

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

# **Dispêndio Energético em Três Ergómetros da Marca Concept2®**

Dissertação de Mestrado em Ciências do Desporto com  
especialização em Atividades de Academia

**Cristiana Patrícia Rebelo Santos**

**Orientadores:** Prof. Doutor José Vilaça-Alves  
José Pedro Almeida



Vila Real, 2019



## **Agradecimentos**

Prof. Dr. José Vilaça-Alves (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro); Prof. Dr. Victor Machado Reis (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro); José Pedro Almeida (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro); Diogo Oliveira (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro); João Ribeiro (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro); Active Gym/UTAD, PT Academy e a todos os participantes.



## Resumo

Os ergômetros são aparelhos amplamente utilizados nas Academias, ginásios e *Health-Centers* na realização de exercícios predominantemente aeróbios. Dentro desses ergômetros os simuladores de remo (RE), de esqui (SKI) e de pedalar (BIKE) da marca Concept2® são muito usuais dentro desses espaços. Os mostradores desses equipamentos demonstram, além de outros parâmetros, o trabalho realizado durante a sua execução. Contudo, esses equipamentos possuem diferentes técnicas de realização e grupos musculares solicitados. Desta forma, o objetivo do presente estudo é observar qual o dispêndio energético e o substrato predominantemente utilizado na realização de um esforço, nos três equipamentos da marca, com a mesma carga externa (150W). Para o efeito 20 sujeitos do sexo masculino, aparentemente saudáveis, com idades compreendidas entre os 22 e os 36 anos, fisicamente ativos e com experiência nos ergômetros de RE, BIKE e SKI pelo menos há 6 meses realizaram de forma individual 3 sessões experimentais, separadas entre si por 7 dias, no mesmo horário, com a duração de 20 minutos, a uma intensidade de 150watts. Em cada sessão e por sorteio foi utilizado 1 dos três ergômetros. Durante cada sessão foi utilizado um espirômetro portátil (K5 cosmed, Italy) para recolha dos valores de consumo de oxigénio ( $VO_2$ ) e produção de  $CO_2$ , de forma a calcular o custo energético da sessão e o substrato energético predominante. Foi observado que o SKI apresenta valores de  $VO_2$  absoluto (l/min) e relativo (ml/kg/min) significativamente ( $p < 0,0001$ ) superiores aos do RE e BIKE ( $3,03 \pm 0,29$ ,  $2,75 \pm 0,25$  e  $2,46 \pm 0,23$ ;  $38,74 \pm 4,40$ ,  $35,08 \pm 4,55$  e  $31,55 \pm 4,20$ ,  $VO_2$  absoluto e relativo, SKI, RE e BIKE, respetivamente). Igualmente, nas mesmas variáveis, o RE apresenta valores significativamente ( $p < 0,003$ ) superiores aos da BIKE. A frequência cardíaca (FC) na realização de SKI é significativamente ( $p = 0,002$ ) superior do que na BIKE ( $158,45 \pm 18,87$  bat/min versus  $135 \pm 21,35$  bat/min), tal como a utilização como fonte metabólica os Hidratos de Carbono ( $p = 0,002$ ,  $3,94 \pm 1,05g$  versus  $2,94 \pm 0,95g$ ). O dispêndio energético (kcal/min) é significativamente ( $p < 0,003$ ) superior no SKI em relação aos restantes ergômetros ( $15,17 \pm 1,45$ ,  $13,74 \pm 1,27$  e  $12,32 \pm 1,13$ , SKI, RE e BIKE,

respetivamente) e no RE em relação à BIKE ( $p=0,003$ ,  $13,74\pm 1,27$  versus  $12,32\pm 1,13$ ). Com base nos presentes resultados, podemos afirmar que na realização de um exercício predominantemente aeróbio, nos 3 ergómetros da Concept2®, à intensidade de 150W, o custo energético é superior no SKI em relação aos restantes ergómetros. Os Hidratos de carbono são o substrato predominantemente utilizado em todos os ergómetros e no SKI é significativamente superior à BIKE.

**Palavras-Chave:** Dispendio Energético; Consumo de Oxigénio; Remo Indoor; Ski Indoor; Bike Indoor; Concept2®.

## Abstract

Ergometers are devices widely used in academies, health clubs and gyms to perform predominantly aerobic exercises. Within these ergometers we have the rowing simulators (RE), cross-country ski (SKI) and bike (BIKE) of the brand Concept2®, which are very common in these spaces. The ergometers' monitor show the work during the execution, besides other parameters. However, the technique used on these ergometers and the working muscles used are different. So, the purpose of this study is to observe what is the energy expenditure and what predominant substrate is used in an effort on the three Concept2® ergometers at the same external load (150W). For this purpose, 20 apparently healthy male subjects, aged between 22 and 36 years old, physically active and with training experience on the ergometers RE, BIKE and SKI for at least 6 months. Each subject performed 3 experimental sessions, each one separated by at least 7 days, in the same time of the day, with a 20 minutes duration, at an intensity of 150 watts. Participants were randomly assigned to one of the three ergometers in each session. During each session was used a portable spirometer (K5 cosmed, Italy) to collect the values of oxygen consumption ( $VO_2$ ) and output of  $CO_2$ , in order to calculate the energy expenditure and the predominant energy substrate of the session. It was observed that the value of absolute (l/min) and relative (ml/kg/min)  $VO_2$  in SKI were significantly higher ( $p < 0,0001$ ) than the values of RE and BIKE ( $3,03 \pm 0,29$ ,  $2,75 \pm 0,25$  e  $2,46 \pm 0,23$ ;  $38,74 \pm 4,40$ ,  $35,08 \pm 4,55$  e  $31,55 \pm 4,20$ ,  $VO_2$  absolute and relative, SKI, RE and BIKE respectively). Also, in the same variables, RE values are significantly higher ( $p < 0,003$ ) than in BIKE. Heart rate (FC) during the SKI session is significantly higher ( $p = 0,002$ ) than in BIKE ( $158,45 \pm 18,87$  versus  $135 \pm 21,35$ ), such as the use of carbohydrates as a primarily metabolic source ( $p = 0,002$ ,  $3,94 \pm 1,05$  versus  $2,94 \pm 0,95$ ). Energy expenditure (kcal/min) was significantly higher ( $p < 0,003$ ) in SKI in relation to the other ergometers ( $15,17 \pm 1,45$ ,  $13,74 \pm 1,27$  e  $12,32 \pm 1,13$ , SKI, RE and BIKE, respectively) and in RE when compared to BIKE ( $p = 0,003$ ,  $13,74 \pm 1,27$  versus  $12,32 \pm 1,13$ ).

Based on the results, we can say that performing a predominantly aerobic exercise, on the 3 ergometers from Concept2<sup>®</sup>, at 150W of intensity, the energy expenditure was higher in SKI compared to the other analyzed ergometers. Carbohydrates are the predominant substrate in all ergometers and in the SKI is significantly higher than in the BIKE.

**Key-Words:** Energy expenditure; Oxygen Consumption; Indoor Rowing; Indoor Ski; Indoor Bike; Concept2<sup>®</sup>.

# Índice Geral

1. Introdução .....	1
2. Metodologia .....	3
a. Desenho do Estudo.....	3
b. Amostra .....	4
b.1. Critérios de inclusão .....	4
b.2. Critérios de exclusão .....	5
c. Procedimentos .....	5
c.1. Ergómetros .....	5
c.2. Medidas Antropométricas .....	7
d. Medição de indicadores respiratórios.....	9
e. Frequência Cardíaca.....	10
f. Cálculo do Substrato Energético .....	10
g. Sessões experimentais .....	11
h. Tratamento Estatístico .....	11
3. Resultados.....	13
4. Discussão de Resultados .....	15
5. Conclusões.....	21
6. Referências Bibliográficas .....	23
7. Anexos .....	27
a. Par-Q Teste.....	27
b. Declaração de Consentimento .....	28



## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Características da Amostra.....	5
<b>Tabela 2</b> – Diferenças entre ergómetros nas diferentes variáveis.....	14



## Índice de Figuras

<b>Figura 1-</b> Remo Indoor - Concept2® .....	5
<b>Figura 2-</b> Ski Indoor - Concept2® .....	6
<b>Figura 3-</b> Bike Indoor - Concept2® .....	6



## **Lista de Abreviaturas**

RE – Remo Ergómetro

SKI – Ski Ergómetro

BIKE – Bicicleta Ergómetro

VO<sub>2</sub> – Consumo de Oxigénio

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

FC – Frequência Cardíaca

OMS – Organização Mundial de Saúde

EFPA – Exercício Físico Predominantemente Aeróbio

SPM – *Strokes Per Minute*



# 1. Introdução

A obesidade é um problema crescente a nível mundial. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define obesidade e excesso de peso como uma acumulação excessiva de gordura corporal, com implicações para a saúde, e afirma que a prevalência de obesidade entre 1980 e 2008 duplicou. Com base nos últimos dados dos países da União Europeia, o excesso de peso afeta 30-70% e a obesidade 10-30% dos adultos (WHO, 2016).

A obesidade é prevenível, e tem sido crescente na comunidade científica a curiosidade e a preocupação em estudar formas de combate ao excesso de massa corporal e à obesidade (Higgins et al., 2016; Kim et al., 2008). De forma a tentar prevenir, e até mesmo diminuir a incidência desta doença, deve-se procurar criar uma maior consciencialização para o problema e para as formas de o combater. É necessário haver um balanço energético negativo para promover a perda de massa gorda, ou seja, gastar mais energia do que aquela que é consumida, e isso pode ser feito através da restrição calórica e/ou do aumento da atividade física e/ou exercício físico (Benito et al., 2016; Bueno et al., 2016; Drenowatz et al., 2015; Hunter et al., 2013; Hunter et al., 2006; Hunter et al., 2015; Morgan et al., 2003; Mujika et al., 2012; Skelly et al., 2014; Tucker et al., 2016; Vilaca et al., 2011; Zeni et al., 1996).

A atividade física e/ou exercício físico, a par da alimentação, é recomendada como uma parte importante no controlo da massa corporal, sendo esta recomendação transversal a grande parte das agências de saúde pública (WHO, 2016). A atividade física é definida como sendo qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que requeiram dispêndio energético acima do valor basal. Por sua vez o exercício físico é a prática de atividade física de forma organizada. O *American College of Sports Medicine* (2014) recomenda para a prevenção de ganhos de massa corporal superiores a 3% entre 150 a 250 min/semana com um dispêndio entre 1200 a 2000 kcal/semana de atividade física de intensidade moderada. Para uma potencial perda de massa corporal as recomendações sobem para os 225-420 mins/semana. Por sua vez a OMS recomenda que adultos com idades

compreendidas entre os 18 e os 64 anos deveriam fazer pelo menos 150 minutos por semana de exercício físico predominantemente aeróbio (EFPA) a uma intensidade moderada ou 75 minutos de EFPA a uma intensidade vigorosa ou uma combinação equivalente de intensidade moderada a vigorosa. O EFPA, quando dividida, não deve ser em períodos inferiores aos 10 minutos. É recomendado que o volume do EFPA aumente para o dobro por semana quando o objetivo é a perda de massa gorda, ou seja, 300 minutos se a intensidade for moderada e 150 minutos se for vigorosa, ou o equivalente entre a intensidade moderada e vigorosa. Por último, a OMS recomenda a realização de exercícios de Treino de Força, utilizando grandes grupos musculares, em 2 ou mais dias da semana (WHO, 2016).

O EFPA pode ser praticado de forma contínua ou intervalada e as modalidades mais frequentes é o andar, correr, nadar, pedalar ou remar. Em contexto de atividades de academia é usual a prática deste tipo de exercício em ergómetros. Neste contexto, o pedalar, remar e esqui são formas de prática de EFPA possíveis dentro de uma Academia, Ginásio ou *Health-Centers*. Os espaços de prática de atividades de academia, referidos anteriormente, possuem usualmente equipamentos movidos à resistência do ar para a realização das atividades de remar, pedalar e esqui e os equipamentos da marca Concept2® são muito usuais para essa prática.

O remo é um exercício realizado sem impacto, sem a sustentação da massa corporal, por ser realizado na posição de sentado, e que utiliza grandes massas musculares dos membros inferiores e superiores e do tronco (Baudouin & Hawkins, 2002; Erdogan et al., 2010; Hase et al., 2004; Nevill et al., 2011; Riechman et al., 2002). Por sua vez, o *ski indoor* é um ergómetro que trabalha com a sustentação da massa corporal e, tal como o remo *indoor* envolve grandes massas musculares (Fukuda et al., 2014; Hegge et al., 2015; Lindinger et al., 2009; Pellegrini et al., 2013). Por último, a bicicleta *indoor*, igualmente, e tal como o remo, é realizado na posição de sentado, usando maioritariamente as massas musculares dos membros inferiores (Bini & Carpes, 2014).

Os ergómetros de Ski, remo e bicicleta da marca Concept2® trabalham à resistência do ar e possuem todos o mesmo sistema de controlo da intensidade

e mostradores com as mesmas características em termos de cálculo do dispêndio energético. Contudo, as massas musculares envolvidas nos três equipamentos, assim como as respectivas técnicas de execução, são diferentes. Assim sendo, levanta-se a questão de qual será o dispêndio energético e o substrato predominantemente utilizado na realização de um esforço, nos três equipamentos da marca para a mesma carga externa (150W).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi observar se a realização de um exercício predominantemente aeróbio, realizado a uma intensidade equivalente nos três ergômetros da marca concept2<sup>®</sup>, proporciona o mesmo dispêndio energético, utiliza predominantemente o mesmo substrato energético e promove a mesma resposta na frequência cardíaca.

## **2. Metodologia**

### **a. Desenho do Estudo**

Os participantes no presente estudo foram recrutados num ginásio através da publicitação entre os seus frequentadores. Após demonstrarem a disponibilidade para participarem no presente estudo foi apresentado aos sujeitos o desenho experimental e explicados todos os procedimentos inerentes ao mesmo, permitindo que estes questionassem e retirassem qualquer dúvida relacionada com o mesmo. Após o esclarecimento, e os sujeitos terem expressado a vontade em manter a sua participação no estudo, foi distribuída uma anamnese e um Par-Q Test de forma a garantir que os sujeitos respeitavam os critérios de inclusão e exclusão do presente. Após este procedimento, os sujeitos que cumpriam os critérios de inclusão no presente estudo foram convidados a participar no mesmo, tendo estes assinado uma declaração de consentimento livre e esclarecido baseado na declaração de Helsinki para a ética e pesquisa em seres humanos. Após assinarem o termo, anteriormente referido, os sujeitos tornaram-se participantes no presente estudo. Na mesma sessão, os participantes foram sujeitos à medição das medidas antropométricas e foi

estimada a percentagem de gordura corporal. Posteriormente, e dentro das possibilidades dos investigadores e participantes foi acordado o dia da semana, e o horário nesse dia, em que os participantes estivessem disponíveis nas 3 semanas seguintes, de forma a garantir que estes não efetuassem nenhum esforço intenso nas 72 horas que antecederem cada sessão experimental. No início de cada sessão experimental foi sorteado o ergómetro a ser realizado nessa sessão, sendo retirado o sorteado na primeira e segunda, respetivamente. As sessões experimentais eram em tudo idênticas diferindo somente no ergómetro utilizado (SKI, RE ou BIKE). Nessas sessões os participantes realizaram 20 minutos no ergómetro à intensidade de 150 watts, e foram medidos o  $VO_2$ , o dióxido de carbono produzido e a frequência cardíaca, de forma contínua para futura análise. Este foi um estudo de carácter transversal.

## **b. Amostra**

As características dos participantes são apresentadas na tabela 1. A amostra constituída por 20 participantes do sexo masculino fisicamente ativos e com experiência nos ergómetros de remo, ski e bicicleta há pelo menos 6 meses (Baudouin & Hawkins, 2002; Hase et al., 2004; Nevill et al., 2011). Os participantes possuíam as seguintes características:  $25,90 \pm 3,97$  anos de idade,  $176,40 \pm 6,81$  cm de estatura;  $79,35 \pm 10,98$  kg de massa corporal; e  $7,03 \pm 2,53$  % de gordura estimada.

### **b.1. Critérios de inclusão**

Os participantes da amostra tinham que ter idades compreendida entre os 20 e os 40 anos de idade, serem do sexo masculino, serem fisicamente ativos e utilizarem nas suas rotinas de exercício físico os ergómetros utilizados no presente estudo, podendo estes ser de outra marca.

## b.2. Critérios de exclusão

Não cumprirem os critérios de inclusão, possuírem qualquer problema mio-osteó-articular que possa afetar a sua performance na realização dos testes ou agravarem-se com a realização do mesmo, tomar algum tipo de medicamento que possa influenciar a resposta ventilatória e metabólica ao exercício e possuírem alguma doença do trato respiratório ou metabólico.

**Tabela 1** – Características da Amostra

Variável	Média ± Desvio Padrão
Idade (anos)	25,90 ± 3,97
Massa corporal (kg)	79,35 ± 10,98
Estatuta (cm)	176,40 ± 6,81
Massa Gorda Estimada (%)	7,03 ± 2,52

## c. Procedimentos

### c.1. Ergômetros

#### c.1.1. Remo



**Figura 1-** Remo Indoor - Concept2®

O ergômetro remo da concept2® utilizado foi o Modelo D PM5. É constituído por uma roda de inércia que possui um *damper*, onde é controlada a entrada de ar, para uma maior ou menor resistência, em que 1 oferece a menor resistência e 10 a maior, oferecida pelo ergômetro. Têm um monitor (PM5) onde é possível visualizar o tempo, metros, watts, SPM (*strokes per minute*), entre muitos outros indicadores de intensidade. A pega e o banco são em borracha, de forma a fornecer uma maior segurança e aderência, e a

pega está ligada ao tambor por uma corrente niquelada. Tem um comprimento de 240cm, largura de 60cm e pesa 28kg.

### c.1.2. SKI

O SkiErg da Concept2® é um ergômetro que foi desenhado para simular a puxada de todos os tipos de ski. O SkiErg usa o mesmo sistema de resistência ao ar e de monitorização eletrónica do Remo Indoor Concept2® (PM5). Também possui as pegas em borracha para uma maior segurança e aderência. A sua estrutura é em aço e a base é em madeira. Pesa 16kg e as suas dimensões são 61x132x215.9cm.



**Figura 2-** Ski Indoor - Concept2®

### c.1.3. Bicicleta

O cicloergómetro utilizado foi a BikeErg Concept2®. Possui a mesma roda de inércia e o mesmo monitor de performance como o Remo Indoor e o Ski Erg Concept2® (PM5). A particularidade deste cicloergómetro comparativamente com outros é ter uma roda livre, que como numa bicicleta real, quando para de pedalar, os pedais param enquanto a roda continua a girar. O banco e os apoios de mãos são ajustáveis.



**Figura 3-** Bike Indoor - Concept2®

## **c.2. Medidas Antropométricas**

### **c.2.1. Estatura**

Na medição da estatura foi utilizado um estadiómetro (SECA). A estatura foi definida como a distância, em linha reta, entre o ponto mais alto do crânio e o ponto mais baixo (neste caso o piso sobre o qual se apoiam os pés), estando os sujeitos em posição ereta, posicionados segundo o plano de Frankfurt.

Este plano consiste numa linha imaginária (com ajuda de um objeto reto e linear, como por exemplo caneta ou régua) que passa pelo ponto mais baixo do bordo inferior da órbita ocular direita e pelo ponto mais alto do lado superior do meato auditivo externo correspondente. Os sujeitos da amostra mantiveram-se descalços, com os pés e os calcanhares juntos, o cóccix, a coluna dorsal e a parte occipital em contacto com o estadiómetro. A leitura foi expressa em centímetros, com aproximação às décimas, sendo o valor registado após inspiração profunda.

### **c.2.2. Massa Corporal**

Para obter a massa corporal utilizou-se uma balança eletrónica “OMRON-Karada Scan”.

Os sujeitos utilizaram a menor quantidade de roupa possível e descalços, colocados no centro da plataforma da balança onde permaneceram imóveis até á finalização da medição. A leitura foi realizada após a estabilização dos dígitos da balança e a massa corporal foi expressa em Kg, com aproximação às décimas.

### **c.2.3. Percentagem de gordura estimada**

As Pregas Subcutâneas foram medidas através de um adipómetro da marca Langué, com resolução de 1mm para mensuração das dobras cutâneas, sendo estas realizadas com a ajuda de um avaliador experiente.

A avaliação da percentagem de gordura foi avaliada através das pregas de gordura subcutânea, sendo utilizadas para o efeito a peitoral, abdominal e crural, com a ajuda de um adipómetro.

Para determinação dos valores foram utilizadas as seguintes equações:

→ Utilização da Fórmula de Jackson and Pollock (1978) para obtenção da densidade corporal:

- **Equação 1:** Densidade Corporal

$$1,109380 - \{0,0008267 \times \{\sum 3 \text{ Pregas Cutâneas}\} + 0,0000016 \times \{\sum 3 \text{ Pregas Cutâneas}\}^2 - 0,0002574 \times \{\text{idade}\}$$

→ Utilização da Fórmula de Jackson and Pollock (1980), para conversão da densidade corporal em percentagem de gordura corporal:

- **Equação 2:** Massa Gorda Estimada em percentagem

$$4,95/DC - 4,50 \times 100$$

A obtenção das Pregas Cutâneas obedeceu aos seguintes procedimentos (ACSM, 2013):

- Todas as medidas foram feitas do lado direito do corpo;
- A prega cutânea foi pinçada com o dedo polegar e indicador, cerca de um centímetro do local previamente marcado;
- O adipómetro (Lange) foi colocado perpendicularmente em relação à prega;
- A leitura efetuou-se cerca de 2 segundos após a colocação do adipómetro, sem largar a prega;
- Foram efetuadas duas medidas no mesmo local, considerando a média de ambas como valor final. Caso as duas medições apresentassem

valores que diferissem entre si mais de 0,2mm, procedia-se a uma terceira medição, usando o valor final da média das três medidas.

Posto isto, os pontos anatómicos utilizados para a obtenção dos valores das pregas cutâneas foram as seguintes (ACSM, 2013):

- Peitoral: prega diagonal; a meio da distância entre a parte anterior da linha da axila e o mamilo;
- Abdominal: verticalmente a 3cm da linha média do reto abdominal (à direita da cicatriz umbilical);
- Crural: verticalmente no ponto médio entre a dobra inguinal e a margem superior da patela com a perna flexionada.

Os sujeitos foram informados sobre a necessidade de não consumirem álcool nas 24H precedentes ao teste, não consumirem café nas 3H que precediam o teste e terem o mesmo padrão alimentar nas 24H anteriores de cada sessão.

Os participantes deste estudo não realizaram exercício físico vigoroso nas 72H anteriores ao teste.

A ordem pela qual os sujeitos realizaram os testes foi definida de forma aleatória.

#### **d. Medição de indicadores respiratórios**

Foi efetuada com a utilização de um sistema de circuito aberto portátil (*COSMED® K5, Roma, Itália*). Esteve colocado, num colete específico, nas costas dos participantes do presente estudo. Antes de começar, este aparelho foi devidamente calibrado seguindo as indicações do fabricante. De forma a manter a fiabilidade em todas as sessões, o analisador de gases foi ligado previamente, 45 minutos antes da sua utilização, para este aquecer segundo as normas estabelecidas pelo fabricante. O sistema de análise foi calibrado (calibração do ar ambiente, dos gases de referência, do tempo do *delay* e da turbina), antes de cada sessão com uma mistura de gás ambiente e uma mistura

de gás da calibração conhecida (16,00% O<sub>2</sub> e 5,00% de CO<sub>2</sub>). A análise das concentrações de O<sub>2</sub> foi efetuada através de um sensor de zircônio e as de CO<sub>2</sub> através de um sensor de infravermelhos. A calibração da turbina do analisador de gases foi feita com uma seringa de 3 litros. Os dados obtidos foram: tempo, frequência respiratória, consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono e frequência cardíaca, durante os 20 minutos de exercício nos 3 ergômetros.

#### **e. Frequência Cardíaca**

A frequência cardíaca foi medida continuamente durante toda a sessão experimental através de uma cinta (*Wireless Double Electrode, Polar, Kempele*, Finlândia). Após o humedecimento dos elétrodos, o transmissor foi colocado ao nível do apêndice xifoide.

#### **f. Cálculo do Substrato Energético**

Para calcular os substratos utilizados foram utilizadas as equações propostas por Frayn (1983), tendo como base o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) e a produção de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>). As equações usadas por esse software para oxidação de Hidratos de Carbono e gordura foram as seguintes:

Oxidação de Hidratos de Carbono (g/min) = 4,55 x VCO<sub>2</sub> (L/min) – 3,21 x VO<sub>2</sub> (L/min) – 2,87 x n

Oxidação de Gorduras (g/min) = 1,67 x VO<sub>2</sub> (L/min) – 1,67 x VCO<sub>2</sub> (L/min) – 1,92 x n

Nestas duas equações o n corresponde a taxa de excreção de nitrogênio, que foi estimada em 135 µg/kg de acordo com o estudo de Romijn et al. (2000).

### **g. Sessões experimentais**

Os participantes no presente estudo chegavam previamente ao local de realização das sessões experimentais e realizavam o sorteio do ergómetro a realizar entre o SKI, RE e BIKE. Posteriormente, era colocado o espirómetro portátil K5 (*COSMED® K5*, Roma, Itália) e realizavam durante 5 minutos um aquecimento no ergómetro selecionado a uma intensidade de 25 W. De seguida, os participantes realizavam 20 minutos, no mesmo ergómetro, à intensidade de 150 W. O *dampner* (a abertura da entrada do ar do ergómetro) do ergómetro estava regulado para 10 em todos os ergómetros. As sessões tinham um intervalo de 7 dias e eram realizadas todas no mesmo horário. Foi pedido aos participantes para nas 24 horas que antecedessem as sessões experimentais que refreassem o consumo de café, e não ingerissem álcool e outras bebidas estimulantes.

### **h. Tratamento Estatístico**

A análise de todos os dados foi efetuada utilizando o *software* de tratamento e análise estatística “*Statistical Package for the Social Sciences, SPSS Science, Chicago, USA*” versão 21,0. Foi efetuada uma análise exploratória de todos os dados para caracterizar os valores das diferentes variáveis em termos de tendência central e dispersão. Dessa forma, todas as variáveis foram sujeitas a uma observação gráfica com o objetivo de tentar a existência de *outliers* e possíveis introduções incorretas dos dados. Os dados foram apresentados em valores médios, respetivos desvios padrão e intervalos de confiança a 95% (IC95%), estes últimos quando foi observado diferenças significativas entre análises. Com o objetivo de realizar a análise estatística inferencial, foi necessário avaliar a normalidade da distribuição dos dados recolhidos. Desta forma foi efetuada uma análise do tipo de distribuição através do teste de *Shapiro-Wilk*. Foi, igualmente, assegurada e testada a homogeneidade das variâncias através do teste de *Levene*. Foi testada a possível existência de diferenças significativas nas variáveis estudadas entre ergómetros através da *ANOVA* univariada com post hoc de *Tukey*. Foi testada a possível existência de diferenças significativas entre os dois substratos

utilizados (Hidratos de Carbono e Gorduras) através de *t-test* para medidas relacionadas. A estimativa do tamanho do efeito *foi efetuada para a ANOVA* através do eta parcial quadrado ( $\eta_p^2$ ), com pontos de corte de 0.01, 0.06, 0.14 representando pequenos, médios, alto efeito, e para os *t-test* através do d de *Cohen's*, em que os valores de 0,2, 0,5 e 0,8 correspondem a um tamanho do efeito pequeno, médio ou alto (Cohen, 1988). O nível de significância adotado foi de 5%.

### 3. Resultados

Observou-se um efeito aparelho significativo no VO<sub>2</sub> Absoluto ( $F_{(2,57)}=24,323$ ;  $p<0,0001$ ;  $\mu_p^2=0,460$ ; IC95%=2,68 – 2,82), no VO<sub>2</sub> relativo ( $F_{(2,57)}=13,435$ ;  $p<0,0001$ ;  $\mu_p^2=0,320$ ; IC95%=33,99 – 36,26), na FC ( $F_{(2,57)}=6,788$ ;  $p=0,002$ ;  $\mu_p^2=0,195$ ; IC95%=141,40 – 151,57), nos HCO ( $F_{(2,57)}=5,084$ ;  $p=0,009$ ;  $\mu_p^2=0,151$ ; IC95%=3,14 – 3,66) e no DE ( $F_{(2,57)}=24,323$ ;  $p<0,0001$ ;  $\mu_p^2=0,460$ ; IC95%=13,29 – 14,07) .

Em relação à comparação entre aparelhos foi observado no VO<sub>2</sub> absoluto significativamente superior no ergómetro SKI em relação aos restantes ergómetros ( $p=0,003$ , IC95%=0,09 – 0,48,  $d=14,57$ ;  $p<0,0001$ , IC95%=0,37-0,77,  $d=2,19$ , RE e BIKE respetivamente). Na mesma variável foi observado valores significativamente superiores no ergómetro RE em relação à BIKE ( $p=0,003$ , IC95%=0,09 – 0,48,  $d=1,18$ ). Igualmente, em relação à variável VO<sub>2</sub> Relativo, o ergómetro SKI apresentou valores significativamente superiores aos restantes ergómetros analisados ( $p=0,028$ ; IC95%=0,33 – 7,00,  $d=0,082$ ;  $p<0,001$ ; IC95% =3,85 -10,52,  $d=0,18$ , RE e BIKE, respetivamente) e no RE, nesta variável, foram observados valores significativamente superiores aos da BIKE ( $p=0,036$ ; IC95%= 0.18 - 6.86;  $d=0,08$ ). Na variável FC observou-se diferenças significativas entre os ergómetros SKI e BIKE ( $p=0,002$ ; IC95% =7,76 – 37,44;  $d=0,11$ ). Foi observado diferenças de utilização dos hidratos de carbono, apresentando valores de utilização significativamente superiores no SKI em relação à BIKE ( $p=0,007$ ; IC95% =0,24 – 1,76;  $d=1,00$ ). Igualmente, foi observado uma predominância significativa ( $p<0,0001$ ) dos Hidratos de Carbono em relação às gorduras como fonte metabólica predominante, em todos os ergómetros ( $p<0,0001$ , IC95%=2,47 - 3,69;  $d=4.10$ ;  $p<0,0001$ , IC95%= 3,16 - 4,33,  $d=4,91$ ;  $p<0,0001$ , IC95%=2,18 - 3,24,  $d=3,92$ , SKI, RE e BIKE, respetivamente). Em relação ao DE foi observado valores significativamente superiores ( $p<0,003$ ) no SKI em relação ao observado nos restantes ergómetros analisados ( $p=0,003$ ; IC95%=0,45 – 2,41,  $d=3,50$ ;  $p<0,001$ ; IC95% =1,87 -3,83,  $d=6,97$ , RE e BIKE, respetivamente). Nesta variável foi igualmente observado

um DE significativamente superior no RE em relação à BIKE ( $p=0,003$ ; IC95% =0,44 – 2,40;  $d=3,48$ ).

**Tabela 2** – Diferenças entre ergômetros nas diferentes variáveis

Variável	Ergômetro			$p$	Eta
	RE	SKI	BIKE		
VO <sub>2</sub> Absoluto (l/min)	2,75 ± 0,25*	3,03 ± 0,29*	2,46 ± 0,23*	<0,0001	0,460
VO <sub>2</sub> Relativo (ml/kg/min)	35,08 ± 4,55*	38,74 ± 4,40*	31,55 ± 4,20*	<0,0001	0,320
FC (bpm)	145,16 ± 18,03	158,45 ± 18,87	135,85 ± 21,35#	0,002	0,195
R	0,97 ± 0,09	0,98 ± 0,08	0,96 ± 0,08	0,713	0,012
FAT (g/min)	0,24 ± 0,33	0,20 ± 0,24	0,23 ± 0,23	0,850	0,006
HCO (g/min)	3,32 ± 1,01\$	3,94 ± 1,05\$	2,94 ± 0,95\$#	0,009	0,151
DE (Kcal/Min)	13,74 ± 1,27*	15,17 ± 1,45*	12,32 ± 1,13*	<0,0001	0,460

RE – ergômetro remo; SKI – ergômetro ski; BIKE – ergômetro bicicleta estática; DE - Dispendio energético; VO<sub>2</sub> – Consumo de Oxigênio; FC – Frequência Cardíaca; R – Razão de troca respiratória; FAT – Utilização de Gorduras; HCO – Utilização de Hidratos de Carbono; \*  $p<0,05$  entre todos os ergômetros; #  $p<0,05$  entre o ergômetro SKI e BIKE; \$  $p<0,0001$  entre FAT e HCO.

## 4. Discussão de Resultados

Este foi um estudo de carácter transversal, que teve como principal objetivo avaliar e comparar o dispêndio energético nos diferentes ergómetros de remo indoor, ski indoor e bicicleta indoor, numa amostra de 20 sujeitos, todos do sexo masculino, com uma média de idades de 26 anos, fisicamente ativos e aparentemente saudáveis.

Os resultados mostraram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no  $VO_2$  absoluto e relativo entre os ergómetros (SKI > RE > BIKE) durante uma sessão de 20min a uma intensidade de 150watts em cada um dos ergómetros. A Frequência Cardíaca média também se mostrou significativamente ( $p < 0,05$ ) mais elevada no SKI do que na BIKE. Os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre ergómetros na FAT, mas na HCO existiu uma diferença significativa que mostrou que o SKI promoveu uma maior utilização como fonte metabólica os hidratos de carbono do que a BIKE. No quociente respiratório não se verificaram diferenças significativas entre ergómetros ( $p = 0,713$ ).

Os resultados deste estudo mostram que o SKI é o ergómetro que promove o dispêndio energético superior em relação aos restantes ergómetros (2,85 Kcal/min e 1,43 Kcal/min, RE e BIKE, respetivamente), seguido do RE em relação à BIKE (1,42 Kcal/min). Isto pode ser justificado pela quantidade de massa muscular envolvida durante o movimento, membros inferiores, membros superiores e tronco, algo que também acontece com o movimento de remar, mas por sua vez não acontece no de pedalar, em que apenas são utilizados os membros inferiores para o exercício. A sustentação do peso corporal é outro fator que pode influenciar o dispêndio energético, porque tanto no RE como na BIKE os movimentos são realizados sentados. Temos ainda o facto de o movimento e a complexidade da execução do mesmo poder influenciar o dispêndio energético (Bassett & Howley, 2000; Millet et al., 2009). Desta forma, a realização dos movimentos no SKI requerem um grau de complexidade superior à realização dos movimentos nos restantes ergómetros, podendo ter influenciado a observação de um maior dispêndio energético neste ergómetro

em relação aos restantes analisados. Assim, os resultados obtidos no nosso estudo parecem mostrar que o dispêndio energético tende a ser maior em ergómetros que promovem a utilização de membros inferiores e superiores simultaneamente (SKI e RE) do que em ergómetros que apenas requerem a utilização de membros inferiores (BIKE). Igualmente, quanto maior a complexidade de execução dos movimentos e a sua maior prática usual parece influenciar o dispêndio energético.

Estes resultados vão de encontro com outros estudos que também compararam o dispêndio energético entre ergómetros. Kim et al. (2008), comparou sessões de 15min em tapete rolante, cicloergómetro, elíptica e *air bike*, em 12 sujeitos com excesso de peso e idades compreendidas entre os 37 e 71 anos de idade, a uma PSE de 11-12 (na escala de Borg 6-20), participantes de um programa de treino que tinha por base exercícios de endurance, sugerindo que a resposta fisiológica ao nível do dispêndio energético, calculado por trocas gasosas, seria diferente entre ergómetros, sendo que a elíptica promoveu um maior dispêndio energético (8.0kcal/min), seguido do tapete rolante e da *air bike*, que não mostraram diferenças significativas entre si, tendo a bicicleta convencional registado o menor valor (5.3kcal/min). Assim como no presente estudo verificou-se também que os movimentos que recrutam simultaneamente membros inferiores e superiores ao mesmo tempo (elíptica e *air bike*) e que suportam o corpo (tapete rolante), parecem promover um maior dispêndio energético quando comparado com exercícios que só suportam e utilizam os membros inferiores (bicicleta). Estes valores de dispêndio energético são inferiores aos que nós observámos no presente estudo, mostrando que podem existir diferenças entre ergómetros de resistência do ar e outros ergómetros como as bicicletas de travão.

Egan et al. (2016) em 30 indivíduos jovens moderadamente treinados também mostrou que para a mesma carga externa o remo licitava um consumo de oxigénio maior do que o cicloergómetro. A uma carga externa de 130 watts o remo geraria um consumo de oxigénio de  $2.35 \pm 0.09$  l/min e o cicloergómetro  $1.89 \pm 0.06$  l/min e a uma intensidade de 165watts de  $2.82 \pm 0.09$  l/min e  $2.27 \pm 0.06$  l/min respetivamente.

Num outro estudo Zeni et al. (1996) também comparou o dispêndio energético de sessões de 15 minutos em diferentes ergômetros (*air bike*, ski erg, bicicleta, remo indoor, *stepper* e tapete rolante) em três intensidades diferentes controladas pela escala de percepção subjetiva do esforço (PSE) de Borg (6-20). O tapete rolante promoveu um maior dispêndio energético quando comparado com os outros ergômetros a uma PSE de 13 e 15 e quando comparada com a *air bike* e bicicleta a uma PSE de 11. O SKI, o RE e o *stepper* revelaram valores significativamente maiores de dispêndio energético quando comparado com a *air bike* a um PSE de 11 e 13 e quando comparado com a bicicleta nos 3 níveis de PSE. Este estudo demonstrou que o exercício a uma dada PSE resulta em diferenças significativas de dispêndio energético em diferentes ergômetros. O tapete rolante foi o que induziu um dispêndio energético superior, tal como maior exigência de  $VO_2$  quando comparado com os outros ergômetros analisados. Estes dados reforçam a ideia apresentada anteriormente referidos nesta discussão e observados no presente estudo que o uso de grandes grupos musculares está diretamente relacionado com um maior dispêndio energético. Contudo, segundo os autores anteriormente referidos, era expectável que o SKI erg e o RE tivessem um dispêndio energético idêntico quanto o caminhar/correr no tapete rolante, pois utilizam igualmente grandes massas musculares. Embora, a quantidade de massa muscular envolvida nos movimentos esteja diretamente relacionada com o dispêndio energético ocorrido na sua realização (Ades et al., 2009), outros fatores como a maior experiência na sua realização, que pode afetar a própria percepção do esforço, e as diferentes relações entre os tipos de ações musculares neles exercidos podem ser fatores que podem influenciar os valores encontrados por Zeni et al. (1996).

Usando uma equação preditiva de calorimetria indireta, como a que usámos neste estudo para o cálculo do dispêndio energético, Sharma et al. (2018) comparou o dispêndio energético entre duas sessões de 30 minutos em bicicleta estática e tapete rolante em 16 sujeitos do sexo masculino com média de idades de 21 anos, realizadas por, e mostrou que embora a frequência cardíaca e a PSE (13 na escala de Borg 6-20) tenha sido similar para ambos os modos de exercício físico, o tapete rolante ( $4.4\text{kcal/min} \pm 0.7$ ) induziu um

dispêndio energético significativamente superior ( $p < 0.05$ ) ao induzido pela bicicleta estática ( $4.1 \text{ kcal/min} \pm 0.6$ ).

Abrantes et al. (2012) também identificou as diferenças entre as respostas cardiovasculares, metabólicas e perceptuais agudas entre o cicloergómetro e o tapete rolante a diferentes intensidades e concluiu que a resposta cardiovascular ao exercício em tapete rolante foi superior ao cicloergómetro nas várias intensidades estudadas, comprovando também as diferenças no modo de exercício.

A intensidade, e a duração do exercício e o nível de treino do indivíduo são fatores principais para a determinação do substrato energético utilizado durante o exercício (Del Coso et al., 2010; Sidossis et al., 1998; van Hall, 2015). A predominância da oxidação dos Hidratos de Carbono em relação às gorduras como fonte metabólica que verificamos em todos os ergómetros mostrou que, embora não tivesse sido avaliado o  $\text{VO}_2\text{max}$ , os 20 minutos a 150watts promoveram um esforço de intensidade moderada, que rondaria valores entre 65% e os 85% do  $\text{VO}_2\text{max}$ , algo que também podemos observar pelas frequências cardíacas médias superiores a 70% da frequência cardíaca máxima estimada (Melzer, 2011; Mul et al., 2015). Portanto, como é sabido, em esforços contínuos de duração superior a 15 minutos existe uma relação direta entre a intensidade relativa do exercício e a oxidação de hidratos de carbono (Swanwick & Matthews, 2018), quanto à duração os 20 minutos não foram longos o suficiente para que se verificasse uma dependência superior da oxidação de lípidos em relação aos hidratos de carbono (Hawley & Hopkins, 1995).

A influência do modo de exercício na determinação do substrato energético que verificamos na utilização superior dos hidratos de carbono no SKI em relação à BIKE pode também em parte ser justificado pela maior intensidade relativa verificada nesse ergómetro para uma mesma carga externa. Curiosamente e contrário aos nossos resultados, Egan et al. (2016) verificou que a utilização aeróbia de hidratos de carbono no remo era efetivamente inferior ao cicloergómetro a em esforços contínuos de 20 minutos para aproximadamente 50%  $\text{VO}_2$  Pico, porém quando analisado a carga externa 53% do  $\text{VO}_2$  pico no remo equivaliam a 130 watts e os mesmos 53% equivaliam a 165 watts na

bicicleta, mostrando que uma carga externa mais baixa no remo representava uma intensidade relativa superior comparativamente ao cicloergómetro.



## 5. Conclusões

Tendo em conta os resultados observados no presente estudo podemos referir que a realização de um exercício a uma intensidade de 150w no ergómetro SkiErg da marca Concept2<sup>®</sup>, apresenta valores superiores do que o realizado no Remo e Bicicleta da mesma marca. É no ergómetro de bicicleta da mesma marca que se encontra valores de dispêndio energético significativamente inferiores. O mesmo comportamento é observado em relação à frequência cardíaca.

Em todos os ergómetros, a esta intensidade, a fonte metabólica predominante é a dos Hidratos de Carbono.

Desta forma, embora tendo uma construção e funcionamento mecânico da carga externa imposta pela resistência do ar semelhantes, a execução de um exercício predominantemente aeróbio, nestes três ergómetros da marca Concept2<sup>®</sup>, realizado à mesma intensidade, apresentam exigências quer a nível de dispêndio energético quer a de frequência cardíaca distintas, tendo que os treinadores e profissionais do exercício físico conhecer essas diferenças de forma a prescrever um exercício mais efetivo quando o objetivo é promover um maior dispêndio energético em sessão de exercícios e mesmo em relação à melhoria da capacidade cardiorrespiratória.



## 6. Referências Bibliográficas

- Abrantes, C., Sampaio, J., Reis, V., Sousa, N., & Duarte, J. (2012). Physiological responses to treadmill and cycle exercise. *Int J Sports Med*, *33*(1), 26-30. doi:10.1055/s-0031-1285928
- ACSM. (2013). *ACSM'S Guidelines for exercise testing and prescription*.
- Ades, P. A., Savage, P. D., Toth, M. J., Harvey-Berino, J., Schneider, D. J., Bunn, J. Y., Audelin, M. C., & Ludlow, M. (2009). High-calorie-expenditure exercise: a new approach to cardiac rehabilitation for overweight coronary patients. *Circulation*, *119*(20), 2671-2678. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.834184
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, *32*(1), 70-84. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10647532>
- Baudouin, A., & Hawkins, D. (2002). A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *Br J Sports Med*, *36*(6), 396-402; discussion 402. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12453833>
- Benito, P. J., Alvarez-Sanchez, M., Diaz, V., Morencos, E., Peinado, A. B., Cupeiro, R., Maffulli, N., & Group, P. S. (2016). Cardiovascular Fitness and Energy Expenditure Response during a Combined Aerobic and Circuit Weight Training Protocol. *PLoS One*, *11*(11), e0164349. doi:10.1371/journal.pone.0164349
- Bini, R. R., & Carpes, F. P. (2014). *Biomechanics of Cycling*.
- Bueno, D. R., Marucci Mde, F., Codogno, J. S., & Roediger Mde, A. (2016). [The costs of physical inactivity in the world: a general review]. *Cien Saude Colet*, *21*(4), 1001-1010. doi:10.1590/1413-81232015214.09082015
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2 ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Del Coso, J., Hamouti, N., Ortega, J. F., & Mora-Rodriguez, R. (2010). Aerobic fitness determines whole-body fat oxidation rate during exercise in the heat. *Appl Physiol Nutr Metab*, *35*(6), 741-748. doi:10.1139/H10-068
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., Smith, B. K., & American College of Sports, M. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*, *41*(2), 459-471. doi:10.1249/MSS.0b013e3181949333
- Drenowatz, C., Grieve, G. L., & DeMello, M. M. (2015). Change in energy expenditure and physical activity in response to aerobic and resistance exercise programs. *Springerplus*, *4*, 798. doi:10.1186/s40064-015-1594-2
- Egan, B., Ashley, D. T., Kennedy, E., O'Connor, P. L., & O'Gorman, D. J. (2016). Higher rate of fat oxidation during rowing compared with cycling ergometer exercise across a range of exercise intensities. *Scand J Med Sci Sports*, *26*(6), 630-637. doi:10.1111/sms.12498
- Erdogan, A., Cetin, C., Karatosun, H., & Baydar, M. L. (2010). Accuracy of the Polar S810i(TM) Heart Rate Monitor and the Sensewear Pro Armband(TM) to Estimate Energy Expenditure of Indoor Rowing Exercise in Overweight and Obese Individuals. *J Sports Sci Med*, *9*(3), 508-516.
- Frayn, K. (1983). Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *Journal of applied physiology*, *55*(2), 628-634.
- Fukuda, D. H., Hetrick, R. P., Kendall, K. L., Smith-Ryan, A. E., Jackson, M. E., & Stout, J. R. (2014). Characterization of the work-time relationship during cross-country ski ergometry. *Physiol Meas*, *35*(1), 31-43. doi:10.1088/0967-3334/35/1/31

- Hase, K., Kaya, M., Zavatsky, A. B., & Halliday, S. E. (2004). Musculoskeletal Loads in Ergometer Rowing. *Journal of Applied Biomechanics*, *20*(3), 317-323. doi:10.1123/jab.20.3.317
- Hawley, J. A., & Hopkins, W. G. (1995). Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power systems. A new paradigm with implications for endurance and ultraendurance events. *Sports Med*, *19*(4), 240-250. doi:10.2165/00007256-199519040-00002
- Hegge, A. M., Myhre, K., Welde, B., Holmberg, H. C., & Sandbakk, O. (2015). Are gender differences in upper-body power generated by elite cross-country skiers augmented by increasing the intensity of exercise? *PLoS One*, *10*(5), e0127509. doi:10.1371/journal.pone.0127509
- Higgins, S., Fedewa, M. V., Hathaway, E. D., Schmidt, M. D., & Evans, E. M. (2016). Sprint interval and moderate-intensity cycling training differentially affect adiposity and aerobic capacity in overweight young-adult women. *Appl Physiol Nutr Metab*, *41*(11), 1177-1183. doi:10.1139/apnm-2016-0240
- Hunter, G. R., Bickel, C. S., Fisher, G., Neumeier, W. H., & McCarthy, J. P. (2013). Combined aerobic and strength training and energy expenditure in older women. *Med Sci Sports Exerc*, *45*(7), 1386-1393. doi:10.1249/MSS.0b013e3182860099
- Hunter, G. R., Byrne, N. M., Gower, B. A., Sirikul, B., & Hills, A. P. (2006). Increased resting energy expenditure after 40 minutes of aerobic but not resistance exercise. *Obesity (Silver Spring)*, *14*(11), 2018-2025. doi:10.1038/oby.2006.236
- Hunter, G. R., Fisher, G., Neumeier, W. H., Carter, S. J., & Plaisance, E. P. (2015). Exercise Training and Energy Expenditure following Weight Loss. *Med Sci Sports Exerc*, *47*(9), 1950-1957. doi:10.1249/MSS.0000000000000622
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, *40*(03), 497. doi:10.1079/bjn19780152
- Kim, J. K., Nho, H., & M, H. W. (2008). Inter-modal comparisons of acute energy expenditure during perceptually based exercise in obese adults. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, *54*(1), 39-45. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18388406>
- Lindinger, S. J., Stoggl, T., Muller, E., & Holmberg, H. C. (2009). Control of speed during the double poling technique performed by elite cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, *41*(1), 210-220. doi:10.1249/MSS.0b013e318184f436
- Melzer, K. (2011). Carbohydrate and fat utilization during rest and physical activity. *e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, *6*(2), e45-e52. doi:10.1016/j.eclnm.2011.01.005
- Millet, G. P., Vleck, V. E., & Bentley, D. J. (2009). Physiological differences between cycling and running: lessons from triathletes. *Sports Med*, *39*(3), 179-206. doi:10.2165/00007256-200939030-00002
- Morgan, B., Woodruff, S. J., & Tiidus, P. M. (2003). Aerobic energy expenditure during recreational weight training in females and males. *J Sports Sci Med*, *2*(3), 117-122. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24627664>
- Mujika, I., de Txabarri, R. G., Maldonado-Martin, S., & Pyne, D. B. (2012). Warm-up intensity and duration's effect on traditional rowing time-trial performance. *Int J Sports Physiol Perform*, *7*(2), 186-188. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22634969>
- Mul, J. D., Stanford, K. I., Hirshman, M. F., & Goodyear, L. J. (2015). Exercise and Regulation of Carbohydrate Metabolism. *Prog Mol Biol Transl Sci*, *135*, 17-37. doi:10.1016/bs.pmbts.2015.07.020
- Nevill, A. M., Allen, S. V., & Ingham, S. A. (2011). Modelling the determinants of 2000 m rowing ergometer performance: a proportional, curvilinear allometric approach. *Scand J Med Sci Sports*, *21*(1), 73-78. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01025.x

- Pellegrini, B., Zoppiroli, C., Bortolan, L., Holmberg, H. C., Zamparo, P., & Schena, F. (2013). Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing. *Hum Mov Sci*, 32(6), 1415-1429. doi:10.1016/j.humov.2013.07.010
- Riechman, S. E., Zoeller, R. F., Balasekaran, G., Goss, F. L., & Robertson, R. J. (2002). Prediction of 2000 m indoor rowing performance using a 30 s sprint and maximal oxygen uptake. *J Sports Sci*, 20(9), 681-687. doi:10.1080/026404102320219383
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Rosenblatt, J., & Wolfe, R. R. (2000). Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J Appl Physiol* (1985), 88(5), 1707-1714. doi:10.1152/jappl.2000.88.5.1707
- Sharma, P., Agarwal, M., Verma, D., & Tiwari, S. (2018). Comparison of Energy Expenditure and Cardiac Effort Induced by Treadmill Walking and Stationary Cycling at Moderate Perceived Exertion by Young Males. *International Journal of Contemporary Medical Research [IJCMR]*, 5(7). doi:10.21276/ijcmr.2018.5.7.26
- Sidossis, L. S., Wolfe, R. R., & Coggan, A. R. (1998). Regulation of fatty acid oxidation in untrained vs. trained men during exercise. *Am J Physiol*, 274(3 Pt 1), E510-515. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9530135>
- Skelly, L. E., Andrews, P. C., Gillen, J. B., Martin, B. J., Percival, M. E., & Gibala, M. J. (2014). High-intensity interval exercise induces 24-h energy expenditure similar to traditional endurance exercise despite reduced time commitment. *Appl Physiol Nutr Metab*, 39(7), 845-848. doi:10.1139/apnm-2013-0562
- Swanwick, E., & Matthews, M. (2018). Energy Systems: A New Look at Aerobic Metabolism in Stressful Exercise. *MOJ Sports Medicine*, 2(1), 7. doi:10.15406/mojm.2018.02.00039
- Tucker, W. J., Angadi, S. S., & Gaesser, G. A. (2016). Excess Postexercise Oxygen Consumption After High-Intensity and Sprint Interval Exercise, and Continuous Steady-State Exercise. *J Strength Cond Res*, 30(11), 3090-3097. doi:10.1519/JSC.0000000000001399
- van Hall, G. (2015). The Physiological Regulation of Skeletal Muscle Fatty Acid Supply and Oxidation During Moderate-Intensity Exercise. *Sports Med*, 45 Suppl 1, S23-32. doi:10.1007/s40279-015-0394-8
- Vilaca, J., Bottaro, M., & Santos, C. (2011). Energy expenditure combining strength and aerobic training. *J Hum Kinet*, 29A, 21-25. doi:10.2478/v10078-011-0054-5
- WHO. (2016). Fact sheet on Obesity and overweight
- Zeni, A. I., Hoffman, M. D., & Clifford, P. S. (1996). Energy expenditure with indoor exercise machines. *JAMA*, 275(18), 1424-1427. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8618368>



## 7. Anexos

### a. Par-Q Teste

Este teste é constituído por 7 perguntas e é individual. As opções de resposta são “Sim” e “Não” e no caso de alguma resposta ser positiva o sujeito será automaticamente excluído da amostra.

1. Alguma vez, algum médico o informou que tem um problema cardíaco e que só poderia efetuar alguma atividade física após recomendação médica?
  - a. Sim
  - b. Não
2. Sente alguma dor no peito quando está a fazer alguma atividade física?
  - a. Sim
  - b. Não
3. No mês passado, teve alguma dor no peito quando não estava a fazer atividade física?
  - a. Sim
  - b. Não
4. Alguma vez perdeu o equilíbrio por causa de uma tontura ou alguma vez ficou inconsciente?
  - a. Sim
  - b. Não
5. Tem algum problema ósseo ou articular que pode piorar com a alteração do tipo da sua atividade física?
  - a. Sim
  - b. Não
6. Frequentemente o seu médico receita-lhe medicamentos para a pressão arterial ou para problemas cardíacos?
  - a. Sim
  - b. Não
7. Você sabe de mais alguma razão pela qual não deva realizar atividade física?
  - a. Sim
  - b. Não

## b. Declaração de Consentimento

### Termo de Responsabilidade

Eu, \_\_\_\_\_,  
portador do CC nº \_\_\_\_\_, válido até \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_, declaro que fui informado de toda a investigação, benefícios e riscos associados dos testes e das atividades. Foi-me dada oportunidade de fazer as perguntas que julguei necessárias e estou na posse de informação suficiente para poder assinar o termo de consentimento.

Assumo a responsabilidade de eventuais lesões ou situações de risco de saúde que possam resultar do facto de não apresentar declaração médica que autorize a prática de atividade física. Assumo ainda a responsabilidade da ocorrência das situações nefastas para a minha saúde, que resultem do não cumprimento das indicações técnicas.

É de minha inteira responsabilidade o não cumprimento do programa de exercícios e/ou de recomendações fornecidas pelos técnicos.

Vila Real, UTAD \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018

Assinatura

\_\_\_\_\_