-máximo.....	47
Gráfico 3 - Comparação Médias Potência Teste Máximo .....	59
Gráfico 4- Comparação Médias Cadência Teste Máximo .....	59
Gráfico 5 - Comparação Potências todos os testes sub-máximos .....	72
Gráfico 6 - Tipos de rolo e resistências.....	76

## Lista de Tabelas

Tabela 1- Valores de Potência média em literatura com ciclistas.....	15
Tabela 2 - Cronograma de Trabalhos.....	27
Tabela 3 - Relação Carga (Kg)/Potência no Cicloergómetro Monark 894E Peak..	37
Tabela 4 - Valores Antropométricos .....	58
Tabela 5 - Médias Potência Patamar 1 .....	60
Tabela 6 - Médias Cadência Patamar 1 .....	60
Tabela 7 - Médias Potência Patamar 2 .....	60
Tabela 8 - Médias Cadência Patamar 2 .....	60
Tabela 9 - Médias Potência Patamar 3 .....	61
Tabela 10 - Médias Cadência Patamar 3 .....	61
Tabela 11 - Médias Potência Patamar 4 .....	61
Tabela 12 - Médias Cadência Patamar 4.....	61
Tabela 13 - Médias Cadência Patamar 5.....	62
Tabela 14 - Médias Potência Patamar 5 .....	62
Tabela 15 - Médias Potência Patamar 6.....	62
Tabela 16 - Médias Cadência Patamar 6.....	62
Tabela 17 - Médias Cadência Patamar 7.....	63
Tabela 18 - Médias Potência Patamar 7.....	63
Tabela 19 - Médias Cadência Patamar 8.....	63
Tabela 20 - Médias Potência Patamar 8.....	63
Tabela 21 - Médias Potência Patamar 9.....	64

Tabela 22 - Médias Cadência Patamar 9.....	64
Tabela 23 - Médias de Potência cinco rolos.....	72
Tabela 24 - Médias Limiar Anaeróbio.....	73
Tabela 25 - Rolo Elite Turbo Muin Smart B+ .....	77
Tabela 26 - Rolo Tacx Bushido .....	78
Tabela 27 - Rolo Lemond Revolution.....	79
Tabela 28 - Rolo Tacx Neo Smart.....	80
Tabela 29 - Rolo Tacx Vortex.....	80
Tabela 30 - Médias Limiar Anaeróbio.....	81

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUÇÃO**

# CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Nos dias que decorrem e com a evolução da tecnologia associada ao desporto, treinar e competir simplesmente com um cardiofrequencímetro já não é opção/solução para quem quer discutir os lugares cimeiros de qualquer competição.

Desde o longínquo ano de 1992 (mais precisamente desde as Olimpíadas de Barcelona92') que a equipa do Reino Unido de ciclismo de Pista tem utilizado um medidor de Potência (o famoso SRM) para monitorizar, quantificar e planear os seus treinos, competições e tentativas de superar (com êxito diga-se) Records Mundiais, Europeus e Olímpicos.

Passados mais de 20 anos, o ciclismo atual já não vive sem medidores de potência, que face ao mediatismo social, passo a denominar de *power meters*.

Assim sendo, os *power meters* tem-se tornado na referência do controlo de treino, análise da competição e planeamento a curto e longo prazo de todos ou quase todos os ciclistas mundiais que, indiscutivelmente querem estar no topo de modalidade. Desde os “primórdios” dos *power meters*, têm surgido ao longo do tempo uma série de aparelhos de medição de potência, um pouco ao sabor das marcas, que prometem medir e quantificar o esforço dos atletas e ajuda-los no seu treino e competição, primeiro diretamente incorporados nas bicicletas, posteriormente nos seus componentes (como o caso dos cubos das rodas das bicicletas) e nos últimos anos através dos rolos de treino com medição potência.

Uma vez que o ciclismo depende muito das condições ambientais terreno e de treino específico, e no facto de os mesmos terem de treinar independentemente das condições ambientais e fase da época desportiva (fase de preparação, fase pré-competitiva ou fase competitiva), o uso de rolos de treino com medição de potência torna-se uma ferramenta indispensável à qualidade da sessão de treino indoor.

Este tipo de rolos, aplica uma resistência diretamente na roda traseira da bicicleta ou no sistema de desmultiplicação traseira da bicicleta, substituindo a resistência ao ar ou de rolamento experienciada durante o ciclismo outdoor. Com estes mesmos aparelhos podemos quantificar o trabalho realizado em cima da

bicicleta e saber se o mesmo foi efetivo ou não.

No nosso país, devido a diversos fatores económicos, sociais e desportivos, somente nos últimos anos têm surgido atletas e grupos com acesso aos *power meters* e aos rolos de treino com medição de potência.

Esta dissertação propõe-se testar, analisar e apresentar respostas a algumas questões resultantes do aparecimento nos mercados desportivos e no meio ciclístico de uma panóplia de *power meters* e/ou rolos de treino com medição de potência. Assim sendo, nesta dissertação incluímos três das marcas mais comercializadas e conhecidas do mercado (Tacx, Elite, Lemond), bem como cinco rolos de treino com medição de potência de gamas de preço diferentes, abrangendo assim um leque grande de oferta das marcas.

Algumas das questões que pretendemos responder são:

- Os rolos de treino com medição de potência medem o esforço de forma igual?
- Para uma mesma intensidade de esforço, os resultados obtidos através dos diferentes rolos são idênticos?
- Se um atleta realizar um teste de esforço com um rolo de treino com medição de potência X e treinar com um rolo de treino com medição de potência Y, está a treinar à mesma intensidade?

Estas são algumas questões que se colocam e que, no final da presente dissertação esperamos conseguir responder.

## **1. Objetivo Geral**

Tendo como referencial e base científica uma revisão atualizada da literatura concretamente relacionada com a matéria do estudo em apreço, o objetivo geral da presente dissertação é o de comparar os valores de potência obtidos com a utilização de diferentes rolos de treino comparativamente aos valores obtidos no equipamento padrão, aplicando um mesmo protocolo.

## **2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos da presente dissertação são:

- Verificar se, para um mesmo protocolo, os dados recolhidos nos diversos rolos de treino são idênticos;
- Verificar e analisar, os dados de potência apresentados pelos rolos de treino a diferentes intensidades de esforço (40%, 60%, 80%, 100% e 120% do seu Limiar Anaeróbio), relativamente ao desajuste
- Verificar qual a grandeza do desajuste de medição relativamente ao objetivo estipulado que nos permita avaliar o grau de precisão de cada equipamento.

## **3. Pertinência de Estudo**

Defendemos que, no panorama atual do ciclismo internacional, é imperativo e urgente que, de forma segura e cientificamente sustentada, se passe da defesa da aplicação exclusiva do conhecimento empírico, para a implementação complementar e assertiva do conhecimento científico. Neste sentido, visando também contribuir para esta mudança de paradigma, afigura-se-nos pertinente a realização deste estudo dos rolos de treino com medição de potência e dos *power meters*, podendo de forma mais fácil quantificar, qualificar, prever e programar o rendimento de qualquer ciclista, que procure melhorar o seu desempenho desportivo.

**CAPÍTULO II**  
**REVISÃO LITERARURA**

# CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

## 1. Caracterização do Ciclismo de Estrada

O ciclismo de estrada é uma das oito disciplinas que constituem a modalidade Olímpica de Ciclismo (estrada, pista, montanha, bmx, para-ciclismo, ciclismo indoor, e ciclo-cross.).

Esta, tal como o nome indica, tem lugar na estrada, podendo as suas competições prolongar-se entre o período de um único dia a 3 semanas (caso dos Jogos Olímpicos ou Campeonatos do Mundo e uma grande volta, como o “Tour”, a “Vuelta” ou o “Giro”, respectivamente).

O ciclismo de estrada está dividido em duas sub-disciplinas: as provas em linha, as provas de contrarrelógio individual e por equipas. Tanto as provas em linha como as de contra-relógio, podem ser percorridas de um ponto a outro ou em circuito, sendo o vencedor quem percorre a distância programada no menor espaço de tempo. (UCI Brochure, 2010)

A duração média de uma prova de ciclismo em linha pode variar de 4h a 6h e a duração média de uma prova de contrarrelógio pode variar de 40min a 60min, podendo ser percorridas distâncias médias de 140km a 260km e 30km a 50km, respetivamente.

No decorrer de uma prova de ciclismo, o perfil da corrida sofre variadas alterações, devido à altimetria, condições ambientais, táticas e estratégias das equipas (no decorrer das provas). As provas podem variar de altitudes nulas (0m) a altas altitudes (cerca de 2500m), podendo ainda verificar-se variações de temperaturas (baixas ou altas - desde os 5°C aos 40°C), bem como variações nas intensidades, velocidades e distâncias, tornando o ciclismo uma das modalidades mais completas e exigentes do desporto mundial.

Nas provas e/ou, etapas, onde predomina uma altimetria estável, considera-se que estamos perante uma etapa plana. Neste tipo de etapas, a predominância de tempo percorrido a diferentes intensidades de esforço difere grandemente, sendo que a intensidades abaixo de 70% do esforço, o tempo total gasto é de cerca de 70% do

tempo total, a intensidades entre 70% e 90%, o tempo total gasto é de 25% do tempo total e acima de 90% do esforço total é de 5% do tempo total. (Garcia et al, 2000)

As provas de estrada em linha são caracterizadas por partidas em massa ou partidas todos juntos. Os ciclistas, neste tipo de corridas, “rolam” todos juntos como um “pelotão”, apesar de formarem parte de várias equipas. Os principais problemas que afetam o rendimento nas provas de estrada são as táticas de equipa e o “*drafting*”. (Swain, 1998)

Nas provas de contrarrelógio, quer sejam individuais ou em equipa, para os atletas que discutem as posições de destaque (velocidades médias de  $\pm 50$  Km/h), a intensidade de esforço durante a prova é de cerca de 90% do VO<sub>2</sub>máx, podendo atingir potências constantes de 350W de trabalho durante largos períodos de tempo (cerca de 60min), rodando a uma média de 90rpm. (Lúcia et al, 1999). Acrescentando a estes dados, cerca de 50% do tempo total de esforço ocorre a intensidades superiores a 90% do VO<sub>2</sub>máx. (Garcia et al, 2000)

Segundo (Swain, 1998), nas provas de contrarrelógio, os ciclistas encontram um tipo de problemas diferentes aos das provas em linha, de partida em massa. Neste tipo de provas, os corredores, ao realizarem o seu rendimento individualmente, fazem frente ao vento por si sós. Está também comprovado que a potência determina o rendimento individual e, por essa razão, as provas de contrarrelógio têm recebido a designação de “corrida/prova da verdade”. Os contra-relógios são muitas vezes, ou quase sempre, utilizados pelas grandes voltas por etapas mundiais, para separar os verdadeiros candidatos à vitória final dos outros ciclistas.

## 2. Importância da Potência no Ciclismo

### I. O que é a Potência

Simplesmente descrevendo, a potência é a quantidade de força (trabalho) produzida durante um período de tempo. Um *power meter* (ou medidor de potência), utiliza o torque produzido em cada uma das pedaladas do ciclista e multiplica-o pela cadência da pedalada.

Assim sendo, temos que a potência por si só e independentemente de qualquer restrição que o atleta venha a deparar-se com, (ex: terreno, temperatura, vento, humidade, fadiga, hidratação), é o produto da força aplicada nos pedais pelo frequência de pedalada.

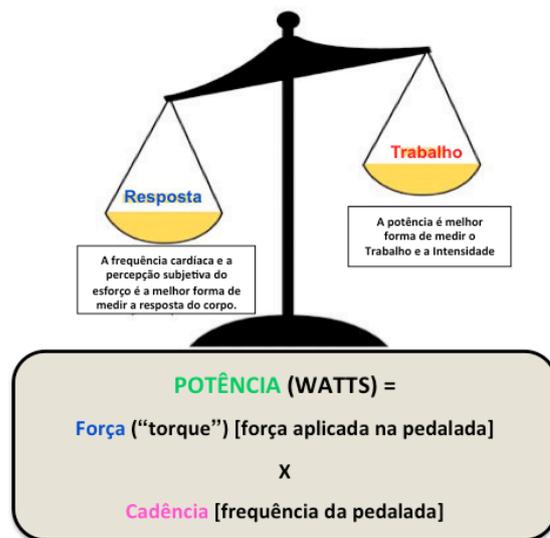
**Potência = F (torque) x C (frequência pedalada) (unidade medida: watt)**

A potência por si só aparenta ser o factor mais determinante e importante no rendimento de ciclismo de endurance/resistência, uma vez que interliga o consumo máximo de oxigénio, a percentagem do consumo máximo de oxigénio que pode ser mantida por determinado tempo de esforço e ainda a eficiência do gesto.

Ao contrário da frequência cardíaca (FC - aqui referenciada devido á sua ampla utilização no treino de atletas de ciclismo), a potência mede a taxa de trabalho que o corpo sustem no treino/competição/actividade, enquanto que a FC informa sobre o stress a que o corpo é submetido durante esse trabalho.

Quando um *power meter* mede 250w de potência num determinado segmento, quer dizer que o corpo está a gerar 250j de energia mecânica por segundo, estando o atleta em Portugal ou nas montanhas dos Pirenéus. As restantes variáveis implicadas nesse mesmo segmento tais como, velocidade e frequência cardíaca, bem podem ser diferentes, no entanto a potência informa-nos que o trabalho interno do atleta é semelhante.

Verdadeiramente as únicas formas de o atleta produzir mais ou menos potência, depende única e exclusivamente de, ou aplicar mais ou menos força nos pedais por pedalada ou, aumentar ou diminuir a cadência/frequência de pedalada.



**Figura 1 - Balança da Potência**

## **II. Qual a vantagem de utilizar um power meter**

Anteriormente á introdução da medição de potência no treino e competição de ciclismo, a quantificação do trabalho despendido em cada sessão baseava-se em respostas do corpo ao esforço e não na medição direta do trabalho que o corpo sustinha. Dessa forma, os dados obtidos baseavam-se em números de stress fisiológico (FC, por exemplo) ao invés de dados reais de trabalho, podendo com muita facilidade o atleta estar a treinar/competir muito abaixo ou muito acima das suas capacidades, não sendo possível alcançar o seu verdadeiro potencial.

Os dados fornecidos pelos *power meters* são precisos e válidos no que à medição do trabalho físico e da energia despendida durante o exercício físico se refere. Os *power meters* estão disponíveis comercialmente desde o ano de 1986 e, com dados ao segundo de frequência cardíaca, velocidade, cadência, distancia e tempo, tornaram-se indispensáveis ao treino, competição, testes e pesquisa científica especificamente ligada ao ciclismo (Allen e Coggan, 2006)

Desde a introdução da potência no mundo do Ciclismo, é possível com clareza e

certeza guardar todos os dados envolvidos no que ao treino/competição respeita e assim ajudar a:

- Estabelecer uma linha de condição física base;
- Medir aumentos/perdas de capacidade física;
- Quantificar a intensidade, duração e frequência – ao invés de adivinhar;
- Prevenir o *overtraining*;
- Definir estratégias de ritmo de corrida – “Pacing”;
- Estimar e quantificar o desgaste calórico;
- Qualificar as diferentes disciplinas dentro do ciclismo;

### **III. Como Medir a Potência?**

Após referir a importância da potência para o ciclismo atual, é também de referir que a bicicleta providencia uma plataforma ideal para incorporar um sistema de medição de potência, uma vez que a aplicação das forças é relativamente estável e cíclica.

Assim na bicicleta, é possível medir a potência em vários locais diferentes:

- Cubo traseiro,
- Pedais;
- Braços Crenques;
- Eixo pedaleiro;
- Spyder pedaleiro;
- Fórmulas matemáticas.

A potência é medida como a quantidade de trabalho ou torque aplicado/gerado em cada um destes pontos de medição (cubo, pedais ou crenque) multiplicado pela velocidade angular de cada um destes pontos/cadência. Assim sendo, a potência real de um ciclista é simplesmente o produto de “how hard” ele pedala e “how fast” ele pedala. Para produzir mais potência, basta aplicar mais força/torque ou pedalar mais rápido.

Desde que a primeira marca de potenciômetros surgiu no mercado,( a famosa SRM, que utilizaremos nesta dissertação e será apresentada mais á frente) que surgiram outra marcas ligadas ao ciclismo a apresentar os seus medidores de potência,

sendo que todas elas optaram pelos locais de medição que consideram mais relevante ou mais acertado. Assim, temos marcas comerciais que realizam a medição no cubo traseiro (PowerTap), que medem no crenque (ERGOMO), Pedaleira (SRM) e nos pedais (Polar)

O sistema utilizado pela marca SRM (material utilizado nesta dissertação) basicamente mede a torsão que se dá no eixo pedaleiro após a aplicação de uma força/torque em cada ciclo da pedalada. Essa força ou essa torsão é medida por Strain gauges (extensômetros), inseridos no interior do eixo da pedaleira, e posteriormente transmitidos à Head Unit SRM (colocada no guidador da bicicleta) que, após receber a informação transforma a quantidade de torsão em watts (unidade de medida da potência)



**Figura 3 – Extensômetros**



**Figura 2 – Interior Extensômetros**

A somar a tudo isto, a potência em cima de bicicleta é ainda o produto da velocidade a que conseguimos rodar e de todas as forças que resistem ao movimento. Forças como a resistência aerodinâmica ou vento, resistência gravitacional, a inclinação das estradas, a resistência dos rolamentos, a qualidade pressão dos pneus e a resistência dos materiais como a corrente, os pedaleiro e os carretos, impactam na potência do ciclista.

É importante referir que apesar de dois ciclistas irem à mesma velocidade, podem estar a produzir potências muito diferentes. E como se explica esta situação?!

Estas diferenças de potência produzidas/geradas devem-se ao facto de todos os indivíduos serem diferentes (fisiológica e morfológicamente), as suas bicicletas serem diferentes (tamanhos, pesos, designs) e as suas aerodinâmicas serem diferentes. Assim sendo, um ciclista pesando 80Kgs necessita de muito mais potência ou energia para rolar a 15km/h num dado tempo e terreno inclinado, do que um ciclista que pese 65kgs, para ir á mesma velocidade no mesmo tempo e terreno inclinado. Posto isto, um ciclista que adopte uma posição mais aerodinâmica, como rolar com as mãos nos “*drops do guiador*”, requer menor quantidade de força/torque aplicada nos pedais para atingir uma certa velocidade em terreno plano comparado com alguém que vai a rolar numa posição má aerodinamicamente.

### 3. Potência – Revisão Literatura

Para (Giraud et al, 2008), a potência é o fator chave para o rendimento em atletas de elite e é usada nos dias de hoje por fisiologistas em pesquisas relacionadas com metabolismo, terapias relacionadas com obesidade e em treino e reabilitação.

Uma das características mais importantes no ciclismo trata-se da capacidade de gerar mais ou menos potência máxima (*power output* máximo). A potência é definida como a taxa de produção de trabalho e foi proposta como um “preditor *rendimento*” por (Hawley & Noakes, 1992)

A potência no ciclismo inclui a soma das potências requeridas para ultrapassar a resistência ao ar e a potência requerida para transformar a energia cinética dos sistemas em potência para andar de bicicleta. (Olds, 2001).

Segundo (McArdle e Katch, 2001), o *power output* no ciclismo refere-se à quantidade de trabalho que um sujeito consegue realizar. Ao realizar um trabalho num cicloergómetro, a quantidade de trabalho é comparada à intensidade da carga desse mesmo ergómetro. Assim sendo, o trabalho (carga) é expressa em Watts, onde 1 Watt é proporcional a 1J/segundo de energia despendida.

Segundo (Padilla et al., 1999; Padilla et al., 2000), testes realizados em cicloergómetros, revelam valores máximo de potência que rondam os 349W e os 525W (5,7-6,8 W/kg)

A medição do pico de potência em esforços máximos tem vindo a ganhar popularidade no âmbito do planeamento de treino no ciclismo. (Jeukendrup, 2000; Lucia et al, 2000a e Faria et al, 2005)

Este parâmetro pode ser expresso como absoluto (em Watts) ou pode ser expresso relativamente à massa corporal (watts/Kg), sendo os seus valores relativos mais úteis e predicatórios do comportamento do ciclista em subida. (Jeukendrup, 2000)

Apesar dos resultados obtidos através de testes poderem, de uma forma muito direta, alterarem ou aperfeiçoarem os planeamentos de treino, testes de Pico de potência e/ou VO<sub>2</sub>max, somente são realizados 2 ou 3 vezes por época desportiva.

**(Lamberts et al, 2011)**

No entanto, se fosse possível retirar resultados precisos e fiáveis de um dos parâmetros acima referidos, o volume de testes por sessão poderia diminuir e possibilitar uma monitorização mais frequente do planeamento de treino.

Por sua vez, (Hawley e Noakes, 1992), desenvolveram um protocolo de testes e obtiveram resultados contundentes em relação a uma forte similaridade de resultados ( $r=0,97$ ) entre o VO<sub>2</sub>max e o pico de potência, podendo afirmar-se que, obtendo o pico de potência máximo, é possível prever-se também o VO<sub>2</sub>max

No ciclismo em especial, o valor de *power output* no pico consumo máximo de oxigénio (VO<sub>2</sub>max), torna-se um valor muito importante, particularmente na programação e planeamento dos treinos, uma vez que ao ser estabelecido esse valor, é possível aumentar as capacidades de endurance dos atletas com mais precisão. (Smith et al, 1999)

Referindo-nos às competições de ciclismo propriamente ditas, o trabalho de (Ebert et al, 2006), refere que os ciclistas passam maior parte do tempo de prova (~80%) a potências baixas a moderadas ( $2 - 4.9 \text{ W.kg}^{-1}$ ) e menos tempo a elevadas potências ( $>8 \text{ W.kg}^{-1}$ ) durante etapas planas, de montanha e circuitos.

Tentar prever ou quantificar um tipo de etapa de ciclismo de estrada torna-se muito difícil. Alguns estudos do passado, nomeadamente de autores de referência, quantificaram os esforços de atletas de elite em competição no que à potência média diz respeito, no entanto devido às inúmeras demandas intra e inter-etapas, os valores obtidos são dispares.

<b>Autores/ Estudo</b>	<b>n</b>	<b>Tipo de etapa / Classificação UCI</b>	<b>Valores de potência média</b>	<b>Terreno</b>
Vogt et al	5	Internacional Tour 2.3 UCI	220±2W	Misto
Vogt et al	1	Internacional Tour 2.3 UCI	392±55W	ITT
Ebert et al	67	Internacional Tour 2 HC UCI	262±30W	Circuito
Ebert et al	38	Internacional Tour 2 HC UCI	188±30W	Plano
Ebert et al	37	Internacional Tour 2 HC UCI	203±32W	Montanhoso
Lim et al	1		279W	Circuito
Lim et al	1		410W	ITT – Prólogo
Padilla et al	18	Laboratório	362W estimado	ITT Curto
Padilla et al	19	Laboratório	347W estimado	ITT Longo
Padilla et al	8	Laboratório	342W estimado	ITT Subida
Weber et al	10	2.3 UCI	234±30W	Plano
Weber et al	10	1.5 UCI	256±35W	Circuito de 1 dia
Jeukendruo e van Diemen	1	Etapa “Tour de France”	240W estimado	Montanha

**Tabela 1- Valores de Potência média em literatura com ciclistas**

## **4. Determinantes Fisiológicas Pertinentes ao Estudo**

### **I. Consumo Máximo de Oxigénio (VO<sub>2</sub>max)**

Segundo os autores (Brooks et al, 2005), a capacidade de fornecer energia para actividades que durem mais de 30 segundos depende do consumo e uso do oxigénio (O<sub>2</sub>). Uma vez que a maioria das actividades diárias na vida, no desporto e na medicina desportiva têm duração maior que 90 segundos, o consumo de O<sub>2</sub> fornece a energia básica à nossa existência. A máxima taxa a que um individuo consome O<sub>2</sub> é um importante determinante do pico de potência bem como da potência máxima sustentada, ou capacidade física, a que um individuo consegue trabalhar.

Para (Astrand e Rodahl, 1986), o VO<sub>2</sub>max, caracteriza-se como a maior taxa a que o oxigénio pode ser inspirado e utilizado, durante o exercício, ao nível do mar.

Existem enormes evidências citando que o VO<sub>2</sub>max é um dos parâmetros que mais definem o rendimento em atletas de endurance. (Bently et al, 2001; Jones e Carter, 2000; Lucia et al, 2002; Padilla et al, 2000a e Wilber et al, 1997) e especificamente no que se refere ao ciclismo de estrada, autores como (Burke et al, 1977; Burke, 1980 e Foster e Daniels, 1975) referem que o Consumo Máximo de Oxigénio é um dos melhores determinantes do sucesso no ciclismo de competição de estrada.

O consumo máximo de oxigénio (VO<sub>2</sub>max) é um indicador fisiológico muito importante, correspondendo à capacidade máxima do organismo em captar da atmosfera, transportar aos tecidos e utilizar/consumir por unidade de tempo o oxigénio através das vias metabólicas oxidativas. Para o organismo vencer uma dada carga de trabalho, o mesmo promove adaptações corporais, que vão desde adaptações respiratórias, a adaptações cardiovasculares, musculares e endócrinas, sendo que as mesmas estão condicionadas aos parâmetros de volume e intensidade de esforço pelo organismo suportado. Por sua vez, existe uma correlação direta entre a duração do esforço e a capacidade e potência do metabolismo oxidativo, (Rodrigues dos Santos, 2002), fator importantíssimo no ciclismo de competição.

O consumo máximo de oxigénio é um critério de medição da capacidade aeróbia de um atleta, indicando a capacidade máxima do organismo consumir

oxigênio durante esforço máximo até à exaustão, relacionando-se diretamente com o débito cardíaco (Q), que, por sua vez, depende do volume sistólico (VS) e da frequência cardíaca (FC). (Uth, 2005)

O débito cardíaco corresponde à quantidade de sangue que o coração consegue bombear por unidade de tempo, existindo diferenças notórias entre cenários esforço e repouso, bem como em atletas treinados e não treinados. Quando se submete um ciclista a um esforço intenso, este chega a bombear 40/50 litros de sangue por minuto, proporcionando o aumento do débito cardíaco e aumentando o consumo máximo de oxigênio (Algarra e Gorrotxategi, 1996)

Alcança-se o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) quando, após o aumento de carga de trabalho, não se verifica uma concordância no aumento do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), existindo sim uma estabilização. (Wasserman et al, 1999)

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) demonstra-nos o limite fisiológico, indicando o estado do sistema de transporte de oxigênio que está diretamente relacionado às variáveis do sistema cardiovascular, respiratório e do metabolismo energético. (Ruiz e Pérez, 2003)

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) estabelece a eficiência do sistema cardiorrespiratório em captar (ventilação pulmonar), fixar (trocas gasosas alveolares), transportar (sistema cardiovascular) e utilizar o oxigênio (respiração celular). Corresponde ao volume máximo de oxigênio consumido durante a realização do esforço físico que envolve grande parte das massas musculares. Este parâmetro é de grande importância para a caracterização fisiológica do atleta, uma vez que fornece indicadores cardiorrespiratórios importantes. (Fleck, 1999, citado por Gomes, 2002)

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) é um dos elementos mais determinantes das modalidades onde a resistência predomina, na qual o ciclismo de estrada se insere. (Shepard, 2000)

No que se refere à modalidade de ciclismo, para obtenção de elevados desempenhos, (Craig e Norton, 2001) referem que é através de uma elevada capacidade e potência aeróbia que os elevados desempenhos são obtidos, referindo ainda que, para ciclistas de nível mundial, os valores de  $VO_{2max}$  têm de ser

superiores a 80 ml/kg-1(min-1. Por sua vez, para ciclistas profissionais valores absolutos entre 70 e 80 ml.kg-1.min-1 são normais. (Lúcia et al, 1999)

O consumo máximo de oxigénio no ciclismo consiste em três componentes:

- A necessária para manter o corpo na bicicleta e o trabalho fisiológico;
- A necessária para mover as pernas com carga nula para padrão de movimento;
- A necessária para ultrapassar cargas resistentes ao movimento.

Finalizando, numa amostra que juntou vários especialistas de topo em três diferentes especialidades que atestavam as suas competências fisiológicas, foi verificado que os ciclistas trepadores, ou especialistas em subidas, são os ciclistas com o VO<sub>2</sub>max relativo mais elevado. (Mujika e Padilla, 2001)

Uma vez que, o consumo máximo de oxigénio (VO<sub>2</sub>max )está relacionado com a capacidade de realizar exercício (Arts, 1994), este mesmo parâmetro, rapidamente se tornou o factor mais determinante em relação ao treino, quer em ciclistas, quer em corredores. (Jeukendrup et al, 2000; Jeukendrup, 2002; Mujika e Padilla 2001; Craig e Norton, 2001)

Segundo (Armstrong e Welsman, 1994 e Krahenbuhl et al, 1985), durante o crescimento e a maturação, o consumo máximo de oxigénio absoluto (VO<sub>2</sub> L/min) aumenta à medida que o tamanho corporal aumenta.

Para (McArdle et al, 1991), medições do oxigénio e do dióxido de carbono no ar expirado durante o exercício são fundamentais para avaliar as funções cardiovasculares e predição do gasto energético. O consumo de oxigénio, segundo o autor, é uma das medições mais fundamentais e reconhecidas como fator de predição do gasto de energia, através de dois componentes chave: distribuição do oxigénio aos músculos e capacidade dos músculos usarem esse oxigénio.

## **II. Limiar Anaeróbio/Limiar Lactato**

Segundo o autor que introduziu o termo limiar anaeróbio (Wasserman, 1984), o mesmo é descrito como o fenómeno onde existe consumo de oxigénio acima da produção de energia aeróbia e é suplementado pela produção de energia anaeróbica, o que resulta num aumento significativo da concentração de lactato no sangue em

relação aos níveis de repouso.

A estimação do limiar anaeróbio foi primariamente utilizada para capacitar clinicamente pacientes cardíacos e respiratórios e só posteriormente o seu uso foi generalizado ao contexto desportivo.

Nos estudos de (Costill et al, 1973 e Hagberg e Coyle, 1983), é referido que existe uma baixa correlação entre VO<sub>2</sub>max e rendimento desportivo. Segundo os autores, quando os atletas apresentam valores semelhantes de VO<sub>2</sub>max (o até então máximo pedidor de “sucesso” em esforços de endurance, o Consumo Máximo de Oxigénio), foi ultrapassado em termos de interesse pelo limiar anaeróbio. Assim sendo, para esforços de média a longa duração e apesar do Consumo Máximo de Oxigénio ser um pré-requisito de rendimentos para atletas de Elite, foi descoberto que quem consiga utilizar uma maior fracção do seu VO<sub>2</sub>max durante o esforço irá obter um melhor rendimento do que aqueles que estão limitados a completar o evento a uma intensidade inferior. Consequentemente, os indicadores de rendimento sub-máxima, como o limiar anaeróbio ganharam uma utilidade maior em termos de teste, treino e competição

O limiar anaeróbico pode ser determinado de forma invasiva ou não invasiva. Uma forma invasiva é a colheita de sangue para determinação do lactato sanguíneo e, uma não invasiva é feita pela ergoespirometria (procedimento de avaliação desempenho físico máximo) para determinação direta do limiar anaeróbio.

Autores e pesquisadores como (Kindermann et al, 1979; Mader et al, 1976a; Mader et al, 1976b; Sjodin e Jacobs, 1981 e Hollman, 1985), utilizam valores de 4mmol lact/LO<sub>2</sub> como ponto de referencia para a máxima intensidade de exercício que o atleta consegue suportar por uma duração prolongada, no entanto este valor é variável e subjetivo a cada atleta, uma vez que é próprio de cada atleta. (Coyle, 1995)

De acordo com (Silva et al, 2005) é preferencial a utilização do método invasivo para determinação do limiar anaeróbio, uma vez que apresenta sensibilidade comprovada no treino e serve como “predictor de *rendimento*” aeróbia assim como apresenta uma maior operacionalização quando comparado com um teste de ergoespirometria, teste esse que, por sua vez, possibilita determinar variáveis respiratória, metabólicas e cardiovasculares obtidas através das trocas gasosas

pulmonares durante a realização do teste. (Barros Neto et al, 2001). Segundo os mesmos autores a grande vantagem do teste não invasivo, ou de ergoespirometria baseia-se na determinação do valor de Consumo Máximo de Oxigênio e no limiar anaeróbio ventilatório.

O limiar anaeróbio é expresso em %VO<sub>2</sub>max em que ocorre. O ideal para os atletas é conseguir fazer exercícios de intensidades elevadas sem acumulação de lactato, pois este contribui para a fadiga.

Com o treino, os atletas conseguem controlar o seu limiar anaeróbio, fazendo com que este apareça mais tarde, o que faz com que entrem em fadiga também mais tarde.

O nosso limiar anaeróbio indica-nos a intensidade a que conseguimos manter um esforço físico durante largos períodos de tempo. Durante o esforço e à medida que o mesmo se intensifica, as taxas de produção de lactato muscular e a taxa da sua remoção aumentam. Se o exercício for realizado a uma intensidade onde a produção de lactato é superior à sua remoção, existe o aumento das concentrações de lactato no sangue e no músculo.

Assim, o limiar anaeróbio é o limite crítico (intensidade limiar) para além do qual, qualquer tipo de intensidade de esforço leva a um aumento rápido da lactatémia, fazendo com que o mesmo corresponda à carga que o corpo pode suportar onde ocorre um equilíbrio entre a produção e remoção de ácido láctico. (Santos, 2002)

Segundo (Algarra e Gorrotxategi, 1996), é mais fiável a relação entre o limiar anaeróbio e a frequência cardíaca, situação que realça a importância do uso de um monitor de frequência por ciclistas, quer durante o treino, quer durante a competição. Uma vez que o ciclista em competição não trabalha sempre a uma mesma intensidade de esforço, é importante determinar qual a capacidade de cada um dos ciclistas em trabalhar as suas capacidades sub-máximas. Em esforços de média e longa duração, o rendimento dos ciclistas é sempre limitada pela capacidade dos atletas adoptarem altas intensidades de exercício a uma percentagem baixa do seu VO<sub>2</sub>max. Esta capacidade leva a que os ciclistas não produzam grandes quantidades de ácido láctico. Durante os últimos 50 anos, a curva de lactato e o limiar de lactato tornaram-se num fator importante no diagnóstico do rendimento humano.

Por sua vez, (Faude et al, 2009) explicam que, a transição entre a capacidade aeróbia e a capacidade anaeróbia pode servir como predictor individual do rendimento humano e como um fator de prescrição de intensidade no treino de endurance.

Em desportos de grande resistência, esta é uma capacidade treinável, uma vez que a intensidade da modalidade é inferior à intensidade a que corresponde o VO<sub>2</sub>max. (Santos, 1995)

Segundo (Padilla et al, 1999 e Lucia et al, 2001), é geralmente aceite que o limiar de lactato ocorra entre os 84% e 90% da potência máxima de um ciclista.

Numa revisão meta-analítica de testes de rendimento (Hopkins et al, 2001), reportaram que as medições de lactato no limiar anaeróbio são um melhor predictor de rendimento do que medições ventilatórias no limiar, uma vez que apresentam uma maior confiança e maior sensibilidade a mudanças que os parâmetros ventilatórios.

Segundo (Kindermann et al, 1979) foram identificados dois limiares relativos ao lactato. O primeiro ponto de transição corresponde ao princípio do esforço onde existe acumulação de lactato e é denominado de limiar aeróbio. O segundo ponto de transição é denominado de Limiar Anaeróbio e representa a intensidade de exercício correspondente ao ponto máximo de equilíbrio de acumulação de lactato. (Heck et al, 1985)

### **III. Capacidade Anaeróbia**

A capacidade anaeróbia, segundo (Green e Dawson, 1993), é definida como a quantidade máxima de adenosina trifosfato sintetizada via metabolismo anaeróbio, ou seja, refere-se à capacidade de produzir trabalho sem contribuição substancial do metabolismo aeróbio. A dependência desta capacidade não está de todo associada com corridas de sprint ou mais rápidas, uma vez que os mecanismos anaeróbios são usados intermitentemente, quer durante corridas de curta, moderada ou longa duração. (Vogt et al, 2006)

Caracteriza-se por esforços de intensidade elevada (entre 30 segundos e 90 segundos). Como exemplo, esforços característicos de uma chegada em alta montanha ou o final de uma etapa de uma corrida de ciclismo, apelam a um sistema

energético claramente distinto e caracterizado por uma grande produção e acumulação de ácido láctico. Por este motivo, os trepadores têm que, além de uma boa capacidade aeróbia e de resistência, terem uma capacidade de produção e acumulação de ácido láctico acima da média para, quando em subida, terem ainda força para este tipo de esforço, desdobrando rapidamente hidratos de carbono em ácido láctico num processo anaeróbio que decorre no citosol<sup>11</sup> das fibras esqueléticas e que se designa por glicólise.

Os autores de (Finn et al, 2000) defendem que não existe um procedimento standard para medição da capacidade anaeróbia, porém (Inbaer et al, 1996, Medbo et al, 1988, Kearney et al, 2000)) referem que o teste de *Wingate* (teste de “*deficit*” de acumulação máximo de oxigénio), é um teste específico, na área do ciclismo, para medição da capacidade anaeróbia. Resultante do teste de *Wingate*, os dados recolhidos mais pertinentes são a potência média nos 30 segundos (W, W/Kg) e trabalho total (J e J/kg).

Por sua vez, autores como (Bar-Or et al. 1977) defendem que testes de duração de 10s, 30s e 90s podem ser os ideais para testar a capacidade do metabolismo Anaeróbio na sua plenitude.

#### **IV. Potência Anaeróbia**

A potência anaeróbia reflete a capacidade da adenosina trifosfato e da fosfocreatina (ATP - PCr ) para produzir energia. A energia armazenada nesta capacidade tem uma duração máxima de cerca de 6 segundos e somente é utilizada em esforços do tipo máximo “*all out*”. Conceitualmente, a potência anaeróbia é tida como a produção de energia (ATP) por unidade de tempo, sendo que:

- Trabalho = força aplicada a uma distancia ( $F \times d$ ) e também à área sob uma curva de potência em função do tempo ( $P \times t$ )
- Potência: trabalho por unidade de tempo (W/t)

A potência anaeróbia subdivide-se em Potência Pico (maior valor de potência mecânica observado (alcançado num período curto de tempo <5/6seg) ou Potência Média (a média de potência alcançada ao longo da duração do teste. Exemplo: teste de *Wingate* (30seg))

É a potência máxima necessária para um elevado desempenho no ciclismo, dependendo de diferentes variáveis (Craig e Norton, 2001), sendo fulcral quando se tenta escapar ao pelotão, quando se sprints para um prêmio de montanha ou meta-volante no meio de uma corrida de ciclismo de estrada ou mesmo, quando se sprints para ganhar o final de uma etapa.

Os ciclistas com maior potência anaeróbia, são sem dúvida mais aptos para o contrarrelógio, devido à duração e dureza deste tipo de provas.

Segundo (Lúcia et al, 1999), os contrarrelogistas que têm rendimentos de topo, toleram cargas de trabalho constantes perto do seu limiar anaeróbio ou ( $\pm 90\%$  VO<sub>2</sub>max), durante aproximadamente 60 minutos.

Tal como referido no ponto acima, o teste mais utilizado para aferir tanto a capacidade anaeróbia como a potência anaeróbia em ciclismo, é o teste de Wingate. (Inbaer et al, 1996 e Medbo et al, 1988), no entanto existem outros autores (Kearney et al, 2000) que defendem que um teste modificado de Wingate de 10 segundos se enquadra melhor na medição da Potência Anaeróbia, recolhendo valores de potência pico em (W e W/Kg), tempo até ao pico (s) e taxa de fadiga (%).

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGIA**

# **CAPÍTULO III - METODOLOGIA**

## **1. Delineamento da Pesquisa**

O estudo e pesquisa desta tese encontra-se englobada na dissertação de tese de Mestrado, no âmbito do Mestrado em Biocinética.

## **2. Autorizações e Considerações Éticas**

No processo de consentimento do ciclista, ao mesmo foi informado e explicado todos os objectivos dos estudos, tendo sido assinado um documento, denominado de Termo de Consentimento Informado (Anexo I), documento esse aprovado pelo conselho científico da Universidade de Coimbra – Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física.

## **3. Caracterização e Seleção da Amostra**

Neste projeto participou um atleta masculino, do escalão de escalão de elites (maior de 23 anos). O atleta tem mais de 3 anos de experiência de ciclismo de competição a nível nacional.

A realização de qualquer um dos testes foi de livre participação e consentimento voluntário, sendo que foi dada autorização para utilização dos dados obtidos no processo de realização desta dissertação de mestrado.

## **4. Critérios de Inclusão**

Foi incluído no estudo, um ciclista de nacionalidade portuguesa, de nível

competitivo nacional, da vertente de estrada, com pelo menos 17 anos, com 3 ou mais anos de experiência, com frequência semanal de treino > 3 treinos semanais e com um nível de consumo máximo de oxigénio > 60ml/Kg/min.

## **5. Critérios de Exclusão**

Se o ciclista em estudo não possuir um nível máximo de oxigénio de pelo menos 60ml/Kg/min (após realização do primeiro teste máximo no cicloergómetro Monark Ergomedic PEAK 894E (marca *Monark*. Modelo *Peak 894E*, Sweden), ou que, por algum motivo não completar os testes máximos, ou não for possível determinar os seus parâmetros fisiológicos com rigor e credibilidade

## **6. Desenho do Estudo**

O desenvolvimento do estudo compreendeu duas fases distintas.

Na primeira fase procedeu-se à recolha das variáveis antropométricas, composição corporal e teste de esforço máximo em cicloergómetro. Estes procedimentos ocorreram todos no Laboratório de Biocinética da FCDEF-UC.

Numa segunda fase, dividida em cinco dias distintos com pelo menos 48h de intervalo, realizaram-se cinco testes submáximos de laboratório em cinco rolos de treino com medição de potência. Estes testes ocorreram todos no Laboratório de Biocinética da FCDEF-UC.

## 7. Cronograma de Trabalhos

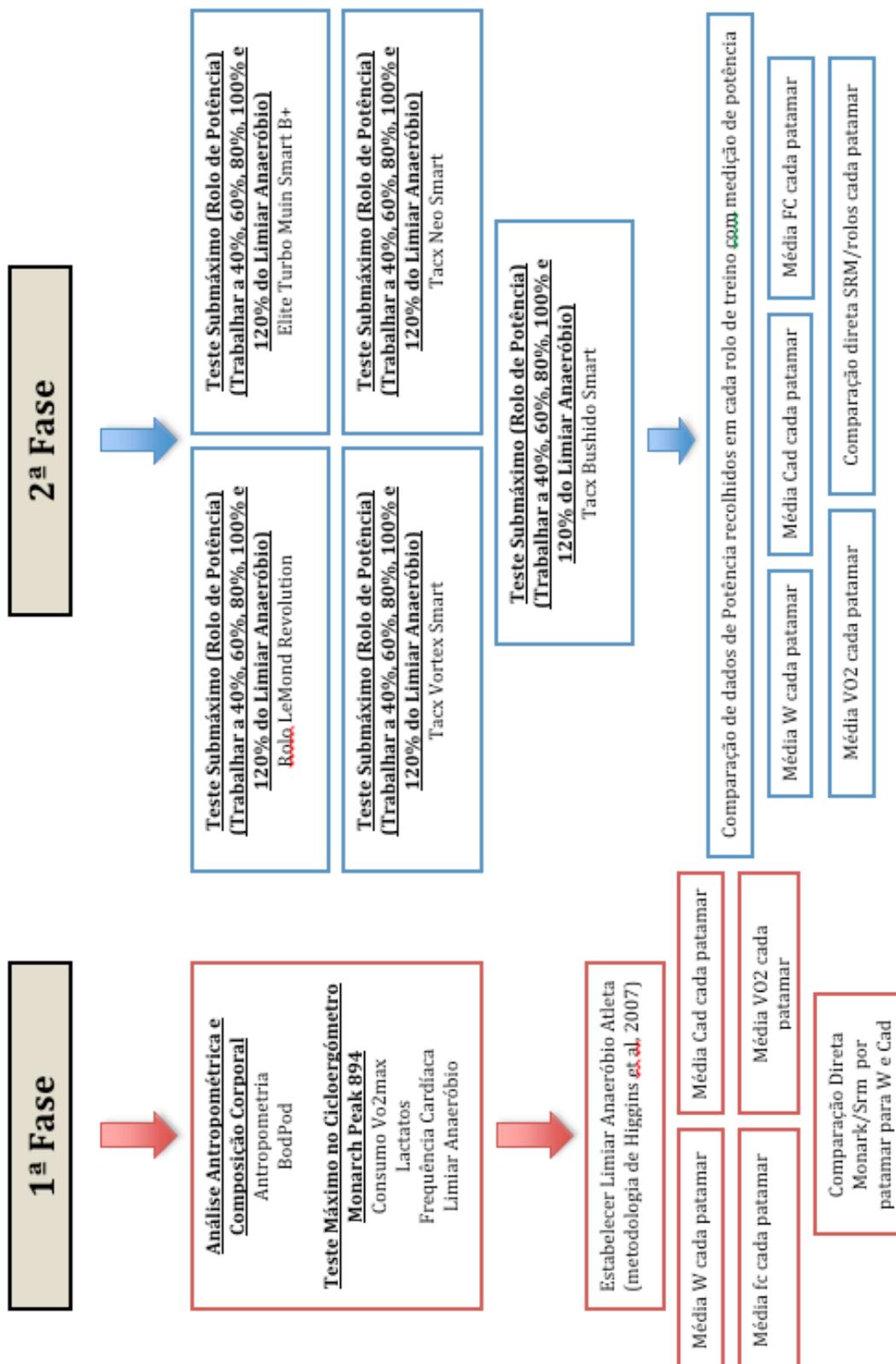


Tabela 2 - Cronograma de Trabalhos

## 8. Instrumentos de Medida

Para a realização dos testes e medições da presente dissertação, foram utilizados os seguintes equipamentos, em cada uma das fases descritas:

### I. Análise Antropométrica e Composição Corporal

- Analisador de composição corporal - Pletismógrafo por ar – Bodpod Composition System (Marca Life Measurement Inc, modelo 2006, Concord, California, EUA);
- Adipômetro Cescorf;
- Toca de natação;
- Fato de banho.

### II. Teste Máximo

- Cicloergômetro Monark Ergonomic PEAK 894E (marca *Monark*. Modelo *Peak 894E*, Sweden);
- Potenciômetro SRM *Power meter* (marca Schoberer Rad Me  $\beta$  technik, Julich, Alemanha);
- *Head Unit* Garmin Edge 520;
- Analisador de gases portátil (Metamax® 3B Portable CPX System (marca Cortex, Leipzig, Alemanha);
- Mini Espectrofotômetro Dr. Lange;
- Solução tampão - Lactat enzymatic: Farbtest PAP DR. LANGE LKM 140;
- Reagente inicial – Starter reagent LKM 140;
- Lancetas softclix 2 Extra;
- Micropipeta DR LANGE;
- Tubo capilar para 10 microlitros;
- Toallete desinfetante;
- Estação Meteorológica- *Oregon scientific* (marca *Oregon*, modelo *BAR913HG*, EUA);
- Ficha de Coleta de Dados (anexo II).

### III. Teste Sub-máximo Laboratório

- Bicicleta de Estrada Trek Madone. (marca *Trek*, modelo *Alpha Alumínio 2.1*, tamanho L);
- Rolo de treino com medição de Potência – Lemond Revolution;
- Rolo de treino com medição de Potência – Elite Turbo Muin Smart B+;
- Rolo de treino com medição de Potência – Tacx Vortex Smart;
- Rolo de treino com medição de Potência – Tacx Neo Smart;
- Rolo de treino com medição de Potência – Tacx Bushido Smart;
- Potenciômetro SRM *Power meter* (marca Schoberer Rad Me  $\beta$  technik, Julich, Alemanha);
- *Head Unit* Garmin Edge 520;
- Analisador de gases portátil (Metamax® 3B Portable CPX System (marca Cortex, Leipzig, Alemanha);
- Mini Espectrofotômetro Dr. Lange;
- Solução tampão - Lactat enzymatic: Farbtest PAP DR. LANGE LKM 140;
- Reagente inicial – Starter reagement LKM 140;
- Lancetas softclix 2 Extra;
- Micropipeta DR LANGE;
- Tubo capilar para 10 microlitros;
- Toallete desinfetante;
- Estação Meteorológica- *Oregon scientific* (marca *Oregon*, modelo *BAR913HG*, EUA);
- Ficha de Coleta de Dados (anexo II).

## **9. Variáveis Independentes, Dependentes e de Controle**

As variáveis avaliadas e manipuladas para este estudo são:

### **I. Variáveis de Controle**

- Temperatura ambiente (entre 20,6° e 21,9°)
- Humidade ambiente
- Pressão atmosférica no local do teste
- Cadência de pedalada
- Potência dos equipamentos
- Frequência cardíaca do atleta

### **II. Variáveis antropométricas**

- Massa corporal
- Estaturas
- Comprimentos
- Pregas subcutâneas

### **III. Variáveis de Caracterização da Amostra**

- Massa Corporal (kg)
- Idade do atleta (anos)
- Tempo de treino (anos)
- Estatura do atleta (cm)
- Consumo máximo de oxigénio (absoluto e relativo)
- Limiar anaeróbio (em watts, w/kg e %Lan)

## 10. Procedimentos de Avaliação

### I. Pletismografia por Ar (Bod Pod)

A avaliação da composição corporal foi realizada num pletismógrafo por ar (*Bod Pod® Composition System*, modelo *Bod Pod 2006*, *Life Measurement Instrument Concord*, USA).

O volume corporal foi medido de acordo com os procedimentos da aplicação informática do *Bod Pod®* (software versão 4.2.2; DLL, 3.50; versão de controlo 8.50).

#### Protocolo

- O atleta interveniente no estudo, no momento da avaliação, utilizou um fato de banho curto de licra e uma touca de natação, de acordo com as recomendações do fabricante.
- Para apurar a massa corporal do atleta na 1.ª Fase do presente estudo (*Vidé* Figura 1 – Cronograma das fases de trabalho da dissertação), foram inseridos todos os seus dados no *software* do equipamento (nomeadamente: data de nascimento, estatura, género e frequência de atividade física semanal), solicitando-se em seguida que se colocasse em cima de balança electrónica, conectada ao *software* do equipamento.
- Após as calibrações necessárias e recomendadas pelo fabricante do equipamento, foi solicitado ao atleta que se sentasse imóvel no interior da câmara e com respiração fluida e normal, tendo o procedimento sido realizado duas vezes, para validação de dados.
- A percentagem de massa gorda, a percentagem de massa magra, a massa gorda (em kg), a massa magra (em kg), o volume corporal (em L), a densidade corporal (kg/L) e o volume de gás torácico (L), foram estimados pelo próprio *software* do pletismógrafo.

## **II. Antropometria**

No estudo, foram retiradas algumas variáveis antropométricas com objectivo de caracterizar a amostra, sendo que o atleta foi avaliado no lado direito do seu corpo, na posição anatómica descritiva para cada uma das posições de avaliação, de acordo com os procedimentos técnicos descritos por (Sobral e Silva, 2003).

A avaliação antropométrica realizou-se de forma sequencial, sempre com o mesmo instrumento e pelo mesmo avaliador.

Na avaliação antropométrica foi seguido o modelo proposto por (Ross e Marfell-Jones, 1991), onde foram efetuados 3 registos para cada medida e no final foi calculada a média aritmética dos registos efetuados para se encontrar o valor de referência:

### **Estatura**

- Com recurso a um estadiómetro portátil (marca Harpenden, modelo 98.603) e com o mesmo tipo de vestuário utilizado na determinação da massa corporal, o atleta colocou-se de pé, com calcanhares unidos e um ligeiro afastar da ponta dos pés, com a cabeça orientada corretamente para a frente segundo o Plano Horizontal de Frankfurt, tendo os membros superiores estendidos ao longo do corpo com as mãos e dedos apoiados em extensão na zona lateral das coxas.
- De seguida e mantendo o atleta imóvel e de acordo com as recomendações de (Gordon et al, 1998) citado por (Sobral, Coelho e Silva e Figueiredo, 2007), foi pedido ao atleta para inspirar o máximo volume de ar possível.
- Logo após o observador desceu o cursor de madeira até ao vertex da cabeça do atleta e mantendo o mesmo imóvel, procedeu-se à leitura do valor indicado pela graduação no contador mecânico análogo do estadiómetro, correspondendo este valor à distância vertical máxima entre o plano de referência e o solo, em cm.

## Pregas

As pregas de gordura subcutânea, também designadas de pregas ou *Skinfolds*, são medidas dos valores locais dos depósitos de gordura subcutânea. De acordo com (Sobral e Silva, 2003), para se retirar pregas subcutâneas com exatidão, usa-se o dedo polegar e indicador em forma de pinça, destacando-se com firmeza a pele e a gordura subcutânea dos tecidos adjacentes.

Assim, depois de ser formada a prega e com ajuda de um adipómetro (marca CESCORF – pressão 10gr/cm<sup>2</sup> – leitura às décimas de milímetro, Brasil), colocou-se as pontas do adipómetro 2cm abaixo do dedo e a uma profundidade de 1cm, tendo a leitura sido realizada apenas quando o ponteiro estabilizou e a prega mantida com firmeza.

Para cada local do corpo a avaliar, foram seguidos os seguintes procedimentos de avaliação de pregas:

- Prega Tricipital - Prega vertical, medida na face posterior do braço direito, a meia distância entre os pontos acromial e radial.
- Prega Sub-escapular - Prega oblíqua, dirigida para baixo e para fora, localizada imediatamente abaixo do vértice inferior da omoplata direita.
- Prega Peitoral - Prega oblíqua, dirigida para cima e para fora, localizada entre o ponto médio entre a axila e o mamilo.
- Prega Supra-iliaca - Prega ligeiramente oblíqua, dirigida para baixo e para dentro, localizada imediatamente acima da crista ilíaca sobre a linha mid-axilar.
- Prega Abdominal - Prega Horizontal e do lado direito, a cerca de 5cm do omphalion.
- Prega Crural - Prega vertical ou longitudinal, localizada na linha média da face anterior da coxa direita, a meia distância entre a prega inguinal e o bordo superior da rótula. Esta prega foi retirada com o atleta sentado e com os joelhos a fazer uma flexão de 90°.

- Prega Geminal - Prega vertical, localizada sobre a face interna da perna direita e ao nível da maior circunferência da perna, com o atleta sentado e com os joelhos fletidos a 90°.

A medição das pregas através de um adipómetro foi motivada pela necessidade de aferir da eventual existência de erros nos dados recolhidos na avaliação por pletismografia.

### III. Teste Máximo Laboratório

O primeiro teste físico do presente estudo consubstanciou-se num teste máximo intervalado por patamares com descanso realizado no cicloergómetro Monark Peak 894E (marca Monarck. Modelo Peak 894E, Sweden), onde se instalou um potenciómetro SRM Power meter (marca Schoberer Rad Me  $\beta$  technik, Julich, Alemanha)

A partir desse teste foi possível aferir o consumo máximo de oxigénio do atleta, bem como definir os valores do limiar anaeróbio e as percentagens de esforço a que o atleta foi testado nos subsequentes testes sub-maximos (2.<sup>a</sup> Fase do presente estudo).

O atleta foi aconselhado a não consumir cafeína e a realizar uma refeição completa, 3h antes do início dos testes e foi ainda recomendado a ingestão de pelo menos 500ml de água entre refeições antes da realização do teste.

Todos os testes desta dissertação foram realizados á mesma hora do dia ou com uma diferença de 1h relativamente ao início do procedimento do protocolo, sendo que ambiente do laboratório foi controlado utilizando uma Estação Meteorológica – marca *Oregon Scientific* (marca *Oregon*, modelo *BAR913HG*, EUA)

Considerando que a posição do ciclista pode e afecta diretamente o dispêndio de energia, o atleta foi instruído para pedalar sentado, com as mãos no topo do guiador, não podendo levantar os glúteos do selim, sendo a altura do selim ajustada a 109% da altura da “*inseam*” do atleta, como descrito no trabalho de (Hamley e Thomas, 1967).

#### Calibrações

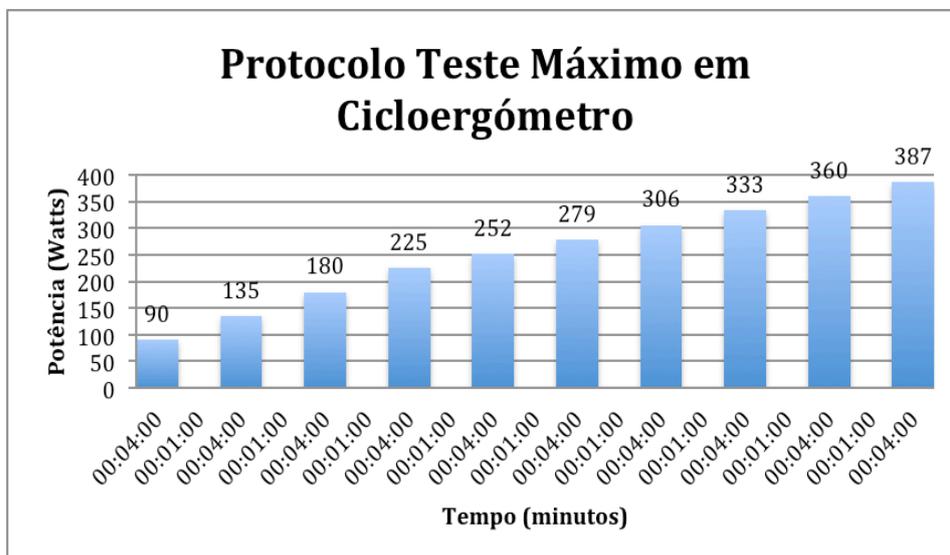
Antes do início teste máximo, foram realizadas, seguindo as indicações das próprias marcas, as calibrações aos seguintes equipamentos:

- Monark Peak 894E
- SRM power meter
- Analisador de gases Metamax Portable System
- Head Unit Garmin 520
- Altura do selim e distancia ao guiador

## Protocolo

- O aquecimento foi realizado no cicloergómetro sem qualquer carga (em kg), durante 10 minutos de pedalada livre.
- O atleta efetuou todo o teste a  $90 \pm 2$  rpm por patamar, começando a 90W e acabando quando não lhe foi possível suportar a carga do patamar no tempo estipulado.
- O tempo estipulado por patamar foi de 4 minutos, tendo apenas sido considerados os resultados obtidos nos patamares efetuados na sua completude.
- Nos primeiros 4 patamares a diferença de carga foi de 45W entre patamar, sendo que do 4º patamar até à exaustão do atleta, a diferença entre patamares foi de 27W.
- O incremento de 27W/patamar, nos patamares superiores de esforço, baseou-se nas premissas do estudo de (Guiraud et al, 2008), onde se refere que para otimizar um “equilíbrio de VO<sub>2</sub>” em cada patamar, devem os incrementos estar compreendidos entre 23 e 27W.
- Durante o Teste Máximo, a troca de gases foi recolhida através de um analisador de gás – *Metamax Portable System* (marca *Cortex*, Leipzig, Alemanha) – para posterior comparação direta com a roca de gases dos Testes Sub-máximos (2.ª Fase do presente estudo). As devidas calibrações de acordo com as recomendações do fabricantes ocorreram sempre e anteriormente à realização de todos os testes. (Máximo e Sub-máximo)
- Entre cada patamar de esforço foram retirados 10 microlitros de sangue, através de uma picada com uma lanceta softcllic num lóbulo capilar do dedo indicador da mão direita do atleta.
- Antes e após cada picada, o dedo do atleta foi desinfetado com toalhetes desinfetantes impregnados de álcool (marca *Lifresca*, Portugal) e limpo com papel higiénico, de modo a que o suor não constituísse impedimento a uma boa recolha de sangue.

- Posteriormente à recolha de sangue, o mesmo foi colocado num frasco com solução *Lactat Enzymat*, com ajuda de uma micropipeta *Dr. LANGE*, seguindo-se a sua homogeneização através da agitação constante.



**Gráfico 1 - Protocolo de Teste Máximo**

Tempo (hh:mm:ss)	Potência (Watts)	Carga (Kg)
00:04:00	90	1
00:04:00	135	1,5
00:04:00	180	2
00:04:00	225	2,5
00:04:00	252	2,8
00:04:00	279	3,1
00:04:00	303	3,4
00:04:00	333	3,7
00:04:00	360	4
00:04:00	387	4,3

**Tabela 3 - Relação Carga (Kg)/Potência no Cicloergómetro Monark 894E**

**Peak**

### Cicloergómetro (marca Monark, Modelo Peak 894E, Sweden)

Devido à fiabilidade e reconhecimento científico, a escolha do cicloergómetro para a realização do teste Máximo foi o cicloergómetro *Monark Peak 894E*. Este, encontra-se reconhecido na literatura internacional como “Gold standard” (Guiraud et al, 2008; Attaway et al, 1992)

Outro fator importante na escolha, deveu-se ao facto de trabalhos como (Jones & Passfield,1998) demonstrarem que o *power meter* SRM dá medições de potência válidas e fiáveis quando comparadas com o cicloergómetro *Monark Peak 894E*, resultados esses comprovados por (Martin et al, 1998).

Caraterísticas técnicas deste cicloergómetro:

- Composto por uma roda livre de contra-balanço de 22kgs;
- Um software próprio que nos permite ter acesso a dados como rpm, distancia, velocidade, tempo, calorías e watts;
- Pontos de contacto ajustáveis para melhor adaptar o atleta à sua posição natural na bicicleta;
- Carga externa de regulação manual, cabendo ao atleta apenas controlar as rpm.



**Figura 4 - Cicloergómetro Monark 894E Peak**



**Figura 5 - Potenciómetro SRM montado no cicloergómetro Monark 894E Peak**

## **SRM Power Meter (marca Schoberer Rad Me ß technik, Julich, Alemanha)**

Para (Bertucci et al, 2005 ), nas últimas décadas, vários sistemas de medição de potência têm surgido (*SRM, Max One, Polar S710, PowerTap, Ergomo*) para uso de ciclistas e treinadores.

A sua mobilidade permite-lhes, por um lado, ser usados em situações reais, bem como, serem utilizados em situações de laboratório.

O sistema SRM é nos dias de hoje, o aparelho mais popular em termos de medição de potência (*power output*), quer no terreno, quer em laboratório, e é também tido, quase consensualmente, como o sistema mais preciso (referencial) do mercado na medição da potência, escolhido pela maioria das equipas profissionais de ciclismo e confirmado pelos trabalhos de (Paton e Hopkins, 2001)

O SRM *power meter* é um sistema de medição que calcula a potência efetuada no eixo pedaleiro, medindo o torque gerado durante o ciclo da pedalada, multiplicando-o pela cadência média produzida (Abbiss et al, 2009)

Desde há 20 anos, aquando da sua invenção, o sistema *SRM* é o medidor de potência mais preciso, mais comprovado e com selo “Gold Standard”. É reconhecido por treinadores e atletas em todo o Mundo, como o sistema referencial, com menor probabilidade de falhas/erro e com longa duração, sendo possível a sua recalibração, sempre que necessário, realizando um simples procedimento.

O sistema SRM está capacitado para medição de potência, velocidade, cadência, frequência cardíaca, tempo de esforço, energia despendida em quilojoules, altimetria, bem como médias e máximas das capacidades atrás.

## **Analisador Portátil de Gases - Metamax Portable System (marca Cortex, Leipzig, Alemanha)**

Para os autores de (Parr et al, NA), os sistemas de medição metabólica portáteis têm sido utilizados para quantificar a energia numa série de atividades, em espaços interiores e exteriores. A tecnologia recente originou a redução do equipamento necessário para determinação do consumo de oxigénio, permitindo que as medições de parâmetros fisiológicos fossem facilitadas em testes de campo.

Nesta dissertação o aparelho portátil de medição de gases utilizado em todos os testes foi o *Metamax* (marca *Cortex*, Leipzig, Alemanha). Tal como descrito nos estudos por (Medbo et al 2002).

Antes de cada teste, o aparelho de medição de gases foi calibrado para verificar o volume, temperatura e pressão da sala de teste bem como a concentração de gases (12% O<sub>2</sub> e 5% Co<sub>2</sub>) segundo as especificações de utilização do manual do aparelho. Após verificação interna do software e aprovação dos mesmos, os testes foram iniciados.

Para definir quando o atleta deveria terminar ou dar por concluído o seu teste, foram verificados parâmetros tais como:

1. exaustão/desistência/incapacidade do atleta;
2. RER (rácio trocas gasosas) >1,1;
3. Vo<sub>2</sub> parar de aumentar ou começar a decair (plateau);
4. VCO<sub>2</sub> aumentar e sobrepor VO<sub>2</sub>.



**Figura 6 - Exemplificação da colocação da máscara utilizada nos testes**

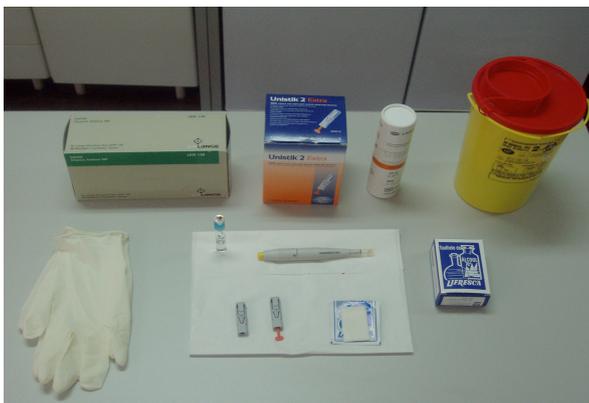


**Figura 7 - Analisador de Gases Metamax@**

### **Análise Concentrações de Lactato**

Para a determinação das concentrações de lactato, foi utilizado o método enzimático Dr. Lange, e os seguintes equipamentos:

- Mini espectrofotómetro Dr Lange/lp20;
- Solução tampão – *Lactat enzymatic: Farbtest PAP DR. LANGE LKM 140*;
- Reagente inicial – *Starter reagement LKM 140*; 1
- Ancetas *softclix 2 Extra*;
- Micropipeta – *Micropipetter DR LANGE*;
- Tubo capilar para 10 microlitros e
- Toalhetes desinfetantes impregnados de álcool (marca Lifresca, Portugal)



**Figura 8 - Equipamentos utilizados na análise de Lactatos**



**Figura 9 - Analisador de Lactatos Dr. Lange**

## **Calibrações**

A calibragem do mini espectrofotómetro foi realizada regularmente, utilizando-se soluções concentradas conhecidas previamente de 2, 4, 10, 15 e 30 mmol.L<sup>-1</sup>.

## **Protocolos**

- Para a avaliação das concentrações de lactato, amostras de sangue foram recolhidas durante a realização dos testes máximos e sub-máximos, através de uma picada de uma lanceta softclix, no lóbulo do dedo indicador da mão direita do ciclista.
- Antes e após cada picada, o dedo do ciclista foi desinfetado com toalhetes desinfetantes impregnados de álcool (marca Lifresca, Portugal) e limpo com papel de modo a que o suor não seja impeditivo de uma boa recolha de sangue. A quantidade de sangue a recolher em cada análise foi de aproximadamente 10 microlitros, sendo a mesma conseguida através de uma pressão constante no capilar do dedo do atleta.
- Posterior à recolha de sangue, este foi colocado num frasco com solução Lactat Enzymat, com ajuda de uma micropipeta Dr. LANGE, seguindo-se a sua homogeneização através, da agitação constante.
- No mini espectrofotómetro, seleccionou-se a opção Lactat. Após o mini espectrofotómetro estar pronto a funcionar, limpam-se os tubos e introduziu-se a primeira amostra, seguida de todas as restantes por ordem de análise, ficando as mesmas numeradas de acordo com a ordem.
- Após este procedimento inicial, foram trocadas as tampas da primeira amostra pela tampa Starter reagement, invertendo a amostra 3 vezes. De seguida e com o passo anterior completo, foi pressionado a tecla \* do equipamento e introduziu-se as amostras por ordem previamente definida e relatada. Sucessivamente, foram trocadas todas as tampas e colocados todos os tubos para serem analisados.

## **Determinação Limiar Anaeróbio**

O limiar anaeróbio foi calculado, segundo o modelo matemático criado por D. John Newell e David Higgins (Newell et al 2007).

#### **IV. Testes Sub-máximo**

Os testes sub-máximos que o atleta efetuou, foram executados por ordem sorteada aleatoriamente.

No dia antes de cada teste sub-máximo o atleta foi instruído a realizar 60 minutos de actividade física (bicicleta de estrada) entre 50 a 60% (exercício leve) da sua frequência cardíaca máxima registada no teste máximo (192 pulsações por minuto), ou seja, foi instruído a treinar entre as 121 e as 135 pulsações por minuto. (baseado na fórmula de Karvonen para cálculo da frequência cardíaca de treino.

Foi ainda aconselhado a não ingerir café na noite antese no dia dos testes. Houve sempre um repouso de pelo menos 48h entre cada teste por forma a não haver influência de fadiga entre testes.

#### **Calibrações**

Antes do início teste máximo, foram realizadas, seguindo as indicações das próprias marcas, as calibrações aos seguintes equipamentos:

- Rolo de Treino com medição de potencia em utilização
- SRM power meter
- Analisador de gases Metamax Portable System
- Head Unit Garmin 520
- Altura do selim e distância ao guiador

Sabendo-se que a posição do ciclista na bicicleta pode e, de facto, influencia diretamente o dispêndio de energia, decidiu-se dar instruções ao atleta para pedalar na posição de sentado, e com as mãos no topo do guiador, sem possibilidade de levantar os glúteos do selim. Mais se estabeleceu que a altura do selim fosse ajustada a 109% da altura da “*inseam*” do atleta, como descrito no trabalho de (Hamley e Thomas, 1967).

## Protocolo

- O protocolo do teste sub-máximo consistiu em 5 blocos de 4 minutos a 40%, 60%, 80%, 100% e 120% do seu limiar anaeróbio (tempo por patamar semelhante ao tempo do teste máximo), com 1 minuto de repouso entre esforços;
- As intensidades dos testes sub-máximos foram estabelecidas posteriormente ao teste máximo, relativamente ao Limiar Anaeróbio do atleta;
- As escolhas das intensidades para os patamares dos testes sub-máximos refletiram as intensidades de treino a que os atletas de ciclismo de estrada de competição normalmente treinam ou competem, sendo que
  - 40 % Lan (corresponde a treino de recuperação ativa)
  - 60% Lan (corresponde a treino de endurance/resistência)
  - 80% Lan (corresponde a treino englobado no “sweet Spot”/zona de prova)
  - 100% Lan (corresponde a treino no Limiar anaeróbio)
  - 120% Lan (corresponde a treino da capacidade anaeróbia)
- O aquecimento foi realizado em cada um dos rolos de treino durante 15 minutos de pedalada livre ( não acima dos 150W). Nos últimos 5 minutos do aquecimento o atleta colocava a máscara do analisador de gases.
- O atleta efetuou todo o teste a  $90\pm 2$ rpm por patamar, começando a 90W e acabando quando não lhe foi possível suportar a carga do patamar no tempo estipulado.
- Entre cada patamar foram recolhidas amostras de 10 microlitros de sangue para análise do lactato,

No final de cada um dos testes foram recolhidos os seguintes dados:

- Valor de potência média para cada patamar;
- Valor de cadência média para cada patamar;
- Valor de frequência cardíaca média para cada patamar;
- Valor de lactato para cada patamar;
- Valor médio do último minuto de cada patamar relativo ao consumo O<sub>2</sub>;
- Amplitude de potência para cada patamar;
- Amplitude de cadência para cada patamar;
- Amplitude da frequência cardíaca para cada patamar;
- Análise e comparação dos valores de potência, cadência e frequência cardíaca, para cada rolo em cada patamar;
- Comparação direta dos resultados obtidos nos rolos de treino com os dados recolhidos com o *power meter* SRM;
- Avaliar o erro associado (e quantificar fisiologicamente) para cada patamar e em cada um dos rolos as diferenças;

Durante os testes, a troca de gases foi analisada com o Analisador de Gás *Metamax Portable System* (marca *Cortex*, Leipzig, Alemanha), por forma a efetuar uma comparação direta entre testes e verificar impacto fisiológico em cada patamar.

O ambiente do laboratório foi ainda controlado, com recurso à utilização de Meteorológica *Oregon scientific* Estação Modelo *BAR913HG*.

## Protocolo Teste Sub-máximo em Rolos de Treino com Medição de Potência

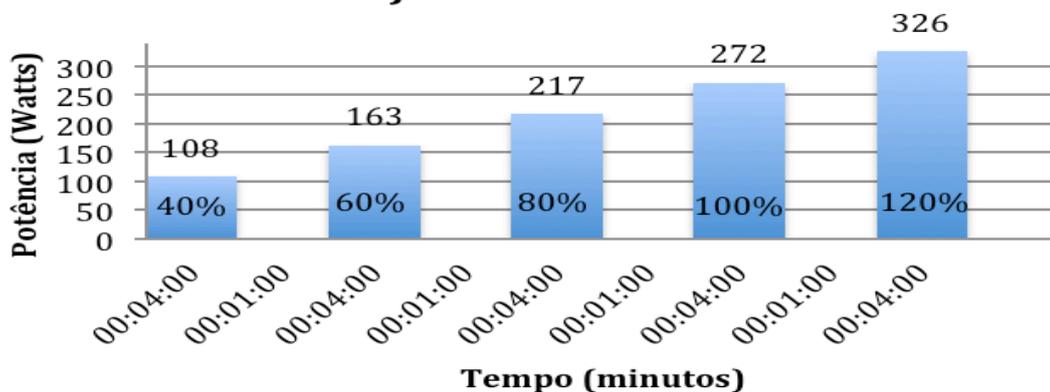


Gráfico 2- Protocolo de Teste Sub-máximo

## V. Rolos de treino com Medição de potencia

Os rolos com medição de potência diferenciam-se dos rolos comerciais standard pela capacidade de aplicar uma força de travão contra a força do atleta, ou seja, têm a habilidade de criar mais ou menos resistência, permitindo um trabalho preciso e muito mais real, comparativamente com os rolos ditos “livres”.

Essa força pode ser aplicada diretamente na cassete da bicicleta ou através de contacto da superfície do pneu da bicicleta com uma unidade de resistência.

Existindo diferentes formas de aplicação do travão ou resistência, nesta tese utilizamos 5 rolos de treino com medição de potencia, de 3 marcas diferentes, Todas as formas de resistência existentes no mercado foram utilizadas e testadas, sendo elas:

- Resistência ao vento/ventoinha;
- Resistência magnética;
- Resistência de Fluidos
- Resistência/travão motor elétrico

Rolos de Treino	Tipo de Contacto	Tipo de Resistência	Potência Máx Travão	Valor (€)
Elite Turbo Muin Smart B+	Direct Drive	Flúidos	±2500w	Médio
Tacx Neo Smart	Direct Drive	Magnética e Elétrica	±2200w	Elevado
Lemond Revolution	Direct Drive	Ventoinha / ar	±2000w	Médio
Tacx Bushido Smart	Superficie	Motor Elétrico	±1400w	Médio
Tacx Vortex Smart	Superficie	Motor Elétrico	±950w	Baixo

## **LeMond Revolution Trainer (Estados Unidos da América)**

O LeMond Revolution é um rolo de treino de resistência ao ar/vento progressivo, utilizando a tecnologia HIT, desenvolvida pela própria marca (HIT – High-Inertia Technology).

Esta tecnologia permite que a força aplicada nos pedais siga diretamente para um eixo ligado a uma ventoinha, ventoinha essa que, ao girar, cria inércia e um baixo arrasto mecânico, recriando a sensação de se estar a “rolar na estrada e ao ar livre”.

Este rolo de treino utiliza uma correia que envolve uma roda volante, que por sua vez, está conectada diretamente à cassette do rolo (onde assenta a corrente da bicicleta). Por sua vez, com a rotação dos pedais e da cassette, a roda volante move e faz a correia de ligação á ventoinha girar. Esta passagem direta da energia faz com que seja um sistema de aproveitamento muito eficaz. A ventoinha gigante substitui a roda, permitindo uma sensação de estabilidade e de estar a “rolar na estrada”. Quanto mais a ventoinha girar (mais velocidade ou maior mudança da bicicleta), mais resistência vai oferecer.

À semelhança de outros rolos utilizados neste dissertação, este rolo de treino é considerado de “direct drive”, não existindo fricção/contacto entre materiais (nomeadamente, rolo e pneu da bicicleta), uma vez que a roda traseira é retirada e a corrente da bicicleta assenta diretamente no carreto incorporado no rolo de treino (transmissão direta).

A comunicação do rolo dá-se através de uma Head Unit própria, denominada pela marca de Power pilot, recebendo os dados da velocidade, potência, cadência e tempo de esforço diretamente do rolo. Existe, no entanto, a possibilidade de, comprando uma peça específica, haver transmissão de dados através de Ant+ para qualquer equipamento/software de treino com comunicação Ant+.

### Travão/Resistência:

- Vento, através de uma Ventoinha

### Máxima Potência Travão

- 2000W

## **Elite Turbo Muin Smart B+ (Italia)**

O rolo Elite Turbo Muin Smart B+ é um rolo de treino inteligente que funciona através de ligação “direct drive” com a bicicleta.

Por outras palavras, o rolo permite que a bicicleta seja adaptada sem a roda de trás da mesma, apoiando-se no carrete existente no rolo. Com esta funcionalidade não existe qualquer contacto de superfície entre a bicicleta e o rolo, fazendo com que não se perca ou dissipe energia entre os equipamentos, ou exista qualquer deslizamento entre materiais.

Tal como outros equipamentos de treino tem a sua própria aplicação (My. E-training app), permitindo ainda comunicação através de canais Ant+ e Bluetooth disponíveis. Através do sensor Misuro b+ existe a possibilidade de transmissão da velocidade, potência e cadência para outros equipamentos de controlo de treino, como o caso das Head Unit dos Garmin.

O rolo Elite Turbo Muin Smart B+, é um rolo que funciona com um travão/resistência de fluidos de silicone, com uma potência máxima de cerca de 2500w (segundo as indicações da marca). A tecnologia de resistência de fluídos integrada nestes rolos de treino permite uma variedade enorme de resistências e um nível elevado de suavidade na pedalada (muito semelhante à estrada), muito devido à unidade integrada de óleo de silicone, desenvolvido pela marca Elite.

Assim sendo, aumentando a velocidade, quer à custa da cadência ou da seleção de desmultiplicação mais pesada, faz com que a resistência aumente, sendo um sistema muito semelhante ao utilizado com resistência ao ar.

Para ajudar a uma resistência constante e durável, este rolo de treino incorpora ainda uma ventoinha de refrigeração, permitindo assim que a potência se mantenha estável em esforços máximos.

### Travão/Resistência:

- Fluídos (óleo de silicone desenvolvido pela marca Elite)

### Máxima Potência Travão

- ±2500W

### Massa do disco

- 5,9 Kgs

## **Tacx Neo Smart (Holanda)**

O rolo de treino Tacx Neo Smart é um rolo de treino inteligente de alta gama, silencioso e “accurate”.

Este rolo diferencia-se dos outros rolos da marca Tacx, uma vez que não existe qualquer contacto físico entre superfícies (cinta, correntes, rodas), sendo denominado de “direct drive”. Esta característica permite uma sensação realista e semelhante à de rolar na estrada, não existindo desta forma dissipação de potência no processo.

Possui um motor extremamente potente que permite criar resistência até 2200W, simular subidas de até 25% de inclinação e descidas de -0,5% inclinação.

A comunicação é realizada através de canais wireless Ant+ e Bluetooth Smart e possui uma aplicação específica da marca Tacx para comunicar entre o rolo e o “programa” escolhido, não necessitando de qualquer calibração antes do treino/teste (tal como descrito no manual da marca).

Quando o rolo não está conectado ao software da própria marca (rodando livremente) comporta-se como um normal rolo de fluidos, quer isto dizer que o rolo comporta-se progressivamente: quando a velocidade aumenta, a resistência aumenta também.

Quando, por sua vez, está conectado ao software, o motor aplica resistência e simula a resistência pré-programada e desejada. O rolo não possui qualquer sensor de cadência, sendo a mesma determinada através de milhares de medições por segundo e da “modulação sinusoidal”, prevendo assim, o movimento da bicicleta.

O motor está diretamente ligado a um disco de aço que, por sua vez, está diretamente ligado à cassette que o rolo possui. O disco de aço é composto por 32 ímanes que giram em torno de 30 bobinas. A resistência, e com ela a energia de travagem, aumenta à medida que mais energia elétrica flui através das bobinas.

O motor incorporado no disco de aço calcula e ajusta continuamente a resistência (mais de 1000 cálculos por segundo), prevendo o movimento do atleta.

No referido cálculo propriedades como a resistência ao ar, a resistência ao

rolamento, os percentuais de inclinação, o peso, pressão do ar, a velocidade do vento, a temperatura, a altitude e a inércia são levadas em conta e calculadas centenas de vezes por segundo para atingir uma sensação realista.

Uma outra característica do rolo de treino Tacx Neo Smart é a incorporação de uma luz LED que, em função da potência gerada na pedalada, vai de azul a vermelha consoante menos ou mais força aplicada.

Travão/Resistência:

- Motor elétrico e Magnético
- Resistência de fluídos progressivos (quando desconectado)

Máxima Potência Travão

- 2200W

## **Tacx Bushido Smart (Holanda)**

O rolo Tacx Bushido Smart trainer é um rolo de treino inteligente, interativo e totalmente wireless, que pode ser utilizado onde o atleta pretender, sem necessidade de ligação á corrente elétrica.

Utiliza a tradicional constituição de metal com apoio para a roda traseira. A comunicação entre aparelhos é realizada através de comunicação Ant+ e Bluetooth e de um software próprio da marca Tacx, onde é possível a programação das seções/treinos/testes, “Tacx Cycling App”.

Tal como o rolo Tacx Neo Smart, possui uma luz LED que, segundo a potência aplicada na pedalada, vai de amarelo a vermelho. A resistência é aplicada através de um motor elétrico com uma potência máximo de 1400w, possibilitando uma pedalada segura e limpa mesmo a altas resistência.

Segundo a marca possui um dos sistemas mais avançados de travão elétrico, controlando e calculando constantemente e dinamicamente a resistência por forma a simular um percurso natural e real de ciclismo em estrada.

A sua resistência é aplicada através de um travão de motor elétrico que, através de formulas, incorpora na resistência do pedalar, diversas resistências que o atleta encontra no dia a dia (resistência do ar, força da gravidade, velocidade do vento, altitude, inércia, pressão do ar), fazendo assim com que a sensação seja muito semelhante ao andar ao ar livre.

### Travão/Resistência:

- Motor elétrico

### Máxima Potência Travão

- 1400W

Até ao momento não existe nenhum estudo que comprove a sua cientificidade, por isso foi escolhido para participar nesta dissertação.

## **Tacx Vortex Smart (Holanda)**

O Rolo Tacx Vortex Smart é um rolo de treino inteligente com medição de potência, criada através de uma resistência de um travão elétrico. É um rolo que necessita estar conectado constantemente à corrente elétrica, sendo que a resistência é aplicada diretamente no pneu da bicicleta através do contacto entre superfícies (pneu com o rolo).

Este rolo de treino inteligente, tal como todos os rolos de treino da marca Tacx, dispõem de um software próprio de programação das seções/treinos/testes, “Tacx Cycling App”. A transmissão de dados entre o software e o rolo dá-se através de canais de comunicação Wireless Ant+ ou Bluetooth® ou ambos, que no caso da marca Tacx, se denomina conexão FE-C.

O sistema de travão elétrico deste rolo funciona na base da colocação de íman e íman elétricos ao lado de um disco giratório de alumínio que, através de corrente “eddy”, gera campos magnéticos opostos. Desta forma, um não-contacto, permite fazer rodar o disco de alumínio livremente e, qualquer que seja a força desse campo, uma resistência é aplicada. O sistema de travão elétrico permite definir que resistência será aplicada no pneu da bicicleta e assim simular uma sensação de “rolar na estrada”.

### Travão/Resistência:

- Elétrico e magnético

### Máxima Potência Travão

- 950W

### Massa disco alumínio

- 11,81Kgs



**Figura 11- Rolo de Treino Tacx Neo Smart**



**Figura 10 - Rolo de Treino Elite Turbo Muin Smart B+**



**Figura 12 - Rolo de Treino Lemond Revolution**



**Figura 13 - Rolo de Treino Tacx Bushido Smart**



**Figura 14 - Rolo de Treino Tacx**

### **SRM Power Meter**

Procedimento realizado tal como descrito no ponto “Teste Máximo Laboratório”.

### **Analisador Portátil de Gases**

Procedimento realizado tal como descrito no ponto “Teste Máximo Laboratório”.

### **Análise Concentrações de Lactato**

Procedimento realizado tal como descrito no ponto “Teste Máximo Laboratório”.

### **Procedimentos Estatísticos**

Para a análise e tratamentos estatístico dos dados resultantes deste estudo foram utilizados os programas informáticos Microsoft Office Excel for Mac 2011 (versão 14.0.1).

Para a caracterização das variáveis nos diferentes domínios recorreu-se à análise da estática descritiva, tendo a média como uma medida de tendência central; o desvio padrão como medida de dispersão- Foi utilizado o teste T para aferir a significância entre as variáveis nos últimos 3 minutos de cada patamar de esforço em todos os testes realizados.

**CAPÍTULO IV**  
**APRESENTAÇÃO RESULTADOS**

# CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO RESULTADOS

## 1. Dados Antropométricos

De acordo com o ponto da presente dissertação “ Caracterização e Seleção da amostra”, bem como do ponto “Critérios de Inclusão”, foi utilizado nesta dissertação um ciclista de nacionalidade portuguesa, de nível competitivo nacional, da vertente de estrada, com pelo menos 17 anos, com 3 ou mais anos de experiência, com frequência semanal de treino > 3 treinos semanais e com um nível de consumo máximo de oxigénio > 60ml/Kg/min.

Segue abaixo um quadro ilustrativo das suas informações, bem como características de composição corporal, aferidas através de um pletismógrafo por ar (*Bod Pod® Composition System*, modelo *Bod Pod 2006*, *Life Measurement Instrument Concord*, USA).

Informação Sujeito em estudo		Composição Corporal (Pletismografia por ar)	
Idade	22	% Massa Gorda	18,80%
Género	Masculino	% Massa Livre Gordura	81,20%
Estatura	177,3 cm	Massa Gorda	13,034 KG
Massa Corporal	69,244 KG	Massa Livre Gordura	56,21 KG
Nº treinos semanais	4	Massa Corporal	69,244 KG
VO2max	71,659 ml.Kg.min	Volume Corporal	65,582 L
		Densidade Corporal	1,0558 Kg/L
		Volume Gás Torácico	3,850 L

**Tabela 4 - Valores Antropométricos**

## 2. Dados Teste Máximo

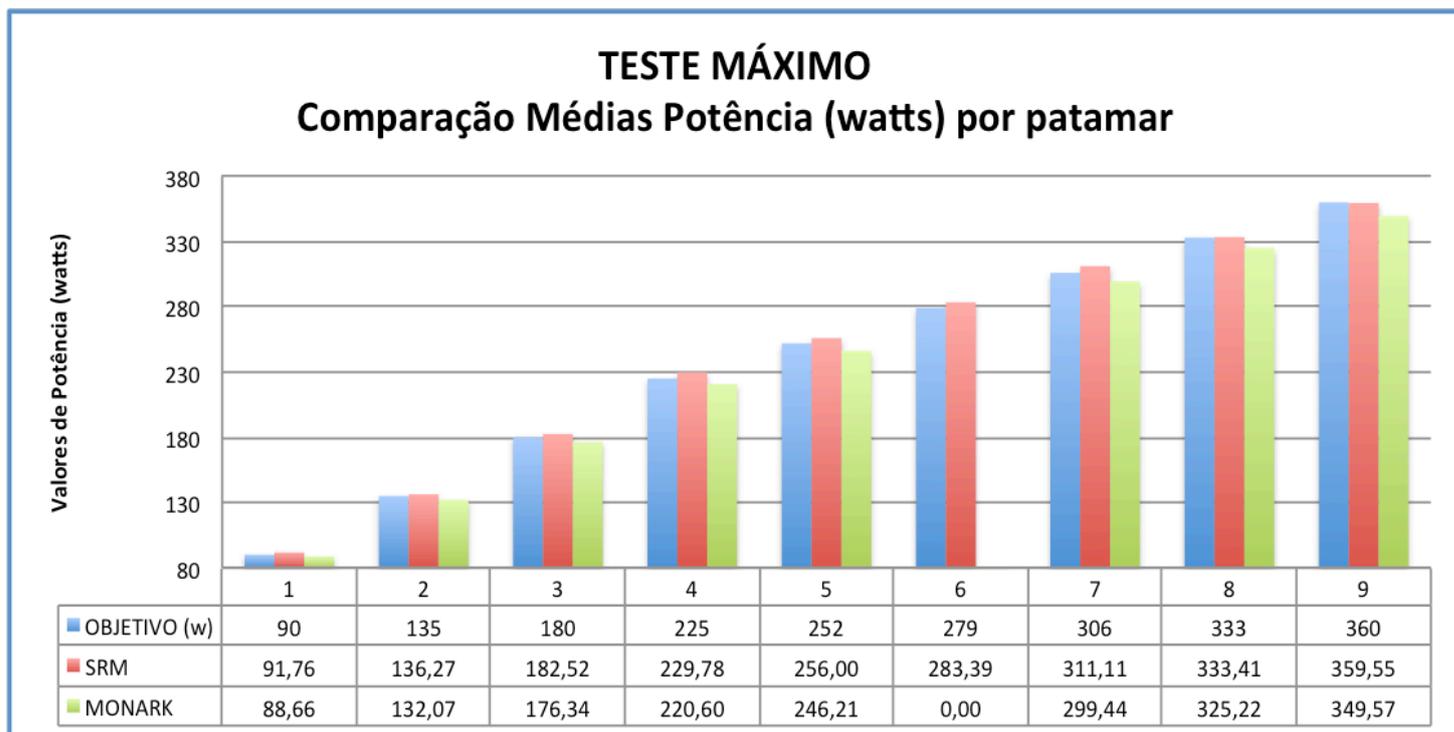


Gráfico 3 - Comparação Médias Potência Teste Máximo

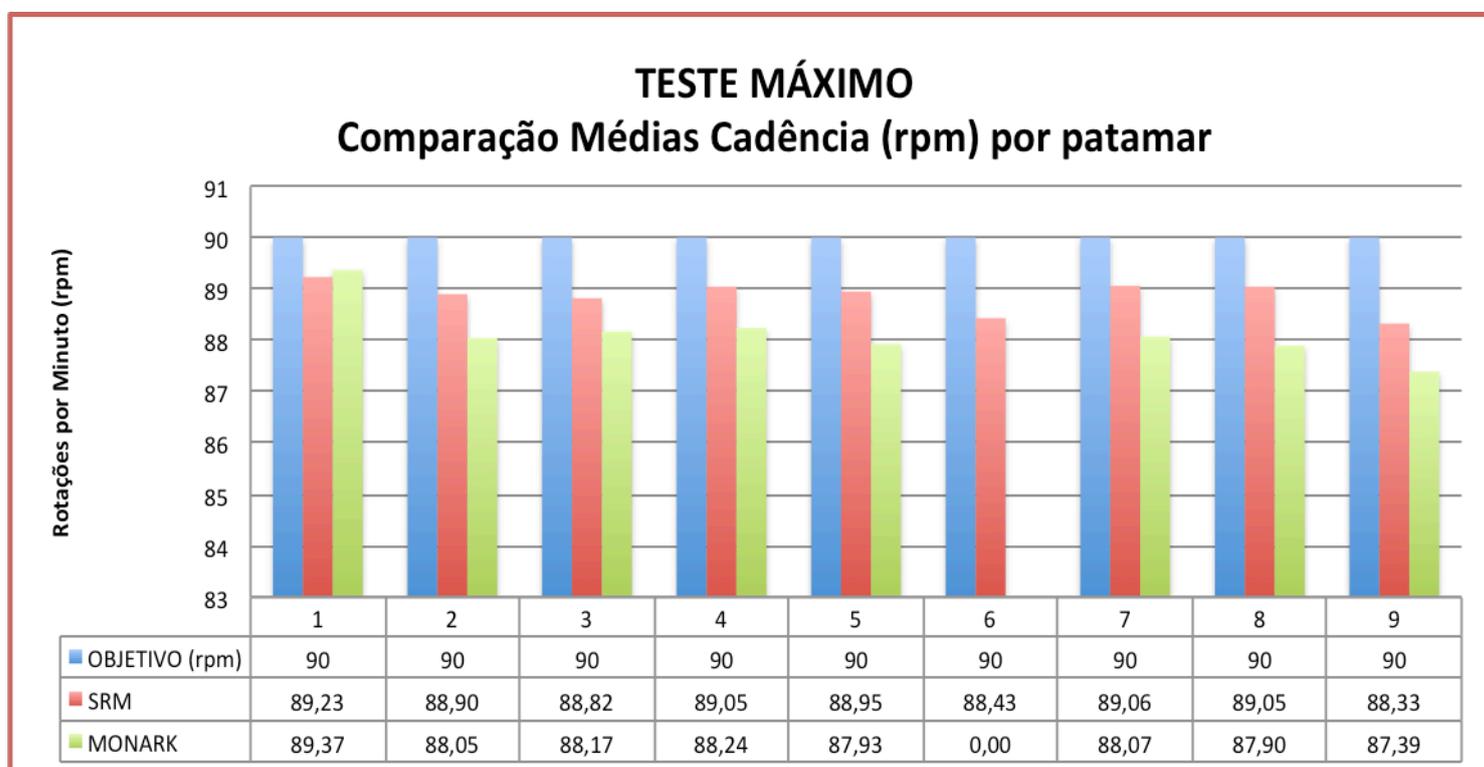


Gráfico 4- Comparação Médias Cadência Teste Máximo

## Patamar 1 (90w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	91,76	88,66 *
DP		7,29	9,90

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	89,23	89,37
DP		1,64	9,90

\*  $p < 0,05$  (diferenças significativa)

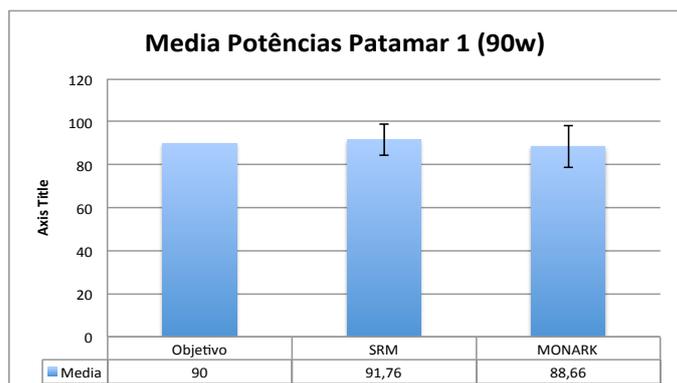


Tabela 5 - Médias Potência Patamar 1

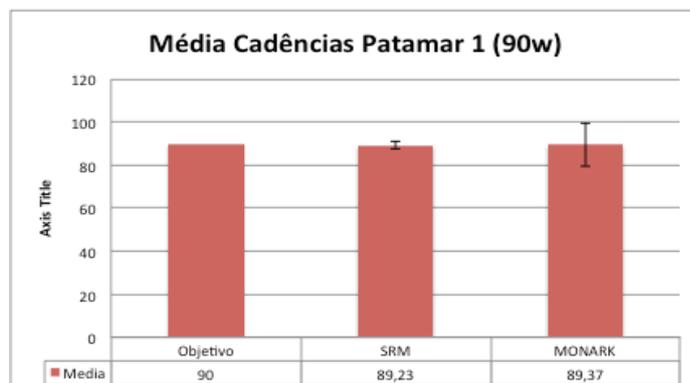


Tabela 6 - Médias Cadência Patamar 1

## Patamar 2 (135w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	135	136,34	132,07 *
DP		9,23	10,09

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	88,90	88,05
DP		1,41	6,72

\*  $p < 0,05$  (diferenças significativa)

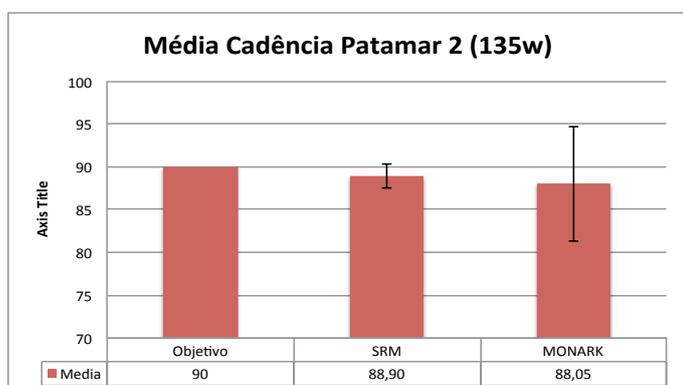


Tabela 7 - Médias Potência Patamar 2

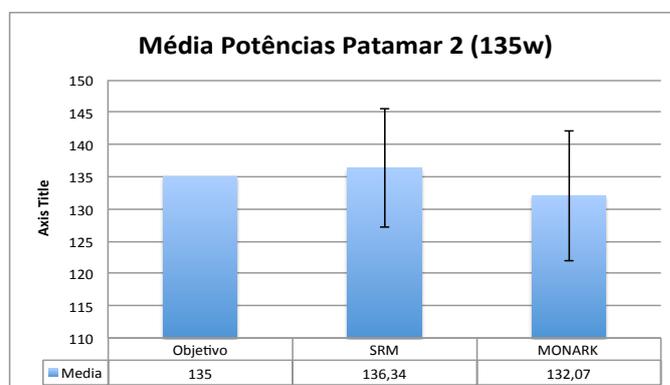


Tabela 8 - Médias Cadência Patamar 2

### Patamar 3 (180w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	180	182,52	176,34 *
DP		12,65	9,73

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	88,82	88,17
DP		1,74	4,86

\* p<0,05 (diferenças significativa)

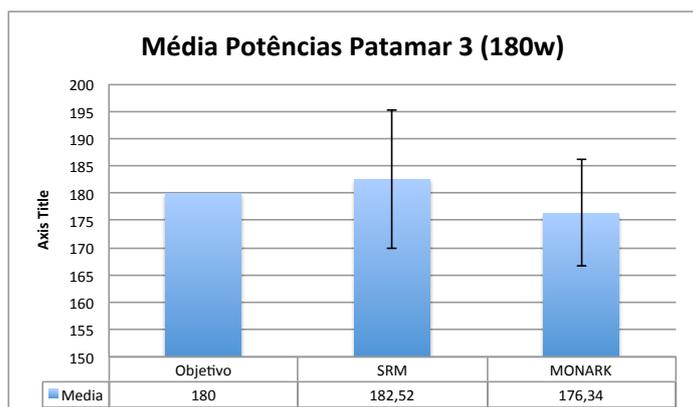


Tabela 9 - Médias Potência Patamar 3

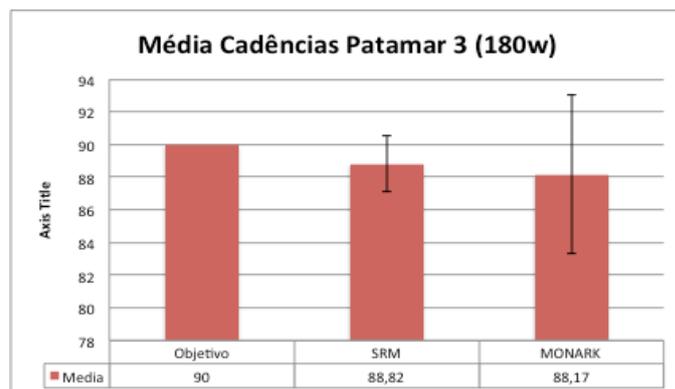


Tabela 10 - Médias Cadência Patamar 3

### Patamar 4 (225w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	225	229,97	220,60 *
DP		8,89	11,65

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	89,06	88,24
DP		1,50	4,66

\* p<0,05 (diferenças significativa)

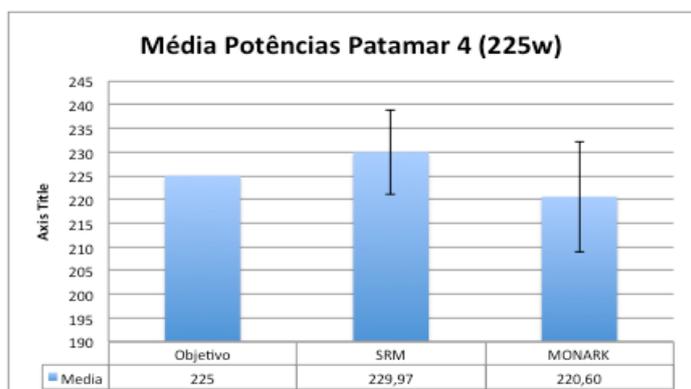


Tabela 11 - Médias Potência Patamar 4

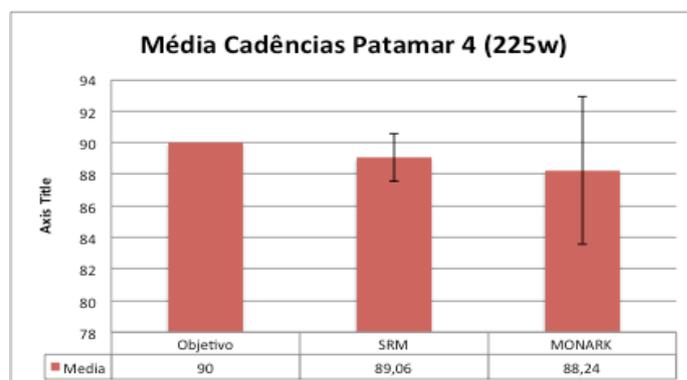


Tabela 12 - Médias Cadência Patamar 4

### Patamar 5 (252w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	252	256,00	246,21 *
DP		10,74	11,09

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	88,95	87,93
DP		1,33	3,96

\* p<0,05 (diferenças significativa)

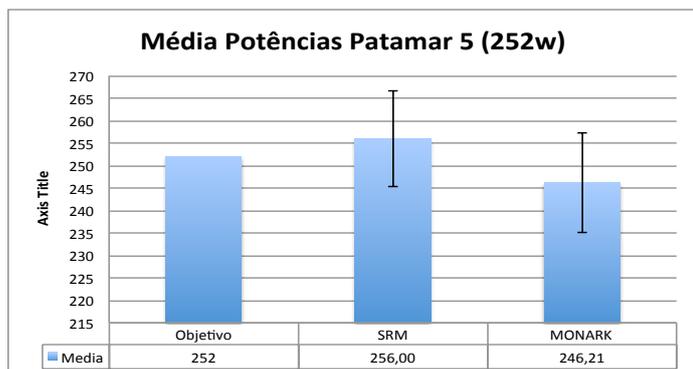


Tabela 14 - Médias Potência Patamar 5

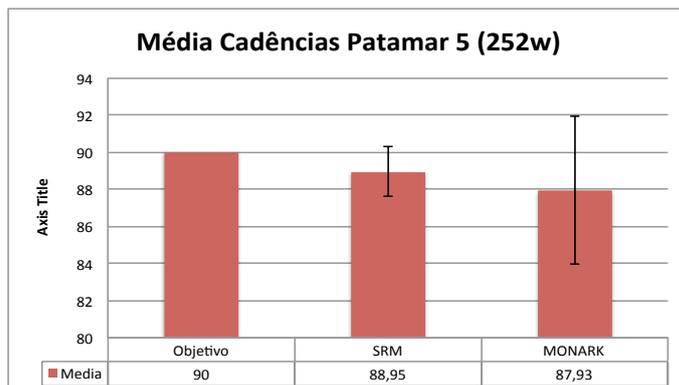


Tabela 13 - Médias Cadência Patamar 5

### Patamar 6 (279w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	279	283,38	0,00 **
DP		14,58	0,00

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	88,42	0,00
DP		1,77	0,00

\*\* Sem dados para comparação

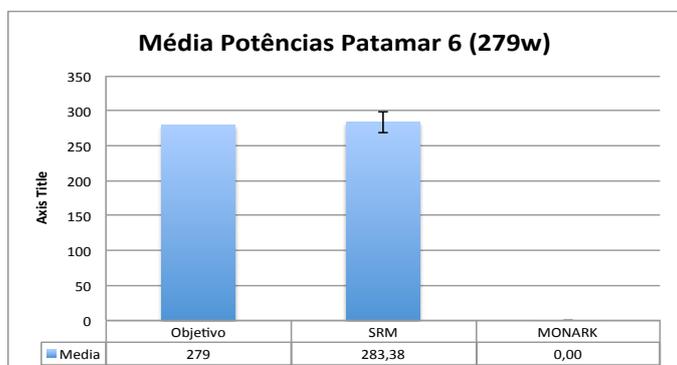


Tabela 15 - Médias Potência Patamar 6

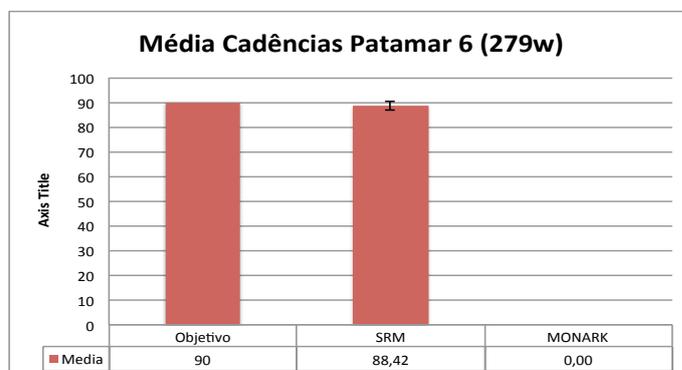


Tabela 16 - Médias Cadência Patamar 6

### Patamar 7 (306w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	306	311,60	299,44 *
DP		12,97	14,75

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	89,09	88,07
DP		1,32	4,34

\* p<0,05 (diferenças significativa)

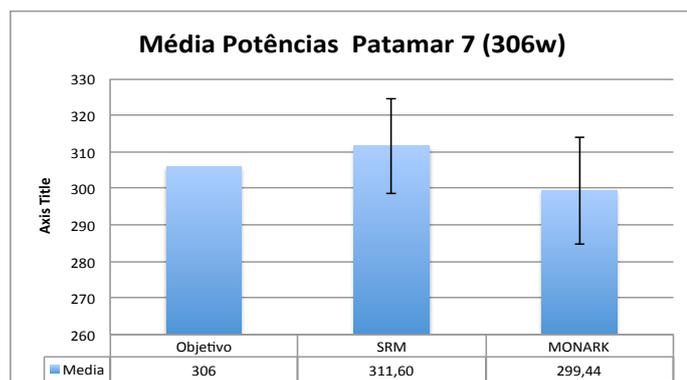


Tabela 18 - Médias Potência Patamar 7

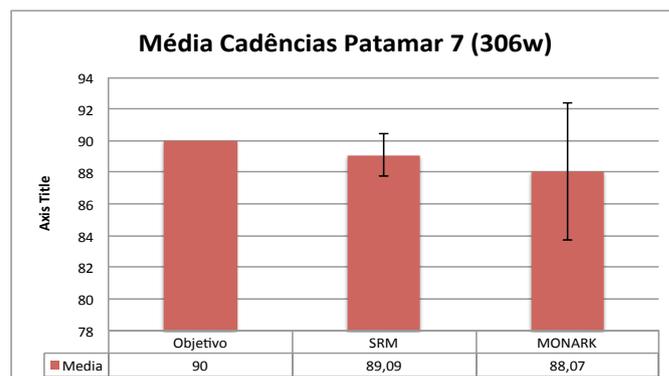


Tabela 17 - Médias Cadência Patamar 7

### Patamar 8 (333w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	333	334,36	325,22 *
DP		19,23	14,51

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	89,05	87,90
DP		1,17	3,92

\* p<0,05 (diferenças significativa)

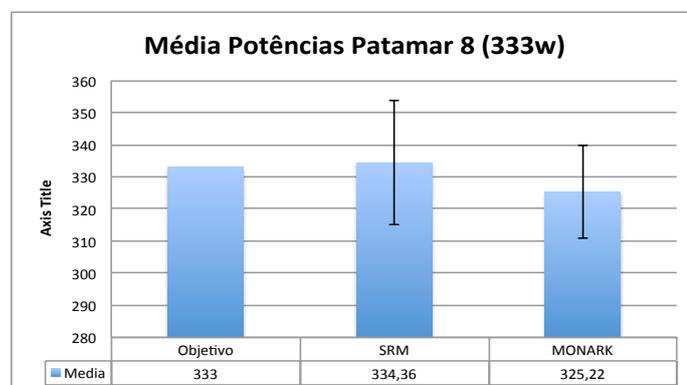


Tabela 20 - Médias Potência Patamar 8

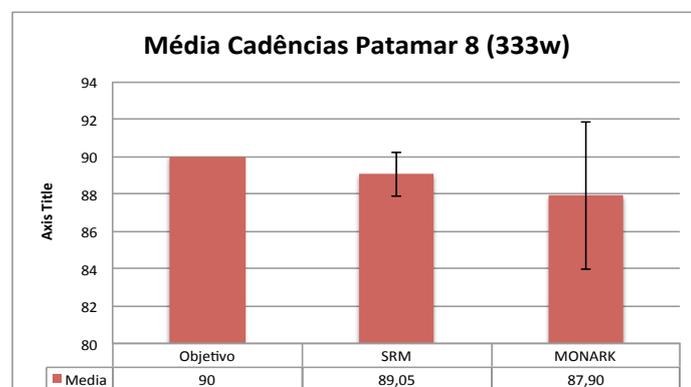


Tabela 19 - Médias Cadência Patamar 8

### Patamar 9 (360w)

POTENCIA (W)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	360	360,20	349,57 *
DP		19,08	14,61

CADENCIA (RPM)	Objetivo	SRM	MONARK
Media	90	88,38	87,39
DP		1,50	3,65

\*  $p < 0,05$  (diferenças significativa)

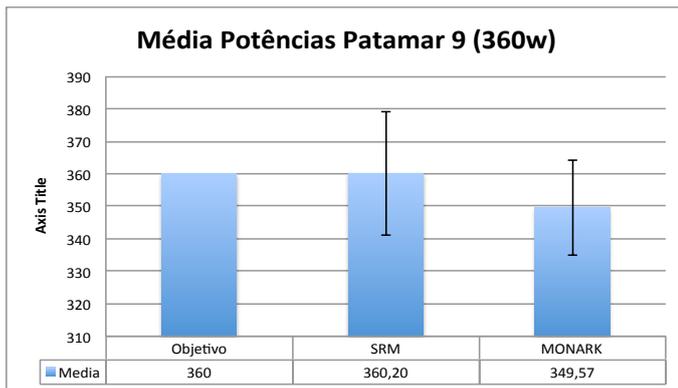


Tabela 21 - Médias Potência Patamar 9

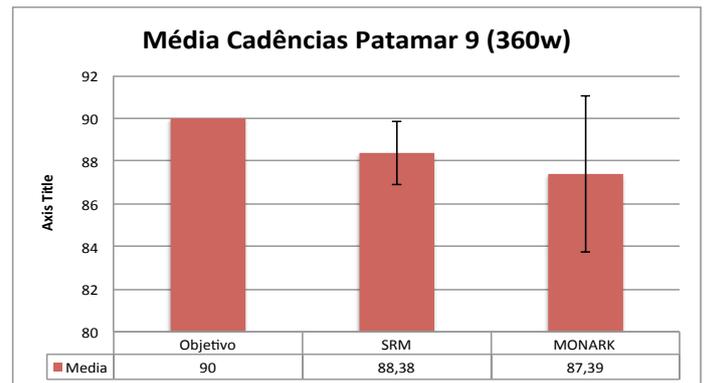
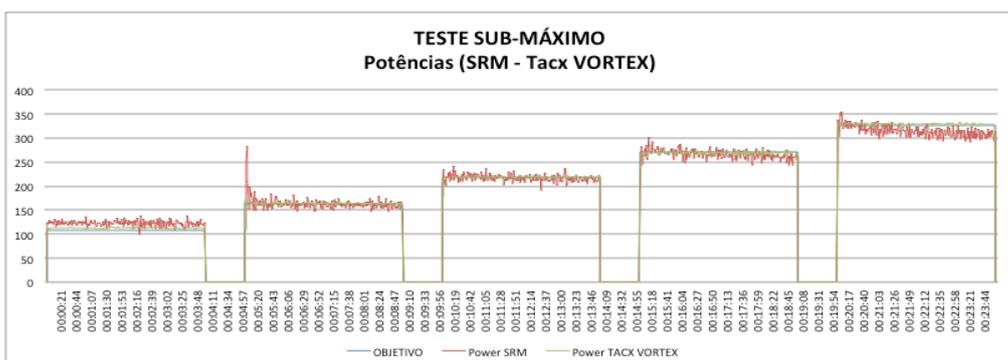
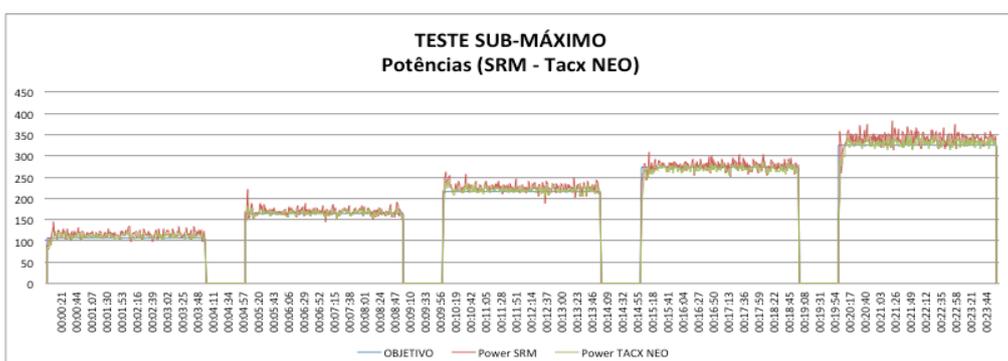
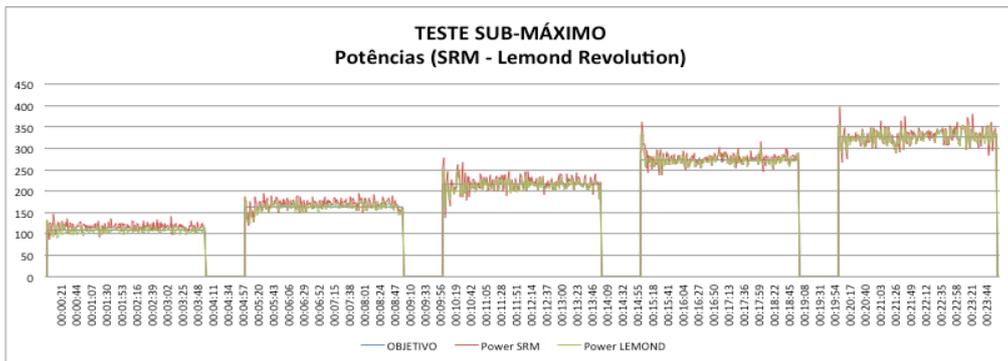
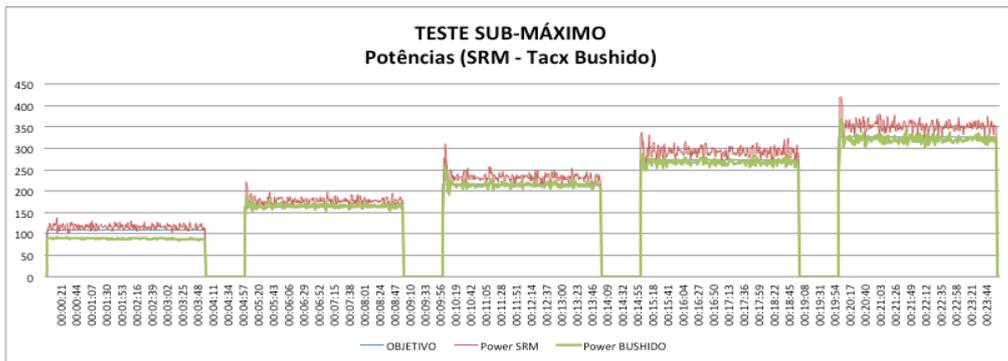
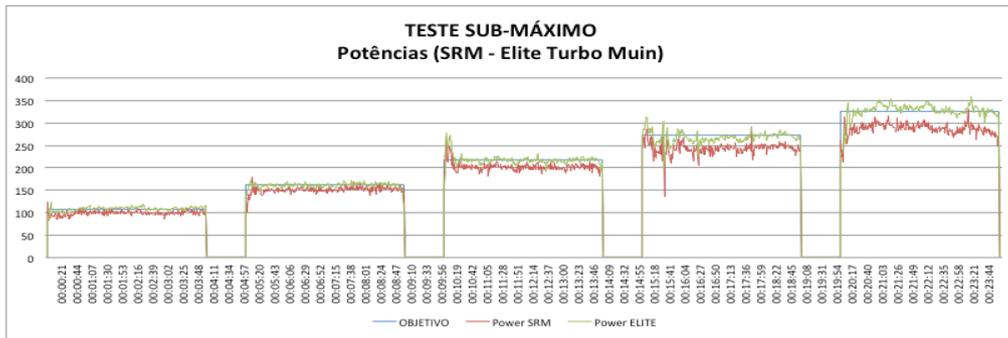
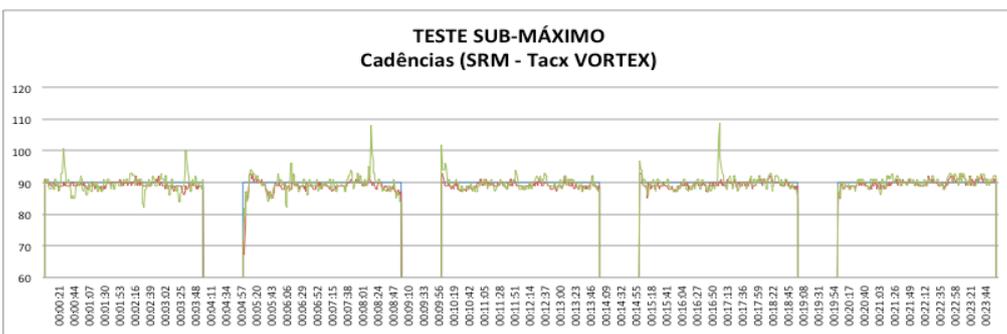
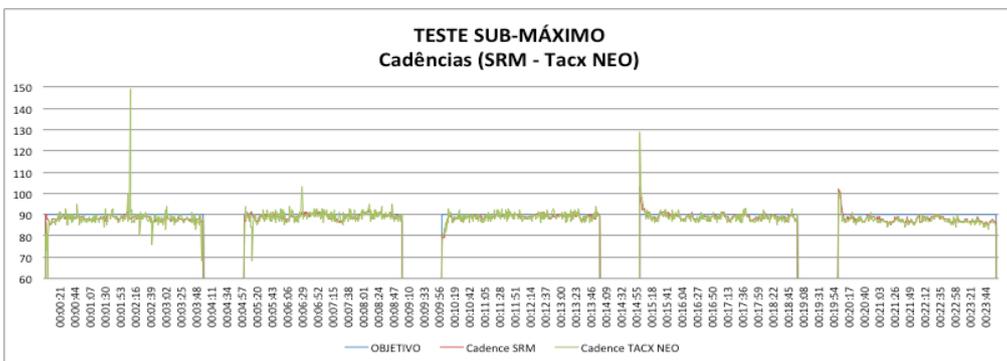
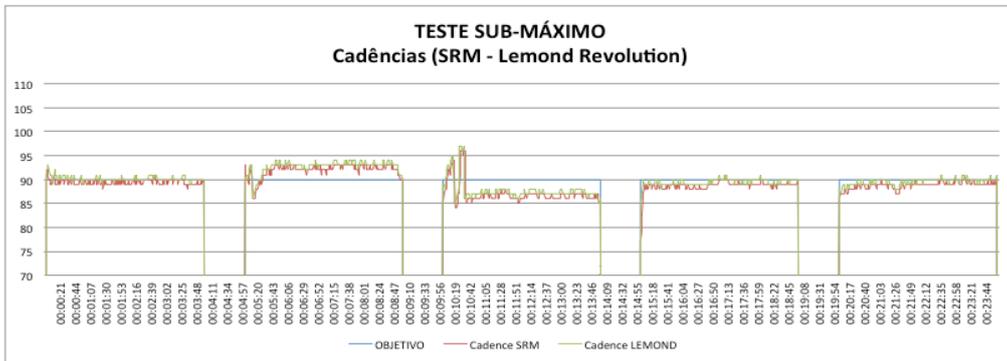
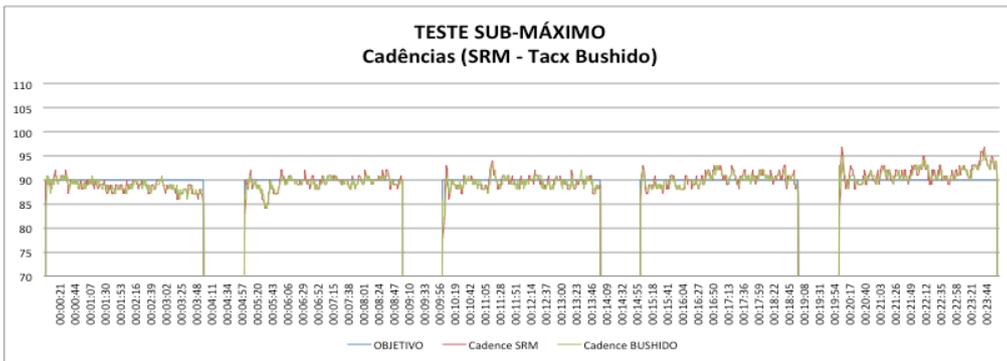
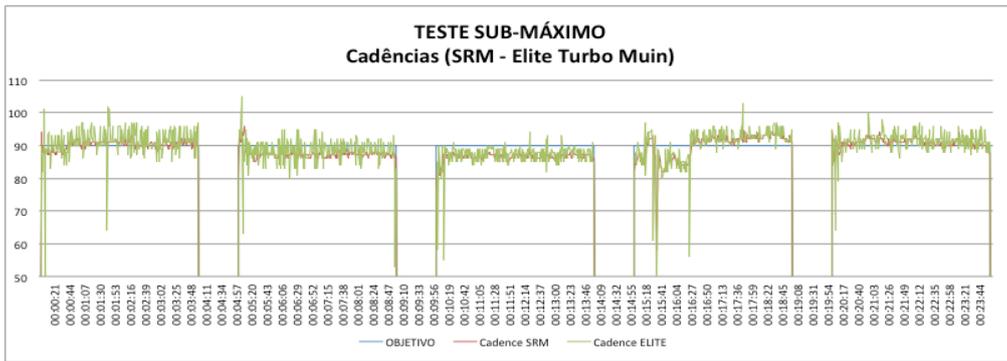


Tabela 22 - Médias Cadência Patamar 9

### 3. Dados Testes Sub-máximos

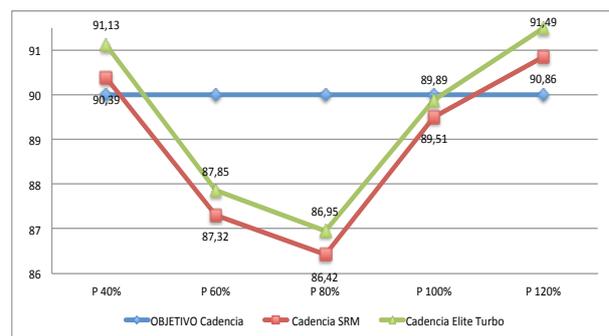
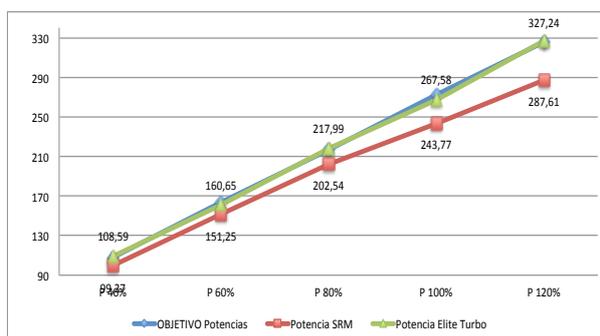
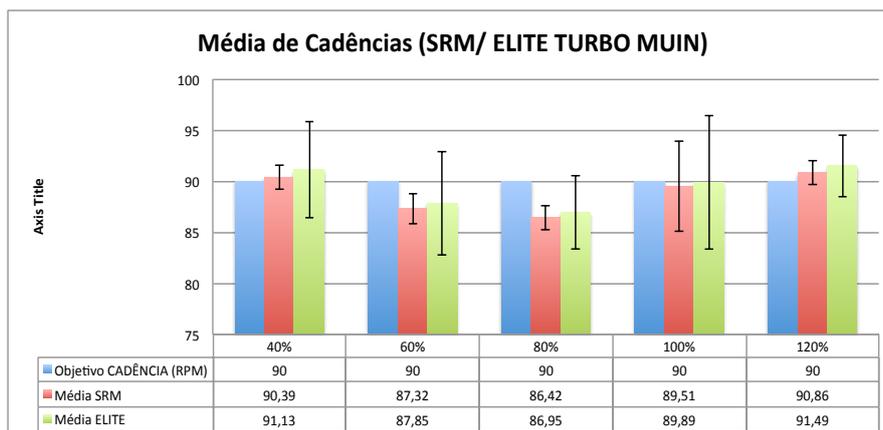
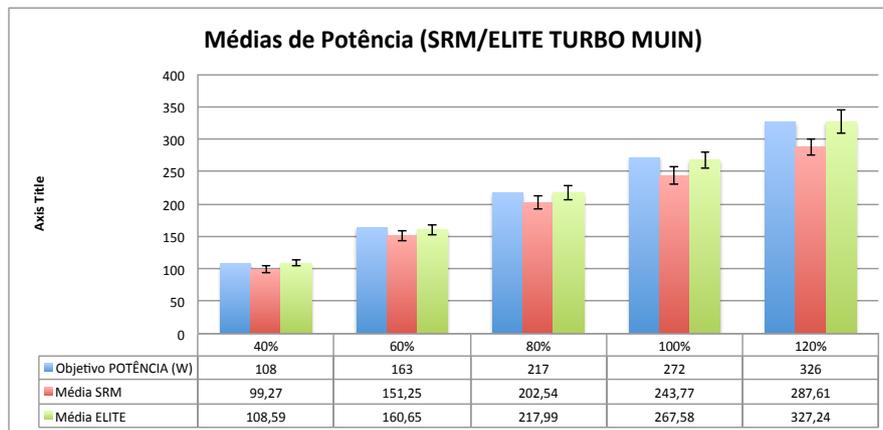




# I. Rolo treino Elite Turbo Muin Smart B+

	40%	60%	80%	100%	120%
<b>Objetivo POTÊNCIA [W]</b>	108	163	217	272	326
Média SRM	99,27	151,25	202,54	243,77	287,61
DP SRM	5,21	7,89	10,3	13,98	12,98
Média ELITE	108,59**	160,65**	217,99**	267,58**	327,24**
DP Elite	4,49	8,12	11,43	12,77	18,2
%	4,16%	4,98%	5,27%	4,69%	5,58%
2DP	8,31%	9,96%	10,53%	9,39%	11,17%
W	9,03	16,01	22,96	25,12	36,54
<b>Objetivo CADÊNCIA (RPM)</b>	90	90	90	90	90
Média SRM	90,39	87,32	86,42	89,51	90,86
DP SRM	1,22	1,51	1,18	4,44	1,19
Média ELITE	91,13	87,85	86,95	89,89	91,49
DP Elite	4,76	5,07	3,59	6,54	3,06

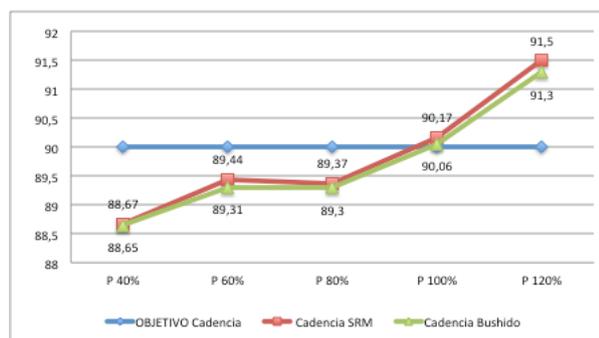
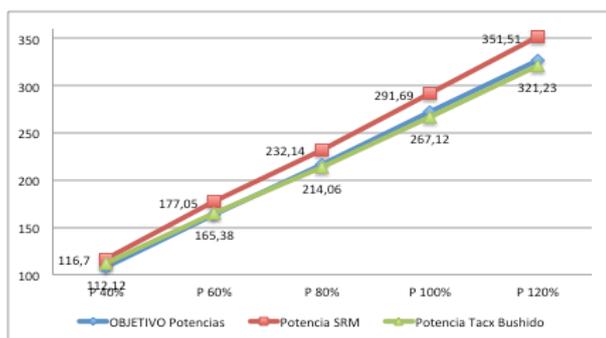
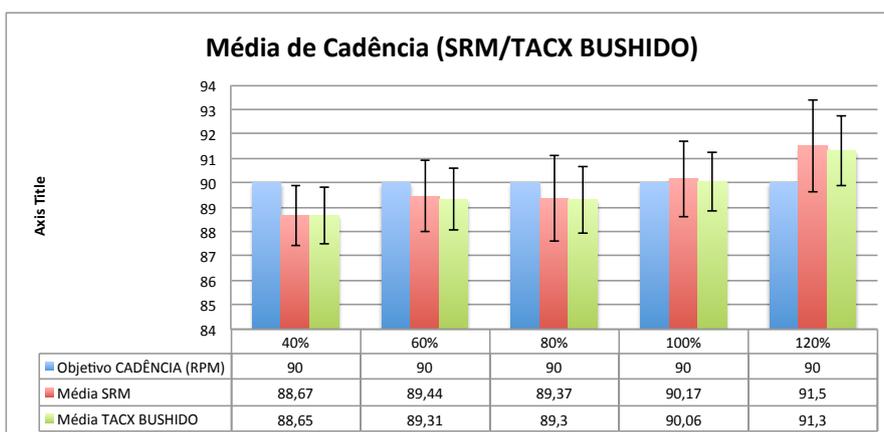
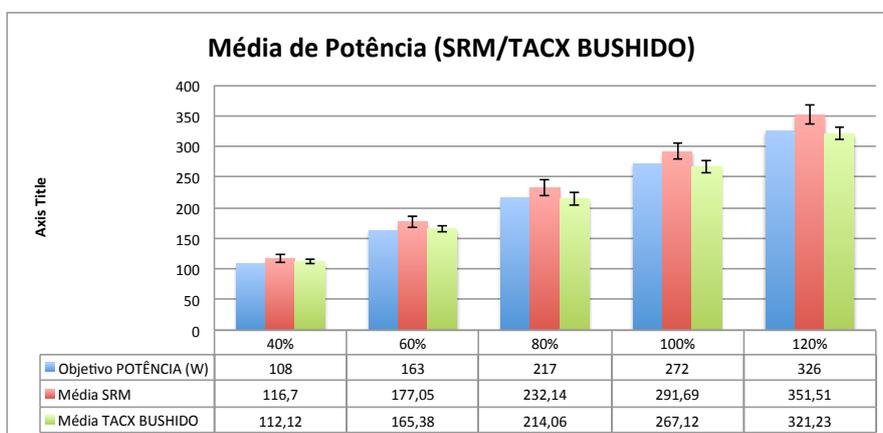
\*\*p<0,01 (diferenças muito significativas)



## II. Rolo de treino Tacx Bushido Smart

	40%	60%	80%	100%	120%
Objetivo POTÊNCIA (W)	108	163	217	272	326
Média SRM	116,7	177,05	232,14	291,69	351,51
DP SRM	6	9,59	13,52	13,44	15,62
Média TACX BUSHIDO	112,12**	165,38**	214,06**	267,12**	321,23**
DP Bushido	3,3	4,69	9,99	10,06	9,71
% DP	3,06%	2,88%	4,60%	3,70%	2,98%
2 DP	6%	6%	9%	7%	6%
W DP	6,85	9,52	19,71	19,76	19,14
Objetivo CADÊNCIA (RPM)	90	90	90	90	90
Média SRM	88,67	89,44	89,37	90,17	91,5
DP SRM	1,24	1,47	1,77	1,56	1,87
Média TACX BUSHIDO	88,65	89,31	89,3	90,06	91,3
DP Bushido	1,15	1,26	1,39	1,22	1,44

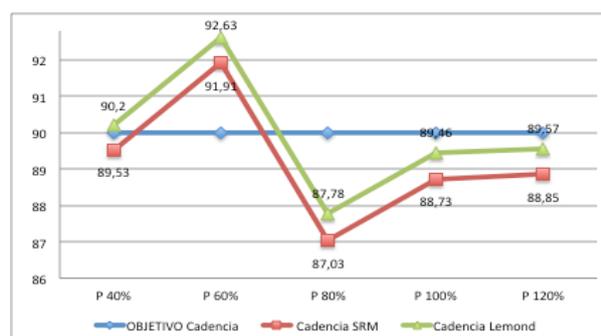
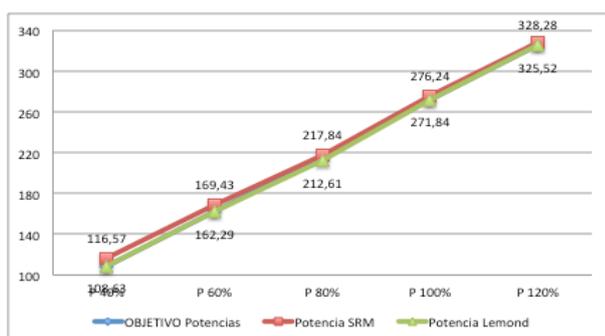
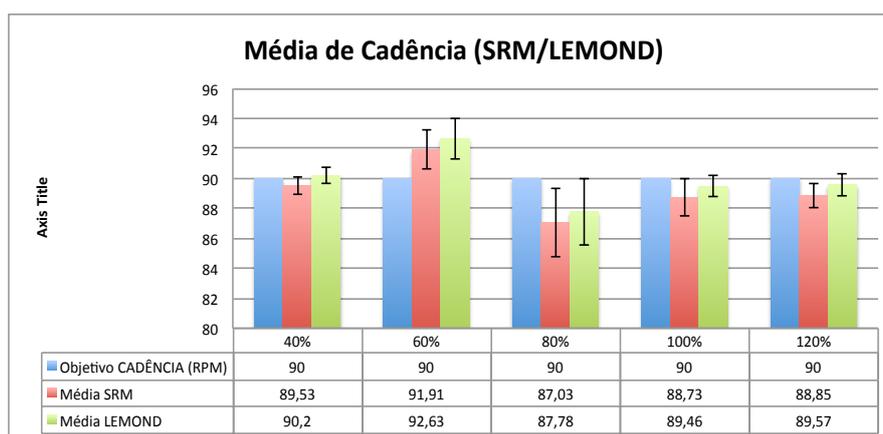
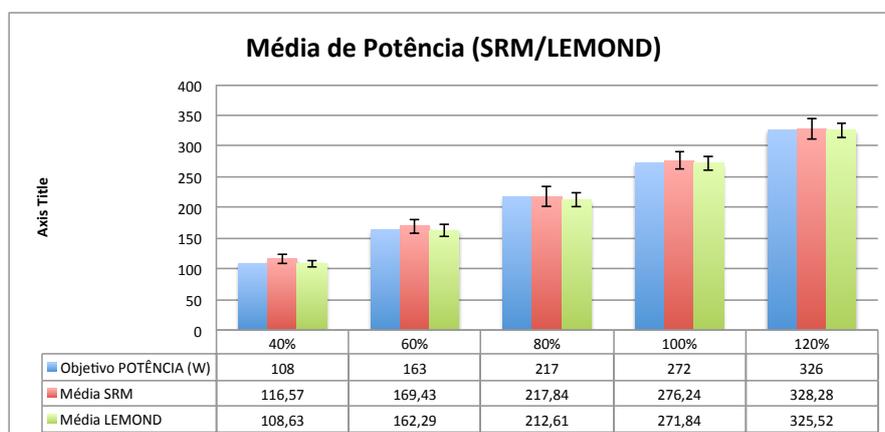
\*\*p<0,01 (diferenças muito significativas)



### III. Rolo de treino Lemond Revolution

	40%	60%	80%	100%	120%
<b>Objetivo POTÊNCIA (W)</b>	108	163	217	272	326
Média SRM	116,57	169,43	217,84	276,24	328,28
DP SRM	7,92	11,52	16,11	13,53	17,58
Média LEMOND	108,63**	162,29**	212,61**	271,84**	325,52**
DP Lemond	5,78	9,55	11,34	11,16	12,7
% DP	5%	6%	5%	4%	4%
2 DP	11%	12%	10%	8%	8%
W DP	11,63	19,02	22,22	22,31	25,36
<b>Objetivo CADÊNCIA (RPM)</b>	90	90	90	90	90
Média SRM	89,53	91,91	87,03	88,73	88,85
DP SRM	0,59	1,31	2,3	1,23	0,8
Média LEMOND	90,2	92,63	87,78	89,46	89,57
DP Lemond	0,53	1,33	2,22	0,69	0,73

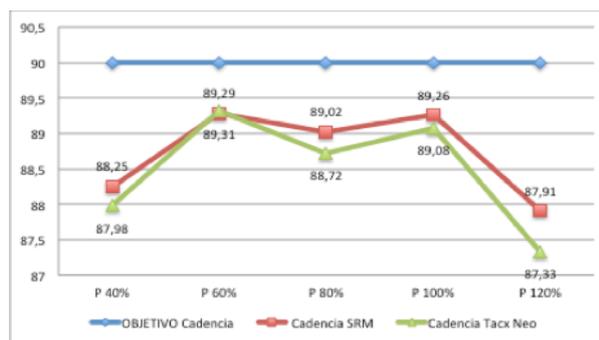
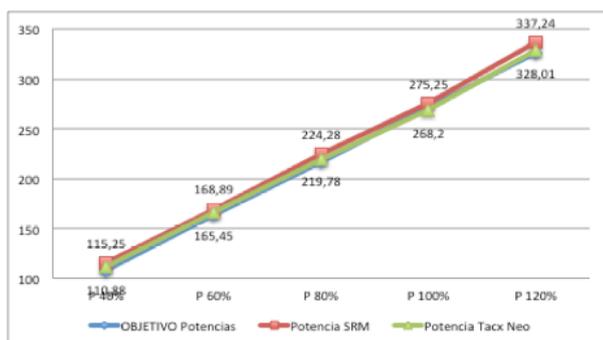
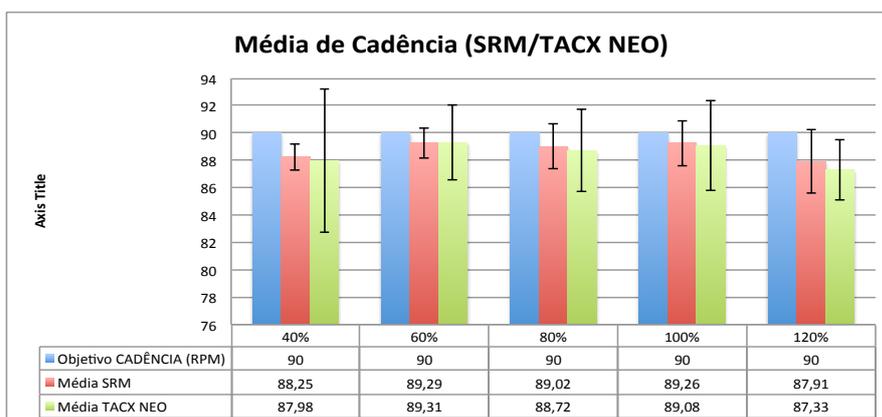
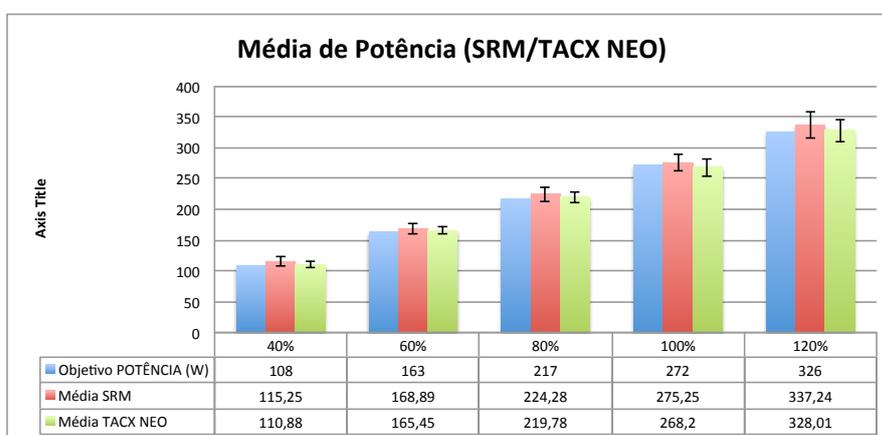
\*\*p<0,01 (diferenças muito significativas)



## IV. Rolo de treino Tacx Neo Smart

	40%	60%	80%	100%	120%
<b>Objetivo POTÊNCIA (W)</b>	108	163	217	272	326
Média SRM	115,25	168,89	224,28	275,25	337,24
DP SRM	8,01	8,76	12,11	12,82	21,64
Média TACX NEO	110,88**	165,45**	219,78**	268,2**	328,01**
DP Neo	5,87	5,27	8,93	14,61	18,28
% DP	5%	3%	4%	5%	6%
2 DP	11%	6%	8%	11%	11%
W DP	12,07	10,70	18,09	28,81	36,79
<b>Objetivo CADÊNCIA (RPM)</b>	90	90	90	90	90
Média SRM	88,25	89,29	89,02	89,26	87,91
DP SRM	0,96	1,12	1,65	1,67	2,3
Média TACX NEO	87,98	89,31	88,72	89,08	87,33
DP Neo	5,23	2,73	2,99	3,3	2,22

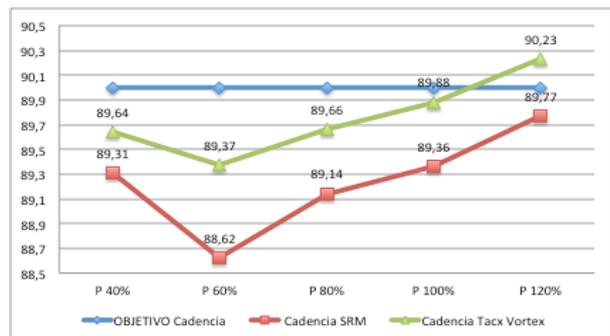
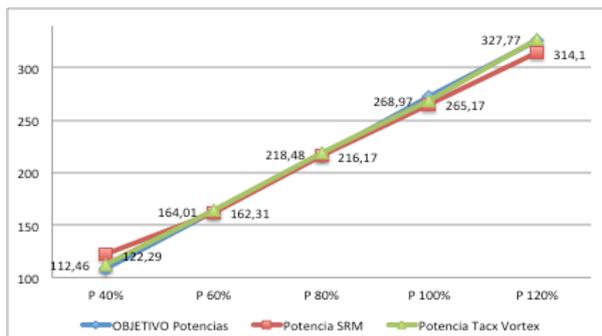
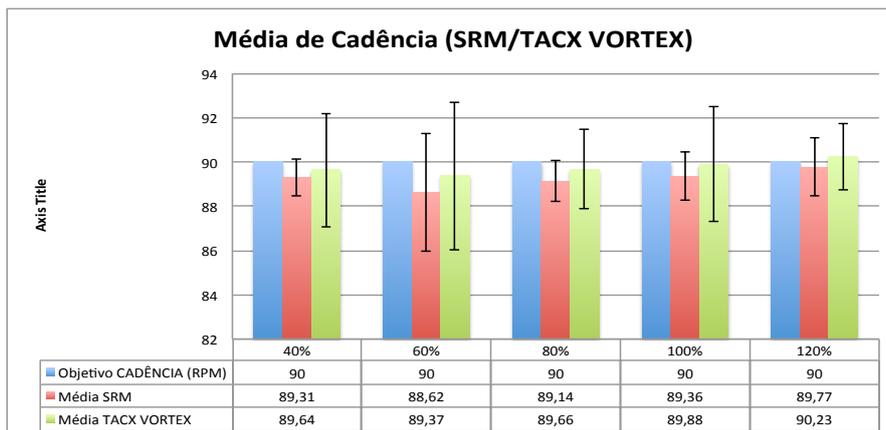
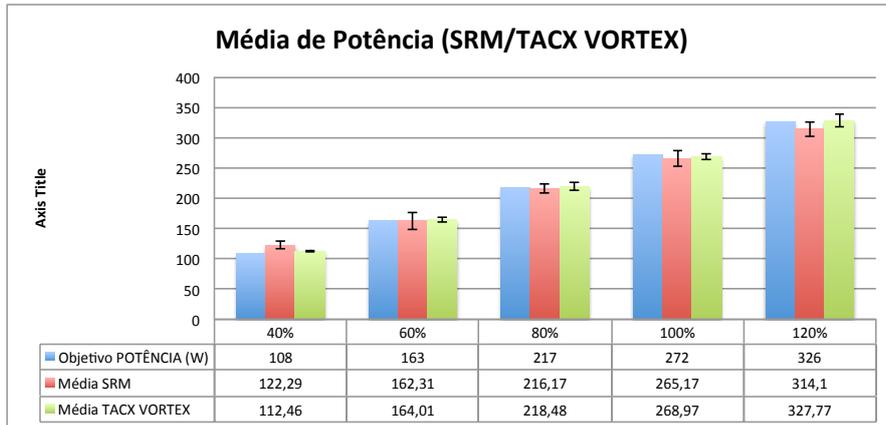
\*\*p<0,01 (diferenças muito significativas)



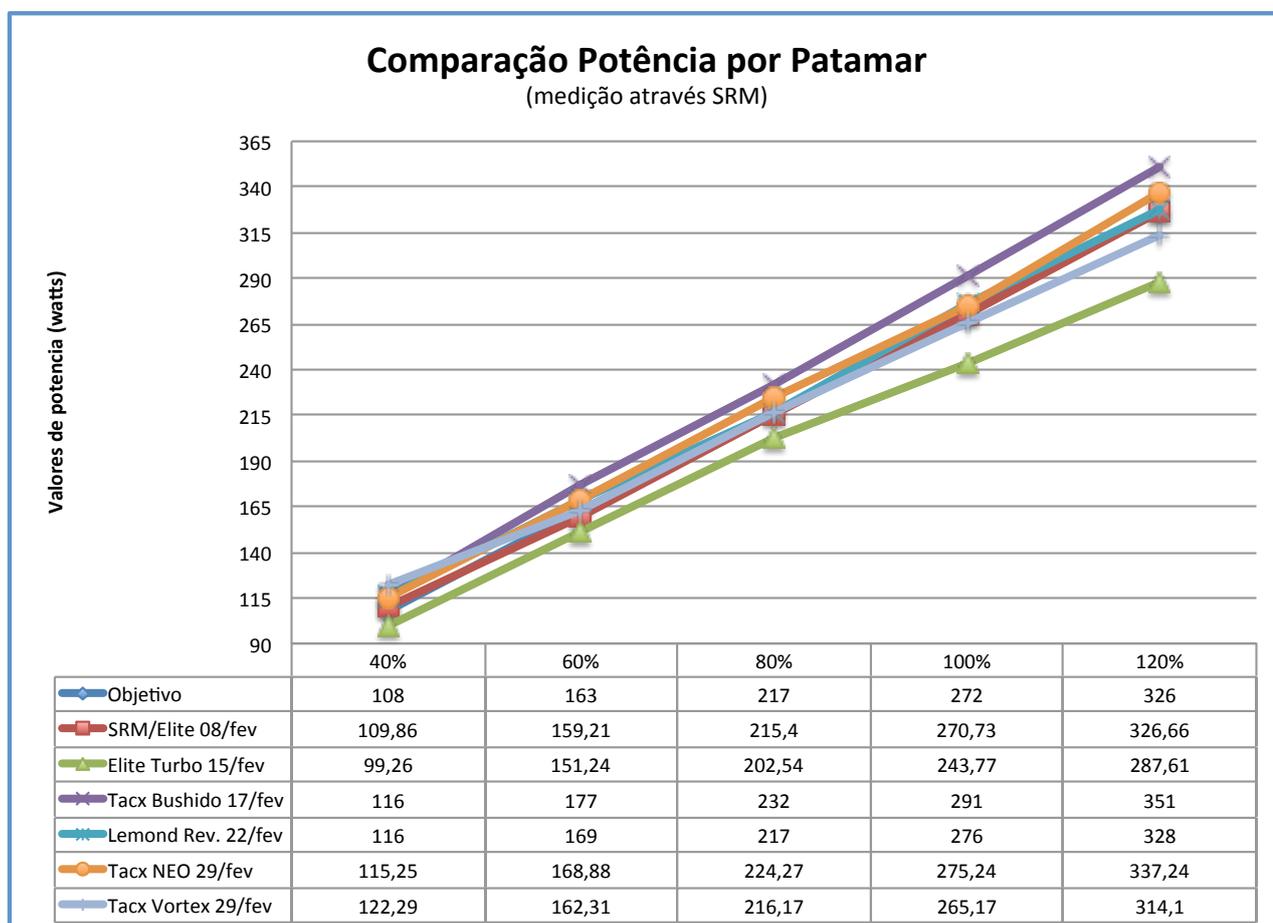
## V. Rolo de treino Tacx Vortex

	40%	60%	80%	100%	120%
Objetivo POTÊNCIA (W)	108	163	217	272	326
Média SRM	122,29	162,31	216,17	265,17	314,1
DP SRM	5,73	13,95	7,62	12,48	12,6
Média TACX VORTEX	112,46**	164,01**	218,48**	268,97**	327,77**
DP Vortex	1,02	4,55	6,63	5,15	10,89
% DP	1%	3%	3%	2%	3%
2 DP	2%	6%	6%	4%	7%
W DP	2,12	9,16	13,35	10,19	21,90
Objetivo CADÊNCIA (RPM)	90	90	90	90	90
Média SRM	89,31	88,62	89,14	89,36	89,77
DP SRM	0,85	2,68	0,92	1,09	1,3
Média TACX VORTEX	89,64	89,37	89,66	89,88	90,23
DP Vortex	2,57	3,34	1,79*	2,59	1,49

\*\*p<0,01 (diferenças muito significativas)



## Comparação entre todos rolos



**Gráfico 5 - Comparação Potências todos os testes sub-máximos**

	Objetivo	Elite Turbo	Tacx Bushido	Lemond Rev.	Tacx NEO	Tacx Vortex	Média (w)	DP (w)	2DP (w)	2DP (%)
40%	108	99,26	116	116	115,25	122,29	113,76	8,59	17,18	16%
60%	163	151,24	177	169	168,88	162,31	165,69	9,61	19,22	12%
80%	217	202,54	232	217	224,27	216,17	218,40	10,93	21,86	10%
100%	272	243,77	291	276	275,24	265,17	270,24	17,43	34,86	13%
120%	326	287,61	351	328	337,24	314,1	323,59	24,20	48,39	15%

**Tabela 23 - Médias de Potência cinco rolos**

No que se refere à média global dos patamares de todos os testes em cada um dos rolos, a variação das médias relativamente ao objetivo, verificando a marca dos 2DP, ou seja, estatisticamente correspondendo a 95% da distribuição dos dados, obtivemos uma variação entre os 10% e 16%, correspondendo estas percentagens a valores de potência entre os 17,18W a 48,39W.

#### 4. Variáveis Fisiológicas

Lan Máximo 272 (w)	Elite Turbo	Tacx Bushido	Lemond Rev.	Tacx NEO	Tacx Vortex	Média (w)	DP (w)	2DP (w)	2DP (%)
	228	267	238	252	193	235,60	27,99	55,97	23,76%

**Tabela 24 - Médias Limiar Anaeróbio**

No entanto e como o objetivo dos testes físicos a atletas de competição é o estabelecimento preciso e correto do limiar anaeróbio, correspondendo o mesmo ao patamar 100% do limiar do teste sub-máximo (272W), obtivemos nos cinco diferentes rolos, uma variação de valores do limiar na ordem dos 20,58%, correspondendo a cerca de 55,97W.

**CAPÍTULO V**  
**DISCUSSÃO**

# CAPÍTULO V - DISCUSSÃO

## 1. Teste Máximo

Dos resultados obtidos relativamente ao teste máximo e recorrendo ao teste de t, podemos verificar que existem diferenças estatisticamente significativas em todos os patamares de esforço no que se refere às médias de potência resultantes do potenciómetro SRM e do cicloergómetro Monark 894Peak. Assim sendo, é possível desde logo aferir a enorme sensibilidade dos resultados uma vez que se tratam dos dois aparelhos considerados na literatura como “Gold Standard”, quer para testes em laboratório (Guiraud et al, 2008; Attaway et al, 1992) quer testes em campo (Paton e Hopkins, 2001).

No entanto e apesar de estatisticamente existirem diferenças significativas, recorrendo à experiência desportiva no que se refere à natureza da avaliação, treino e competição específica do ciclismo (sempre necessário em contexto desportivo), podemos afirmar que os resultados obtidos são semelhantes e que, na prática terão o mesmo efeito.

Focando objetivamente no primeiro e último patamar do teste máximo, as potências desejadas e estabelecidas no protocolo foram de 90watts e 360watts respectivamente. Os resultados obtidos foram (SRM  $91,76 \pm 7,29W$ ; Monark  $88,66 \pm 9,9W$  e SRM  $360 \pm 19,08$ ; Monark  $349,57 \pm 14,61$ ). Sabendo de antemão que é impossível à natureza humana comportar-se como uma máquina e manter potências constantes ao longo do tempo e que, é muito difícil ou mesmo impossível manter uma constante de aplicação de força uniforme de pedalada para pedalada ou por outro lado, compensar com aumento ou diminuição da cadência/frequência de pedalada, uma vez que a Potência = Força x cadência, podemos afirmar que as diferenças de média de potências nos patamares referidos de 3,10W (em 90watts) e de 10,63W (em 360watts) são consideradas praticamente nulas em termos práticos.

Foi ainda verificado no teste máximo que as diferenças observadas dos resultados entre as medições dos dois aparelhos foram aumentando até se situarem por volta  $\pm 10W$ , diferenças essas que estatisticamente são significativas, porém no

campo prático da modalidade desportiva ciclismo não apresenta efeitos práticos.

## 2. Testes Sub-máximo

Os resultados obtidos nos testes sub-máximos seguem muito a lógica dos resultados do teste máximo, ou seja, utilizando o teste estatístico teste t, verificamos que existem diferenças estatisticamente significativas entre todos os rolos de treino com medição de potência e o potenciômetro SRM nos vários patamares de potência.

Respondendo às questões colocadas na introdução da presente dissertação: “Os rolos de treino com medição de potência medem o esforço de forma igual? e “Para uma mesma intensidade de esforço, os resultados obtidos através dos diferentes rolos são idênticos?”, a resposta é simples. Não! No entanto esta simples e assertiva resposta não pode de todo ser considerada por si só, uma vez que (novamente pegamos no teste máximo), estamos a falar de testes realizados em contexto desportivo e os atletas são humanos.

Assim sendo, através dos resultados obtidos, podemos afirmar que existem rolos de treino com medição de potência mais similar/precisos à medição de potência do potenciômetro SRM, e outros menos precisos.

Antes de analisar os resultados, podemos e devemos desde logo diferenciar os rolos de treino com medição de potência, segundo as suas características de contacto e ainda travagem ou resistência. Na presente dissertação foram utilizados cinco rolos de treino com medição de potência diferentes, sendo que três dos rolos possuem um sistema “direct drive” ou transmissão direta, onde bicicleta assenta diretamente na transmissão do rolo, sem ser necessária a roda traseira.

Rolos de Treino	Tipo de Contacto	Tipo de Resistência	Potência Máx Travão	Valor (€)
Elite Turbo Muin Smart B+	Direct Drive	Flúidos	±2500w	Médio
Tacx Neo Smart	Direct Drive	Magnética e Elétrica	±2200w	Elevado
Lemond Revolution	Direct Drive	Ventoinha / ar	±2000w	Médio
Tacx Bushido Smart	Superfície	Motor Elétrico	±1400w	Médio
Tacx Vortex Smart	Superfície	Motor Elétrico	±950w	Baixo

Por sua vez, os modos de resistência dos três rolos utilizados são diferentes, sendo que um deles utiliza a resistência ao vento/ventoinha, um segundo utiliza resistência magnética com ímãs e um terceiro utiliza resistência de fluidos, especialmente concebidos pela marca que o comercializa. Nos dois rolos restantes existe uma superfície de contacto entre a roda traseira da bicicleta (pneu) e o rolo em si (considerados rolos tradicionais), sendo que o modo de resistência desses mesmos rolos é uma resistência elétrica ou de motor elétrico.

Posto isto, e apesar de estatisticamente os resultados serem diferentes, como foi referido no primeiro parágrafo desta discussão, foram verificadas algumas características e padrões resultantes do funcionamento de cada um dos rolos e em cada um dos patamares, sendo mais fácil analisar cada um dos rolos separadamente. Assim:

- Rolo de Treino Elite Muin Smart B+

Objetivo (%)	Objetivo (W)	SRM	Elite Turbo	dif (W)	dif (%)
40%	108	99,26	108,58	9,32	9%
60%	163	151,24	160,65	9,41	6%
80%	217	202,54	217,98	15,44	7%
100%	272	243,77	267,68	23,91	9%
120%	326	287,61	327,24	39,63	12%

**Tabela 25 - Rolo Elite Turbo Muin Smart B+**

Como observado, este rolo apresenta resultados da média de potência constantemente mais elevados dos que observados no potenciómetro SRM, não apresentando contudo linearidade, sendo possível de ser caracterizar como um rolo que sobre-valoriza os dados de potência. Os resultados que este rolo apresenta podem de facto estar associados às características internas do próprio rolo, uma vez que o mesmo possui um fluido à base de silicone (desenvolvido pela Marca), fluido esse que aplica a resistência à bicicleta. Foi assim observada uma inconstância do resultados desde os 7% de diferença que corresponde a 23,91W até aos 12% de diferença que corresponde aos 39,63W

- Rolo de Treino Tacx Bushido

Objetivo (%)	Objetivo (W)	SRM	Tacx Bushido	dif (W)	dif (%)
40%	108	116	112	-4	-4%
60%	163	177	165	-12	-7%
80%	217	232	214	-18	-8%
100%	272	291	267	-24	-9%
120%	326	351	321	-30	-9%

**Tabela 26 - Rolo Tacx Bushido**

O rolo de treino Tacx Bushido caracterizou-se por apresentar resultados contrários ao rolo Elite Turbo. Se por um lado, o rolo Elite apresentou resultados sempre mais elevados, o Rolo Tacx Bushido, apresentou resultados sempre inferiores aos obtidos no potenciómetro SRM. Assim sendo, é passível de ser classificado como um rolo que sub-valoriza os resultados de potência. No teste sub-máximo realizado, este rolo apresentou resultados desde os -4% potência ou -4W até aos -9% de potência ou -30W. Uma característica deste rolo que também foi encontrada nos resultados é que o tamanho do erro associado á leitura dos dados de potência vai aumentando à medida que as potências vão aumentando. E referir que este rolo utiliza um sistema de travagem/existência eléctrico, podendo associar-se a uma consistência dos dados apresentados, mesmo sendo os mesmos inferiores ao objectivo.

- Rolo de treino Lemond Revolution

Objetivo (%)	Objetivo (W)	SRM	Lemond Rev.	dif (W)	dif (%)
40%	108	116	108	-8	-7%
60%	163	169	162	-7	-4%
80%	217	217	212	-5	-2%
100%	272	276	271	-5	-2%
120%	326	328	325	-3	-1%

**Tabela 27 - Rolo Lemond Revolution**

Comparativamente com os outros rolos testados, o rolo Lemond Revolution é o único que apresenta resultados de média de potência, comparativamente ao SRM, em crescendo, ou seja, é o único que apesar de obter dados significativamente mais baixo que o SRM em todos os patamares, apresenta o menor desvio de “perda” de potência ao longo do teste sub-máximo e, aquando de leituras de potência mais elevadas, as diferenças apresentadas são mínimas. Podemos verificar esta situação ao analisar o quadro acima, onde se verifica que, com o aproximar de potências acima dos 250W/300W, os resultados são muito semelhantes, havendo perda de -5W ou 2% e -3W ou 1% de diferenças para os últimos dois patamares. De referir que este rolo de treino possui um sistema de ventoinha acoplado ao equipamento, onde por movimento de ar cria uma resistência às desmultiplicações da bicicleta. Este sistema provou ser bastante preciso e fiável, sendo que nos dias de hoje, está bastante reconhecido pelas federações e equipas profissionais.

- Rolo de Treino Tacx Neo Smart

Objetivo (%)	Objetivo (W)	SRM	Tacx NEO	dif (W)	dif (%)
40%	108	115,25	119,87	4,62	4%
60%	163	168,88	165,45	-3,43	-2%
80%	217	224,27	219,77	-4,5	-2%
100%	272	275,24	268,19	-7,05	-3%
120%	326	337,24	328,01	-9,23	-3%

**Tabela 28 - Rolo Tacx Neo Smart**

O rolo de treino Tacx Neo Smart foi o rolo de treino que demonstrou uma maior consistência de resultados, ao longo da maior parte do teste, rondando uma perda de 2% a 3% de diferença nas leituras de potência, desde  $\pm 150W$  até aos  $\pm 330W$ . Estes resultados demonstram a boa consistência, apesar de um erro associado constante. O sistema de travagem/resistência deste rolo é resistência magnética, através de uma roda volante/disco de aço gigante com cerca de 32 ímãs em seu redor que são capazes de criar uma resistência magnética de até 2200W.

- Rolo de treino Tacx Vortex

Objetivo (%)	Objetivo (W)	SRM	Tacx Vortex	dif (W)	dif (%)
40%	108	122,29	112,46	-9,83	-9%
60%	163	162,31	164,01	1,7	1%
80%	217	216,17	218,47	2,3	1%
100%	272	265,17	268,99	3,82	1%
120%	326	314,1	327,77	13,67	4%

**Tabela 29 - Rolo Tacx Vortex**

O rolo de treino Tacx Vortex apresentou resultados consistente e muito semelhantes aos apresentados pelo potenciómetro SRM quando se tratou do gama de potências entre os  $\pm 150W$  aos  $\pm 300W$ , onde as diferenças rondaram os  $\pm 2W$  e  $\pm 1%$  de diferenças. Foi verificado que a baixas potências este rolo apresenta diferenças significativas em cerca de  $-10W$  ou  $-9%$  e quando está a trabalhar a potências mais altas, a cerca de  $320W$  apresenta diferenças de  $\pm 5%$ . No geral, os resultados apresentados por este rolo de resistência de motor eléctrico foram bastante consistentes e coloca este rolo entre os melhores dos rolos testados.

### 3. Variáveis Fisiológicas

Lan Máximo	Elite Turbo	Tacx Bushido	Lemond Rev.	Tacx NEO	Tacx Vortex	Média (w)	DP (w)	2DP (w)	2DP (%)	
272 (w)	228	267	238	252	193	235,60	27,99	55,97	23,76%	
Objetivo	Elite Turbo	Tacx Bushido	Lemond Rev.	Tacx NEO	Tacx Vortex	Média (w)	DP (w)	2DP (w)	2DP (%)	
40%	108	99,26	116	116	115,25	122,29	113,76	8,59	17,18	16%
60%	163	151,24	177	169	168,88	162,31	165,69	9,61	19,22	12%
80%	217	202,54	232	217	224,27	216,17	218,40	10,93	21,86	10%
100%	272	243,77	291	276	275,24	265,17	270,24	17,43	34,86	13%
120%	326	287,61	351	328	337,24	314,1	323,59	24,20	48,39	15%

**Tabela 30 - Médias Limiar Anaeróbio**

Relativamente aos limiares anaeróbios observados e calculados segundo o método de Newell ((Newell et al 2007), foi verificado que o valor de potência relativo ao limiar do atleta, varia de rolo de treino para rolo de treino.

Sabendo à priori que as variações de médias de potência entre os rolos de treino se situam entre os 10% e os 16%, correspondendo estes valores a 17W e 48W respectivamente, seria esperado que as variações dos resultados do limiar anaeróbio segundo Newell et al, 2007 fosse espectável dentro desta variação.

No entanto e segundo os resultados obtidos, verificou-se que a média dos limiares de potência em todos os rolos situou-se nos  $\pm 235,6W$ , o que utilizando novamente os 2DP das médias obtidas, foi verificado que existe um variação de 23,76% na determinação dos limiares, correspondendo a estas percentagens cerca de 55,97W, valor este muito superior aos obtidos quando se comparou as variações das médias dos rolos.

Através deste resultados, podemos concluir que, na estipulação dos limiares anaeróbios dos atletas de ciclismo e específico, os treinadores/fisiologistas tem de estar atentos não só aos equipamentos utilizados, neste caso rolos de treino com medição de potencia, mas também dar uma especial atenção ao método de determinação do limiar anaeróbio, sendo este um factor determinante numa aferição correta e precisa do limiar dos atletas.

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSÃO**

## CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO

Com os significativamente diferentes resultados obtidos nesta dissertação, com os diferentes equipamentos disponíveis pelas marcas, com as diferentes gamas comercializadas, com as diferentes superfícies de contacto oferecidas, com diferentes modos de resistências e diferentes materiais, estamos perante um leque de resultados/dados que em muito diferem e em muito nos têm de preocupar ou fazer questionar.

Assim sendo, e voltando à introdução desta dissertação, através dos testes conduzidos aos diferentes rolos de treino com medição de potência, verificámos que os mesmo não medem o esforço de forma igual e que, para uma mesma intensidade de esforço os resultados obtidos nos diversos equipamento não foram idênticos. Esta assunção leva-nos a uma questão ainda mais pertinente, levantada também ela na introdução: “Se um atleta realizar um teste de esforço com um rolo de treino com medição de potência X e treinar com um rolo de treino com medição de potência Y, está a treinar à mesma intensidade?”. Muito bem, a resposta mais uma vez é Não!

Um dos objetivos desta dissertação era a de desmistificar e/ou responder a esta mesma questão. Nos dias que decorrem e com a maior procura por parte dos amantes das bicicletas em elevar a sua capacidade física e/ou testar a sua condição física, leva a que muito testes sejam realizados em laboratório, quer nos rolos de treino com medição de potência, quer em cicloergómetros devidamente calibrados (como o caso do cicloergómetro utilizado nesta dissertação, Monark 894Peak). O que se verificou através dos resultados obtidos foi que numa oferta de cinco rolos de treino, obtivemos 5 resultados diferentes comparando com o potenciómetro SRM. Esta diversidade de resultados vai posteriormente repercutir-se no contexto da prática física com os atletas a treinarem segundo os resultados obtidos, resultados esses que diferem de rolo para rolo e de equipamento para equipamento.

Assim sendo, é de extrema importância não assumir os dados obtidos em qualquer um dos rolos como inquestionáveis e tentar cruzar dados de vários testes de rendimento e sempre que possível, realizar as avaliações e testes de condição física em cicloergómetros devidamente calibrados e acima de tudo reconhecidos no âmbito científico. Com tudo isto, não é de todo objetivo passar a mensagem que os testes não

se devem realizar, porém os resultados/dados obtidos devem ser considerados em conjunto com uma série de outros factores.

Posto isto, e tentando responder ao último objetivo específico enunciado nesta dissertação, não é possível assumir um rolo de treino com medição de potencia mais exato, uma vez que através dos dados obtidos foi verificado que:

- O rolo Elite Turbo Muin Smart B+ apresenta dados sobre-valorizados em toda a gama de potências, sendo que o erro associado vai aumentando linearmente (desde os  $\pm 9\text{W}$  aos  $\pm 39\text{W}$ ) ao longo do teste;
- O sistema de travagem da marca Elite, com o seu sistema de Fluido de Silicone, apresenta uma inconsistência ao longo de todo o teste, sendo o rolo mais instável;
- O rolo Tacx Bushido por outro lado, apresenta resultados sub-valorizados em todo o teste comparativamente com o potenciómetro SRM. Apesar destes resultados, o sistema de motor eléctrico aparente ser constante não dando lugar a flutuações de potência muito acentuadas;
- O rolo Lemond Revolution apresenta um sistema de ventoinha, sendo um dos mais precisos e constantes onde, com o elevar das potências, o erro associado na leitura quando comparado com o SRM, tende a ser menor;
- O rolo Lemond Revolution é o rolo mais ruidoso, apresentando valores a rondar os 85 dB e cerca de 10dB acima de todos os outros rolos.
- O rolo Tacx Neo demonstrou uma maior consistência de resultados, ao longo da maior parte do teste, rondando uma perda de 2% a 3% de diferença nas leituras de potência quando comparado com o potenciómetro SRM;
- O sistema de travagem/resistência magnética (Tacx Neo), bem como o de vento/ventoinha (Lemond Revolution) são os sistema que apresentam a pedalada mais realista e mais confortável (factor importante no contexto desportivo);
- O rolo Tacx Vortex, apesar de ser o rolo mais acessível monetariamente apresentou resultados de potencia quando comparados com o SRM muito

interessantes, provavelmente devido ao seu sistema de travagem de motor elétrico e uma inércia da massa do rolamento de cerca de 11,81Kgs

Com a realização desta dissertação foram identificados alguns pontos que merecem um melhor e mais aprofundado estudo, bem como reconhecido que a nível da medição de potência por parte de rolos de treino, quer os atletas, quer os treinadores e agentes devem questionar os dados/resultados obtidos.

## **1. Limitações do Estudo**

- Atletas testados somente em laboratório;
- Somente um tipo de protocolo;
- Calculo do limiar anaeróbio, segundo o modelo matemático criado por D. John Newell e David Higgin (Newell et al 2007)

## **2. Sugestões para novos estudos**

Para projetos futuros dentro da temáticas dos potenciômetros, prevejo:

- Análise longitudinal dos dados de potências de equipas profissionais de ciclismo
- Caracterização, quantificação e modelagem de potência necessária para determinados objetivos;
- comparação direta entre o SRM (Gold Standard) e os demais potenciômetros comercializáveis que são passíveis de instalar na bicicleta, salientando o QUAQ, POWERTAP, ROTOR, GARMIN, STAGES, BePRO, MOXY, 4iii, LOOK, PIONEER, INFOCRANK, entre outros;

**CAPÍTULO VII**  
**BIBLIOGRAFIA**

## CAPÍTULO VII - BIBLIOGRAFIA

- Abbiss, C.R., Quod, M.J., Levin, G., Martin, D.T. e Laursen, P.B.** 2009. Accuracy of the Velotron Ergometer and SRM *Power meter*. *Int J Sports Med*; 30: 107 – 112
- Algarra, J. e Gorrotxategi, A.** 1996. *Ciclismo Total: Fundamentos del Ciclismo*. García de Paredes. Madrid: Gymnos Editorial
- Allen, H. e Cooggan, A.** 2006. *Training and racing with a power meter*. Velopress, Boulder, Co. USA
- Armstrong, N. e Welsman, J.R.** 1994. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev* 22: 435–476
- Arts, F.J. e Kuipers, H.** 1994. The relation between power output, oxygen uptake and heart rate in male athletes. *Int J Sports Med*. 15 : 228 – 31
- Astrand, P.O. e Rodahl, K.** 1986. *Textbook of Work Physiology* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill
- Attaway, R., Bartoli, W.P., Blum, A., Roecker, K., Dickhuth, H.H., Schmid, A, et al.** (1992). Physiologic and percentual responses to exercise on a new cycle ergometer. *Can J Sports Sci*; 17 (1): 56-9
- Ballard, T.P. et al.** 2004. Comparison of the Bod Pod and DXA in Female Collegiate Athletes. *Journal of the American College of Sports Medicine*; 731-734.
- Bar-Or, O., Dotan, R. e Inbar, O.** 1977. A 30-sec all-out ergometer test – its reliability and validity for anaerobic capacity. *Isr J med Sci* 13:126
- Barros Neto, T. L., Tebexreni, A. S., Tambeiro, V. L.** 2001. Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta, CEMAFE — Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte — Escola Paulista de Medicina — UNIFESP - *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo*. 3:695-705
- Behnke, A. R., Feen, G.B. e Welham, W.C.** 1942. The specific gravity of healthy men. *JAMA* 118: 495–501
- Bently, D.J., McNaughton, L.R., Thompson, D., Vleck, V.E. e Batterham, A.M.** 2001. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Med Sci Sports Exerc*;33:2077- 2081
- Bertucci, W., Grappe, F., Girard, A., Betik, A. e Rouillon, J.D.** 2005. Effects on the crank torque profile when changing pedalling cadence in level ground and uphill road cycling. *J Biomech*;38(5):1003-10.
- BOD POD** body composition system: Operator's manual. Life Measurement, Inc. Concord, CA. 2000.
- Biaggi, R.R, Vollman, M.W., Nies, M.A. et al.** 1999. Comparison of air displacement plethysmography with hydrostatic weighing and bioelectrical impedance

analysis for the assessment of body composition in healthy adults. *Am J Clin Nutr*; 69:898–903.

- Bijker**, K.E. de Groot, G. e Hollander, A.P. 2001. Delta efficiencies of running and cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 33(9), 1546-1551
- Brozek**, J., Grande, F., Anderson, J.T. e Keys, A. 1963. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. NY Acad. Sci.* 110: 113–140
- Brooks**, G. A., Fahley, T.D. e Baldwin, K. M. 2005. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its applications*. 4<sup>th</sup> Edition. 5-7.
- Burke**, E-R-. Cerny, F., Costil, D., Fink, W. 1977. Characteristics of skeletal muscle in competitive cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 0 (2): 109-112.
- Burke**, E.R. 1980. Physiological characteristics of competitive cyclists. *Physician Sports Med* 8 (7):79-84
- Collins**, A.L. e McCarthy, H.D. 2003. Evaluation of factors determining the precision of body composition measurements by air displacement plethysmography. *European Journal of Clinical Nutrition*; 57, 770–776
- Costill**, D.L., Thomasson, H. e Roberts, E. 1973. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports Exerc*. 5: 248-252
- Coyle**, E.F., Feltner, M.E., Kautz, S.A., Hamilton, M.T., Montain, S.J., Baylor, A.M., Abraham, L.D. e Petrek, G.W. 1991. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 23:93–107
- Coyle**, E.F. Sidosis, L.S., Horowitz, J.F. e Beltz, J.D. 1992. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 24, 782-788
- Coyle**, E.F. 1995. Integration of the physiological factors determining endurance Performance ability. *Exerc Sport Sci Rev*. 23: 25-63
- Craig**, N.P. e Norton, K.L. 2001. Characteristics of Track Cycling. *Sports medicine*, 32 (7): 457-568.
- Cureton**, K. 1997. In vivo validation of whole body composition estimates from dual energy xray absorptiometry. *J. Appl. Physiol*; 83(2):623-630.
- Dempster**, P. e Aitkens, S. 1995. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med Sci Sports Exerc*, 27:1692-1697
- Dewit**, O., Fuller, N.J., Fewtrell, M.S., Elia, M. e Wells, J.C. 2000. Whole body air displacement plethysmography compared with hydrodensitometry for body composition analysis. *Arch Dis Child*; 82:159–64.

- Ebert**, T.R., Martin D.T., Stephens, B. e Whithers, R.T. 2006. Power outputs during professional men's road-cycling tour. *Int j Physiol Perf.* 1: 324-335. PMID:19124890
- Disley**, B.X. e Li, F.X. 2012. The effect of Q Factor on gross mechanical efficiency and muscular activation in cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* doi:10.1111
- Faria** EW, Parker DL, Faria IE. 2005. The science of cycling: physiology and training – part 1. *Sports Med*; 35 : 285 – 312
- Faude**, O., Kindermann, W. e Meyer, T. 2009. Lactate Threshold Concepts: How Valid are They?. *Sports Medicine.* Volume 39 - Issue 6 - pp 469-490
- Fields**, D.A. Goran, M.I. e McCrory, M.A. 2002. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr*; 75:453–67.
- Fields**, D.A. Higgins, P.B. e Hunter, G.R. 2004. Assessment of body composition by air-displacement plethysmography: influence of body temperature and moisture. *Dynamic Medicine*, 3:3
- Finn**, J., Gastin, P.B., Withers, R e Green, S. 2000. Estimation of peak power and anaerobic capacity of athletes. In C Core (Ed.), *Physiological tests for athletes.* Champaign, 111: Human Kinetics
- Foster**, C. e Daniels, J.T. 1975. Aerobic power of competitive cyclists. *Aust J Sports Med* 7 (5): 111-112
- Gaesser**, G. A. e Brooks, G.A. 1975. Muscular efficiency during steady-rate exercise: effects of speed and work rate. *J. Appl.Physiol.* 38:1132–1139
- Garcia**, B.F., Landaluce, J.P., Alonso, M. R. e Terrados, N. 2000. Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc.* 32 (5): 1002-1006
- Gomes**, B. 2002. Indicadores Fisiológicos de Rendimento em Canoistas Femininos de Elite. Coimbra. FCDEF-UC
- Guiraud**, T., Léger, L., Long, A., Thébault, N., Tremblay, J. & Passelergue, P. 2008. VO2 requirement at different displayed power outputs on five cycle ergometer models. *Br J Sports Med*, 10. Published online June 6. Doi:10.1136/bjism.2007.044826
- Green**, S. e Dawson, B. 1993. Measurement of anaerobic capacities in humans. *Sports Medicine*, 15 (5), 312-327
- Hagberg**, J.M e Coyle, E.F. 1983. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. *Med Sci Sports Exerc.* 15: 287-289
- Hamley**, E. J., & Thomas, V.1967. Physiological and postural factors in the

calibration of the bicycle ergometer. *The Journal Of Physiology*, 191(2), 55P-56P.

- Hawley, J.A.** e Noakes, T.D. 1992. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; 65 : 79 – 83
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R. e Hollmann, W.** 1985. Justification of the 4- mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med.* 6:117-30.
- Hollmann, W.** 1985. Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. *Int J Sports Med*; 6:109-16
- Hopkins, W.G.** Schabert, E.J. e Hawley, J.A. 2001. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine*, 31(3), 211-234
- Horowitz, J.F.** Sidosis, L.S. e Coyle, E.F. 1994. High efficiency of type I muscle fibers improves performance *International Journal of Sports medicine*, 15, 152-157
- Inbar, O., Bar-Or, O. e Skinner, J.S.** 1996. *The wingate anaerobic tes.* Champaign: Human Kinetics
- Iwaoka H, Yokoyama T, Nakayama T, et al.** 1998. Determination of percent body fat by the newly developed sulfur hexafluoride dilution method and air displacement plethysmography. *J Nutr Sci Vitaminol*; 44:561–8.
- Jeukendrup, A. E., Craig, N.P. e Hawley, J.A.** 2000. The bioenergetics of World Class Cycling. *J Sci Med Sport.* 3 : 414 – 33 .
- Jeukendrup, A.** 2002. *High-Performance Cycling .* Champaign, IL: Human Kinetics Publishers
- Jones S, Passfield L.** (1998). The dynamic calibration of bicycle power measuring cranks. In: Haake SJ, ed Oxford, UK: Blackwell Science; 1998:265-274
- Jones, A.M. e Carter, H.** 2002. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29 (6), 373-386
- Kearney, J.T., Rundell, K.N. e Wilber, R.L.** 2000. Measurement of Work and Power in Sport. *Exercise and Sports Science.* 31- 52
- Kindermann, W., Simon, G. e Keul, J.** 1979. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 42:25-34
- Krahenbuhl, G.S., Skinner, J.S. e Kohrt, W.M.** 1985. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev* 13: 503–538
- Lamberts, R. P., Swart, J., Noakes, T.D., et al.** 2011. A novel submaximal cycle test to monitor fatigue and predict cycling performance. *Br J Sports Med*; 45 : 797 – 804 .

- Lee, S.Y.** e Gallagher, D. 2008. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*; 11(5): 566–572.
- Levenhagen** DK, Borel MJ, Welch DC, et al. 1999. A comparison of air displacement plethysmography with three other techniques to determine body fat in healthy adults. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*; 23:293–9.
- Lucía, A.**, Hoyos, J., Carvajal, A. e Chicharro ,J.L. 1999. Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *Int J Sports Med* 20:167–172
- Lucía A** , Hoyos J, Pérez M, et al. 2000a. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc.* 32 : 1777 – 82 .
- Lucía, A.**, Hoyos, J., Chicharro, J. 2001. Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine*, 31(5):325-337
- Lucía, A.**, Hoyos J, Pérez M., Santalla, A. e Chicharro, J.L. 2002. Inverse relationship between  $VO_{2max}$  in cyclists and economy in world-class cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12), 2079-2084
- Martin, J.C.**, Milliken, D.C., Cobb, J.E., McFadden, K.L., Coggan, A.R. (1998). Validation of a mathematical model for road cycling power. *Journal of Applied Biomechanics*; 14:176-191
- Mader, A.**, Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Schürch, P. e Hollmann, W. 1976a. Zur beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt Sportmed*; 26:109-12.
- Mader, A.**, Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Schürch, P. e Hollmann, W. 1976b. Zur beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt Sportmed*; 24:80-8.
- McArdle, W.D.**, Katch, F.L. e Katch, V.L. 1991. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance* (3rd ed.). Philadelphia: Lea & Febiger.
- McArdle, W.D.**, Katch, F.L. e Katch, V.L. 1996. *Exercise Physiology* (4ed.) Baltimore: Williams and Wilkins
- McArdle, W.D.** e Katch, V.L. 2001. *Exercise physiology*. Fifth ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins
- McQuillan, J.** 2007. The effect of high intensity resisted cycling with and without explosive resistance training on performance in competitive cyclists. New Zealand Institute of Sports and Recreation Research. Division of Sport and Recreation. Thesis.....
- McCrorry MA**, Gomez TD, Bernauer EM, Molé PA. 1995. Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Med Sci Sports Exerc*; 27:1686–91.
- Medbo, J.I.**, Mohn, A.C., Tabata, I., Bahr, R., vaage, O. e Sejersted, O.M. 1988. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated oxygen deficit.

Journal of Applied Physiology, 64, 50-60

- Medbo** JI, Mamen A, Welde B, von Heimburg E, Stokke R (2002) Examination of the Metamax !I and II oxygen analysers during studies in the laboratory, Scand J Clinic Lab Invest 62:584-598
- Miyatake** N, Nonaka K, Fujii M. 1999. A new air displacement plethysmograph for the determination of Japanese body composition. Diabetes Obes Metab; 1:347–51.
- Moseley**, L. e Jeukendrup, A.E. 2001. The reliability of cycling efficiency. Medicine and Science in Sports and Exercise, 33(4), 621-627.
- Mujika**, I. e Padilla, S. 2001. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. Sports Med 31:479–487
- Newell**, J., Higgins, D., Madden, N., Cruickshank, J., Einbeck, J., McMillan, K e McDonald, R. 2007. Software for calculating blood lactate endurance markers. Journal of Sports Sciences, October; 25(12): 1403-1409.
- Nuñez** C, Kovera AJ, Pietrobelli A, et al. 1999. Body composition in children and adults by air displacement plethysmography. Eur J Clin Nutr; 53:382–7.
- Olds**, T. 2001. Modeling human locomotion. Sports Medicine, 31, 497-509.
- Padilla**, S., Mujika, I., Cuesta, G. e Goiriena, J.J. 1999. Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. Med Sci Sports Exerc 31:878–885
- Padilla**, S., Mujika, I., Orbananos, J. e Angulo, F. 2000. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. Med Sci Sports Exerc 32:850–856
- Padilla**, S., Mujika, I., Orbananos, J., Santisteban, J., Angulo, F. e Jose Goiriena, J. 2000a. Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. Med Sci Sports Exerc 33:796–802
- Parr**, B.B., Strath, S.J., Bassett Jr, D.R. e Howley, E.T. NA. Validation of the Cosmed K4b2 Portable Metabolic Measurement System. Exercise Science. University of South Carolina-Aiken
- Paton**, C.D. e Hopkins, W.G. 2001. Tests of Cycling performance. Sport med, 31, 489-496
- Rodrigues dos Santos**, J.A. 2002. Consumo máximo de oxigénio: uma breve revisão in: Santos, P. J. M., Santos, J. A. R. (eds). Investigação aplicada em atletismo: Um contributo da FCDEF, Porto
- Ross**, W. D e Marfell-Jones, M. T. 1991. Kinanthropometry. In J. D. MacDougall, H. A. Wenger, & H. J. Green (Eds.). Physiological testing of the high-performance athlete (2nd ed.). Champaign, Illinois: Human Kinetics, pp. 233-306.
- Ryschon**, T. W., & Stray-Gundersen, J. 1991. The effect of body position on the

- energy cost of cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 949–953.
- Ruiz**, M. R. e Pérez, A. B. 2003. Las pruebas de esfuerzo en la valoración cardiológica y funcional del deportista. In P.M. Marqueta, A.B. Pérez, E.L. Fernández, C.P. de Beristáin. *Cardiología del Deporte (I)*, 1º Ed., pp.135-200. Monografías FEMEDE, Nexus Ediciones, Barcelona, España.
- Santos**, P. 1995. Controlo do treino em corredores de meio-fundo e fundo. Avaliação da capacidade aeróbia com base no limiar láctico das 4 mmol/l<sup>-1</sup> determinado em testes de terreno. Dissertação apresentada às provas de doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto
- Santos**, P. 2002. Limiar anaeróbio: uma breve revisão In: Santos, P.J.M., Santos, J.A.R. (eds), *Investigação aplicada em atletismo: um contributo da FCDEF.UP para o desenvolvimento do meio fundo e fundo*, pp.19-27. FCDEF, Porto.
- Sardinha** LB, Lohman TG, Teixeira P, Guedes DP, Going SB. 1998. Comparison of air displacement plethysmography with dual-energy X-ray absorptiometry and 3 field methods for estimating body composition in middle-aged men. *Am J Clin Nutr*; 68:786–93.
- Shepard**, R. J. 2000. Consumo máximo de oxigénio. In R.J. Shepard, P.O. Astrand. (eds). *La Resistência en el deporte*. 2º Ed., pp.204-213. Editorial Paidotribo, Barcelona, España.
- Silva**, A.S.R, Santos, F.NC, Santiago, V. e Gobatto, C.A. 2005. Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais - *Rev Bras Med esporte* vol.11 no.Niterói July/Aug.
- Sjodin**, B. e Jacobs, I. 1981. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med*; 2:23-6.
- Smith**, T.P., McNaughton, L.R. e Marshall, K.J. 1999. Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO2max and performance in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 31(6):892-6.
- Sobral**, F. e Silva, M. J. C. 2003. *Cineantropometria, Curso Básico*. 4º Ed., Coimbra: textos de Apoio – FCDEF – Universidade de Coimbra.
- Sobral**, F.J., Coelho e Silva, M.J. e Figueiredo. 2007. *Cineantropometria – Curso Básico*. 6a edição Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física – Universidade de Coimbra.
- Swain**, D.P. e Wilcox, J.P. 1992. Effect of cadence on the economy of uphill cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(10), 1123-1127
- Swain**, D.P. 1998. Cycling: Uphill and Downhill. In: *Encyclopedia of Sports Medicine and Science*, T.D. Fahey (Editor). Internet Society for Sport Science:

<http://sportssci.org>

- UCI Brochures.** 2010. Cycling: One Sport, 8 Disciplines. Available: [www.uci.ch](http://www.uci.ch)
- Uth, N.** 2005. Gender difference in the proportionality factor between the mass specific  $\dot{V}O_2$  and the ratio between HR(max) and HR (rest). *International Journal of Sports Medicine*, 26 (9):763-767.
- Utter, A.C., Goss, F.L., Swan, P.D., Harris, G.S., Robertson, R.J. e Trone, G.A.** 2003. Evaluation of Air Displacement for Assessing Body Composition of Collegiate Wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. American College of Sports Medicine: 10.1249/01
- Vogt, S., Heinrich, L., Schumacher, Y.O., Blum, A., Roecker, K., Dickhuth, H.H, et al.** 2006. Power output during stage racing in professional road cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(1), 147-151
- Wasserman, K.** 1984. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *American Review of Respiratory Disease*, 129, S35-s40
- Wasserman, K., Hansen, J. F., Sue, D. Y., Casaburi, R. e Whipp, B. J.** 1999. *Principles of Exercise testing and interpretation*, 3<sup>rd</sup> ed., Baltimore: Lippincott Williams & Williams.
- Wilber, R., Zawadzki, K.M., Kearney, J.T., Shannon, M.P., e DiSalvo, D.** 1997. Physiological profile of the elite off-road and road cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (8), 1090-1094

## **CAPÍTULO VII**

### **APÊNDICE**

# CAPÍTULO VIII – APÊNDICE

## Apêndice I

### TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Pelo presente documento, declaro que fui suficientemente esclarecido pelo mestrando Tiago André Masqueiro Encarnação e pelo Investigador Responsável Dr. Amândio Santos sobre os procedimentos a que vou me submeter, ou a que vai ser submetido (NOME DO ATLETA), do qual sou responsável legal, bem como do diagnóstico, prognóstico, riscos e objetivos do estudo.

Declaro também que dispus do tempo necessário para pensar e tomar a minha decisão, sendo que me foi informado que tenho o direito de recusar, em qualquer altura, a proposta que me foi apresentada, sem qualquer prejuízo para a minha pessoa.

Pelo presente também manifesto expressamente minha concordância e meu consentimento para realização do procedimento acima descrito, bem como a utilização de todos os dados para estudo.

( \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ de 2016)

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Atleta (ou representante Legal)

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Mestrando

\_\_\_\_\_  
Assinatura Investigador Responsável

## Apêndice II

Nome Atleta	
Data Nascimento	
Idade	

Data	
Hora	
Local	

Temperatura	
Humidade	
Pressão Barométrica	
Vel. Vento	

--

ROLO									
Patamar (W)		Tempo	FC	VE	QR	VO2	VCO2	Vo2 relativo	Lactato
1	%	W	10						
2	40%		4						
3	60%		4						
4	80%		4						
5	100%		4						
6	120%		4						
7	POST		10						

ROLO									
Patamar (W)		Tempo	FC	VE	QR	VO2	VCO2	Vo2 relativo	Lactato
1	%	W	10						
2	40%		4						
3	60%		4						
4	80%		4						
5	100%		4						
6	120%		4						
7	POST		10						

ROLO									
Patamar (W)		Tempo	FC	VE	QR	VO2	VCO2	Vo2 relativo	Lactato
1	%	W	10						
2	40%		4						
3	60%		4						
4	80%		4						
5	100%		4						
6	120%		4						
7	POST		10						