



**Validação da Frequência Cardíaca Líquida na estimativa do gasto energético e na prescrição da intensidade do exercício em cicloergómetro, em jovens adultos masculinos.**

**Eric Macias De São Pedro**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Educação de Bragança para obtenção de grau de Mestre em Exercício e Saúde

**Orientadores:** José Augusto Afonso Bragada

Vítor Pires Lopes

Bragança

Dezembro 2015





**Validação da Frequência Cardíaca Líquida na estimativa do gasto energético e na prescrição da intensidade do exercício em cicloergómetro, em jovens adultos masculinos.**

**Eric Macias De São Pedro**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Educação de Bragança para obtenção de grau de Mestre em Exercício e Saúde

**Orientadores:** Professor Doutor José Augusto Afonso Bragada

Professor Doutor Vítor Pires Lopes

Bragança

Dezembro 2015



## **Ficha de Catalogação**

São Pedro, E. Validação da Frequência Cardíaca Líquida na estimativa do gasto energético e na prescrição da intensidade do exercício em cicloergómetro, em jovens adultos masculinos. [Dissertação de Mestrado]. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança; 2015

**Palavras-chave:** Jovens Adultos, FC Líquida, MET, Prescrição de exercício, VO<sub>2</sub>



## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor José Augusto Bragada, pela sua completa disponibilidade constante, por cada palavra orientadora que me deu para que o trabalho avançasse dando o melhor de mim e por me ensinar a cultivar um espírito crítico em relação às temáticas abordadas.

Ao Professor Doutor Vítor Lopes, pelo apoio dado na realização deste trabalho, disponibilidade e pela sua orientação.

Aos restantes Docentes do Departamento de Desporto do IPB que contribuíram na minha formação académica fazendo de mim uma pessoa com ferramentas para me tornar num profissional mais competente para atingir o sucesso.

Ao meu grande amigo Pedro Forte, por todo o incentivo dado para que o trabalho fosse em frente e pela amizade que se construiu ao longo destes anos no nosso percurso académico que contribuiu na nossa ambição em querer fazer melhor.

Ao Luís Rafael, pela nossa amizade de muitos anos, podendo contar sempre com o seu apoio sabendo que nunca falhará.

À minha namorada que me motiva e me apoia nos desafios que me proponho, sejam eles quais forem.

Às pessoas mais importantes da minha vida, a minha mãe e os meus irmãos, por depositarem em mim sempre a confiança necessária para que possa atingir os meus objetivos e que servem de exemplo em tudo o que faço na vida.

Ao meu Sensei e toda a família Kyokushin-kan que me ensinam lições de vida e me ajudam na minha formação como pessoa.

A todos os participantes deste estudo, por terem dedicado algum do vosso tempo e energia para que este estudo fosse possível.



# Índice

1. Introdução .....	1
1.1. Consumo máximo de oxigénio ( $VO_2Máx$ ) e velocidade máxima aeróbia (VMA): .....	4
1.2. Consumo máximo de oxigénio de reserva ( $VO_2Máx.Res$ ) e frequência cardíaca de reserva (FCRes):.....	7
1.3. MET (Equivalente metabólico):.....	10
1.4. PSE (Perceção Subjetiva do Esforço): .....	11
1.5. MaxLaSS:.....	12
1.6. FC Máxima (FCMáx):.....	14
1.7. FC Líquida (FCLíq): .....	15
2. Problema .....	19
2.1. Objetivo geral.....	19
2.2. Objetivos específicos.....	19
3. Hipóteses .....	21
3.1. Hipótese geral.....	21
3.2. Hipóteses secundárias .....	21
4. Metodologia .....	23
4.1. População .....	23
4.2. Procedimento experimental.....	24
4.3. Recolha de dados.....	26
4.3.1. Frequência Cardíaca.....	26
4.3.2. Consumo de Oxigénio.....	26
4.3.3. MET .....	27
4.3.4. Dispêndio energético.....	28
4.4. Procedimentos estatísticos.....	28
5. Resultados .....	29
6. Discussão.....	37
6.1. Consumo de oxigénio ( $VO_2$ ).....	37
6.2. Dispêndio Energético .....	38
6.3. Frequência Cardíaca (FC) e Frequência Cardíaca Líquida (FCLíq) .....	39
6.4. Prescrição do exercício físico através da FCLíq .....	41
7. Conclusões .....	43
8. Implicações práticas .....	45
9. Referências .....	47

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Classificação dos patamares de intensidade do exercício físico para a população em geral de acordo com o ACSM (5) .....	2
Tabela 2: Tabela de Borg original e simplificada para intensidade da escala da PSE (14).....	12
Tabela 3: Características antropométricas da população .....	23
Tabela 4: Características antropométricas do grupo 1 (grupo de predição).....	23
Tabela 5: Características antropométricas do grupo 2 (grupo de validação) .....	24
Tabela 6: Tabela de resultados nas variáveis peso, IMC, $VO_2Rep$ , $FCRep$ , com as suas médias, desvios padrão e t teste para verificar as diferenças estatísticas entre grupos.....	29
Tabela 7: Equação preditora do consumo de oxigénio obtida através da modelação hierárquica. ....	29
Tabela 8: Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e os t teste entre o valor real de consumo de oxigénio em repouso ( $VO_2RepReal$ ) e o valor estimado de consumo de oxigénio em repouso ( $VO_2RepEsti$ ). Em ambos os casos a estimativa foi elaborada através da equação de regressão obtida no grupo de predição (grupo 1). ....	32
Tabela 9: Comparação do valor real de $VO_2$ no patamar 3 de exercício do protocolo de teste ( $VO_23Real$ ) e o $VO_2$ estimado no patamar 3 de exercício do protocolo de teste ( $VO_23Esti$ ), nos diferentes grupos. ....	32
Tabela 10: Comparação do valor real de $VO_2$ na totalidade dos patamares de exercício do protocolo de teste ( $VO_2ExerReal$ ) e o $VO_2$ estimado na totalidade dos patamares de exercício do protocolo de teste ( $VO_2ExerEsti$ ), nos diferentes grupos. ....	33
Tabela 11: Comparação do valor real de DE no patamar de repouso ( $DERepReal$ ) e no patamar 3 ( $DE3Real$ ) do protocolo utilizado entre diferentes grupos: Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e o valor de p (t-teste). ....	33
Tabela 12: Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e os t teste entre o valor real de DE e o valor estimado de DE nos diferentes grupos no patamar de repouso.....	33
Tabela 13: Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e os t teste entre o valor real de DE e o valor estimado de DE nos diferentes grupos no patamar 3 do protocolo de exercício.....	34
Tabela 14: Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e os t teste entre o valor real de DE, o valor estimado de DE nos diferentes grupos com a totalidade dos patamares de exercício do protocolo de teste. ....	34
Tabela 15: Batimentos cardíacos por minuto líquidos por cada MET de incremento acima do valor de repouso (bpm/MET), bem como a equação de regressão que relaciona este incremento, nos diferentes grupos e na população total.....	35
Tabela 16: Equação preditora dos MET líquidos ( $METLiq$ ) através da $FCLiq$ na população total .....	36
Tabela 17: Quadro com os intervalos de intensidade e a $FCLiq$ necessária para atingir as diferentes intensidades: leve, moderado vigoroso e muito vigoroso.....	36

## Índice de figuras

Fig. 1: Esquema de variáveis utilizadas para prescrever a intensidade do exercício físico .....	3
Fig. 2: Metodologias de avaliação do $VO_2Máx$ (7).....	5
Fig. 3: Algumas metodologias para a determinação do MaxLaSS (7).....	13
Fig. 4: Correlação dos valores reais com os valores preditos de $VO_2$ no grupo de predição .....	30
Fig. 5: Correlação dos valores reais com os valores preditos de $VO_2$ no grupo de validação ....	30
Fig. 6: Correlação entre valores reais e preditos do $VO_2$ na totalidade da população.....	31
Fig.7: Retas de regressão individuais de $VO_2$ da população total.....	31
Fig. 8: Gráfico de dispersão com a linha de tendência resultante da regressão linear entre o METLíq e FCLíq na população total. ....	35



## Resumo

**Objetivo:** Este estudo teve como objetivo validar a FCL<sub>líq</sub> na estimativa do DE e na prescrição da intensidade do exercício, em jovens adultos masculinos. **Métodos:** O estudo teve uma população total de 40 sujeitos do sexo masculino entre os 18 e os 30 anos, posteriormente dividida em 2 grupos de 20 sujeitos; o primeiro de predição e o segundo de validação. Para a recolha da FC recorreu-se ao cardiofrequencímetro (Polar RS100, Finlândia). Os dados referentes ao VO<sub>2</sub> foram recolhidos e analisados pelo analisador de gases (Metalyzer 3B, Cortex Biophysic, Alemanha). Os valores de 1 MET foram considerados os valores de VO<sub>2</sub>Rep de cada sujeito. O DE foi avaliado pelo software associado ao analisador de gases que tinha em conta o quociente respiratório. Para a análise de dados foi utilizado o software *Statistical Package for the Social Sciences*. Recorreu-se ao teste *Kolmogorv-Smirnov* para verificar a normalidade da população, para analisar as diferenças entre grupos recorreu-se ao t-teste para amostras independentes, para analisar as diferenças entre os valores reais e os valores estimados foram utilizados t-teste para amostras emparelhadas. A determinação das equações de regressão recorreu a regressões lineares. Os gráficos de dispersão foram utilizados para determinar as relações entre as variáveis. **Resultados:** Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre grupos no peso, IMC, VO<sub>2</sub>Rep, FCRep e DE. A equação preditora de VO<sub>2</sub> baseada na FCL<sub>líq</sub>, a partir do grupo 1 foi:  $VO_{2sepc}=4,893+0,337 \times FCL_{líq}$ . As correlações obtidas, de VO<sub>2</sub>, entre os valores reais com os preditos, foram: R=0,92 e R=0,95 para o grupo 1 e grupo 2 respetivamente. Existiram diferenças estatisticamente significativas nos dois grupos entre o VO<sub>2</sub>Rep real com o estimado e no DE em repouso real com o estimado, porém nos patamares de exercício não houve diferenças significativas em nenhum dos grupos em ambas as variáveis. A equação que determinou a intensidade em MET na totalidade da população foi:  $METL_{líq}=0,280+0,082 \times FCL_{líq}$ , chegando assim a um incremento de 12bpm de FCL<sub>líq</sub> para aumentar 1MET de intensidade. **Conclusões:** A FCL<sub>líq</sub> mostrou ser uma forma válida de determinar o DE em exercício e de prescrever intensidade de exercício em jovens adultos do sexo masculino.

**Palavras-Chave:** Jovens Adultos; FC Líquida; MET; Prescrição de exercício; VO<sub>2</sub>



## Abstract

**Objective:** The aim of this study is to validate the NetHR in estimating EE and prescription intensity of exercise in young adult males. **Methods:** The study had a total population of 40 male subjects between 18 and 30 years, then divided into 2 groups of 20 subjects, the first one prediction group and the second one validation group. For the collection of HR we used the heart rate monitor (Polar RS100, Finland). The data relating to  $\text{VO}_2$  were collected and analyzed by gas analyzer (Metalyzer 3B, Cortex Biophysic, Germany). The 1MET were considered the values of  $\text{VO}_2\text{Rest}$  of each subject. The EE was assessed by the software associated with the gas analyzer that took account of the respiratory quotient. For data analysis we used the software Statistical Package for Social Sciences. We used the Kolmogorov-Smirnov test to verify the normality of the sample. To analyze the differences between groups was used the t-test for independent samples and to analyze the differences between real values and estimated values were used t-test for paired samples. For determination of the regression equations we used linear regressions. Scatter charts were used to determine the relationships between variables. **Results:** There were no statistically significant differences between groups in weight, BMI,  $\text{VO}_2\text{Rest}$ ,  $\text{HRRest}$  and EE. The predictive equation of  $\text{VO}_2$  based on NetHR determined in group 1 was:  $\text{VO}_2\text{sepc}=4,893+0,337 \times \text{FCLiq}$ . The correlations of  $\text{VO}_2$  between the real values with the predicted values were:  $R = 0.92$  and  $R = 0.95$  for group 1 and group 2 respectively. There were statistically significant differences in both groups, between the real  $\text{VO}_2\text{Rest}$  with the estimated values and real EE at rest with estimated values, but in exercise there were no significant differences in either group in both variables. The equation that determined the intensity in MET with the whole population was:  $\text{NetMET}=0,280+0,082 \times \text{NetHR}$ , achieving an increase of 12bpm of NetHR to increase 1MET intensity. **Conclusions:** NetHR proved to be a valid way to determine EE in exercise and prescribing exercise intensity in young adult males.

**Key Words:** Young Adults; Net Heart Rate; MET; Exercise Prescription;  $\text{VO}_2$



## Lista de abreviaturas

ACSM – American College of Sports Medicine

bpm – Batimentos por minuto

DE – Dispendio energético

DE3Estimado – Dispendio energético no patamar 3 estimado

DE3Real – Dispendio energético no patamar 3 real

DEExerEstimado – Dispendio energético nos patamares de exercício estimado

DEExerReal – Dispendio energético nos patamares de exercício real

DERepEstimado – Dispendio energético em repouso estimado

DERepReal – Dispendio energético em repouso real

dp – Desvio Padrão

EE – Energy Expenditure

FC – Frequência cardíaca

FCLíq – Frequência cardíaca líquida

FCMáx – Frequência cardíaca máxima

FCRep – Frequência cardíaca de repouso

FCRes – Frequência cardíaca de reserva

MET – Equivalentes metabólicos

MaxLaSS- Concentração máxima de lactato estabilizada

NetHR – Net Heart Rate

PSE – Percepção subjetiva do esforço

VO<sub>2</sub> – Consumo de oxigênio

VO<sub>2</sub>3Esti – Consumo de oxigênio no patamar 3 estimado

$VO_23Real$  – Consumo de oxigénio no patamar 3 real

$VO_2ExerEsti$  – Consumo de oxigénio nos patamares de exercício estimado

$VO_2ExerReal$  – Consumo de oxigénio nos patamares de exercício real

$VO_2Máx$  – Consumo máximo de oxigénio

$VO_2MáxRes$  – Consumo de oxigénio máximo de reserva

$VO_2Rep$  – Consumo de oxigénio de repouso

$VO_2RepEsti$  – Consumo de oxigénio de repouso estimado

$VO_2RepReal$  – Consumo de oxigénio de repouso real

$VO_2spec$  – Consumo de oxigénio específico

## 1. Introdução

A atividade física tem sido alvo de estudo para vários investigadores. Um dos propósitos dos estudos acerca desta temática é averiguar a relação que a atividade física tem com a saúde. A atividade física é definida como qualquer movimento do corpo humano utilizando a musculatura esquelética que faça elevar o dispêndio/gasto energético acima do repouso (1). Sendo assim, não será a forma que mais influenciará nos ganhos de aptidão física visto que qualquer atividade, como as tarefas domésticas, cabem dentro deste conceito e, por consequência, não serão os que influenciarão de forma significativa em ganhos na saúde. Para que os ganhos na saúde sejam significativos através da melhoria da aptidão física devemos então, sempre referir-nos ao exercício físico, que é definida como toda a atividade física planeada, estruturada e repetida que tem por objetivo a melhoria e a manutenção de uma ou mais componentes da aptidão física (1). A aptidão física engloba várias componentes como: a composição corporal, a força e resistência muscular, flexibilidade e capacidade cardiorrespiratória (1).

A prescrição do exercício físico pode ser feita de inúmeras formas recorrendo a valores de referência de algumas variáveis tais como: consumo de oxigénio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC), equivalentes metabólicos (MET), percepção subjetiva do esforço (PSE), velocidade máxima aeróbia (VMA), entre os mais utilizados. Estas variáveis para a prescrição do exercício, por norma, visam sempre uma melhoria da capacidade cardiovascular e respiratória (CCR) estando esta também intimamente ligada com a saúde, sendo que uma melhor capacidade cardiovascular pode refletir-se numa melhor saúde do indivíduo. A capacidade cardiovascular e respiratória é definida como: a capacidade de realização de atividades dinâmicas, prolongadas, de moderada ou alta intensidade, envolvendo uma elevada percentagem de musculatura corporal, pelo American College of Sports Medicine (ACSM) (5).

A medida “gold standard” para avaliar a capacidade cardiovascular e respiratória é o  $VO_2Máx$  (3). No entanto, existem algumas formas de avaliar o  $VO_2Máx$  de um sujeito. Uma de forma direta, medindo as trocas respiratórias e outras de forma indireta de se obterem os valores de  $VO_2Máx$ .

A prescrição de exercício requer sempre três parâmetros fundamentais: a frequência semanal, o volume (duração do exercício) e a intensidade. A frequência semanal e o volume são fatores que vão depender também da disponibilidade do sujeito em causa. As recomendações mínimas são 5 sessões semanais com duração entre 30 a 60 minutos, cada sessão, com uma intensidade moderada, ou 3 sessões semanais com uma duração de 20 a 60 minutos, cada sessão, com uma intensidade vigorosa (5). Podendo atingir-se este volume com a soma de períodos de 10 minutos, por fim e de extrema importância, é necessário prescrever o exercício com as intensidades adequadas aos objetivos dos sujeitos, sendo que para isso é necessário ter valores de algumas variáveis já anteriormente referidas. A classificação das intensidades para o exercício físico estão representadas na tabela que se segue.

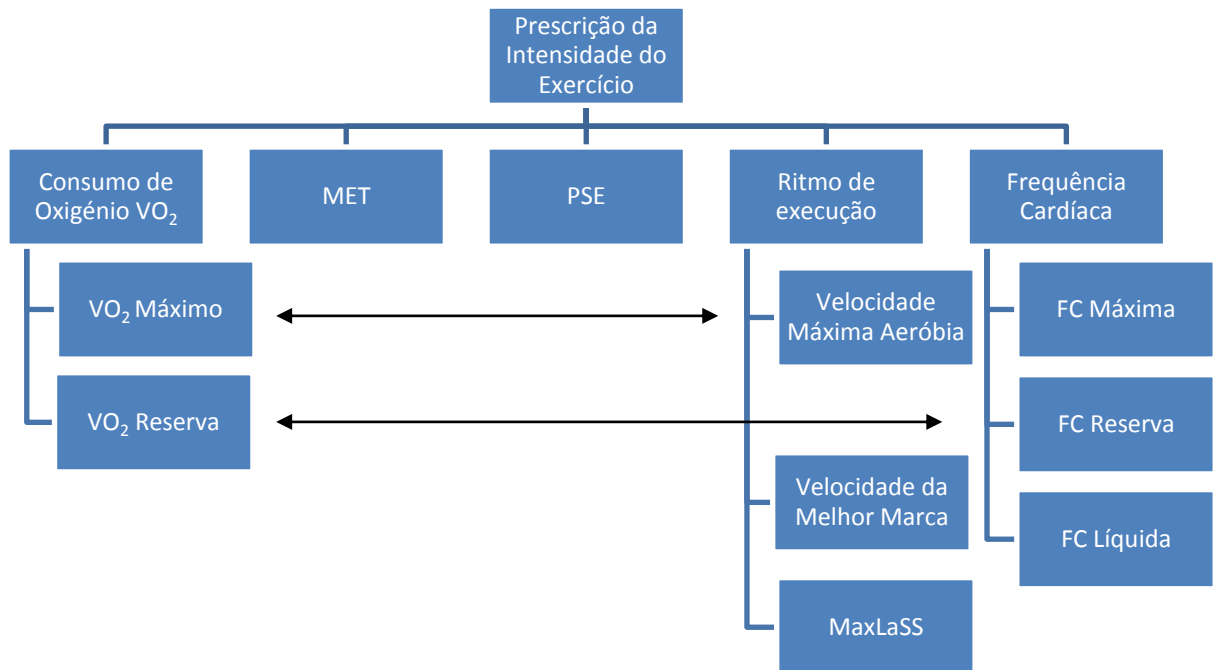
**Tabela 1:** Classificação dos patamares de intensidade do exercício físico para a população em geral de acordo com o ACSM (5)

Intensidade	VO <sub>2</sub> Reserva (%)		Intervalos de intensidade (METs) de acordo com o nível de aptidão física		
	FC Reserva (%)	FC Máxima (%)	12 MET VO <sub>2</sub> Máx	10 MET VO <sub>2</sub> Máx	8 MET VO <sub>2</sub> Máx
<b>Muito suave</b>	<b>&lt;20</b>	<b>&lt;50</b>	<b>&lt;3,2</b>	<b>&lt;2,8</b>	<b>&lt;2,4</b>
Suave	20-39	50-63	3,2-5,3	2,8-4,5	2,4-3,7
Moderada	40-59	64-76	5,4-7,5	4,6-6,3	3,8-5,1
Vigorosa	60-84	77-93	7,6-10,2	6,4-8,6	5,2-6,9
Muito Vigorosa	>85	>94	≥10,3	≥8,7	≥7,0
<b>Máxima</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>8</b>

Na tabela anterior podemos observar os vários níveis de intensidade estabelecidos pelo ACSM, nesta tabela foi dividida a intensidade em 6 patamares sendo que o último é o patamar maximal, com esta classificação em 6 patamares incluindo o patamar máximo implica que sejam feitas avaliações dos sujeitos previamente, realizando testes máximos da capacidade dos sujeitos ou estimá-la através de equações já criadas para o efeito. Após obtermos os valores de referência dos sujeitos avaliados é que se torna possível prescrever as intensidades do exercício físico com esta classificação em 6 patamares. Esta classificação pode ser aplicada a qualquer população saudável, no entanto, como existe o patamar máximo, é maioritariamente utilizada para prescrever o exercício a

atletas de competição, visto que as intensidades máximas não são aconselhadas para a população sedentária.

No esquema que se segue podem ser observadas algumas das variáveis mais utilizadas para a prescrição de exercício físico. Estas variáveis podem também ter uma utilização mais fácil e prática ou uma maior dificuldade de utilização, visto que requerem materiais dispendiosos e conhecimentos de uma elevada complexidade para serem avaliadas. Sendo assim, a prescrição de exercício pode utilizar várias variáveis, em casos de atletas de alta competição é necessário utilizar variáveis que tenham uma precisão alta e que requerem uma avaliação com material de laboratório sendo impossível a utilização deste tipo de variáveis para grandes populações. Por outro lado, existem variáveis mais práticas na sua utilização e menos dispendiosas de serem avaliadas, mantendo mesmo assim níveis de precisão bastante elevados para a prescrição do exercício físico.



**Fig. 1:** Esquema de variáveis utilizadas para prescrever a intensidade do exercício físico

## **1.1. Consumo máximo de oxigénio (VO<sub>2</sub>Máx) e velocidade máxima aeróbia (VMA):**

O VO<sub>2</sub>Máx é um parâmetro fisiológico que nos mostra o consumo máximo de oxigénio de um indivíduo, este consumo pode ser dado em termos absolutos recorrendo às unidades L/min (litros de oxigénio consumido por minuto) ou em termos relativos expresso em ml/kg/min (mililitros de oxigénio por quilograma de massa corporal por minuto). Hill e Lupton (3) definiram o VO<sub>2</sub>Máx como o consumo de oxigénio durante uma intensidade de exercício em que o consumo real de oxigénio atinge um máximo, no qual nenhum aumento do esforço pode aumentá-lo.

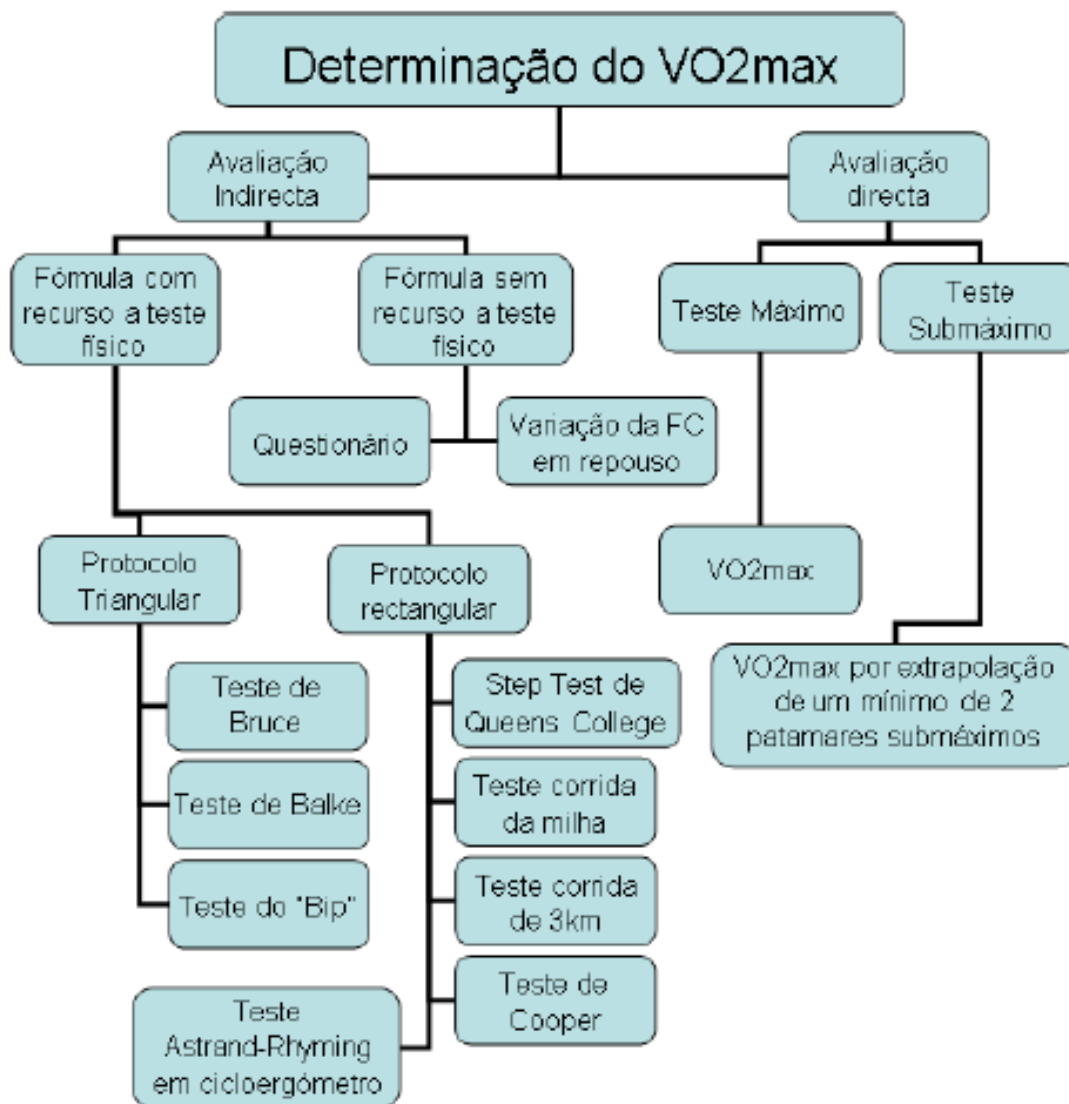
Para a prescrição do exercício físico através do VO<sub>2</sub>Máx é necessário realizar uma avaliação da capacidade aeróbia do sujeito previamente à prescrição do exercício físico. Desta forma a avaliação do sujeito vai servir para prescrever de forma correta e ajustada às suas capacidades. Para obtermos o VO<sub>2</sub>Máx de um sujeito podem ser utilizadas várias metodologias; umas através de métodos diretos e outras através de métodos indiretos. Os métodos diretos necessitam da avaliação das trocas respiratórias em testes máximos ou submáximos, são aqueles que têm um grau de precisão maior e que são preferencialmente utilizados sempre que possível podendo usar dois tipos de protocolo, o triangular e o retangular.

No caso do teste triangular deve ser utilizado um exercício que mantenha uma quantidade grande da musculatura do corpo ativa, acima de 80% da musculatura total do corpo (corrida, natação, ciclismo) e é constituído por vários patamares de diferentes intensidades, por norma entre 5 a 8 patamares com uma duração de 3 minutos por patamar sendo que a intensidade aumenta de patamar para patamar, o teste termina quando o sujeito avaliado chega à exaustão e desiste. Huntsman *et al* (4) num estudo realizado em cicloergómetro utilizaram um protocolo de 7 patamares de 2 minutos cada patamar como sendo uma metodologia valida para a determinação do VO<sub>2</sub>Máx.

No caso do teste retangular é um teste em que a intensidade do exercício é mantida ao longo do tempo. Para os testes retangulares a duração para atingir o VO<sub>2</sub>Máx varia consoante a intensidade a que se realiza o exercício, os pontos de corte em tempo para as diferentes intensidades são as seguintes: leve (400 a 600 segundos), média (200 a 400

segundos) e pesado (60 a 200 segundos) (6). Para a obtenção do  $VO_2Máx$  nos testes retangulares é igualmente necessário a utilização de um exercício que exercite uma grande percentagem da musculatura corporal, como por exemplo um teste de corrida com as durações anteriormente referidas. O teste termina assim que é atingido o tempo limite ou o sujeito desistir.

Além dos testes máximos que podem ser feitos para chegar ao valor do consumo máximo de oxigénio existem métodos indiretos que podem estimar o  $VO_2Máx$  através de equações como foi dito anteriormente, porém estes métodos não são tão precisos como os diretos usando testes máximos já referidos previamente. O seguinte esquema mostra várias metodologias que nos permitem chegar ao valor do  $VO_2Máx$  real ou estimado.



**Fig. 2:** Metodologias de avaliação do  $VO_2Máx$  (7)

Após a realização de um teste máximo ou de se estimar o consumo máximo de oxigénio na impossibilidade de realizar um teste, devido à condição física do sujeito em causa ou por a falta do material de laboratório específico necessário para a realização do teste, é possível realizar a prescrição do exercício físico utilizando o  $VO_2Máx$  como variável, com seguinte fórmula:

$$\text{Equação 1: } VO_{2alvo} = x\% VO_2Máx$$

Portanto se quisermos que o sujeito se exercite a 70% da intensidade do  $VO_2Máx$  o  $VO_{2alvo}$  era obtido através da seguinte equação:

$$\text{Equação 1: } VO_{2alvo} = 0,7 \times VO_2Máx$$

O  $VO_2Máx$  é uma forma altamente fiável para a prescrição da intensidade do exercício, no entanto é um procedimento laboratorial que não é compatível para controlar a intensidade do exercício na prática diária do treino desportivo. Uma forma de podermos controlar a intensidade do treino utilizando os valores do  $VO_2Máx$  é a VMA (velocidade máxima aeróbia), estas duas variáveis estão diretamente relacionadas e através da velocidade de execução do exercício já podemos controlar a intensidade do treino de forma precisa.

A VMA é a velocidade de execução de um exercício (corrida, natação, entre outros) em que o sujeito está a exercitar-se no seu  $VO_2Máx$  (8). Esta variável pode ser obtida a partir dos testes triangulares, referidos anteriormente, considerando-se a VMA, a velocidade a que o  $VO_2Máx$  é obtido. O protocolo de avaliação termina quando o valor de consumo de oxigénio estabiliza mesmo aumentando o patamar ou quando o valor da  $FCMáx$  tenha sido atingido (8). Nos exercícios que requerem maioritariamente o metabolismo aeróbio para a sua realização, a VMA pode ser uma das formas para os prescrevermos. Esta forma de prescrever exercício baseia-se em percentagens de velocidade em relação à sua VMA. Para isso é necessário avaliar o sujeito previamente em laboratório de forma a conhecermos a VMA.

Para prescrever uma intensidade, por exemplo 70%, do exercício em relação à VMA, basta utilizar a fórmula seguinte:

$$\text{Equação 2: } \text{Velocidade Alvo} = 0,7 \times (\text{VMA})$$

As principais vantagens na utilização do  $VO_2Máx$  e VMA para a prescrição do exercício físico são: a sua alta precisão para prescrever intensidade e é possível obtermos o dispêndio energético real do sujeito, por outro lado existem desvantagens como: não é possível a sua utilização para grandes grupos, requer uma avaliação rigorosa previamente sendo necessários profissionais com conhecimentos avançados no treino desportivo e na utilização de material laboratorial.

## **1.2. Consumo máximo de oxigénio de reserva ( $VO_2Máx.Res$ ) e frequência cardíaca de reserva (FCRes):**

O  $VO_2Máx.Res$  é o intervalo de consumo de oxigénio que um sujeito tem entre o seu valor mínimo (o  $VO_2Rep$ ) e o seu valor máximo ( $VO_2Máx$ ) (9 e 10). O  $VO_2Máx.Res$  é apresentado geralmente em termos relativos em ml/kg/min (mililitros de oxigénio por quilograma por minuto).

A prescrição do exercício através do  $VO_2Máx.Res$  é feita tendo o conhecimento prévio de dois valores específicos de  $VO_2$ . É necessário ter o conhecimento do valor do consumo de oxigénio de repouso e saber o valor do consumo máximo de oxigénio do sujeito em causa. Para se chegar ao valor do consumo de oxigénio de repouso é necessário recorrer a procedimentos laboratoriais, o sujeito, se possível, deve ficar em decúbito dorsal de forma confortável num ambiente tranquilo sem ruído e preferencialmente sem outras pessoas ou distrações. É colocado o analisador de gases no sujeito e é registado o valor das trocas gasosas verificando o valor de consumo de oxigénio mais baixo e estável com o sujeito na posição e condições anteriormente referidas. No estudo de Swain, et al (1998) a metodologia utilizada para se chegar ao  $VO_2Rep$  englobava a abstinência do consumo de álcool, cafeína e outras drogas num período de 24 horas prévias ao teste, a última refeição ter sido feita no mínimo com uma hora de intervalo, posteriormente foram submetidos a um período de repouso sentados de 5 minutos sendo o valor médio dos últimos 2 minutos o valor correspondente ao  $VO_2Rep$  (11).

A quando da impossibilidade de realizar o teste para se obter o valor do  $VO_2Rep$  é possível usar o valor 3,5ml/kg/min que é referenciado na literatura como sendo o valor médio do consumo de oxigénio em repouso para a população adulta (4).

O valor de consumo de oxigénio máximo é obtido através das metodologias descritas anteriormente.

Posteriormente, com estes dois valores é necessário calcular um terceiro que é a subtração dos dois valores obtidos, o valor máximo menos o valor de repouso para chegarmos ao valor do  $VO_2Máx.Res$  como se pode verificar na seguinte fórmula:

$$\text{Equação 3: } VO_2Máx.Res = VO_2Máx - VO_2Rep$$

Tendo o  $VO_2Máx.Res$ , a prescrição do exercício vai ser baseada nas intensidades alvo corretas para o objetivo de cada sujeito, se por exemplo quisermos prescrever uma intensidade de 70% do  $VO_2Máx.Res$  ao sujeito, a intensidade alvo é apresentada pela seguinte fórmula:

$$\text{Equação 4: } VO_{2alvo} = 0,7 \times (VO_2Máx.Res) + VO_2Rep$$

O  $VO_2Máx.Res$  é uma forma altamente precisa para a prescrição da intensidade do exercício físico, no entanto é um procedimento laboratorial que não é compatível para controlar a intensidade do exercício na prática diária do treino desportivo. Uma forma de podermos controlar a intensidade do treino utilizando os valores do  $VO_2Máx.Res$  é a FCRes (frequência cardíaca de reserva) (9 e 11), estas duas variáveis estão diretamente relacionadas, o que permite que através da FCRes seja possível controlar a intensidade do treino de forma precisa.

A FCRes assim como o  $VO_2Máx.Res$  é um valor compreendido entre o seu valor mínimo ou seja a FCRep e o seu valor máximo (FCMáx) (9), neste caso como estamos a tratar de FC os valores são apresentados em batimentos por minuto do coração.

A FC de reserva é uma forma de prescrever a intensidade do treino através dos batimentos cardíacos por minuto, esta forma de prescrição de exercício físico baseia-se na utilização do intervalo de número de batimentos por minuto de dois valores. Um dos valores utilizados é a FC máxima que corresponde ao número máximo de batimentos por minuto que o coração do sujeito pode executar, o outro valor utilizado é o da FCRep que corresponde ao número mais baixo de batimentos por minuto que o coração executa quando se encontra em repouso absoluto, por norma na posição de decúbito dorsal.

Para chegarmos ao valor de FCM<sub>máx</sub> podem ser utilizadas várias formas, umas de forma direta e outras de forma indireta. As de forma direta são aquelas que devem ser utilizadas preferencialmente, pois são mais precisas e utilizam testes triangulares ou retangulares idênticos aos já referidos anteriormente no VO<sub>2</sub>M<sub>máx</sub>, com a diferença que na vez de se utilizar um analisador de gases que nos dá o consumo de oxigénio, são utilizados medidores de FC que nos dão o número de batimentos por minuto do coração. As formas indiretas são aquelas que utilizam fórmulas, com a realização de testes físicos ou não, permitindo assim estimar o valor correspondente à FCM<sub>máx</sub> do sujeito, estas estimativas porém, sofrem de erro o que faz decrescer a precisão do resultado como é o caso da seguinte fórmula apresentada que visa estimar a FCM<sub>máx</sub>:

$$\text{Equação 5: } FCM_{\text{máx}} = 220 - \text{idade}$$

Na obtenção do valor da FCRep (frequência cardíaca de repouso) é necessário que o sujeito, de preferência, permaneça deitado numa posição confortável em decúbito dorsal, num ambiente calmo que proporcione à pessoa em questão estar o mais descontraída possível, de forma a que se registre o valor de FC mais baixo e estabilizado através de um cardiofrequencímetro. Outro procedimento para se chegar a este valor pode ser através da palpação de uma das artérias (carótida ou radial) contando o número de batimentos cardíacos durante um período de 15 segundos e posteriormente multiplicando por quatro como está referida na seguinte equação:

$$\text{Equação 6: } FCRep = n^{\circ} \text{ de batimentos em 15 segundos} \times 4$$

No estudo de Swain, et al (1998), a metodologia utilizada para a obtenção da FCRep englobava as mesmas características anteriormente referidas, podendo obter-se também a FCRep no mesmo teste que se obtém o VO<sub>2</sub>Rep porém, é necessário que um cardiofrequencímetro seja utilizado (11).

Posteriormente a termos os valores de FCM<sub>máx</sub> e de FCRep é possível chegarmos ao valor da FCRes através da subtração do valor de repouso ao da máxima como mostramos na seguinte equação:

$$\text{Equação 7: } FC_{Res} = FC_{Máx} - FC_{Rep}$$

A prescrição do exercício é feita baseada no valor de bpm da  $FC_{Res}$  utilizando uma percentagem (70% como no seguinte exemplo) desse valor adicionado ao valor da  $FC_{Rep}$  como mostramos na seguinte equação:

$$\text{Equação 8: } FC_{Calvo} = 0,7 \times FC_{Res} + FC_{Rep}$$

As principais vantagens na utilização do  $VO_2Máx.Res$  e  $FC_{Res}$  para a prescrição do exercício físico são: a elevada precisão para podermos determinar intensidades e é possível obtermos o dispêndio energético real do sujeito, por outro lado existem desvantagens como: é necessário materiais muito dispendiosos para as avaliações diretas e requer profissionais com um grande conhecimento no treino desportivo.

### **1.3. MET (Equivalente metabólico):**

O MET (equivalente metabólico) é o consumo de oxigénio que um sujeito tem quando se encontra em repouso, geralmente sentado de forma tranquila numa cadeira (12). A prescrição através desta variável será feita multiplicando o dispêndio energético em repouso do sujeito por um fator para atingir a intensidade desejada.

Os MET's ou equivalentes metabólicos são uma das formas que permite prescrever exercício através de intervalos de intensidade já estabelecidos, podendo também chegar a dispêndios energéticos. Na literatura o valor de referência 1 MET é considerado o consumo de 3,5ml/kg/min de oxigénio (5 e 12). No caso de ser possível determinar o valor real do  $VO_2Rep$  tem todo o sentido usar esse valor como sendo 1 MET.

Existem tabelas com os intervalos das intensidades referidas pela literatura utilizando os equivalentes metabólicos para a prescrição de exercício tal como a tabela já apresentada anteriormente.

Tendo estes intervalos de valores a prescrição é feita baseada na escolha dos patamares prescrevendo a intensidade alvo pretendida. Existe também um compêndio do exercício físico em que estão referidas a maior parte das atividades físicas e dos desportos o que permite termos o conhecimento das intensidades das diferentes modalidades existentes convertidas em MET's (13), por outro lado existe uma enorme dificuldade em saber a

que ritmo ou intensidade foram realizadas as diferentes modalidades diminuindo assim a precisão desse compêndio para a prescrição.

As principais vantagens na utilização dos equivalentes metabólicos para a prescrição do exercício físico são: a sua fácil utilização, é possível estimar o dispêndio energético do sujeito e não requer material de laboratório dispendioso, por outro lado existem desvantagens como: a precisão da prescrição é menor que no caso do consumo de oxigénio e existe uma grande dificuldade em controlar a intensidade dos treinos.

#### **1.4. PSE (Percepção Subjetiva do Esforço):**

A PSE é uma tentativa de quantificar a fadiga/esforço realizado no exercício físico. Para poder ser possível esta quantificação foi criada por Gunnarn Borg uma escala numerada de 6 a 20 em que o 20 é o esforço máximo que se consegue realizar e o 6 é considerada uma atividade de repouso ou muito leve. O facto da escala ser numerada de 6 a 20 foi uma tentativa de prever os bpm do coração entre 60 e 200 bpm (14).

Esta forma de prescrição de exercício é das que se pode utilizar com maior facilidade para o planeamento do treino devido a não requerer nenhum tipo de material específico ou dispendioso, porém a sua variabilidade entre sujeitos é muito grande visto que se trata de uma avaliação individual e subjetiva para o exercício realizado. A PSE é apresentada ao sujeito numa tabela numerada de 6 a 20 como foi dito anteriormente ou na sua forma reduzida de 1 a 10, ambas com vários patamares que variam entre o muito fácil/muito leve ao exaustivo/máximo, tendo o sujeito que pontuar o exercício conforme o esforço realizado como é demonstrado na seguinte tabela:

**Tabela 2:** Tabela de Borg original e simplificada para intensidade da escala da PSE (14)

6	7	Muito Facil	0	Nenhuma
8	9	Facil	0,5	Muito, muito leve
10	11	Relativamente Facil	1	Muito leve
12	13	Ligeiramente Cansativo	2	Leve
14	15	Cansativo	3	Moderada
16	17	Muito Cansativo	4	Pouco intensa
18	19	Exaustivo	5	Intensa
20			6	
			7	Muito intensa
			8	
			9	Muito, muito intensa
			10	Máxima

As tabelas anteriores foram criadas originalmente por Borg em 1970, porém outras tabelas foram criadas baseadas nestas, existem também versões adaptadas para diferentes populações ou específicas para exercícios de resistência.

As principais vantagens na utilização da PSE para a prescrição do exercício físico são: a sua fácil utilização, é possível a prescrição para grandes grupos e não requer material de laboratório dispendioso, por outro lado existem desvantagens como: a fraca precisão com que os sujeitos sedentários avaliam o esforço e não é possível obtermos ou estimar os dispêndios energéticos.

### **1.5. MaxLaSS:**

O MaxLaSS (Maximal Lactate Steady State) é definida pela intensidade mais alta possível durante o qual a concentração de lactato ainda estabiliza ao longo do tempo, sendo expresso em mmol/l de lactato por litro de sangue (15).

O MaxLaSS é um dos parâmetros fisiológicos mais correlacionados com o rendimento em provas desportivas de média ou longa duração. De uma forma geral, considera-se o MaxLaSS como uma boa forma de expressar a capacidade aeróbia dos sujeitos. Em

termos práticos, corresponde a uma intensidade próxima daquela que um atleta consegue manter aproximadamente durante uma hora.

Para ser prescrito o exercício físico utilizando este parâmetro fisiológico é necessário, tal como nos outros parâmetros fisiológicos anteriormente descritos, realizar um teste ou estimar o seu valor para o sujeito em questão. Existem várias metodologias para se chegar ao valor do MaxLaSS, umas de forma direta e outras de forma indireta sendo que cada uma delas tem as suas vantagens e desvantagens. As metodologias diretas vão-nos proporcionar um resultado real aumentando assim a precisão na prescrição que será realizada posteriormente, por outro lado estas metodologias de avaliação são invasivas o que implicam uma pequena picada para recolha de sangue e a sua análise. As metodologias indiretas são aquelas que estimam o valor correspondente ao MaxLaSS o que faz com que haja sempre um erro associado, a vantagem destas metodologias são o facto de não serem invasivas para o sujeito avaliado. O seguinte esquema apresentado mostra-nos algumas formas para a determinação do MaxLaSS:

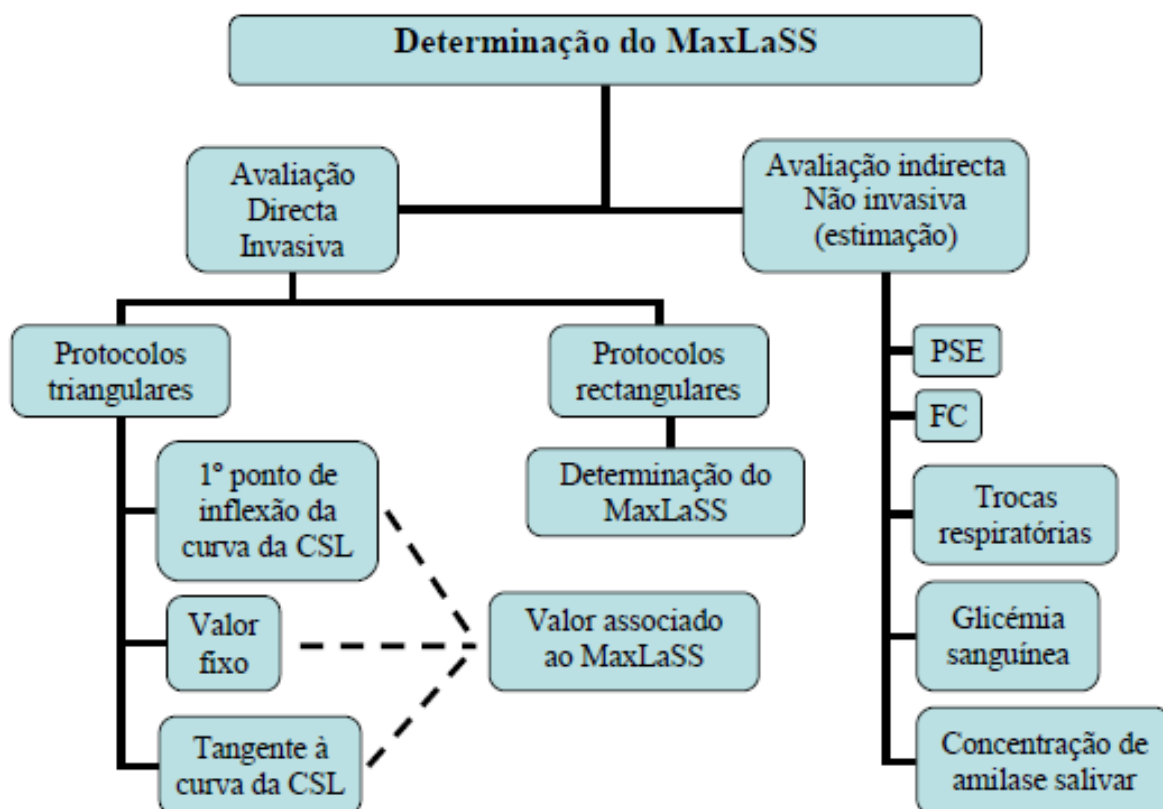


Fig. 3: Algumas metodologias para a determinação do MaxLaSS (7)

A prescrição do exercício vai ser realizada posteriormente baseada na máxima intensidade a que o exercício foi executado permitindo uma estabilização das

concentrações de lactato no sangue, ou seja com o valor correspondente ao MaxLaSS do sujeito. Um sujeito que obteve o seu MaxLaSS na realização de um teste com cicloergómetro, correspondente a um valor de potência e querendo exercitar-se a 70% do seu MaxLaSS, a prescrição do exercício é feita como está representado no seguinte exemplo:

$$\text{Equação 9: Intensidade alvo (potência)} = 0,7 \times (\text{potência da MaxLaSS})$$

Existem várias formas de prescrever o exercício baseando-nos no MaxLaSS, tudo vai depender do exercício que se utiliza na realização do teste, sendo assim para prescrever intensidade em corrida é necessário a realização de um teste do MaxLaSS nesse mesmo exercício. É possível utilizar o MaxLaSS em: ritmos de execução do exercício, velocidade de corrida, potência do cicloergómetro, entre outros, no entanto é necessário realizar sempre o teste no exercício em que pretendemos prescrever o exercício.

As principais vantagens na utilização do MaxLaSS para a prescrição do exercício físico são: a sua alta precisão para prescrever intensidades, garante que a intensidade pode ser mantida no exercício ao longo do tempo sem que ocorra fadiga muscular, por outro lado existem desvantagens como: requer que o sujeito faça avaliações previamente podendo estas serem invasivas e a sua utilização não permite que se aplique a grandes grupos devido aos testes necessários à sua prescrição.

### **1.6. FC Máxima (FCMáx):**

A FCMáx é um parâmetro fisiológico que mede o número máximo de batimentos por minuto do coração de um sujeito, este valor com o avançar da idade tende a diminuir.

A prescrição de exercício através do valor da FC máxima é das formas mais simples e utilizadas para o exercício físico por praticantes de lazer. Esta forma de prescrição de exercício utiliza percentagens do valor máximo de batimentos por minuto do coração, desta forma podemos chegar a esse valor de duas formas, a mais simples e menos precisa é utilizar umas das equações referidas na literatura como as seguintes demonstradas (16):

$$\text{Equação 10: FCMáx} = 208 \times 0,7 - \text{a idade do sujeito}$$

$$\text{Equação 5: FCMáx} = 220 - \text{a idade do sujeito}$$

Estas fórmulas são apenas dois dos exemplos possíveis para se estimar o valor da FC máxima, no entanto sempre que se estima um valor a possibilidade deste não ser o valor real é alta e podendo o erro chegar a ser considerável no caso das equações apresentadas pode haver um erro de aproximadamente 10 batimentos a mais ou a menos do valor real (16).

No entanto, a forma de aumentar a precisão na prescrição através desta metodologia é fazendo um teste máximo semelhante ao anteriormente referido na metodologia do VO<sub>2</sub>Máx, podem ser feitos testes retangulares em que a intensidade do exercício é máxima numa duração de 3 a 4 minutos utilizando um exercício que envolve a maior quantidade de massa muscular possível como o exemplo da natação, corrida ou ciclismo, ou com a utilização de um teste triangular que consiste num exercício com características iguais às anteriores referidas, utilizando 5 a 8 patamares de intensidades diferentes começando por um patamar mais leve e tendo incrementos na intensidade aumentando a velocidade de deslocamento no caso da corrida e da natação ou então a potência no caso do ciclismo (6).

Tendo obtido o valor da FC máxima, seja ela estimada ou real, através de um teste máximo, estamos capazes de prescrever o exercício com as intensidades pretendidas. Para um sujeito que se pretende exercitar a uma intensidade de 70% da sua FC máxima teríamos de utilizar a seguinte equação:

$$\text{Equação 11: FC alvo} = 0,7 \times \text{FCMáx}$$

As principais vantagens na utilização da FCMáx para a prescrição do exercício físico são: a sua fácil utilização, não requer materiais dispendiosos e pode ser aplicado em grandes grupos, por outro lado existem desvantagens como: quando o seu valor é estimado a precisão baixa e a realização de um teste máximo não é recomendada em pessoas sedentárias, com idade avançada ou com algum tipo de patologia cardíaca.

### **1.7. FC Líquida (FCLÍq):**

A FCLÍq é o número de bpm do coração acima da FCRep, o valor máximo de FCLÍq coincide com o valor de FCMáx.Res. A FCLÍq pode ser usada na prescrição do exercício tendo em conta a magnitude da variação da FC acima de repouso, em consequência da sua realização. Nesta metodologia apenas se mede (ou prescreve) em

relação à variação da FC acima da FCRep. Desta forma não é necessário saber nem estimar a FCMáx.

Outra vantagem, no que toca à prescrição de exercício através desta forma, é a ausência de necessidade de realizar testes máximos, sendo assim possível utilizar esta forma de prescrição para qualquer tipo de população independentemente da faixa etária, nível de condição física e patologias existentes nos sujeitos, isto porque a realização de testes máximos não são aconselháveis a sujeitos com determinadas características como idade avançada, sedentários e patologias cardíacas.

A prescrição de exercício através da FCLíq é feita tendo o conhecimento da FCRep o que não implica nenhum teste laboratorial, já devidamente descrito anteriormente.

A FCRep além de ser um parâmetro fisiológico fácil de se obter também é um parâmetro que nos prediz algum nível de aptidão física, isto porque uma FCRep mais baixa em sujeitos da mesma idade pode determinar um nível de aptidão física mais elevada se não houver alguma patologia cardíaca associada (17). A predição do nível de aptidão física de um sujeito através da FCRep pode ser feita devido ao conhecimento que o exercício físico, principalmente o cardiovascular, exerce um estímulo positivo no miocárdio o que o torna mais eficiente e desta forma consegue bombear a mesma quantidade de sangue com menos bpm.

Posteriormente a termos o conhecimento do valor da FCRep, a prescrição é feita através da indicação do incremento de bpm em relação à FCRep.

A prescrição baseada na FCLíq pode, também, ser associada ao dispêndio energético expresso em MET, na medida em que é possível associar estas duas variáveis. Esta possibilidade foi demonstrada no estudo já feito por Bragada *et al.* (18), utilizando uma população de 79 sujeitos, dividida em dois grupos um de predição com 39 sujeitos e outro de validação com 40 sujeitos, com uma faixa etária acima dos 39 anos de ambos os sexos, verificaram que era necessário um incremento de 9.1 bpm em média por cada acréscimo no dispêndio de energia igual a 1MET (18). Em estudos realizados anteriormente por outros investigadores já tinham verificado que a FC líquida mostrava ser uma boa forma de predizer o dispêndio energético de sujeitos no exercício físico (19 e 20).

No caso de pretendermos que o sujeito se exercite a uma intensidade moderada, observando o quadro em MET's apresentado anteriormente mostra-nos que o valor 5 MET se encontra nesse intervalo de intensidade. Uma vez encontrado o valor de intensidade alvo pretendida, utilizamos os 9,1bpm de incremento por cada MET, valor de referência descrito no estudo de Bragada *et al.* (18), conseguimos saber qual a FC líquida que devemos acrescentar à FCRep para atingirmos a intensidade pretendida. A seguinte fórmula mostra-nos como chegar à FC alvo:

$$\text{Equação 12: FC alvo} = \text{FCRep} + ((5\text{MET}-1\text{MET}) \times 9,1\text{bpm})$$

Na fórmula apresentada é retirado o valor de 1MET isto devido à intensidade alvo ser de 5MET's porém, só é acrescentado 4MET's de intensidade, visto que em repouso o sujeito já se encontra a 1MET.

As principais vantagens na utilização da FCLíq para a prescrição do exercício físico são: a sua fácil utilização, não requer testes máximos ou a sua estimação e pode ser aplicado em grandes grupos, por outro lado existem desvantagens como: a sua utilização em diferentes exercícios ou diferentes populações em que os estudos foram realizados pode comprometer a sua precisão.



## **2. Problema**

Será a FCLÍq capaz de estimar de forma válida o  $VO_2$  e o DE em exercício em jovens adultos do sexo masculino?

### **2.1. Objetivo geral**

Averiguar a associação entre a FCLÍq com o  $VO_2$  e a intensidade do exercício, em cicloergómetro, em jovens adultos do sexo masculino.

### **2.2 Objetivos específicos**

Determinar a equação de regressão que associa o  $VO_2$  com a FCLÍq.

Correlacionar os valores reais com os valores estimados de  $VO_2$  pela equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), nos dois grupos de sujeitos.

Avaliar e comparar o  $VO_2$  real com o  $VO_2$  estimado, pela equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), em diferentes níveis de intensidade, nos dois grupos de sujeitos.

Avaliar e comparar o DE em repouso e o DE em exercício em dois grupos de sujeitos.

Avaliar e comparar o DE real com o DE estimado, pela equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), em diferentes níveis de intensidade, nos dois grupos de sujeitos.

Correlacionar a FCLÍq com o METLÍq na população total.

Determinar a equação de regressão que associa o METLÍq com a FCLÍq na população total.

Identificar os valores de FCLÍq (bpm) para os pontos de corte conforme os diferentes níveis de intensidade do exercício na população total.



### **3. Hipóteses**

#### **3.1. Hipótese geral**

Existe uma correlação linear e positiva entre a FCLíq e o VO<sub>2</sub>.

#### **3.2. Hipóteses secundárias**

Existe uma correlação alta entre os valores reais e os valores estimados de VO<sub>2</sub> pela equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), nos dois grupos de sujeitos.

Não existem diferenças significativas entre o VO<sub>2</sub> real com o VO<sub>2</sub> estimado pela equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), em diferentes níveis de intensidade, nos dois grupos de sujeitos.

Não existem diferenças significativas entre o DE real com o DE estimado pela equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), em diferentes níveis de intensidade, nos dois grupos de sujeitos.

Existe uma correlação alta entre a FCLíq e o METLíq, na população total.

Existe uma associação linear entre o METLíq e a FCLíq, na população total.

Determinar os valores de corte de FCLíq (bpm) de acordo com os diferentes níveis de intensidade de exercício, na população total.



## 4. Metodologia

### 4.1. População

A população do estudo foi constituída por jovens adultos saudáveis do sexo masculino entre os 18 e os 30 anos. Estes indivíduos eram moderadamente ativos mas sem que praticassem desporto de forma federada ou de competição. A captação da população foi feita maioritariamente no meio escolar do Instituto Politécnico de Bragança, com alunos de vários cursos das escolas pertencentes ao instituto. Os critérios de inclusão para a população deste estudo foram: serem sujeitos do sexo masculino, saudáveis, entre os 18 e os 30 anos. Os critérios de exclusão foram os seguintes: serem atletas federados, fazerem competição e ter abaixo de 1,60 metros. Este último critério de exclusão deveu-se às dimensões da bicicleta estática não permitir que indivíduos abaixo da estatura referida pudessem realizar o ciclo gestual de forma conveniente e confortável.

**Tabela 3:** Características antropométricas da população

n=40	Média (dp)
Massa corporal (Kg)	74,4 (11,9)
Estatura (cm)	177,5 (7,0)
Idade (anos)	21,8 (3,0)
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	23,6 (3,4)

A população foi composta por 40 sujeitos no total e teve um valor médio de massa corporal de 74,4 Kg, 177,5 cm de estatura, uma idade de 21,8 anos e um índice de massa corporal de 23,6 Kg/m<sup>2</sup> como nos mostra a tabela 3. Posteriormente a população foi dividida em dois grupos sendo um de predição e outro de validação.

**Tabela 4:** Características antropométricas do grupo 1 (grupo de predição)

Grupo 1 (n=20)	Média (dp)
Massa corporal (Kg)	73,0 (11,2)
Estatura (cm)	176,8 (6,3)
Idade (anos)	21,3 (3,1)
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	23,3 (3,2)

Na tabela 4 podemos ver o resultado da análise descritiva dos dados antropométricos dividida por grupos, esta tabela é referente ao grupo 1, grupo que serviu para a criação da nossa equação para prever o dispêndio energético/intensidade do exercício. As

variáveis estudadas foram iguais às referidas anteriormente, no ponto referente à população, sendo que neste grupo tivemos os seguintes valores: a massa corporal com 73,0Kg e 11,2Kg, a estatura com 176,8cm e 6,3cm, a idade com 21,3 anos e 3,1 anos e por fim o IMC com valores de 23,3Kg/m<sup>2</sup> e 3,2Kg/m<sup>2</sup> de médias e desvios padrão respetivamente.

**Tabela 5:** Características antropométricas do grupo 2 (grupo de validação)

Grupo 2 (n=20)	Média (dp)
Massa corporal (Kg)	75,8 (12,7)
Estatura (cm)	178,3 (7,7)
Idade (anos)	22,3 (2,8)
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	23,8 (3,7)

Na tabela 5 podemos ver o resultado da análise descritiva dos dados antropométricos, esta tabela é referente ao grupo 2, grupo que serviu para a validação da equação que prediz o dispêndio energético/intensidade do exercício. As variáveis estudadas foram as mesmas já referidas, sendo que neste grupo tivemos os seguintes valores: a massa corporal com 75,8Kg e 12,7Kg, a estatura com 178,3cm e 7,7cm, a idade com 22,3 anos e 2,8 anos e por fim o IMC com valores de 23,8Kg/m<sup>2</sup> e 3,7Kg/m<sup>2</sup> de médias e desvios padrão respetivamente.

## 4.2. Procedimento experimental

Todos os sujeitos foram informados acerca do protocolo de teste que iriam realizar e assinaram o termo de responsabilidade previamente ao início do teste. Todos os procedimentos seguiram as normas da Declaração de Helsínquia com respeito pela pesquisa humana.

Previamente à realização do teste era feita uma breve sessão de esclarecimento do que consistia a avaliação que iriamos realizar. De seguida eram medidos os respetivos valores de massa corporal e estatura de cada sujeito assim como lhe foi pedida a data de nascimento a cada elemento da população do estudo.

Após realizar esta fase, preparávamos o sujeito para realizar o protocolo de teste, colocando a máscara do analisador de gases, o cardiofrequencímetro ao nível do diafragma e os sapatos de encaixe para a realização do teste em bicicleta no rolo,

também foi ajustada a altura do selim da bicicleta para cada sujeito, de acordo com o comprimento dos membros inferiores e explicado como funcionava o mecanismo dos pedais de encaixe previamente ao início do protocolo com o repouso. Enquanto foi preparado o sujeito e o material utilizado para que se seguisse o protocolo foram colocados os dados antropométricos no software correspondente ao analisador de gases (Metalyzer 3B, Cortex Biophysik, Alemanha) para a recolha que se seguiu.

Os sujeitos foram submetidos a uma primeira fase de cerca de 10 min de repouso com o cardiofrequencímetro devidamente colocado e a máscara do analisador de gases para obtermos os valores de FCRep e VO<sub>2</sub>Rep respetivamente, todos os sujeitos realizaram esta fase de repouso em decúbito dorsal com os braços estendidos lateralmente ao longo do corpo de forma a que estivessem o mais confortáveis possível, mantendo-se imóveis de preferência e em silêncio. Em seguida os indivíduos subiram para a bicicleta onde se iniciava o primeiro patamar de exercício do teste a 100 watts de potência como estava previsto no protocolo. Este valor foi um valor preestabelecido, sendo uma intensidade inicial ajustada à população em causa para que conseguissem realizar pelo menos 3 patamares de exercício. Os incrementos foram feitos de igual forma em todos os patamares, sendo estes incrementos de 30 watts. Cada patamar de exercício era realizado entre 2 a 4min para que os valores de FC e de VO<sub>2</sub> estabilizassem nos diferentes patamares, estes períodos de tempo adotados para que o VO<sub>2</sub> estabilize são referenciados por Huntsman *et al* (4) como sendo intervalos de tempo ideais para que os valores tanto de FC como de VO<sub>2</sub> estejam já estabilizados. Só depois de se ter verificado esta estabilização nos valores destas duas variáveis, através da observação dos valores e dos gráficos que nos apresentava o software em tempo real, é que o teste passava ao patamar superior sendo este sempre com mais 30 watts que o anterior como estava estipulado no nosso protocolo. O teste de exercício acabou quando os sujeitos que o realizavam desistiam ou a FC atingiu um valor a rondar os 80% da FCMáx (frequência cardíaca máxima estimada).

Como foi utilizado um rolo de bicicleta os elementos que compuseram a população não necessitavam de seguir uma frequência gestual constante para que a potência de cada patamar estivesse controlada, pois o aparelho referido fazia sempre o ajuste da carga automaticamente e instantaneamente caso a frequência gestual variasse para que a potência de cada patamar fosse sempre a desejada descrita no protocolo. Porém todos os elementos da população foram aconselhados a manter uma frequência gestual que lhes

fosse confortável a cada um entre 60 a 80 ciclos por minutos podendo guiar-se pelo monitor do aparelho que foi utilizado e anteriormente referido.

### **4.3. Recolha de dados**

#### **4.3.1. Frequência Cardíaca**

Os valores de frequência cardíaca foram recolhidos através do uso do cardiofrequencímetro (Polar RS100, Filândia), este aparelho é composto por uma cinta com o emissor que foi colocado na linha do apêndice xifoide e por um aparelho recetor colocado o mais próximo possível da cinta, a sensivelmente 30/40 cm. Os valores de FC eram registados em tempo real pelo software utilizado formando um gráfico com os valores recolhidos, foram utilizados os valores de FC médios dos últimos 30 segundos da fase de repouso e de cada patamar em exercício tendo sido considerados esses valores como representação dos diferentes patamares tanto do repouso como os de exercício.

Para a obtenção dos valores da FCL<sub>Íq</sub> foi posteriormente subtraído o valor da FC<sub>Rep</sub> que foi o valor obtido, correspondente ao patamar de descanso, utilizando este processo em todos os sujeitos para todos os patamares realizados no teste, desta forma obtendo os valores da FCL<sub>Íq</sub> pela seguinte fórmula:

$$\text{Equação 13: } FCL_{Íq} = FC(\text{do patamar}) - FC_{Rep}$$

Para a interrupção do teste nos casos em que os sujeitos atingiram uma intensidade igual aos 80% da FCM<sub>Áx</sub> foi utilizada a fórmula de estimativa mais simples ( $FCM_{Áx} = 220 - \text{idade}$ ), isto pela facilidade do seu uso, visto que não se tinham os valores reais da FCM<sub>Áx</sub> dos sujeitos que compuseram a população do estudo.

#### **4.3.2. Consumo de Oxigénio**

Para a variável de consumo de oxigénio foi utilizada a oximetria direta com uma máscara de analisador de gases (Metalyzer 3B, Cortex Biophysic, Alenha) que recolhia os dados do VO<sub>2</sub> em tempo real pela técnica de “breath-by-breath”. Os dados do VO<sub>2</sub> foram recolhidos no decorrer de todo o tempo utilizado para o teste sem interrupção de nenhum período, tendo o início da recolha no momento em que o sujeito avaliado

começava o momento de repouso e terminava sempre que o sujeito desistisse ou chegasse aos 80% da FCM<sub>max</sub> estimada, dependendo da situação que ocorreu primeiro. O software correspondente à máscara de analisador de gases interpretava os dados e posteriormente apresentava os valores do consumo de oxigénio em termos absolutos e relativos, sendo as unidades de medida L/min (litros por minuto de oxigénio) ou ml/kg/min (mililitros por quilograma por minuto de oxigénio) respetivamente, sendo que o valor relativizado é em relação ao peso de cada sujeito. Foram utilizados os valores médios de consumo de oxigénio relativo, dos últimos 30 segundos de cada patamar tanto de repouso como dos patamares em exercício para serem utilizados como representativos de cada sujeito em cada patamar.

Para a determinação do valor do VO<sub>2</sub>Líq foi à posteriori subtraído o valor de VO<sub>2</sub>Rep resultado este correspondente ao patamar de descanso, este procedimento foi feito em todos os patamares do teste realizado para cada um dos sujeitos, chegando assim aos valores de VO<sub>2</sub>Líq para cada sujeito através da seguinte fórmula:

$$\text{Equação 14: } VO_2\text{Líq} = VO_2(\text{do patamar}) - VO_2\text{Rep}$$

### 4.3.3. MET

Para se chegar aos valores dos MET foram considerados os valores médios de consumo de oxigénio real obtidos nos últimos 30 segundos do patamar de repouso. A literatura tem como referência 1 MET sendo o consumo de oxigénio igual a 3,5ml/kg/min para a população em geral, no entanto com a nossa população estudada de jovens adultos que se encontravam na faixa etária dos 18 aos 30 anos, todos eles do sexo masculino, obtivemos um consumo de oxigénio médio de 4,1 ml/kg/min como sendo o valor de 1 MET para a população do estudo com as características anteriormente referidas. Para cada patamar dos diferentes sujeitos foi encontrado o valor dos MET's dividindo o valor do VO<sub>2</sub> do patamar pelo valor do VO<sub>2</sub> de repouso de cada sujeito que constituiu a população do estudo.

Posteriormente para encontrarmos os valores correspondentes ao METLíq foi retirado o MET de repouso, assim soubemos quantos MET's de intensidade o exercício tinha feito aumentar ao de repouso em cada indivíduo da população e em cada patamar, a seguinte fórmula mostra o procedimento utilizado para determinar os METLíq:

$$\text{Equação 15: } MET\text{Líq} = MET(\text{total do patamar}) - 1 MET$$

#### **4.3.4. Dispêndio energético**

Foram determinados os respectivos dispêndios energéticos para cada sujeito através do método de oximetria direta “breath-by-breath” utilizando o mesmo analisador de gases como foi feito na recolha dos valores de  $VO_2$  (Metalyzer 3B, Cortex Biophysic, Alenha). O software associado ao analisador de gases interpretava os valores de  $VO_2$  e também do volume de dióxido de carbono libertado ( $VCO_2$ ) pela expiração, desta forma o software obtinha o quociente respiratório (R) e realizava a estimativa do dispêndio energético (DE) do sujeito que estava a ser avaliado, sendo que as unidades de medida eram apresentadas em kJ/dia.

#### **4.4. Procedimentos estatísticos**

Para a realização da análise estatística das variáveis do nosso estudo foi utilizado o programa informático de estatística *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, v17.0).

Primeiramente foi feita a análise exploratória para avaliar a normalidade da distribuição da nossa população e das suas variáveis estudadas recorrendo ao teste Kolmogorov-Smirnov.

A população foi dividida aleatoriamente em dois grupos: um de predição e um de validação.

Utilizou-se um t-teste para amostras independentes para a comparar as médias do peso, IMC,  $VO_2$ Rep, FCRep, dispêndio energético real em repouso e o dispêndio energético real no patamar 3 entre o grupo 1 (predição) e o grupo 2 (validação). Para a comparação de médias, entre os valores reais e os valores estimados pela equação criada, nas variáveis dispêndio energético real em repouso, dispêndio energético estimado em repouso, dispêndio energético real no patamar 3, dispêndio energético estimado no patamar 3, dispêndio energético real em exercício e dispêndio energético estimado em exercício utilizou-se um t-teste para amostras emparelhadas.

Para a determinação das equações de estimação de  $VO_2$  e de METLíq foram utilizadas as modelações hierárquicas lineares assim como os gráficos de dispersão para determinar as relações entre as variáveis descritas com a FCLíq nas diferentes intensidades em cicloergómetro.

## 5. Resultados

Na Tabela 6 podemos observar os valores médios e os seus desvios padrão em relação às variáveis: peso, IMC, VO<sub>2</sub>Rep e FCRep dos diferentes grupos assim como da população total. A tabela também nos mostra que não existem diferenças estatisticamente significativas entre o grupo 1 e o grupo 2 referente às variáveis descritas anteriormente.

**Tabela 6:** Tabela de resultados nas variáveis peso, IMC, VO<sub>2</sub>Rep, FCRep, com as suas médias, desvios padrão e t teste para verificar as diferenças estatísticas entre grupos.

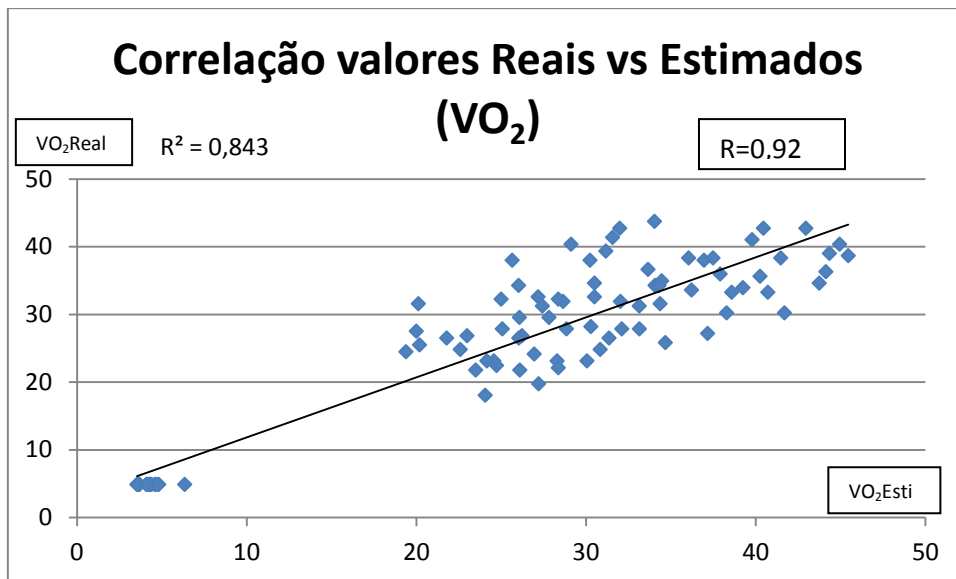
	Grupo 1 n=20	Grupo 2 n=20	p<0,05	População total n=40
Peso	73,0 (11,2)	75,8 (12,7)	0,606	74,4 (11,9)
IMC	23,3 (3,2)	23,8 (3,7)	0,762	23,6 (3,4)
VO <sub>2</sub> Rep	4,3 (0,6)	3,9 (0,6)	0,271	4,1 (0,6)
FCRep	68,1 (9,4)	71,6 (13,2)	0,414	69,8 (11,4)

Na tabela 7 observamos os resultados da modelação hierárquica para podermos chegar à equação que estima o VO<sub>2</sub> através da FCLíq.

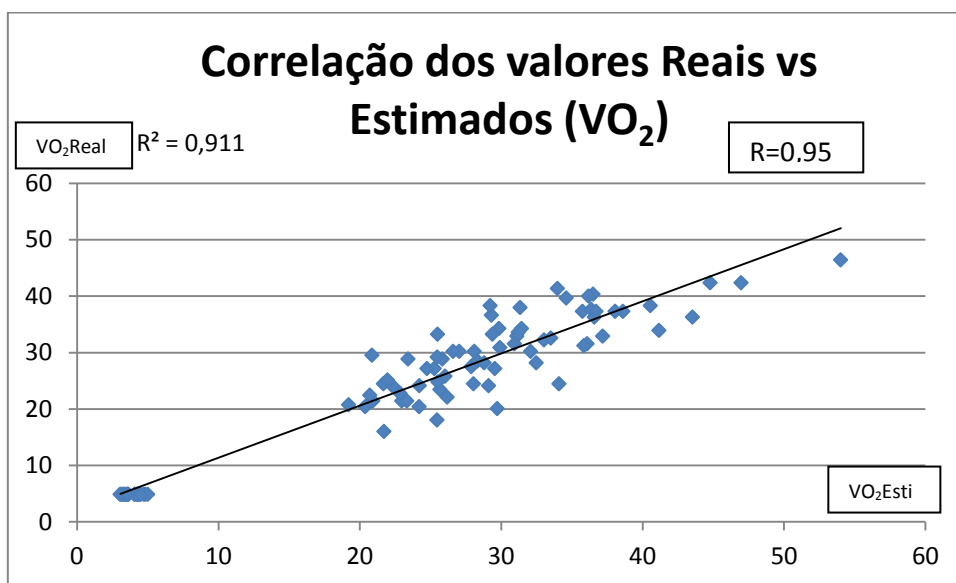
**Tabela 7:** Equação preditora do consumo de oxigénio obtida através da modelação hierárquica.

Efeito	Coefficiente	Erro Padrão	IC95%	p-value
Ordenada na origem	4,893788	0,223868	4,454-5,332	<0,001
FCLíq	0,337881	0,014532	0,309-0,367	<0,001

No gráfico da figura 4 podemos observar a correlação entre os valores reais e os valores preditos do grupo 1, este foi o grupo utilizado para a elaboração da equação de predição, a correlação entre estes dois valores obteve um R= 0,92.



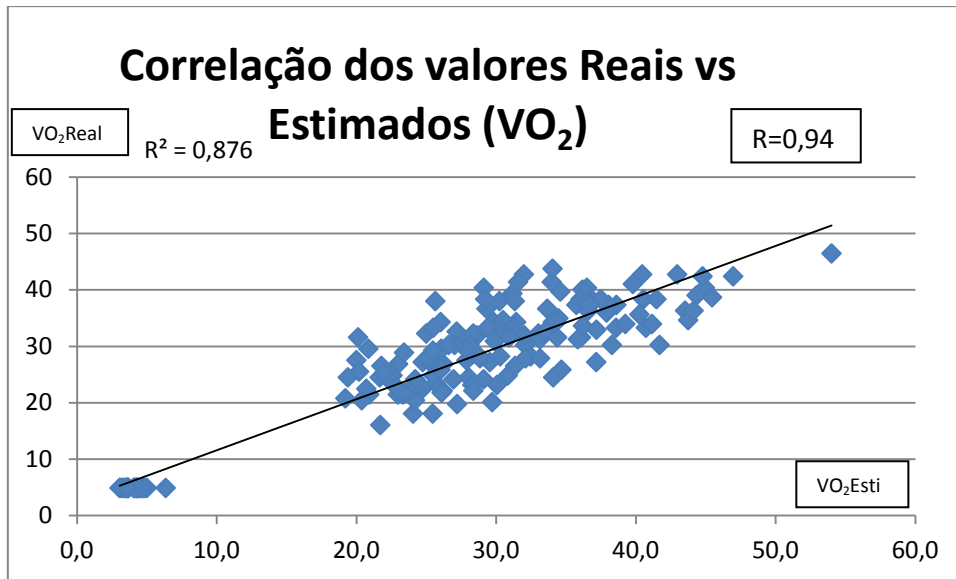
**Fig. 4:** Correlação dos valores reais com os valores preditos de VO<sub>2</sub> no grupo de predição



**Fig. 5:** Correlação dos valores reais com os valores preditos de VO<sub>2</sub> no grupo de validação

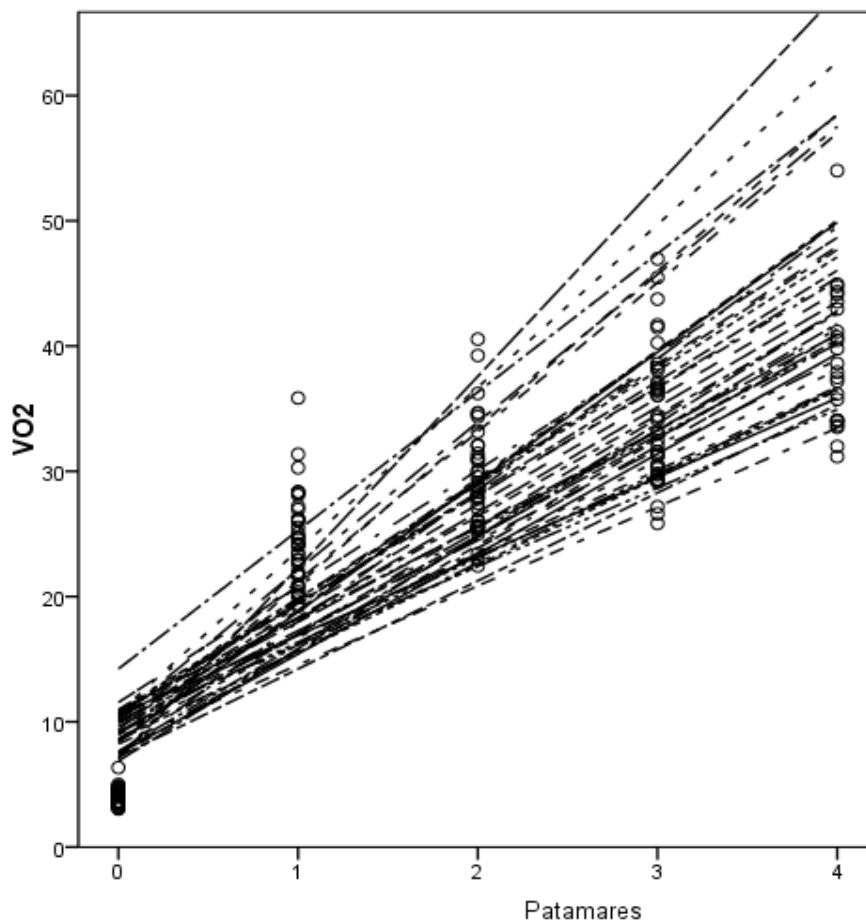
No gráfico da figura 5 pode-se observar a relação entre os valores reais e os valores preditos no grupo 2 que foi o grupo de validação da nossa equação, o coeficiente de validação obtido foi de um  $R= 0,95$ .

A correlação entre os valores preditos com os valores reais utilizando a totalidade da população, pode ser observada na figura 6. Obtivemos um  $R=0,94$ , podendo dizer-se que existe uma correlação forte fazendo com que a predição seja eficaz para a variável estudada minimizando erros de predição associados.



**Fig. 6:** Correlação entre valores reais e preditos do VO<sub>2</sub> na totalidade da população

No gráfico da figura 7 são observadas as retas que demonstram o aumento do VO<sub>2</sub> para cada indivíduo, da população total do estudo, ao longo dos diferentes patamares.



**Fig.7:** Retas de regressão individuais de VO<sub>2</sub> da população total

Na tabela 8 observamos os resultados correspondentes às variáveis VO<sub>2</sub>RepReal e VO<sub>2</sub>RepEsti nos diferentes grupos. No que diz respeito a estas duas variáveis comparadas entre si, existiram diferenças estatisticamente significativas em ambos os grupos.

**Tabela 8:** Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e os t teste entre o valor real de consumo de oxigénio em repouso (VO<sub>2</sub>RepReal) e o valor estimado de consumo de oxigénio em repouso (VO<sub>2</sub>RepEsti). Em ambos os casos a estimativa foi elaborada através da equação de regressão obtida no grupo de predição (grupo 1).

	VO <sub>2</sub> RepReal ml/Kg/min	VO <sub>2</sub> RepEsti ml/Kg/min	IC95%	p<0,05
Grupo 1	4,30 (0,62)	4,89 (0,00)*	-0,89 - -0,30	P<0,001
Grupo 2	3,91 (0,61)	4,89 (0,00)*	-1,27 - -0,69	P<0,001

Na tabela 9 são comparados os valores de VO<sub>2</sub> reais no patamar 3 de exercício (VO<sub>2</sub>3Real) e o VO<sub>2</sub> estimado no patamar 3 de exercício (VO<sub>2</sub>3ExerEsti), nos diferentes grupos. A tabela mostra que não houve diferenças estatisticamente significativas entre estas duas variáveis tanto no grupo 1 como no grupo 2. Os valores de significância obtidos foram p=0,595 e p=0,347 respetivamente.

**Tabela 9:** Comparação do valor real de VO<sub>2</sub> no patamar 3 de exercício do protocolo de teste (VO<sub>2</sub>3Real) e o VO<sub>2</sub> estimado no patamar 3 de exercício do protocolo de teste (VO<sub>2</sub>3Esti), nos diferentes grupos.

	VO <sub>2</sub> 3Real ml/Kg/min	VO <sub>2</sub> 3Esti ml/Kg/min	IC95%	p<0,05
Grupo 1	35,74 (5,12)	34,95 (3,70)	-2,27 - 3,86	0,595
Grupo 2	33,02 (4,95)	34,06 (5,19)	-3,31 - 1,23	0,347

Na tabela 10 são comparados os valores de VO<sub>2</sub> na totalidade dos patamares de exercício do protocolo de teste (VO<sub>2</sub>ExerReal) e o VO<sub>2</sub> estimado na totalidade dos patamares de exercício do protocolo de teste (VO<sub>2</sub>ExerEsti), nos diferentes grupos. Observando a tabela é possível concluir que não houve diferenças estatisticamente significativas entre estas duas variáveis tanto no grupo 1 como no grupo 2. Os valores de significância obtidos foram p=0,883 e p=0,894 respetivamente.

**Tabela 10:** Comparação do valor real de VO<sub>2</sub> na totalidade dos patamares de exercício do protocolo de teste (VO<sub>2</sub>ExerReal) e o VO<sub>2</sub> estimado na totalidade dos patamares de exercício do protocolo de teste (VO<sub>2</sub>ExerEsti), nos diferentes grupos.

	VO <sub>2</sub> ExerReal ml/Kg/min	VO <sub>2</sub> ExerEsti ml/Kg/min	IC95%	p<0,05
Grupo 1	31,63 (6,82)	31,53 (6,37)	-1,24 - 1,44	0,883
Grupo 2	30,15 (6,93)	30,22 (6,78)	-1,08 - 0,94	0,894

Relativamente ao dispêndio energético podem ser verificadas as médias, desvios padrão e o valor do t-teste do grupo 1 vs o grupo 2 no patamar de repouso e no terceiro patamar do protocolo de teste na tabela 11. Podemos observar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre grupos no que diz respeito ao DE em repouso real (DERepReal) e ao DE real no patamar 3 do protocolo de teste (DE3Real) com p=0,912 e p=0,199 respetivamente.

**Tabela 11:** Comparação do valor real de DE no patamar de repouso (DERepReal) e no patamar 3 (DE3Real) do protocolo utilizado entre diferentes grupos: Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e o valor de p (t-teste).

	Grupo 1 kj/d	Grupo 2 kj/d	IC95%	p<0,05
DERepReal	9152 (2085)	8658 (1822)	-759,4 - 1747,6	0,912
DE3Real	76633 (5099)	74431 (5417)	-1210,2 - 5613,0	0,199

Na tabela 12 podemos observar a existência de diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito aos valores de DE em repouso real (DERepReal) com os valores de DE em repouso estimado (DERepEstimado), utilizando a nossa equação que prediz o VO<sub>2</sub> e posteriormente convertido em DE, nos dois grupos da população.

**Tabela 12:** Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e os t teste entre o valor real de DE e o valor estimado de DE nos diferentes grupos no patamar de repouso.

	DERepReal kj/d	DERepEstimado kj/d	IC95%	p<0,05
Grupo 1	9152 (2085)	10762 (1657)*	-2337,8 - -880,9	P<0,001
Grupo 2	8658 (1822)	11174 (1872)*	-3226,1 - -1805,8	P<0,001

Na tabela 13, utilizando a equação que prediz o  $VO_2$  e posteriormente convertendo em DE, podemos observar que a média do DE no patamar 3 real (DE3Real) e a média do DE no patamar 3 estimado (DE3Estimado) não possuem diferenças estatisticamente significativas com valores de  $p=0,929$  e  $p=0,189$  para o grupo 1 e grupo 2 respetivamente.

**Tabela 13:** Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e os t teste entre o valor real de DE e o valor estimado de DE nos diferentes grupos no patamar 3 do protocolo de exercício.

	DE3Real kj/d	DE3Estimado kj/d	IC95%	p<0,05
Grupo 1	76633 (5099)	76922 (15087)	-7020,8 - 6442,6	0,929
Grupo 2	74431 (5417)	77991 (14179)	-9034,9 - 1914,7	0,189

Na tabela 14 podemos observar a não existência de diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito aos valores de DE em exercício real (DEExerReal) com os valores de DE em exercício estimado (DERepEstimado), utilizando a equação que prediz o  $VO_2$  e posteriormente convertido em DE nos dois grupos da população. Os valores de significância encontrados formam de  $p=0,219$  e  $p=0,246$  para o grupo 1 e grupo 2 respetivamente.

**Tabela 14:** Médias, desvios padrão, intervalos de confiança e os t teste entre o valor real de DE, o valor estimado de DE nos diferentes grupos com a totalidade dos patamares de exercício do protocolo de teste.

	DEExerReal kj/d	DEExercEstimado kj/d	IC95%	p<0,05
Grupo 1	68172 (13600)	70050 (18816)	-4900,7 - 1143,8	0,219
Grupo 2	67019 (13084)	68417 (16418)	-3781,5 - 984,8	0,246

No que diz respeito à variável MET, podemos observar na tabela 15 alguns resultados gerais. É possível verificar o incremento médio necessário de bpm do coração para se aumentar 1MET de intensidade no exercício (bpm/MET), no grupo 1, grupo 2 e na população total, assim como as equações de regressão. Na última linha da tabela também nos é mostrado os valores de  $R^2$  para cada equação verificando-se coeficientes de determinação fortes.

**Tabela 15:** Batimentos cardíacos por minuto líquidos por cada MET de incremento acima do valor de repouso (bpm/MET), bem como a equação de regressão que relaciona este incremento, nos diferentes grupos e na população total.

	Grupo 1 n=20	Grupo 2 n=20	População total n=40
bpm/MET	13	11	12
Equação	MET=0,352 + 0,076xFCLiq R <sup>2</sup> = 0,84	MET=0,170 + 0,088xFCLiq R <sup>2</sup> = 0,87	MET=0,280+0,082xFCLiq R <sup>2</sup> = 0,85

Na figura 8 podemos observar o gráfico resultante da regressão linear elaborada a partir dos dados do METLíq e FCLíq na totalidade da população de forma a encontrar a equação preditora do METLíq através da FCLíq. Pode-se observar um valor de R<sup>2</sup>=0,85 podendo dizer-se que o coeficiente de determinação é forte. A correlação entre estes dois valores é de 0,92 o que se verifica uma correlação igualmente forte.

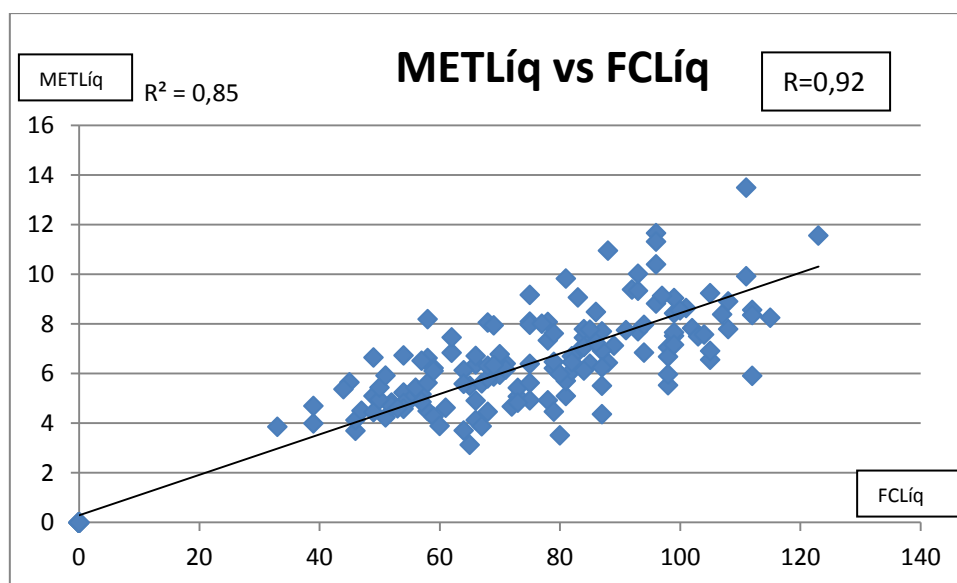


Fig. 8: Gráfico de dispersão com a linha de tendência resultante da regressão linear entre o METLíq e FCLíq na população total.

A tabela 16 mostra-nos os resultados da regressão linear entre o METLíq e a FCLíq, utilizando a totalidade da população, da qual resultou a equação número 17.

**Tabela 16:** Equação preditora dos MET líquidos (METLíq) através da FCLíq na população total

Coeficientes <sup>a</sup>					
Modelo	Coeficientes não estandardizados		Coeficientes estandardizados		Sig.
	B	Erro padrão	Beta	t	
1 Constante	0,280	0,182		1,541	0,1
FCLíq	0,082	0,003	0,919	31,44	0

$$\text{Equação 17: METLíq} = 0,280 + 0,082 \times \text{FCLíq}$$

Na tabela 17 podemos ver os intervalos de intensidade (leve, moderado, vigoroso e muito vigoroso) relacionados com os aumentos de FCLíq necessários para atingir cada um dos patamares de intensidade baseando-nos na classificação de intensidade do ACSM. Chegaram-se a incrementos médios de 12, 42, 78 e mais de 96 bpm à FCRep para atingir os patamares de intensidade já referidos respetivamente.

**Tabela 17:** Quadro com os intervalos de intensidade e a FCLíq necessária para atingir as diferentes intensidades: leve, moderado vigoroso e muito vigoroso.

MET	1-3 (leve)	3-6 (moderado)	6-9 (vigoroso)	+9 (muito vigoroso)
FCLíq	0-24	24-60	60-96	+96
FCLíq média	12	42	78	+96

Num exemplo prático, se um sujeito procurar exercitar-se a uma intensidade de 6MET, correspondente ao patamar vigoroso, é apenas necessário incrementar uma intensidade de 5MET visto que qualquer sujeito em repouso já se encontra a 1MET de intensidade. Baseando-nos na nossa tabela de intensidade com os valores de corte obtidos através da nossa equação, sabemos que por cada MET de intensidade incrementado é necessário aumentar 12bpm basta seguir a seguinte equação.

$$\text{Equação 18: FCalvo} = \text{FCRep} + (6\text{MET} - 1\text{MET}) \times 12\text{bpm}$$

Fazendo o cálculo é necessário incrementar 60bpm à FCRep para que um sujeito com as características da população deste estudo se exercite a 6MET de intensidade assim como já se observava na tabela 17.

## 6. Discussão

### 6.1. Consumo de oxigénio ( $VO_2$ )

Neste estudo, realizado em jovens adultos do sexo masculino, foram encontrados  $VO_2Rep$  de 4,3ml/Kg/min e 3,9ml/Kg/min no grupo 1 e grupo 2 respetivamente. Não existiram diferenças estatisticamente significativas entre grupos. Estes valores encontrados estão acima dos 3,5ml/Kg/min que a literatura refere como sendo o valor de  $VO_2Rep$  médio para a população adulta (5 e 12). No entanto em outros estudos realizados com diversas populações tem vindo a verificar-se que o 3,5ml/Kg/min pode não ser o valor correspondente ao  $VO_2Rep$ . No estudo feito por Bragada *et al.* (18) com uma população dividida em 2 grupos com média de idades de 58,2 anos e 63,3 anos para o grupo 1 e grupo 2 respetivamente, foram encontrados  $VO_2Rep$  de 2,66ml/Kg/min e 2,65ml/Kg/min. Num outro estudo, realizado por Bartolomeu (7), foram encontrados  $VO_2Rep$  de 4,04ml/Kg/min e 4,67ml/Kg/min para o grupo de idosos e para o grupo de jovens adultos respetivamente. Um estudo feito por Byrne *et al.* (21), concluiu que o  $VO_2Rep$  diminuía ao longo da idade sendo que o valor de 3,5ml/Kg/min referido por outros estudos era um valor que não se adequava a todas as faixas etárias. Sabendo que o  $VO_2Rep$  é um parâmetro fisiológico que tende a diminuir com a idade o facto de a nossa população ter obtido um  $VO_2Rep$  superior ao valor de referência de 3,5ml/Kg/min pode dever-se às características da nossa população, ter idades compreendidas entre os 18 e os 30 anos e devido a esse aspecto estar acima do valor de referência.

Neste estudo, verificou-se um aumento no  $VO_2$  conforme os patamares avançavam na intensidade, estes aumentos de  $VO_2$  evoluíam numa relação direta com a intensidade do patamar. As correlações encontradas entre os valores estimados e os valores reais para o grupo 1 (grupo de predição) foram altos com um  $R=0,92$ , curiosamente obtiveram-se valores de correlação ainda superiores para o grupo 2 (grupo de validação da equação) com um  $R=0,95$ .

O estudo realizado por Bragada *et al.* (18), realizando um protocolo em tapete rolante estudando a variação da FCLíq em MET com aumentos na intensidade do exercício também se verificou o aumento de  $VO_2$  de forma linear ao longo do protocolo utilizado. Neste mesmo estudo em que foi criada uma equação para prever a intensidade do exercício, confrontando os valores reais com os estimados obtiveram um  $R=0,90$  para o grupo 1 (grupo de predição) e confrontando os valores reais com os estimados no grupo

2 (grupo de validação) obtiveram um  $R=0,92$ . Também neste estudo houve valores superiores de correlação no grupo de validação do que no grupo de predição.

Um resultado interessante, encontrado no nosso estudo, foi o facto de a comparação dos valores reais de  $VO_2$  com os valores estimados de  $VO_2$  no patamar de repouso verificaram-se resultar em diferenças estatisticamente significativas. Porém no patamar 3 do protocolo de teste, correspondente ao exercício vigoroso, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas, o mesmo acontecendo quando se compararam os valores reais com os estimados na globalidade dos patamares de exercício, excluindo o repouso. Esta questão faz-nos pensar que a equação elaborada para estimar o  $VO_2$  consegue prever correctamente o consumo de oxigénio em exercício, principalmente em intensidades moderadas e vigorosas, mas sobrevaloriza o consumo de oxigénio em repouso, o que vem a ser muito importante para este estudo, pois o principal objetivo passa por prescrever intensidade do exercício físico, principalmente nas intensidades moderado a vigoroso que são as intensidades alvo recomendadas pelo ACSM.

## **6.2. Dispendio Energético**

Os valores do DE evoluíram de forma semelhante aos do  $VO_2$ , isto é, aumentaram à medida que a intensidade incrementava. Este facto justifica-se pela razão de estes serem estimados, principalmente, a partir dos valores do  $VO_2$ .

Quando comparados os valores do DE a diferentes intensidades verificámos que não existiram diferenças estatisticamente significativas entre grupos no patamar de repouso e no patamar 3, com  $p=0,912$  e  $p=0,199$  respetivamente. Foi escolhido o patamar 3 para se verificar as diferenças por ser um patamar de exercício intermédio no protocolo de teste e por ter sido o patamar que mais se aproxima da intensidade moderada/vigorosa no qual o ACSM recomenda a população a exercitar-se.

No confronto entre os valores reais de DE nestes mesmos patamares com os valores de DE estimado através da equação criada para prever o  $VO_2$  elaborada pelo grupo 1 ( $VO_{2spec} = 4,893+0,337 \times FCLiq$ ), verificaram-se diferenças estatisticamente significativas no patamar de repouso com  $p<0,001$  para o grupo 1 e para o grupo 2. Estas diferenças entre os valores reais e estimados pela equação estão relacionadas com a sobrestimação no patamar de repouso. A média real e desvio padrão no grupo 1 é de

9152 (2085) kj/d e a média estimada e desvio padrão é de 10762 (1657) kj/d. No grupo 2 as médias e desvios padrão do valor real de repouso e estimado foram 8658 (1822) kj/d e 11174 (1872) kj/d respetivamente. Estas diferenças estatisticamente significativas em repouso podem estar a ser sobrestimadas devido a utilizarmos a equação para estimar o valor de  $VO_2$ , posteriormente considerarmos o consumo de 1 litro de oxigénio igual a 5Kcal e posteriormente converter o valor de Kcal em kJ multiplicando por 4,186. A estimativa assim está a ser sobrevalorizada visto que não temos um quociente respiratório para ajustarmos o DE por litro de oxigénio consoante a intensidade neste caso o repouso.

A estimativa dos valores no patamar 3 do protocolo de exercício já consegue ser muito próxima do real obtido com médias e desvios padrão nos valores reais e estimados de 76633 (5099) kj/d e 76922 (15087) kj/d para o grupo 1 e 74431 (5417) kj/d e 77991 (14179) kj/d para o grupo 2 respetivamente. No que diz respeito aos valores do t-teste obtivemos um  $p=0,929$  no grupo 1 e  $p=0,189$  no grupo 2, não se tendo verificado diferenças estatisticamente significativas. O facto da estimativa do DE em exercício no patamar 3 do protocolo de teste ser muito mais precisa em relação à estimativa em repouso pode dever-se ao facto que no patamar de exercício 3 o consumo de 1 litro de oxigénio andarà mais próximo das 5Kcal referidas na literatura que em repouso. A ausência de diferenças significativas entre os valores reais e os valores preditos no grupo 2 permite-nos referir que a equação encontrada é válida para a estimativa de DE em sujeitos com características idênticas aos da nossa população, principalmente em patamares de exercício com intensidades moderadas/vigorosas, referidas pelo ACSM como as intensidades ideais para a população em geral.

### **6.3. Frequência Cardíaca (FC) e Frequência Cardíaca Líquida (FCLíq)**

Relativamente à FCRep o nosso estudo encontrou valores médios de 68,1bpm para o grupo 1 e 71,6bpm para o grupo 2. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no que diz respeito à FCRep. Os valores encontrados de FCRep encontram-se dentro dos valores normais de referência para a população em geral, a American Heart Association refere que a FCRep varia entre 60 a 80 bpm, assim como a FCRep tende a aumentar com o avançar da idade (22).

No estudo feito foram também igualmente verificados aumentos de FC ao longo do protocolo de exercício, estes aumentos de forma proporcional com os aumentos do  $VO_2$  já acima referidos. Através da equação ( $MET_{Liq} = 0,280 + 0,082 \times FCLiq$ ) de regressão elaborada utilizando a totalidade da população, encontramos valores de 12 bpm de incremento para aumentarmos a intensidade de 1 MET no exercício do cicloergómetro ou bicicleta adaptada no rolo. No entanto, para se passar do repouso (1 MET) para o 2 MET há apenas um incremento de 8,8 bpm e os restantes incrementos de MET a partir desse patamar é que são iguais a 12,2bpm.

No estudo anteriormente referido, Bragada *et al* (18) encontraram incrementos de 9,1 bpm à FC para o aumento de 1 MET de intensidade no exercício em tapete rolante. No entanto, o aumento do primeiro MET (repouso) para o segundo MET verificou-se um incremento de 6,7 bpm, menor em relação aos outros patamares todos que era de 9,1 bpm, o que se verificou em ambos os estudos.

A utilização do 12 bpm de incremento por MET como valor fixo, pode não ser desadequado na medida em que os 3,4 bpm de diferença da passagem do primeiro MET para o segundo MET, são diluídos pelo número de MET a que o sujeito se vai exercitar. Quanto maior for a intensidade de exercitação, maior será o rigor na estimativa. O incremento diferente da passagem de 1MET para o 2MET pode dever-se à transição da posição de deitado em repouso para a posição de pé, mais precisamente pelo incremento do volume sistólico, que varia de acordo com a intensidade do exercício (23).

As diferenças no número de bpm necessário para incrementar 1 MET de intensidade no exercício, encontradas por nós e por Bragada *et al* (18), provavelmente são devidas às diferenças etárias das diferentes populações, enquanto que no nosso estudo foi utilizado uma população de jovens adultos com sujeitos a variar entre os 18 e os 30 anos o que faz com que a  $FC_{Máx}$  dos sujeitos tenha ainda valores muito altos e desta forma haja uma  $FC_{Res}$  muito superior que na população do estudo realizado por Bragada *et al* (18), em que a população utilizada tinha uma média de idades de 60,8 anos, o que faz com que esta população tenha valores de  $FC_{Máx}$  muito inferiores aos da nossa e por consequência a variação entre a  $FC_{Rep}$  e  $FC_{Máx}$  seja menor tendo uma  $FC_{Res}$  também inferior à da população do nosso estudo. Podemos afirmar que a principal variação nos valores da  $FC_{Res}$  serão devidos aos valores da  $FC_{Máx}$  pois os valores de  $FC_{Rep}$

variam muito pouco comparando os valores das populações destes dois estudos, 64,9 bpm de FCRep no estudo de Bragada *et al* (18) e 69,8 bpm de FCRep no nosso estudo.

#### **6.4. Prescrição do exercício físico através da FCLíq**

Um dos aspetos mais importantes no nosso estudo é o facto de ser possível prescrever intensidade do exercício tendo em conta a FCLíq. Esta prescrição é possível de duas formas: (i) prescrevendo consumo de oxigénio a gastar no exercício baseado na FCLíq ( $VO_{2spec} = 4,893 + 0,337 \times FCLíq$ ); (ii) prescrevendo intensidade do exercício em MET baseado na FCLíq ( $METLíq = 0,280 + 0,082 \times FCLíq$ ). A partir da primeira é possível, ainda, estimar o DE durante o exercício físico. Como vimos anteriormente esta estimativa é possível em intensidades moderadas ou superiores.

A equação criada para se prescrever o exercício físico em MET baseando-nos na tabela de classificação do exercício do ACSM é uma forma de prescrição mais prática e comoda para a utilização na população em geral. A equação criada a partir da população total do estudo ( $METLíq = 0,280 + 0,082 \times FCLíq$ ) obteve um  $R=0,92$  o que podemos dizer que se têm valores de correlação fortes. Seguindo as recomendações do ACSM para as intensidades alvo do exercício físico e desta forma que tenha um impacto positivo nas populações, é necessário que o exercício seja realizado a uma intensidade moderada a vigorosa. Sendo assim, através dos nossos resultados e prescrevendo através da FCLíq podemos dizer que para atingir as recomendações, a população de jovens adultos do sexo masculino deve exercitar-se entre 24 a 60 bpm acima da FCRep para se exercitar a uma intensidade moderada de 3 a 6 MET ou então entre 60 a 96 bpm acima de FCRep para se exercitar no intervalo correspondente ao exercício vigoroso (6 a 9 MET).

Como se verifica um intervalo consideravelmente grande na intensidade do exercício moderada e no vigoroso, é mais correcto estabelecer um valor médio do intervalo para que a FC em exercício não varie num número tão grande de bpm. No caso de prescrever as intensidades moderadas ou vigorosas irá optar-se pelo seu valor intermédio, 4,5 MET para o moderado e 7,5 MET para o vigoroso, correspondente a um aumento de 42 bpm à FCRep e de 78 bpm à FCRep respetivamente.

Dando como exemplo um indivíduo com as características da nossa população, ou seja um jovem adulto com idade compreendida entre 18 e 30 anos que tenha uma FCRep de 60 bpm, terá de atingir uma FC de 102 bpm para se exercitar a uma intensidade moderada no seu valor intermédio ou a uma FC de 138 bpm para se exercitar no patamar de exercício vigoroso no seu valor intermédio.

## 7. Conclusões

- A equação de regressão criada pelo grupo 1 que prediz o  $VO_2$  a partir da FCLÍq, na população de jovens adultos, foi a seguinte:  $VO_{2spec} = 4,893 + 0,337 \times FCLÍq$ . Assim podemos referir que o procedimento que usa a FCLÍq na estimativa do gasto energético e na prescrição de intensidade do exercício é válido neste grupo populacional e em cicloergómetro.
- As correlações encontradas entre os valores reais e os valores preditos de  $VO_2$  pela equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), foram de  $R=0,92$  e de  $R=0,95$  para o grupo 1 e grupo 2 respetivamente.
- Existiram diferenças significativas entre os valores reais e os valores estimados  $VO_{2Rep}$ , a partir da equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), em ambos os grupos. No entanto, não existiram diferenças significativas entre valores reais e os valores estimados de  $VO_2$  em exercício tanto no grupo 1 como no grupo 2.
- Não existiram diferenças significativas entre grupos no que diz respeito ao DE real em repouso e no DE real no patamar 3.
- Existiram diferenças significativas entre o DE real em repouso e o DE estimado em repouso, pela equação obtida no grupo 1 (grupo de predição), em ambos os grupos. Porém não houve diferenças significativas entre o DE real e o DE estimado nos patamares de exercício em ambos os grupos.
- Obteve-se uma correlação de  $R=0,92$  entre a FCLÍq e o METLÍq na população total do estudo.
- A equação de regressão que prediz os METLÍq a partir da FCLÍq, na totalidade da população, foi a seguinte:  $METLÍq = 0,280 + 0,082 \times FCLÍq$
- Os pontos de corte de FCLÍq para a totalidade da população, de acordo com os diferentes níveis de intensidade do exercício: leve – 1 a 3MET; moderado – 3 a 6MET; vigoroso – 6 a 9MET; e muito vigoroso – mais de 9MET, correspondem a incrementos acima de repouso de 0-24, 24-60, 60-96 e mais de 96 bpm, respetivamente. Os pontos intermédios da FCLÍq destas mesmas intensidades foram de 12, 42, 78 e mais de 96 bpm. De uma forma geral podemos referir que a cada incremento de 1MET na intensidade do exercício corresponde um incremento de 12bpm de FCLÍq.



## 8. Implicações práticas

- A utilização da FCLíq para o controlo da intensidade e para o cálculo do DE parece ser uma forma válida e prática, com aplicação em diferentes contextos do treino, nomeadamente em jovens adultos do sexo masculino.
- Este procedimento tem a vantagem de poder prescrever exercício sem ser necessário o conhecimento da FCMáx. No entanto, dado que se tem em conta a FCRep torna-se um procedimento que tem em conta características individuais de cada sujeito, principalmente porque a FCRep é um indicador da capacidade aeróbia, facilmente mensurável.
- Podemos estimar o dispêndio energético do exercício físico baseado na equação  $VO_{2spec} = 4,893 + 0,337 \times FCLíq$
- Tendo em conta a equação de regressão:  $METLíq = 0,280 + 0,082 \times FCLíq$ , podemos referir, de uma forma geral, que a cada incremento de 1MET na intensidade do exercício corresponde um incremento de 12bpm de FCLíq. Assim, qualquer treinador que queira prescrever uma determinada intensidade em MET, basta multiplicar o número de MET de incremento por 12bpm e acrescentar este valor à FCRep, para determinar a FC alvo.



## 9. Referências

1. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Reports* 1985; 100( 2):126-131
2. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes* 2008; 32:1–11
3. Hawkins MN, Raven PB, Snell PG, Stray-Gundersen J, Levine BD. Maximal Oxygen Uptake as a Parametric Measure of Cardiorespiratory Capacity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007; 39( 1):103-107
4. Huntsman HD, DiPietro L, Drury DG, Miller TA. Development of a rowing specific  $\dot{V}O_2$ max field test. *J Strength Cond Res* 2011; 25(6):1774-1779
5. Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. *American College and Sports Medicine Guidelines for Exercise Testing and Prescription* 8th ed. 2009 Philadelphia,PA.
6. Moura R, Kokubun E. Consumo de Oxigênio no domínio de intensidade severo durante teste incremental e retangular. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.* 2008; 10(3):289-293
7. Bartolomeu R. Influência do grupo etário na resposta fisiológica aguda durante a execução do movimento básico de Hidroginástica "Cavalo Marinho" [Dissertação de mestrado]. Bragança: Instituto Politecnico de Bragança; 2013
8. Billat VL, Koralsztein PJ. Significance of the Velocity at  $VO_2$ max and Time to Exhaustion at this Velocity. *Sports Med.* 1996; 22(2): 90-108
9. Lounana J, Campion F, Noakes TD, Medelli J. Relationship between %HRmax, %HR Reserve, % $VO_2$ max, and % $VO_2$  Reserve in elite Cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007; 39(2): 350-357
10. Solheim TJ, Keller BG, Foutaine CJ.  $VO_2$  Reserve vs. Heart Rate Reserve during Moderate Intensity treadmill Exercise. *International Journal of Exercise Science* 2014; 7(4): 311-317
11. Swain DP, Leutholtz BC, King ME, Haas LA, Branch JD. Relationship between % heart rate reserve and %  $VO_2$ reserve in treadmill exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998; 30(2): 318-321

12. Jetté M, Sidney K, Blümchen G. Metabolic Equivalents (METs) in Exercise Testing, Exercise Prescription, and Evaluation of Functional Capacity. *Clin. Cardiol.* 1990; 13: 555-565
13. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett Jr DR, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011;43(8):1575-1581.
14. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1982; 14( 5): 377-381
15. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztejn JP, Mercier J. The concept of Maximal Lactate Steady State A Bridge Between Biochemistry, Physiology and Sport Science. *Sports Med* 2003; 33(6): 407-426
16. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37(1): 153-156
17. Carter JB, Banister EW, Blaber AP. The Effect of Age and Gender on Heart Rate Variability after Endurance Training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2003; 35(8): 1333-1340
18. Bragada JA, Magalhães PP, Vasques CS, Barbosa TM, Lopes VP. Net heart rate to prescribe physical activity in middle-aged to older active adults. *Journal of Sports Science and Medicine* 2009 8: 616-621
19. Andrews RB. Net heart rate as a substitute for respiratory calorimetry. *American Journal of Clinical Nutrition* 1971; 1139-1147.
20. Hiilloskorpi HK, Pasanen ME, Fogelholm MG, Laukkanen RM, Manttari AT. Use of heart rate to predict energy expenditure from low to high activity levels. *Int J Sports Med* 2003; 24(5): 332-336
21. Byrne NM, Hills AP, Hunter GR, Weinsier RL, Schutz Y. Metabolic equivalent: one size does not fit all. *J Appl Physiol* 2005; 99: 1112-1119
22. American Heart Association – resting heart rate 2015; Available from: [http://www.heart.org/HEARTORG/Encyclopedia/Heart-Encyclopedia\\_UCM\\_445084\\_Encyclopedia.jsp?levelSelected=18&title=resting%20heart%20rate](http://www.heart.org/HEARTORG/Encyclopedia/Heart-Encyclopedia_UCM_445084_Encyclopedia.jsp?levelSelected=18&title=resting%20heart%20rate)
23. Montana State University – Stroke volume increases with exercise 2015; Available from: <http://btc.montana.edu/olympics/physiology/cf06.html>