



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Carolina Correia Freire

**“CARACTERIZAÇÃO DO JOVEM REMADOR
PORTUGUÊS DE ELITE E FATORES
PREDITORES DO SEU DESEMPENHO”**

ESTUDO BASEADO NA POTÊNCIA AERÓBIA (VO_2 MÁX),
CINÉTICA DE O_2 E DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA

VOLUME 1

Dissertação no âmbito do Mestrado em Treino Desportivo orientada pelo
Professor Doutor Luís Manuel Pinto Lopes Rama sob coorientação do
Professor Doutor João Pedro Marques Duarte e apresentada à Faculdade de
Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

Setembro de 2023

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

**CARACTERIZAÇÃO DO JOVEM REMADOR
PORTUGUÊS DE ELITE E FATORES PREDITORES DO
SEU DESEMPENHO**

Estudo baseado na potência aeróbia ($VO_{2máx}$), cinética de O_2 e
dinamometria isocinética

Dissertação de Mestrado em
Treino Desportivo.

Orientadores: Prof. Doutor Luís
Manuel Pinto Lopes Rama e Prof.
Doutor João Pedro Marques
Duarte.

Ana Carolina Correia Freire

Freire, C. (2023). Caracterização do Jovem Remador Português de Elite e Fatores Preditores do seu Desempenho. Dissertação de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Treino Desportivo. Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

“A melhor maneira de prever o futuro, é criá-lo!”

Peter Drucker

AGRADECIMENTOS

Segundo Stenhouse (1987), a investigação é uma “Indagação sistemática e autocrítica”. Indagação porque se baseia na curiosidade e desejo de compreender de forma estável, sistemática porque se apoia numa estratégia, e autocrítica porque deve colocar em questão não apenas as respostas de outros, mas também as próprias respostas do investigador.

Esta dissertação simboliza o início da minha caminhada na construção de conhecimento de natureza investigativa, desenvolvendo um novo paradigma interpretativo. Ao longo desta etapa pude aplicar diversas noções teóricas na vertente prática, tendo isto sido determinante na consolidação de conhecimentos e na assimilação de novos conceitos.

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos a todos os que contribuíram para a concretização desta dissertação, cujo apoio e incentivo foram fundamentais para o seu sucesso.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais e ao meu irmão por serem a base de todo o meu progresso, por todos os princípios e valores que me transmitiram, e pelo apoio incessante. Serão sempre a minha inspiração e referência, o verdadeiro significado de família. Aos meus familiares, avôs e avós, padrinhos e madrinhas, tios e tias, primos e primas, amigos e amigas, por acompanharem esta longa caminhada com orgulho e admiração. Ao meu namorado, agradeço pelo suporte emocional e por me mostrar que sozinha vou mais rápido, mas com ele vou mais longe. Por acreditar em mim todos os dias, sem exceção, e ser leveza e calma no meio da tempestade.

Ao meu orientador, Prof. Doutor Luís Rama, por abraçar este desafio contribuindo com toda a sua enorme sabedoria e competência. Ao meu coorientador, Prof. Doutor João Pedro Duarte, que foi mais do que um mentor, pela sua valiosa orientação, capaz de transformar as minhas ideias em algo concreto. Pelo incansável e consecutivo apoio, que jamais irei esquecer e por ser uma presença essencial na qualidade deste trabalho. Saliento a importância imensurável da investigação no desporto, e agradeço aos meus orientadores todas as ferramentas fornecidas para compreender a ciência, questionar e evoluir no sentido da sua melhoria.

Além disso, agradeço à Federação Portuguesa de Remo, ao Prof. José Canhola, aos Treinadores Manuel Ferreira e José Velhinho, ao Presidente da Associação Desportiva Naval Remo e a todos os remadores envolvidos no estudo.

À Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, pela realização deste sonho ao longo de 5 anos. A todos os professores, agradeço pelo exímio conhecimento a nível científico, profissional e pessoal.

Por fim, um agradecimento especial à Câmara Municipal de Montemor-o-Velho e ao Centro Náutico de Alto Rendimento de Montemor-o-Velho, por ter sido o palco principal da minha carreira como remadora e treinadora, estimulando a minha face científica ao acolher projetos de investigação de dimensão internacional. Enalteço a excelência que oferece a esta e outras modalidades, com infraestruturas e recursos humanos de elevada qualidade.

Este trabalho não teria sido possível sem a contribuição de todos. O vosso apoio foi inestimável e, por isso, deixo aqui registrado o meu profundo reconhecimento.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

O desempenho no remo depende de diversos fatores preditores. O objetivo deste estudo contemplou a descrição e caracterização de um grupo de jovens remadores portugueses de elite, nos parâmetros antropométricos, de composição corporal, cardiorrespiratórios, de força, potência e cinética do consumo de oxigénio, predizendo os fatores de rendimento mais significativos. Foram efetuados três momentos de avaliação: o primeiro respeitante à avaliação da composição corporal, avaliação do consumo de oxigénio e avaliação específica da força através de dinamometria isocinética, no segundo momento foram considerados os dados de potência, cadência e velocidade em competição, obtidos no Campeonato Nacional de Remo Indoor, e no terceiro momento foi efetuada a avaliação do comportamento metabólico (cinética do VO_2) e da força.

Participaram no estudo 12 remadores de elite (idade: $17,10 \pm 0,52$ anos) com $180,4 \pm 9,2$ cm de estatura, $74,6 \pm 8,8$ kg de massa corporal e $13,7 \pm 4,9\%$ de massa gorda. Mais de 50% da amostra detém pelo menos três títulos de campeão nacional e um dos participantes foi campeão do mundo no ano transato.

Os remadores apresentam um valor médio de consumo máximo de oxigénio de 4567ml/min (absoluto) e um valor de VO_2 relativo médio de 60,2ml/kg/min. Na avaliação da articulação do joelho nos movimentos de flexão e extensão por dinamometria isocinética, as diferenças bilaterais melhoram do primeiro para o segundo momento em todas as variáveis consideradas entre 3,1 e 7,4%.

Concluiu-se que a variável que melhor prediz a potência média e o *PACE* numa prova de 2000m no remo ergómetro, é a potência máxima do VO_2 (W).

Palavras-chave: Composição corporal, cinética de O_2 , $VO_{2máx}$, lactato, força isocinética, rendimento.

ABSTRACT

Rowing performance depends on several predictive factors. This study aimed to describe and characterize a group of young elite Portuguese rowers in terms of anthropometric, body composition, cardiorespiratory, strength, power, and oxygen consumption kinetics parameters, predicting the most significant performance factors. Three assessment moments were carried out: the first concerned the assessment of body composition, assessment of oxygen consumption, and specific assessment of strength through isokinetic dynamometry; in the second stage, data on power, cadence, and speed in competition obtained in the Championship, were considered. National Indoor Rowing Championship, and in the third stage, metabolic behavior (VO_2 kinetics) and strength were assessed.

The study included 12 elite rowers (age: $17,10 \pm 0,52$ years) with $180,4 \pm 9,2$ cm in height, $74,6 \pm 8,8$ kg in body mass and $13,7 \pm 4,9\%$ fat mass. More than 50% of the sample holds at least three national champion titles, and one of the participants was a world champion the previous year.

Rowers have an average maximum oxygen consumption value of 4567ml/min (absolute) and an average relative VO_2 value of 60,2ml/kg/min. When evaluating the knee joint in flexion and extension movements using isokinetic dynamometry, bilateral differences improve from the first to the second moment in all variables considered between 3,1 and 7,4%.

It was concluded that the variable that best predicts average power and *PACE* in a 2000m rowing ergometer test is the maximum VO_2 power (W).

Keywords: Body composition, O_2 kinetics, $\text{VO}_{2\text{max}}$, lactate, isokinetic strength, performance.

ABREVIATURAS

% - Percentagem

° - Graus

°.s⁻¹ - Graus por segundo

A1 - Amplitude da fase primária

A2 - Amplitude da componente lenta

Ap - Amplitude

BD - Diferenças Bilaterais

cm - Centímetros

CO₂ - Dióxido de Carbono

DP - Desvio Padrão

FeCO₂ - Fração expirada de Dióxido de Carbono

FeO₂ - Fração expirada de Oxigénio

g/Dl - Gramas por decilitro

H - Isquiotibial

Hcon - Isquiotibial em ação concêntrica

Hex - Isquiotibial em ação excêntrica

IC95% - Intervalo de Confiança a 95%

KE - Extensão do Joelho

KF - Flexão do Joelho

Kg - Quilos

LL - Limiar Lático

Lv1 - 1º Limiar Ventilatório

Lv2 - 2º Limiar Ventilatório

m - Metros

máx. - Máximo

MI - Membro Inferior

mín. - Mínimo

ml - Mililitros

ml.kg⁻¹.min⁻¹ - Mililitros por quilograma por minuto

N.m. - Newton por metro

O₂ - Oxigênio

PACE - Ritmo (tempo em minutos a cada 500m)

PC - Potência Crítica

Q - Quadricípete

Qcon - Quadricípete em ação concêntrica

Qex - Quadricípete em ação excêntrica

rpm - Rotações por Minuto

s - Segundos

SPSS - Software Estatístico (*Statistical Package for the Social Sciences*)

t - Tempo

td - Atraso temporal

T_{lim}VO_{2máx} - Tempo mantido no VO_{2máx}

TTE - Tempo total de exercício

tVO_{2máx} - Tempo em que é atingido o VO_{2máx}

VCO₂ - Consumo de Dióxido de Carbono

VE - Ventilação

v-Lv1 - Velocidade Limiar Ventilatório 1

v-Lv2 - Velocidade Limiar Ventilatorio 2

VO₂ - Consumo de Oxigénio

vVO_{2máx} - Velocidade mínima em que é atingido o VO_{2máx} no protocolo progressivo

W - Watts

τp - Constante Temporal

τp 1 - Constante Temporal da Fase Primária

τp 2 - Constante Temporal da Componente Lenta

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Estatística descritiva (amplitude, tendência central e dispersão) e teste de normalidade para as cronovariáveis, tamanho, composição corporal e hemoglobina em jovens remadores de elite (n=12). **38**

Tabela 2. Estatística descritiva (amplitude, tendência central e dispersão) e teste de normalidade para as variáveis de aptidão aeróbia, cinética do VO_2 e protocolo máximo em remo ergómetro (n=12). **40**

Tabela 3. Diferença entre dois momentos distintos da época através do teste t de pares, bem como a magnitude dos efeitos para as variáveis absolutas e compostas de produção de força, nos movimentos de extensão e flexão da articulação do joelho em jovens remadores de elite (n=12). **42**

Tabela 4. Correlações bivariadas entre as variáveis absolutas de força, bem como de potência aeróbia e cinética do VO_2 . **44**

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados. **45**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática de um ciclo de remada dividido em diferentes fases: posição final/inicial (A), fase de deslize ou aérea (B), posição de ataque (C) e fase motora ou propulsiva. 22

Figura 2. Representação gráfica da resposta de captação de oxigénio ao exercício de alta intensidade num indivíduo saudável. A resposta é modelada através de uma função exponencial para caracterizar a componente primária. O VO_2 continua a aumentar levando à componente lenta (500ml/min) superior ao esperado. 25

Figura 3. Representação Gráfica das curvas de força, velocidade e potência num skiff masculino a 36 rpm. 27

Figura 4. Gráfico da resposta de captação de oxigénio para remadores de ELITE (linha contínua) e Remadores padrão (linha tracejada). 47

Figura 5. Representação gráfica dos efeitos na cinética do VO_2 perante várias intervenções: (1) aceleração cinética inicial (componente rápida) do VO_2 , que serve para reduzir o défice de O_2 , poupando a “capacidade anaeróbia” e reduzindo a extensão da perturbação metabólica muscular. (2) Alteração da amplitude da componente rápida do VO_2 , por exemplo, como consequência de treino ou a realização de exercícios prévios de alta intensidade. (3) Componente lenta de VO_2 com reduzida amplitude, o que reduz o custo de O_2 do exercício e atrasa a obtenção do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ durante exercícios de intensidade severa. (4) Aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, o que aumenta o alcance da resposta do VO_2 e, assim, aumenta o tempo necessário para a componente lenta levar o VO_2 ao máximo durante exercícios de intensidade severa. Linha contínua: melhor ajuste da resposta primária do VO_2 ; linha tracejada: $\text{VO}_{2\text{máx}}$. 48

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	7
RESUMO	10
ABSTRACT	11
ABREVIATURAS	13
ÍNDICE DE TABELAS	16
ÍNDICE DE FIGURAS	17
I. INTRODUÇÃO	21
1.1 <i>Enquadramento do estudo</i>	21
II. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 <i>Caracterização do Remo</i>	22
2.1.1 <i>Fatores preditores do desempenho</i>	23
2.1.2 <i>Remo Ergómetro</i>	23
2.2 <i>Capacidade Aeróbia</i>	24
2.3 <i>Cinética do Consumo de Oxigénio</i>	24
2.3.1 <i>Componentes da Cinética do Consumo de Oxigénio</i>	24
2.4 <i>Limiars Metabólicos</i>	26
2.5 <i>Força Isocínética</i>	27
2.5.1 <i>Rácios</i>	28
2.6 <i>Objetivos</i>	29
III. METODOLOGIA	31
3.1 <i>Amostra</i>	31
3.2 <i>Procedimentos</i>	31
3.2.1 <i>Antropometria</i>	32
3.2.2 <i>Composição corporal</i>	32
3.2.3 <i>Determinação do $VO_{2máx}$ e Cinética do Consumo de Oxigénio</i>	32
3.2.4 <i>Dinamometria isocínética da articulação do joelho</i>	35
3.2.5 <i>Análise estatística</i>	36
IV. RESULTADOS	37
V. DISCUSSÃO	46
5.1 <i>Limitações:</i>	50
5.2 <i>Forças:</i>	50
VI. CONCLUSÕES E APLICABILIDADE PRÁTICA	51
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

I. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do estudo

A presente dissertação insere-se no Mestrado em Treino da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra usufruindo da cooperação entre a Faculdade de Ciências de Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra e a Federação Portuguesa de Remo.

O desempenho no remo depende de diversos fatores preditores pelo que se torna relevante conhecer quais os parâmetros explicativos do rendimento mais fortes em remadores de elite, beneficiando a atividade dos treinadores.

Em Portugal, assistimos a um escasso desenvolvimento científico nesta modalidade, então procurou dar-se resposta às lacunas científicas com uma amostra de elite e uma combinação de equipamentos de teste/análise exclusivos.

De acordo com a revisão de literatura aprofundada, a maioria dos estudos dirigem o foco principal para a descrição de fatores preditores do desempenho, não existindo estudos que relacionem dois testes realizados em laboratório (avaliação do consumo de oxigénio e cinética) somados a uma competição oficial e à avaliação específica da força (através de dinamometria isocinética) em dois momentos distintos da época. Estes fatores conferem ao desenho de estudo uma característica científica totalmente inovadora e exclusiva, que culmina com dois modelos de regressão linear múltipla (método hierárquico), por forma a analisar quais as variáveis que influenciam a potência média e a cadência (*PACE* ou tempo a cada 500 metros) numa prova de 2000m (metros) no remo ergómetro.

Foram selecionados como parâmetros de interesse a antropometria, composição corporal, capacidade aeróbia, cinética do consumo de oxigénio, limiares metabólicos, força e potência. Cada um destes parâmetros é constituído por diversas variáveis de estudo, concluindo o nível de importância de cada uma delas no modelo explicativo do rendimento aos 2000m de prova.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do Remo

A modalidade de remo é categorizada como uma modalidade cíclica, enquadrada nos desportos de força e resistência, que requer altos níveis de capacidade aeróbia e anaeróbia para percorrer o mais rápido possível a distância padrão especificada pela *World Rowing* (FISA, 2020). Existem duas disciplinas técnicas: (a) parelhos, na qual cada remador utiliza 2 (dois) remos e (b) pontas, na qual é utilizado apenas um remo. As embarcações de parelhos podem albergar um remador (1X), dois remadores (2X) ou quatro remadores (4X), e no remo de pontas as embarcações podem albergar dois remadores (2-), quatro remadores (4-) ou oito remadores (8-). Para além desta classificação, os remadores são também divididos em duas classes: peso ligeiro (70-72,5kg (quilogramas) para masculinos e 57-59kg para femininos) ou pesado (>72,5kg para masculinos e >59kg para femininos). Cada ciclo completo de remada é subdividido numa fase motora, durante a qual o remador usa a tração máxima nos remos e move toda a sua massa corporal na mesma direção da embarcação, e numa fase de recuperação, em que o atleta retorna à posição inicial sem aplicar força nos remos e move a sua massa corporal na direção oposta à do movimento do barco (Winter, D., 2010).

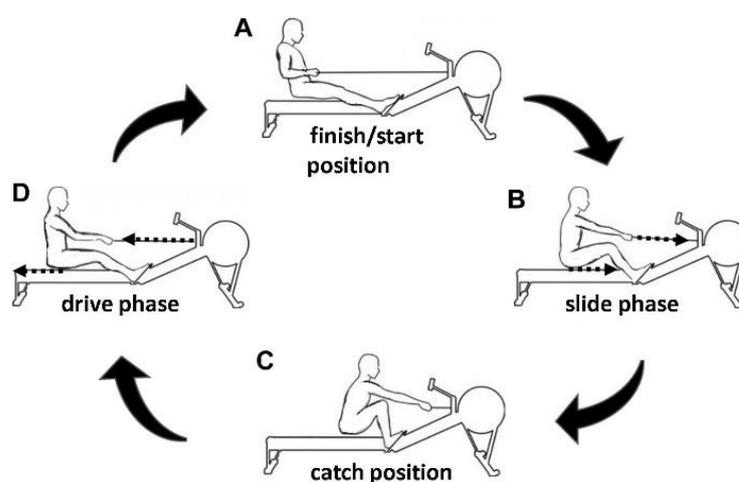


Figura 1. Representação esquemática de um ciclo de remada dividido em diferentes fases: posição final/inicial (A), fase de deslize ou aérea (B), posição de ataque (C) e fase motora ou propulsiva. *Fonte: Held, S., Siebert, T., & Donath, L. (2020). 10% Higher Rowing Power Outputs After Flexion-Extension-Cycle Compared to an Isolated Concentric Contraction in Sub-Elite Rowers. Frontiers in Physiology*

Os remadores podem influenciar a velocidade da fase motora alterando a força que aplicam ao remo, o arco percorrido pelo remo e a duração do ciclo. Este fator também pode ser alterado pelo *design* da pá, pela resistência aerodinâmica dos remos, do barco e do atleta, bem como pelo arrasto hidrodinâmico na porção submersa do casco (Monte & Komor, 2020).

2.1.1 Fatores preditores do desempenho

A performance depende de fatores antropométricos (Podstawski et al., 2014), fisiológicos (Secher, 1993; Ingham et al., 2003; Riechman et al., 2002; Bourdin et al., 2017), psicológicos (Kellmann & Gunther, 2000; Shields et al., 2017), características dos atletas, aspectos técnicos (Den Hartigh et al., 2017), estratégias táticas (Garland, 2005; Akça, 2014; Cerasola et al., 2018) e condições ambientais. A antropometria e a capacidade aeróbia são consideradas relevantes (Ingham et al., 2003; Cosgrove et al., 1999; Smith & Hopkins, 2012), e o metabolismo anaeróbio é fundamental nas partidas e nos *sprint's* finais (Maestu et al., 2006; Martin & Tomescu, 2017). A potência também parece ser um preditor importante da performance (Izquierdo et al., 2020). Para além disso, as forças negativas da fase de recuperação estão associadas a uma diminuição na potência do remador para propulsionar o barco (Affeld, Schichl & Ziemann, 1993).

2.1.2 Remo Ergómetro

O remo ergómetro é um importante instrumento de treino, uma vez que simula o gesto técnico e possui um computador integrado que fornece valores de potência, velocidade, cadência, distância, calorias e curva de força. Parece haver um consenso entre a literatura e os profissionais no campo, de que os testes anaeróbios para medição da potência média e do pico de potência no remo ergómetro, têm uma elevada correlação relativamente ao desempenho nos 2000m de remo indoor em atletas de elite (Riechman et al., 2002; Bourdin et al., 2017).

2.2 Capacidade Aeróbia

Na transição do estado de repouso do organismo para a realização de uma atividade desportiva, o aumento da contribuição aeróbia pode ser observado pela elevação no consumo de oxigénio (VO_2), e a resposta inicial de cada indivíduo pode ser determinante para o nível de sucesso alcançado na competição (Ingham et al, 2007; Jones & Burnley, 2009).

A energia necessária para uma prova de 2000m é aproximadamente 67% (percentagem) de proveniência aeróbia e 33% anaeróbia (Steinacker, 1993). Uma cinética de resposta do VO_2 mais rápida pode ser importante para o desempenho, reduzindo o défice inicial de oxigénio e o acúmulo concomitante de subprodutos fatigantes.

2.3 Cinética do Consumo de Oxigénio

A intensidade, o tipo de exercício (Billat et al, 1999) e o nível de treino (Ingham et al, 2007), parecem influenciar a cinética do VO_2 . A cinética corresponde à descrição da dinâmica do consumo de O_2 após o início do exercício.

2.3.1 Componentes da Cinética do Consumo de Oxigénio

A $v\text{VO}_{2\text{máx}}$ é a velocidade mínima para a qual o consumo máximo de oxigénio ou $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ocorre, e pode ser avaliada recorrendo a um teste incremental com medição do consumo de oxigénio até este deixar de aumentar (Balbuena, 2017). A $v\text{VO}_{2\text{máx}}$ explica a diferença de rendimento entre dois atletas com $\text{VO}_{2\text{máx}}$ igual. Quando avaliada, a cinética do VO_2 pulmonar apresenta três fases distintas após o início dos exercícios de intensidade moderada: a fase I – componente cardiodinâmica, onde ocorre uma resposta de fase inicial nos primeiros 15 a 20 segundos, levando conseqüentemente a um aumento do fluxo sanguíneo pulmonar, no entanto, o aumento do VO_2 deve-se principalmente ao aumento do débito sanguíneo pulmonar (Linnarson, 1974), já que ainda não houve tempo suficiente para que o sangue venoso, que chega dos músculos ativos, tenha chegado aos pulmões. Wasserman et al. (1973) descrevem que o incremento inicial no VO_2 se deve principalmente à resposta cronotrópica cardíaca, às alterações no conteúdo de oxigénio

venoso (Casaburi et al, 1989) e às reservas de gases pulmonares (Barstow & Mole, 1991); a fase II – componente primária, onde o O_2 aumenta com uma dinâmica de resposta exponencial (amplitude e componente temporal - velocidade) dirigida para o previsto estado estacionário (Whipp et al, 1982; Whipp & Rossiter, 2005), e a fase III – fase final, onde se verifica o estado de equilíbrio ou estado estacionário (Whipp et al, 1982).

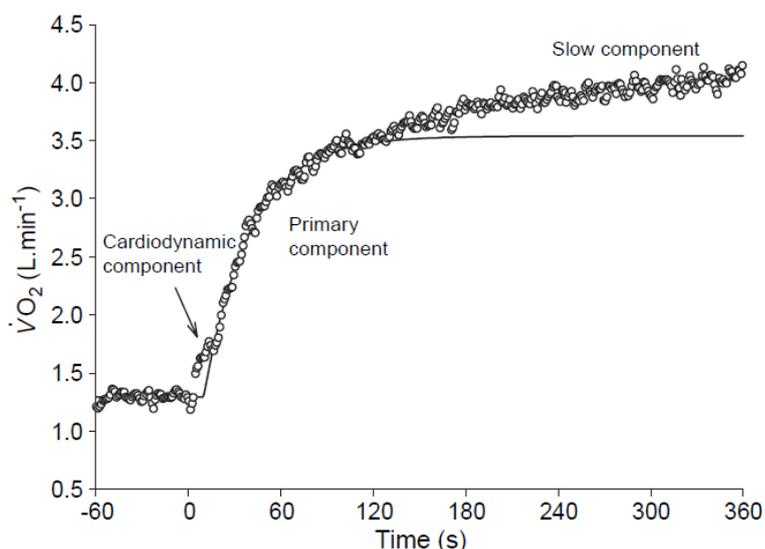


Figura 2. Representação gráfica da resposta de captação de oxigênio ao exercício de alta intensidade num indivíduo saudável. A resposta é modelada através de uma função exponencial para caracterizar a componente primária. O VO_2 continua a aumentar levando à componente lenta (500ml/min) superior ao esperado. *Fonte: Mark Burnley & Andrew M. Jones (2007) Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance, European Journal of Sport Science*

No domínio pesado, esta fase III pode não ocorrer, o que acontece mais frequentemente, desenvolvendo-se um incremento, a uma taxa inferior, do VO_2 ao longo do tempo, denominada de “componente lenta da cinética do consumo do oxigênio”, surgindo 100 a 200s após o início do exercício (Barstow & Molé, 1991; Patterson & Whipp, 1991). Deste modo, durante um exercício de intensidade pesada, entre o LL (limiar láctico) e a potência crítica, o VO_2 pode alcançar um estado estável atrasado (Moritani et al., 1981). No domínio severo esta componente lenta surge sempre, é mais pronunciada e impede que se atinja qualquer fase de equilíbrio, uma vez que, ou o exercício é interrompido voluntariamente ou o pico de VO_2 é atingido, ao que se seguirá, ao fim de alguns segundos

a poucos minutos, a exaustão (Barstow & Molé, 1991). Uma cinética do VO_2 mais rápida, como efeito do treino aeróbio sistemático e prolongado está associada a um menor déficit de oxigénio, num determinado exercício, com consequências positivas para a tolerância à fadiga muscular.

Para além disso, vários estudos demonstraram que a rápida cinética do VO_2 e a reduzida amplitude da componente lenta, estão relacionadas com uma melhor condição aeróbia e uma melhor tolerância à fadiga (Bailey et al, 2009). O interesse do estudo da cinética do VO_2 provém do facto de permitir obter informação sobre os mecanismos básicos do controlo metabólico que acontecem durante a contração muscular. A componente lenta do VO_2 é considerada como um custo adicional de oxigénio para um determinado trabalho, refletindo, assim, uma diminuição na economia motora (Poole et al., 1991; Jones & Carter, 2000). Em teoria deve ser considerada como um fator determinante do desempenho, especialmente durante eventos de média e longa duração (Burnley and Jones, 2009). O tempo da constante da componente primária (τ_p) influencia bastante o desempenho nos eventos de média e longa duração (Burnley & Jones, 2009), e para além disso, o facto de nestes eventos ser solicitada a via anaeróbia e aeróbia, é demonstrada a influência na cinética do VO_2 , o que justifica o seu estudo em remadores, uma vez que as distâncias utilizadas em provas nacionais compreendem os 2000m e os 6000m.

2.4 Limiares Metabólicos

O limiar láctico diz respeito ao momento em que, devido ao exercício progressivo, ocorre acidose metabólica, bem como alterações nas trocas gasosas nos pulmões (Wassermann et al, 1973; Powers et al, 1984; Whipp, 1994). O primeiro limiar ventilatório (LV_1) ocorre com um aumento não linear acentuado na ventilação e na produção de CO_2 (dióxido de carbono), estando diretamente relacionado com o limiar láctico devido ao aumento não linear na concentração de lactato sanguíneo (Wassermann et al, 1973; Powers et al, 1984; Whipp, 1994). O segundo limiar ventilatório (LV_2) corresponde ao ponto de compensação respiratória para a acidose metabólica contínua (Dekerle et al, 2003). A $v\text{-LV}_1$ (velocidade associada ao 1º limiar ventilatório) é identificada no ponto a partir do qual, a relação VE/VO_2 aumenta continuamente, acompanhada por um aumento na fração expirada de oxigénio (FeO_2) (Wasserman et al, 1967). A $v\text{-LV}_2$ (velocidade associada ao 2º limiar

ventilatório) é identificada no ponto a partir do qual, a relação VE/VCO_2 aumenta continuamente, acompanhada por uma queda na fração expirada de dióxido de carbono (F_{eCO_2}) (Skinner & McLellan, 1980).

2.5 Força Isocinética

A capacidade de potência em cada remada tem sido identificada como um fator chave do desempenho (Izquierdo et al., 2010), em conjunto com fatores como o tamanho corporal, membros relativamente maiores, elevados índices de força muscular, elevada resistência muscular e cardiovascular, para além do equilíbrio (Shephard, 1998).

Aproximadamente 46% da potência produzida é gerada pelos membros inferiores, enquanto a restante advém do tronco e dos membros superiores (Kleshnev, 2016). A produção de força durante o ciclo de remada é caracterizada por oscilações na curva de força - ver Figura 3 - sendo que o pico ocorre durante a fase motora (Dal Monte & Komor 1989). O pico de produção de força é extremamente importante, uma vez que as forças indevidamente aplicadas comprometem a velocidade e resultam num decréscimo da performance.

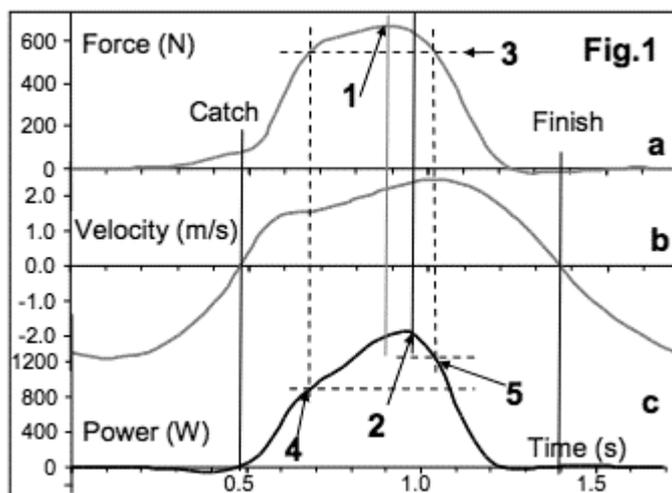


Figura 3. Representação Gráfica das curvas de força, velocidade e potência num *skiff* masculino a 36 rpm
Fonte: Kleshnev, V. (2016) *The Biomechanics of Rowing*; Crowood Press: Malborough, UK

Alguns estudos com remadores, procuraram avaliar a força isométrica, no entanto esta não se relacionou com a produção de força no remo ergómetro (em amostras reduzidas) (Peltonen, 1993). A força muscular dinâmica e os testes de potência discriminam de forma efetiva o desempenho de remadores de elite, por esta razão, optou-se pela dinamometria isocinética, tendo em conta que alguns estudos encontraram correlações fortes entre o pico de força isocinética do quadríceps (Russell, 1998) como preditor do desempenho em remadores sub-elite, sendo necessária a confirmação em remadores de nível elite, presentes nesta amostra.

Relativamente aos dados de força isocinética dos membros inferiores, estes estão fortemente correlacionados com os dados isoinerciais, portanto, a força isoinercial máxima da perna (kg) ou a potência (w) podem ser utilizados para fornecer medidas fisiológicas válidas e preditoras de desempenho no remo ergómetro em remadores (Lawton et al., 2011). A força em remadores de elite, pode, em parte, ser atribuída a uma maior predominância de massa muscular. Juntamente com o $VO_{2máx}$, a massa magra é um atributo significativo de remadores de elite e está fortemente correlacionada com o desempenho no remo ergómetro (Lawton et al., 2011).

A força pode ser classificada como absoluta ou relativa (Schmidtbleicher, 1985). A força absoluta representa a quantidade máxima de peso que pode ser levantado uma vez. Pessoas maiores tendem a ter maior força absoluta do que pessoas menores pela maior quantidade de massa muscular. A força relativa é a quantidade máxima de peso que pode ser levantado uma vez relativamente ao peso corporal. A força relativa é mais importante para um remador do que a força absoluta, já que a quantidade de peso num barco afeta o arrasto através da água. Assim, o aumento da força relativa permite acelerar a embarcação, uma vez que a força sofre um aumento sem alterar o arrasto.

Elevados níveis de força também podem ser importantes para a redução do risco de lesões, uma vez que o remo é uma modalidade cíclica onde são aplicados volumes de treino elevados (Hagerman, 1983).

2.5.1 Rácios

O rácio de força isocinética máxima dos isquiotibiais relativamente à força isocinética máxima dos quadríceps (rácio H:Q) pode ser calculado convencionalmente como a

força máxima de flexão do joelho (ação muscular do isquiotibial) dividida pela força máxima de extensão do joelho (ação muscular do quadricípete), obtidas a uma determinada velocidade angular e modo de contração (isométrico, concêntrico ou excêntrico). O rácio convencional implica contração concêntrica ou excêntrica dos dois músculos antagonistas em simultâneo, no entanto, a articulação do joelho apenas permite a combinação de contrações musculares excêntricas dos isquiotibiais com contrações musculares concêntricas dos quadricípetes (durante a extensão) ou o inverso durante a flexão. Assim, o rácio convencional apenas indica se existe similaridade nos padrões de força dos isquiotibiais e quadricípetes. Pode também ser calculado um rácio funcional, dividindo a força máxima excêntrica dos isquiotibiais (H_{ex}) pela força máxima concêntrica dos quadricípetes (Q_{con}), rácio $H_{ex}:Q_{con}$, representativo da extensão do joelho, ou dividindo a força máxima concêntrica dos isquiotibiais pela força máxima excêntrica dos quadricípetes, rácio $H_{con}:Q_{ex}$ representativo da força de flexão do joelho.

2.6 Objetivos

O corrente estudo visou descrever e caracterizar um grupo de jovens remadores portugueses de elite, nos parâmetros antropométricos, de composição corporal, cardiorrespiratórios, de força, potência e cinética do consumo de oxigénio, predizendo os fatores de rendimento mais significativos. Foram efetuados três momentos de avaliação, sendo o primeiro respeitante à avaliação da composição corporal, avaliação cardiorrespiratória e avaliação da força. Posteriormente existiu uma adaptação individualizada dos planos de treino por parte do treinador, tendo por base os dados recolhidos. No segundo momento de avaliação, foram considerados os dados de potência, cadência e velocidade em competição, obtidos pelos remadores no Campeonato Nacional de Remo Indoor. No terceiro momento foi efetuada a avaliação do comportamento metabólico (cinética do VO_2) e da força. Posteriormente foram comparados os resultados do primeiro momento com o segundo momento, verificando o efeito do programa de reforço muscular na correção de diferenças bilaterais de força nos membros inferiores e as adaptações fisiológicas relativas à capacidade aeróbia. Destes dados, resultou também um modelo explicativo do rendimento numa prova máxima de remo ergómetro (2000m).

Resolveu desenvolver-se esta dissertação por forma a poder contribuir para o avanço científico da modalidade, sendo que existe uma limitada gama de estudos relativos

aos fatores preditores do rendimento numa prova de remo de 2000m contendo as variáveis consideradas neste projeto. Espera-se que os dados resultantes tenham impacto na conceptualização dos testes e no treino em remadores, calibrando a atenção para os fatores mais determinantes. Os dados apresentados permitem aos treinadores avaliar os pontos fortes e os pontos fracos dos seus atletas e estabelecer prioridades no treino.

III. METODOLOGIA

3.1 Amostra

A amostra compreende doze jovens remadores de elite da seleção nacional portuguesa, sendo nove deles masculinos e três remadoras femininas com idades entre os 16,00 e os 17,80 anos.

Quanto à experiência competitiva, os participantes têm uma média de 5,67 anos de treino federado. Mais de 50% da amostra detém pelo menos três títulos de campeão nacional e um dos participantes foi campeão do mundo no ano transato. Os restantes atingiram pelo menos um pódio em competições de nível internacional. Os critérios de inclusão respeitam três premissas: pelo menos quatro anos de experiência competitiva, integrantes da seleção nacional e sem problemas músculo-esqueléticos, neurológicos, cardíacos, respiratórios ou qualquer outro distúrbio passível de influenciar os resultados da investigação.

Após receberem todas as informações, foram previamente assinados consentimentos informados por parte dos representantes legais dos participantes. O projeto do estudo cumpriu com a Declaração de Helsínquia e a pesquisa seguiu os procedimentos éticos standardizados para a medicina desportiva (Harriss & Atkinson, 2019), incluindo permissões e consentimento informado. A participação foi voluntária.

3.2 Procedimentos

Para determinar a contribuição de diferentes variáveis na performance dos remadores, foram definidos três momentos de avaliação, sendo o primeiro respeitante à avaliação da composição corporal, avaliação cardiorrespiratória e avaliação da força. Os dados do teste de força permitiram a adaptação individualizada dos planos de treino por parte do treinador.

No segundo momento de avaliação, foram considerados os dados de potência, cadência e velocidade em competição, obtidos pelos remadores no Campeonato Nacional de Remo Indoor.

No terceiro momento foi efetuada a avaliação do comportamento metabólico (cinética do VO_2) e da força. Posteriormente foram comparados os resultados do primeiro momento com o segundo momento, verificando o efeito do programa de reforço muscular na correção de diferenças bilaterais de força nos membros inferiores e as adaptações fisiológicas relativas à capacidade aeróbia. Destes dados, resultou também um modelo explicativo do rendimento numa prova máxima de remo ergómetro (2000m).

3.2.1 Antropometria

A estatura foi obtida através de um estadiómetro (*Harpender stadiometer*, modelo 98,603, Holtain Ltd, Crosswell, UK) com aproximação de 0,1 cm e a massa corporal avaliada, com a precisão de 0,01 kg (*SECA* modelo 770, Hanover, MD, USA). Todas as avaliações foram executadas pelo mesmo observador com experiência técnica no laboratório.

3.2.2 Composição corporal

A composição corporal obteve-se através do analisador de impedância bio-elétrica multifrequência, 1,5, 50, 260, 500, 1000 kHz, *InBody 770 scanner* (In-body Bldg, Seoul, Korea), com alta resolução e ecrã tátil, tendo as avaliações cerca de 60 segundos. As medições foram realizadas de manhã com os participantes a adotarem a posição de pé, seguindo as instruções do fabricante: hidratação adequada no dia anterior, ficar em pé por pelo menos 5 (cinco) minutos, esvaziamento prévio da bexiga, remoção de sapatos, meias, roupas pesadas e objetos de metal (jóias, relógios e cintos).

3.2.3 Determinação do $VO_{2máx}$ e Cinética do Consumo de Oxigénio

A determinação dos parâmetros aeróbios do desempenho - $VO_{2máx}$, limiares ventilatórios ($Lv1$ e $Lv2$) e velocidades associadas ($vVO_{2máx}$) foi obtida recorrendo a um analisador de gases (*Quark CPET COSMED*) com turbina de 28mm, sendo os valores expressos em

ml.kg⁻¹.min⁻¹. Num primeiro momento foi realizado um protocolo incremental com aumentos de 30w (watts) através do remo ergómetro (CONCEPT₂), tendo por base a potência inicial fornecida pelos treinadores por forma a serem cumpridos pelo menos cinco patamares de quatro minutos até à exaustão. Este método tem como vantagem a redução de influências externas, tais como o vento, a temperatura e as ondas, que poderiam influenciar o resultado final. Para além disso, o treinador e a equipa do laboratório mantiveram continuamente os *feedback's* constantes e o discurso motivacional. Os remadores conseguem ver a potência, *PACE*, frequência de remada, distância e tempo no ecrã do ergómetro.

Num segundo momento foi realizado um teste retangular, utilizando a potência média (em watts) específica do desempenho de cada remador no Campeonato Nacional de Remo Indoor, por forma a obter os valores para realização da curva da cinética do VO₂. Os participantes foram informados de que deveriam completar 2000m no menor tempo possível respeitando o valor da potência média indicado. Este procedimento permitiu estudar o comportamento metabólico resultando na determinação dos seguintes parâmetros:

- i) Tempo total de exercício (TTE);
- ii) Tempo onde é atingido o VO_{2máx} (tVO_{2máx});
- iii) Tempo mantido no VO_{2máx} (TlimVO_{2máx});
- iv) Constante temporal (τ_p);
- v) Amplitude (A_p).

Em ambos os testes (VO_{2máx} e cinética do VO₂) foram recolhidas amostras de 15ml (mililitros) de sangue no lóbulo da orelha utilizando um analisador de lactatos portátil (*LACTATE PRO 2*), com recolhas em repouso, logo após o término do teste, três minutos após o teste, cinco minutos, sete minutos e nove minutos, caso fosse necessário, com a premissa de que assim que o valor de lactato fosse inferior ao anterior, seria dada por terminada a recolha.

O aquecimento foi realizado ao gosto de cada atleta no remo ergómetro durante cinco minutos com regulação prévia do '*drag factor*', que indicou a resistência gerada pelo remo ergómetro.

Para a análise dos dados cardiorrespiratório foi utilizado o programa *OMNIA (COSMED)* e *VO₂ fitting* para modelação da curva exponencial da cinética do VO₂. Recorreu-se ao *Microsoft Excel (Windows)* para o cálculo das seguintes variáveis:

- i) Percentagem do VO_{2máx} associada ao 1º Limiar Ventilatório;
- ii) Percentagem da vVO_{2máx} associada à velocidade do 1º Limiar Ventilatório;
- iii) Percentagem do VO_{2máx} associada ao 2º Limiar Ventilatório;
- iv) Percentagem da vVO_{2máx} associada à velocidade do 2º Limiar Ventilatório.

Por fim recorreu-se ao *SPSS*, por forma a obter os dados relativos à cinética do consumo de oxigénio, nomeadamente:

- i) Constante temporal (τ_p);
- ii) Atraso temporal (t_d);
- iii) Amplitude da componente primária (A_p);
- iv) Curva bi-exponencial para cinética de oxigénio.

Foi utilizado o modelo bi-exponencial para a modelação da resposta, sendo o melhor modelo de trabalho para ajustar uma exponencial dupla, permitindo atrasos de tempo flexíveis para o início de cada exponencial. Baseia-se nas ideias de Ma et al. (2010) que inclui funções degrau de Heaviside nas exponenciais usuais, para maior clareza matemática.

Dada a função degrau de Heaviside:

$$H(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ 1, & t \geq 0 \end{cases}$$

O modelo é composto por duas exponenciais: a primeira só inicia efetivamente após t_{d_p} e a segunda após $t_{d_{sc}}$.

$$VO_{2baseline} + H(t - TD_p) A_p (1 - e^{-(t - TD_p) / \tau_p}) + H(t - TD_{sc}) A_{sc} (1 - e^{-(t - TD_{sc}) / \tau_{sc}})$$

Como Ma et al. (2010) explica, este tipo de modelagem tem vantagens: pode ser aplicado em conjunto com quaisquer outras funções modelo (por exemplo, polinomial, sigmoidal, função de Hill, etc.) se estas refletirem mais de perto os mecanismos fisiológicos subjacentes distintos para cada fase da resposta do VO_2 ao exercício).

Ao aumentar a clareza matemática de tal modelo de VO_2 , esta reconciliação deve facilitar a compreensão de como visualizar e implementar o modelo para visualizadores iniciantes da equação, especialmente aqueles com exposição anterior limitada à fisiologia do exercício.

3.2.4 Dinamometria isocinética da articulação do joelho

A avaliação da força da articulação do joelho foi efetuada recorrendo a um dinamómetro calibrado (*Biodex System 3, Shirley, NY, USA*) em duas velocidades ($60^\circ.\text{s}^{-1}$ e $180^\circ.\text{s}^{-1}$).

Os atletas efetuaram uma sessão de aquecimento que consistiu em cinco minutos a pedalar em ciclo ergómetro (*Monark 814E, Varberg, Sweden*) a 80 rpm (rotações por minuto), seguindo-se dois minutos de alongamentos estáticos dos grupos musculares requisitados no teste (flexores e extensores do joelho). Posteriormente, os remadores foram condicionados no dinamómetro, seguindo as especificações dadas pelo fornecedor do aparelho, numa posição estandardizada de 85° de flexão da anca partindo da posição anatómica. O braço da alavanca alinhado com o epicôndilo lateral do joelho e a tira de fixação na articulação tibiotársica colocada entre três a cinco centímetros do maléolo medial da tibia. A posição de extensão máxima voluntária foi estabelecida como 0° e de seguida estabeleceu-se a posição de 90° a partir dessa posição. Realizou-se a correção do efeito da gravidade do membro inferior e do braço da alavanca, colocando o braço a uma amplitude de 30° , pesando o membro inferior relaxado.

O teste consistiu na realização de cinco contrações dos músculos flexores do joelho e cinco contrações dos músculos extensores do joelho às velocidades de $60^\circ.\text{s}^{-1}$ (graus por segundo) e $180^\circ.\text{s}^{-1}$. Foram consideradas três repetições de familiarização à velocidade de teste, seguindo-se um minuto recuperação entre essas repetições e o teste. Todas as avaliações consideraram a ação muscular concêntrica em ambos os membros inferiores. Os momentos de força máxima foram registados e expressos em N.m. (Newton

por metro). Posteriormente, foi utilizada a filtragem dos *outputs* e suavização das curvas utilizando o programa *AcqKnowledge*, versão 4.1 (*Biopac Systems, Inc.*). Foram calculados rácios convencionais e determinadas diferenças bilaterais. Os participantes receberam instruções para gerar o máximo de potência em cada teste, cumprindo com o arco de movimento completo para a extensão e flexão da articulação do joelho.

3.2.5 Análise estatística

A estatística descritiva (amplitude, média, erro padrão da média, 95% do intervalo de confiança da média e desvio padrão) foi calculada para a totalidade da amostra. A normalidade das variáveis foi verificada através do teste *Shapiro-Wilk*, e sempre que as premissas foram violadas procedeu-se à transformação logarítmica para reduzir o erro não uniformizado.

Na dimensão da produção de força isocinética da articulação do joelho, estudou-se a diferença entre dois momentos distintos da época através do *test-T de Student* emparelhado, adicionando o tamanho do efeito (d de Cohen) interpretados qualitativamente do seguinte modo: <0,2 (trivial); 0,2-0,6 (pequena); 0,6-1,2 (moderada); 1,2-2,0 (grande); 2,0-4,0 (muito grande) >4,0 (extremamente grande) (Hopkins, 2004, 2011). Posteriormente correlacionaram-se as variáveis simples em estudo com os *outputs* de uma prova de remo ergómetro através da correlação de *Pearson*.

Por fim, e atendendo ao último objetivo deste estudo, ajustaram-se dois modelos de regressão linear múltipla (método hierárquico), por forma a analisar quais as variáveis que influenciam a potência média e o *PACE* da prova de remo ergómetro. Verificaram-se os pressupostos impostos ao erro do modelo (normalidade, homoscedasticidade e independência), bem como as situações de multicolinearidade entre as variáveis independentes e a existência de *outliers*. A análise estatística foi conduzida no programa *IBM SPSS 28.0* (*SPSS, Inc., Chicago, IL*) com o nível de significância estabelecida nos 5%.

A precisão dos testes é particularmente importante para o caso da replicação deste estudo e para o caso de serem utilizados em diferentes amostras.

IV. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados da estatística descritiva da amostra, bem como os resultados do teste progressivo de determinação do $VO_{2\text{máx}}$, do teste retangular de cinética do consumo de oxigênio e do teste de produção de força isocinética da articulação do joelho.

Nas tabelas um e dois, consta a estatística descritiva (amplitude, tendência central e dispersão) e teste de normalidade para as cronovariáveis: tamanho, composição corporal e hemoglobina, bem como para as variáveis de aptidão aeróbia, cinética do VO_2 e protocolo máximo em remo ergómetro em jovens remadores de elite (n=12).

Na tabela três são apresentadas as diferenças entre dois momentos distintos da época através do teste t-pares, bem como a magnitude dos efeitos para as variáveis absolutas e compostas de produção de força, nos movimentos de extensão e flexão da articulação do joelho em jovens remadores de elite (n=12).

Na tabela quatro encontram-se as correlações bivariadas entre as variáveis absolutas de força, bem como de potência aeróbia e cinética do VO_2 .

Por fim, na tabela cinco estão demonstradas as estimativas dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados.

Tabela 1. Estatística descritiva (amplitude, tendência central e dispersão) e teste de normalidade para as cronovariáveis, tamanho, composição corporal e hemoglobina em jovens remadores de elite (n=12).

<i>Variável</i>	<i>Amplitude</i>		<i>Média</i>			<i>DP</i>	<i>Shapiro-Wilk</i>	
	<i>mín.</i>	<i>máx.</i>	<i>valor</i>	<i>erro padrão</i>	<i>(IC 95%)</i>		<i>valor</i>	<i>p</i>
<i>Idade cronológica, anos</i>	16,00	17,85	17,10	0,17	(16,74 - 17,39)	0,52	0,900	0,252
<i>Prática desportiva federada, anos</i>	4,00	7,00	5,67	0,37	(4,89 - 6,22)	1,12	0,863	0,102
<i>Estatutura, cm</i>	165,7	192,5	180,4	3,1	(174,6 - 186,1)	9,2	0,929	0,472
<i>Envergadura, cm</i>	173,5	197,5	184,9	3,2	(179,0 - 190,7)	9,4	0,899	0,246
<i>Altura sentado, cm</i>	87,5	98,0	93,7	1,3	(91,5 - 96,1)	4,0	0,893	0,216
<i>Estimativa do comprimento dos membros inferiores, cm</i>	76,7	96,6	86,7	2,3	(82,6 - 91,2)	6,8	0,950	0,690
<i>Massa corporal, kg</i>	60,4	87,0	74,6	2,9	(69,2 - 80,0)	8,8	0,943	0,611
<i>Hemoglobina, g/dL</i>	13,7	19,7	17,0	0,6	(15,9 - 18,0)	1,7	0,973	0,921
<i>Massa gorda, kg</i>	6,2	17,6	10,2	1,2	(8,3 - 12,5)	3,5	0,903	0,272
<i>Massa gorda, %</i>	9,2	25,0	13,7	1,6	(11,2 - 17,1)	4,9	0,811	0,027

Abreviaturas: mín. (mínimo); máx. (máximo); IC95% (intervalo de confiança a 95%); DP (desvio padrão); cm (centímetros); kg (quilogramas); g/dL (gramas por decilitro).

A **Tabela 1** apresenta a estatística descritiva (amplitude, tendência central e dispersão) e teste de normalidade para as variáveis de tempo (idade cronológica e prática desportiva) posicionando estes remadores na categoria de juniores com uma idade média de 17,10 anos e para as cronovariáveis: tamanho, composição corporal e hemoglobina em jovens remadores de elite (n=12).

Para caracterizar a amostra utilizou-se a metodologia de impedância bioelétrica apresentando os jovens remadores um valor médio de 13,70% de massa gorda, o que representa 10,20kg de massa gorda corporal.

Analisando a normalidade das variáveis através do teste *Shaphiro-Wilk*, apenas a variável de composição corporal (%) viola os pressupostos da normalidade.

Tabela 2. Estatística descritiva (amplitude, tendência central e dispersão) e teste de normalidade para as variáveis de aptidão aeróbia, cinética do VO₂ e protocolo máximo em remo ergómetro (n=12).

<i>Variável</i>	<i>amplitude</i>		<i>média</i>			<i>DP</i>	<i>Shapiro-Wilk</i>	
	<i>mín.</i>	<i>máx.</i>	<i>valor</i>	<i>erro padrão</i>	<i>(IC 95%)</i>		<i>valor</i>	<i>p</i>
Potência máxima, VO ₂ (W)	240,0	450,0	351,4	25,6	(304,3 - 398,6)	68,7	0,981	0,965
VO ₂ absoluto (ml/min)	3390	5261	4567	223	(4149 - 4962)	704	0,847	0,054
VO ₂ máx relativo (ml/kg/min)	56,5	63,80	60,17	0,90	(58,61 - 61,90)	2,39	0,989	0,990
Frequência Cardíaca, VO ₂ máx (bpm)	180,0	211,00	191,57	4,20	(184,29 - 199,57)	11,10	0,927	0,523
Lactato VO ₂ máx (mmol/L)	4,2	14,9	9,1	1,1	(7,2 - 11,1)	3,3	0,954	0,717
<i>Cinética ap_VO₂</i>								
<i>Constante temporal da fase primária (s)</i>	38,70	51,30	46,03	1,47	(43,16 - 48,60)	3,88	0,922	0,489
<i>Tempo de atraso da fase primária (s)</i>	4,60	21,90	15,89	2,05	(11,70 - 19,09)	5,43	0,827	0,075
<i>Amplitude da componente lenta</i>	-0,20	22,80	9,06	2,96	(4,06 - 14,51)	7,83	0,952	0,747
<i>Constante temporal da componente lenta (s)</i>	1,00	10,80	4,16	1,33	(2,04 - 6,86)	3,51	0,872	0,194
<i>Tempo de atraso da componente lenta (s)</i>	8,20	139,10	39,46	17,37	(15,62 - 75,16)	45,97	0,713	0,005
<i>Cinética VO₂ 30seg</i>	54,00	198,00	112,86	18,80	(82,15 - 149,28)	49,73	0,925	0,513
	53,90	63,30	60,50	1,27	(58,17 - 62,54)	3,37	0,848	0,119
<i>Potência média ergo (w)</i>	250,00	445,00	365,29	27,71	(312,86 - 414,41)	73,32	0,922	0,486
<i>PACE ergo (min/500m)</i>	1,32	1,51	1,39	0,03	(1,34 - 1,44)	0,07	0,895	0,301
<i>Frequência cardíaca máxima ergo (bpm)</i>	182,00	209,00	198,00	3,47	(191,72 - 203,86)	9,18	0,937	0,610
<i>Lactato máximo ergo (mmol/L)</i>	10,0	21,4	16,4	1,2	(14,1 - 18,5)	3,8	0,936	0,515

Abreviaturas: mín. (mínimo); máx. (máximo); IC95% (intervalo de confiança a 95%); DP (desvio padrão); W (watts), ml/min (mililitros por minuto); ml/kg/min (mililitros por quilograma por minuto); bpm (batimentos por minuto); mmol/L (milimol por litro); PACE (minutos aos 500m).

A **Tabela 2** reporta-se à capacidade aeróbia e cinética do VO_2 . Os remadores apresentam um valor médio de consumo máximo de oxigénio de 4567 ml/min (absoluto) e um valor de VO_2 relativo médio de 60,2 ml/kg/min.

Para a componente temporal da fase primária, temos um valor médio de 15,89s.

Apenas a constante temporal da componente lenta (τ_{ausc}) não apresenta uma distribuição normal.

Tabela 3. Diferença entre dois momentos distintos da época através do teste t-pares, bem como a magnitude dos efeitos para as variáveis absolutas e compostas de produção de força, nos movimentos de extensão e flexão da articulação do joelho em jovens remadores de elite (n=12).

<i>Variável</i>	<i>Momento 1</i>		<i>Momento 2</i>		<i>Diferenças médias</i>		<i>t-pares</i>		<i>Magnitude efeitos</i>	
	<i>média</i>	<i>DP</i>	<i>média</i>	<i>DP</i>	<i>valor</i>	<i>(IC 95%)</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>(qualitativo)</i>
Extensores, concêntrico, direito, 60°/s (N.m)	223,1	43,8	232,4	39,5	-9,3	(-22,9 - 4,3)	-1,553	0,077	0,24	(pequena)
Flexores, concêntrico, direito, 60°/s, (N.m)	125,8	32,6	134,1	23,5	-8,3	(-21,7 - 5,2)	-1,386	0,100	0,31	(pequena)
Rácio convencional 60°/s, direito	0,60	0,07	0,58	0,05	-0,02	(-0,1 - 0,0)	-0,636	0,270	0,35	(pequena)
Extensores, concêntrico, esquerdo, 60°/s (N.m)	207,8	40,6	225,8	31,9	-18,0	[-30,5 - (-5,4)]	-3,225	0,005	0,52	(pequena)
Flexores, concêntrico, esquerdo, 60°/s (N.m)	122,7	21,9	127,2	21,4	-4,6	(-9,2 - 0,1)	-2,205	0,027	0,22	(pequena)
Rácio convencional 60°/s, esquerdo	0,60	0,07	0,56	0,06	0,0	(0,0 - 0,1)	2,874	0,009	0,08	(trivial)
Diferenças bilaterais, extensores, 60°/s (%)	10,3	9,1	7,3	6,5	3,1	(-5,2 - 11,3)	0,839	0,212	0,40	(pequena)
Diferenças bilaterais, flexores 60°/s (%)	10,4	9,9	5,2	4,5	5,2	(-3,3 - 13,7)	1,391	0,099	0,71	(moderada)
Extensores, concêntrico, direito, 180°/s (N.m)	153,5	30,1	162,1	27,3	-8,6	(-18,2 - 1,0)	-2,020	0,037	0,32	(pequena)
Flexores, concêntrico, direito, 180°/s (N.m)	98,8	30,9	103,8	17,4	-5,0	(-18,2 - 8,3)	-0,845	0,210	0,21	(pequena)
Rácio convencional 180°/s, direito	0,65	0,15	0,64	0,05	0,0	(-0,1 - 0,1)	0,085	0,467	0,09	(trivial)
Extensores, concêntrico, esquerdo, 180°/s (N.m)	142,9	27,8	161,0	29,3	-18,1	[-24,0 - (-12,3)]	-6,986	0,000	0,67	(moderada)
Flexores, concêntrico, esquerdo, 180°/s (N.m)	103,7	27,1	99,7	17,6	4,0	(-6,5 - 14,5)	0,871	0,203	0,28	(pequena)
Rácio convencional 180°/s, esquerdo	0,72	0,10	0,62	0,07	0,1	(0,0 - 0,2)	3,471	0,004	1,22	(grande)
Diferenças bilaterais, extensores, 180°/s (%)	11,1	7,5	3,6	4,2	7,4	(1,5 - 13,4)	2,827	0,010	1,30	(grande)
Diferenças bilaterais, flexores, 180°/s (%)	11,9	16,3	5,9	5,1	6,1	(-7,9 - 20,0)	0,986	0,175	0,52	(pequena)

Abreviaturas: DP (desvio padrão); IC95% (intervalo de confiança a 95%); N/m (Newton por metro); % (percentagem).

A **Tabela 3** apresenta os valores referentes à produção de força dos músculos extensores e flexores da articulação do joelho entre dois momentos distintos da época. Pode observar-se que praticamente todas as variáveis simples melhoram em ambos os membros inferiores (exceto para os flexores esquerdos a 180°). Para a velocidade 60°/s, melhoraram entre 4,6 e 18,0 N.m. Já na velocidade rápida, 180°/s, os valores do membro inferior direito melhoram 5,0 e 8,6 N.m para flexores e extensores, respetivamente. No membro inferior esquerdo também melhoram para extensores, em 18,0 N.m, tendo piorado em 4,0 N.m para os flexores. Observando as medidas compostas, não existe um padrão de melhoria ou piora. No entanto, nota-se que as diferenças bilaterais melhoram em todas as variáveis consideradas entre 3,1 e 7,4%.

Tabela 4. Correlações bivariadas entre as variáveis absolutas de força, bem como de potência aeróbia e cinética do VO₂.

<i>Variável</i>	<i>Remo-ergómetro</i>			
	<i>Potência média</i>		<i>PACE</i>	
	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
Extensores, concêntrico, direito, 60°/s (N.m)	0,007	0,731*	0,011	-0,701*
Flexores, concêntrico, direito, 60°/s, (N.m)	<0,001	0,817**	0,003	-0,772*
Extensores, concêntrico, esquerdo, 60°/s (N.m)	0,020	0,657*	0,022	-0,650*
Flexores, concêntrico, esquerdo, 60°/s (N.m)	<0,001	0,891**	<0,001	-0,883**
Extensores, concêntrico, direito, 180°/s (N.m)	0,007	0,734*	0,008	-0,725*
Flexores, concêntrico, direito, 180°/s (N.m)	<0,001	0,812**	0,003	-0,782*
Extensores, concêntrico, esquerdo, 180°/s (N.m)	0,002	0,803*	0,002	-0,797*
Flexores, concêntrico, esquerdo, 180°/s (N.m)	<0,001	0,940**	<0,001	-0,935**
Potência máxima, VO ₂ (W)	<0,001	0,963**	<0,001	-0,952**
VO ₂	<0,001	0,874**	<0,001	-0,899**
VO ₂ _kg_máx	0,162	0,479	0,077	-0,583
Frequência Cardíaca, VO ₂ máx	0,346	-0,334	0,287	0,374
Lactato, VO ₂ máx	0,479	-0,254	0,490	0,248
<i>Cinética ap_VO₂</i>	0,144	0,471	0,061	-0,581
<i>Constante temporal da fase primária (s)</i>	0,942	0,025	0,739	-0,114
<i>Tempo de atraso da fase primária (s)</i>	0,632	0,163	0,597	-0,180
<i>Amplitude da componente lenta</i>	0,170	0,445	0,234	-0,391
<i>Constante temporal da componente lenta (s)</i>	0,486	0,235	0,541	-0,207
<i>Tempo de atraso da componente lenta (s)</i>	0,595	-0,181	0,718	0,123
<i>Cinética VO₂ 30seg</i>	0,015	0,706*	0,005	-0,772*

Abreviaturas: PACE (tempo a cada 500m); w (watts); N.m (Newton por metro).

*p<0,05

**p<0,001

A **Tabela 4** apresenta as correlações bivariadas entre duas medidas de performance (potência média e *PACE*) e as variáveis simples das dimensões de força, aptidão aeróbia e cinética do VO₂. A maioria das variáveis correlacionam-se positivamente, excetuando no caso do *PACE*, sendo inversamente proporcional, ou seja, quanto maior for a força aplicada, maior a potência média e melhor a performance, resultando consequentemente num *PACE* menor.

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de regressão dos modelos ajustados.

<i>Avaliação</i>	<i>Variável</i>	<i>B</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>β</i>
Potência média	Constante	-24,893	29,432	
	Potência máxima, VO ₂ (w)	1,106	0,086	0,980
PACE	Constante	1,795	0,044	
	Potência máxima, VO ₂ (w)	-0,001	0,001	-0,958

Com os resultados apresentados na **Tabela 5**, e recorrendo aos valores obtidos das estimativas dos coeficientes, são formulados os seguintes modelos de regressão linear múltipla ajustados:

$$\text{Potência média} = -24,893 + 1,106 (\text{Potência máxima, VO}_2) \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{PACE} = 1,795 - 0,001 (\text{Potência máxima, VO}_2) \quad \text{Equação 2}$$

V. DISCUSSÃO

Como objetivo principal deste estudo, consta a caracterização dos remadores masculinos e femininos de elite, numa gama de variáveis passíveis de predizer (cada uma na sua dimensão), a performance na distância de 2000m. Muitos estudos (Akça, F. (2014), Bourdin et. al. (2017), Cosgrove et. al (1999)) evidenciam a importância da massa corporal e estatura na explicação da performance, no entanto, existem algumas desvantagens relativas à hidrodinâmica da embarcação, pois quanto maior a massa corporal sobre a embarcação, maior a área submersa do casco e mais dificilmente ocorrerá o deslize na fase aérea do ciclo de remada (Shephard, 1998). De todas as variáveis, a capacidade cardiorrespiratória é o melhor preditor de performance no remo.

Para além disso, aproximadamente 46% da potência produzida é gerada pelos membros inferiores, enquanto a restante advém do tronco e dos membros superiores (Kleshnev, 2016). Russell (1998) encontrou também correlações fortes entre o pico de força isocinética do quadríceps como preditor do desempenho em remadores sub-elite. Após análise dos resultados do primeiro teste de dinamometria isocinética da articulação do joelho, foram transmitidas ao treinador as informações de necessidade de vigia (resultados sublinhados a amarelo) e de necessidade de repetição (resultados sublinhados a vermelho). Tendo por base os dados mencionados, o treinador procedeu à atualização dos planeamentos das sessões de treino de força realizadas com uma frequência de duas vezes por semana. Este optou por manter inalterados os exercícios bilaterais para todos os remadores (*front squat, deadlift e power clean*) e quanto aos exercícios unilaterais (*unilateral leg extension, unilateral leg press e bench pistol squat*), os remadores com diferenças bilaterais significativas passaram a executar três séries de doze repetições para o membro com menor valor de força em teste, e apenas uma série de doze repetições para o membro com maior valor de força em teste. No segundo momento podemos verificar uma melhoria geral na produção de força e nas diferenças bilaterais, resultado de possíveis fatores como a adaptação do treino de força e a familiarização dos remadores com o aparelho.

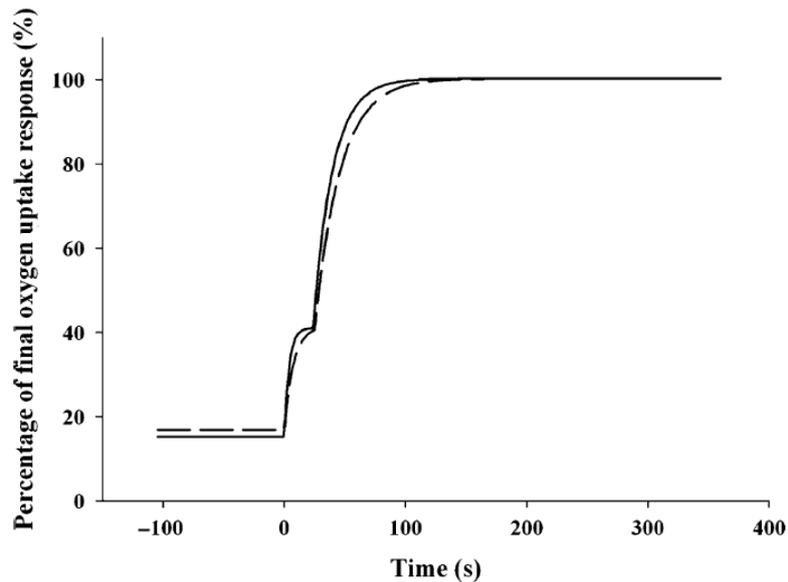


Figura 4. Gráfico da resposta de captação de oxigênio para remadores de ELITE (linha contínua) e Remadores padrão (linha tracejada). Fonte: *Ingham, S., Carter, Helen; Whyte, Gregory; Doust, Jonathan H. (2007) Comparison of the Oxygen Uptake Kinetics of Club and Olympic Champion Rowers. Medicine & Science in Sports & Exercise*

Os remadores de elite possuem uma constante temporal da fase primária mais rápida e menor aumento do VO_2 para a componente primária (Ingham et al., 2007). Para a nossa amostra, o valor mais baixo da constante temporal da fase primária (4,62s) - ver tabela 2 - está associado ao melhor valor de *PACE* (01:32,3min./500m), ou seja, melhor performance no Campeonato Nacional de Remo Indoor, enquanto o valor mais elevado da constante temporal da fase primária (21,87s) está associado a um dos valores de *PACE* mais elevados (01:45,7min./500m), ou seja, a uma das performances inferiores. Estes resultados confirmam as informações presentes na literatura. Na figura quatro é observado um perfil económico numa amostra de elite, nomeadamente na amplitude final, acima da linha de base. Billat (2000), sugeriu que atletas de resistência altamente treinados não têm componente lenta do VO_2 , e quanto maior a componente lenta, maior a ineficácia do consumo de oxigênio. A componente lenta reflete uma perda de eficiência muscular, ou seja, para manter a taxa de trabalho, requer um dispêndio energético progressivamente maior com o tempo. Assim, as intervenções que atenuem ou eliminem a componente lenta do VO_2 melhoram o desempenho (Jones & Bourdin, 2009). É importante explorar intervenções que possam melhorar a cinética do VO_2 , seja acelerando

a cinética inicial e reduzindo o déficit de O_2 ou reduzindo a magnitude do componente lento do VO_2 . Bourdin, et al. (2017) concluiu que a potência máxima é um indicador geral da capacidade fisiológica e da eficiência no remo em grupos homogêneos e heterogêneos. Para além disso, esta variável tem a vantagem de ser facilmente captada no remo ergómetro. Em geral, remadores com maior volume de massa muscular produzem maiores valores de potência (Bourdin, 2017).

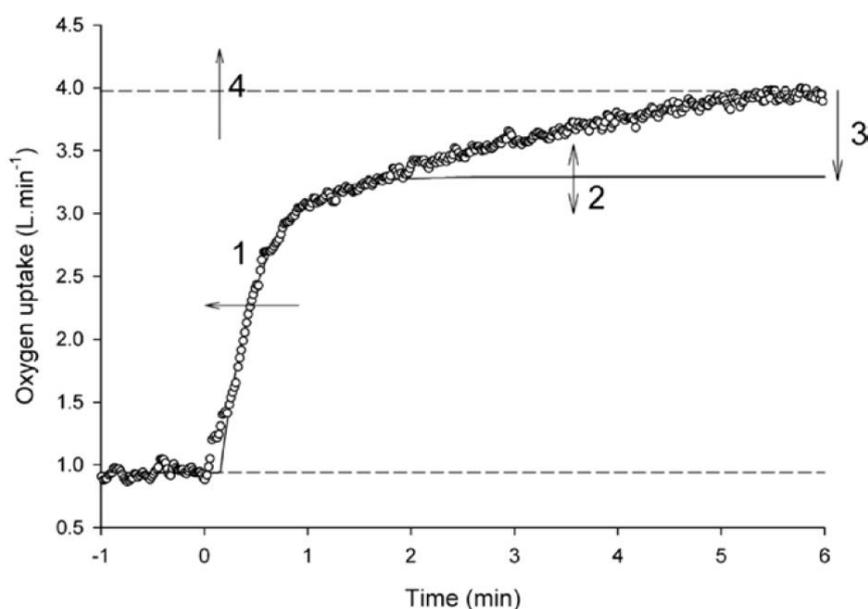


Figura 5. Representação gráfica dos efeitos na cinética do VO_2 perante várias intervenções: (1) aceleração cinética inicial (componente rápida) do VO_2 , que serve para reduzir o déficit de O_2 , poupando a “capacidade anaeróbia” e reduzindo a extensão da perturbação metabólica muscular. (2) Alteração da amplitude da componente rápida do VO_2 , por exemplo, como consequência de treino ou a realização de exercícios prévios de alta intensidade. (3) Componente lenta do VO_2 com reduzida amplitude, o que reduz o custo de O_2 do exercício e atrasa a obtenção do $VO_{2máx}$ durante exercícios de intensidade severa. (4) Aumento do $VO_{2máx}$, o que aumenta o alcance da resposta do VO_2 e, assim, aumenta o tempo necessário para a componente lenta levar o VO_2 ao máximo durante exercícios de intensidade severa. Linha contínua: melhor ajuste da resposta primária do VO_2 ; linha tracejada: $VO_{2máx}$. Fonte: Jones, A. M., & Burnley, M. (2009). *Oxygen Uptake Kinetics: An Underappreciated Determinant of Exercise Performance*. *International Journal of Sports Physiology and Performance*

A melhoria da cinética do VO_2 irá aumentar a contribuição do metabolismo oxidativo para a renovação energética, melhorando consequentemente o desempenho (Jones & Burnley, 2009). O tempo da constante da componente primária (τ_p) influencia bastante o

desempenho nos eventos de média e longa duração (Burnley & Jones, 2009), e para além disso, o facto de nestes eventos ser solicitada a via anaeróbia e aeróbia, é demonstrada a influência na cinética do VO_2 .

As intervenções que resultam na aceleração da cinética inicial incluem treino intervalado, treino de resistência e (indiretamente) uma estratégia com ritmo de início rápido (Jones and Burnley, 2009). A alteração da amplitude da componente rápida é possível através do treino de resistência, exercício prévio de alta intensidade, hiperóxia, administração de dicloroacetato, carga de bicarbonato de sódio e aumento de nitrato na dieta (Jones and Burnley, 2009). Intervenções que aumentam a disponibilidade para entrega de O_2 ao músculo (como treino e a administração de eritropoetina) alcançarão o efeito de redução da componente lenta. Nestes casos, a tolerância ao exercício pode ser aumentada (Burnley and Jones, 2009). Assim, durante situações de exercício de intensidade severa, tanto a taxa de aumento quanto a amplitude da componente lenta do VO_2 podem impactar no desempenho do exercício (Burnley and Jones, 2009).

Embora os parâmetros aeróbios determinem cerca de 70-80% do desempenho no remo, a força muscular também desempenha um papel importante (Hagerman, 1972). Russell et al. (1998) encontrou uma correlação significativa entre a força de extensão do joelho e o tempo aos 2000m em remadores masculinos dos 16 aos 23 anos (Russell, 1998). Este resultado foi semelhante à correlação encontrada para o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ no mesmo grupo. A relação entre a força dos membros inferiores e a potência de remada está de acordo com a literatura, uma vez que remadores com maiores níveis de força de membros inferiores têm melhor performance (Hagerman, 1972). É durante a extensão dos membros inferiores (fase motora) que predomina a maior porção de propulsão. (Dal Monte & Komor, 1989).

Ingham et al. (2002), mostrou que a potência aeróbia máxima, a força máxima e a potência máxima, tinham a correlação mais forte na explicação da performance. O aumento da força influencia a velocidade e a potência, e para além disso é a base para a força resistente (Maestu et al., 2005). Os remadores necessitam de níveis consideráveis de força para atingirem o máximo de potência em cada ciclo de remada, resistência para sustentar a potência e habilidades motoras específicas (Secher et al., 1986). Remadores de elite de sucesso produzem cerca de 75-80% da potência através dos membros inferiores e 20-25% através dos membros superiores (Cosgrove et al., 1999). Juntamente com o $\text{VO}_{2\text{máx}}$, a massa magra é um atributo significativo de remadores de elite e está fortemente correlacionada com o desempenho no remo ergómetro (Lawton et al., 2011).

5.1 Limitações:

Ainda que a modalidade objeto de estudo seja individual, uma das limitações deste estudo prende-se com o número reduzido de participantes na amostra, o que exige algum cuidado na interpretação dos dados. Devido ao baixo número de participantes, foi necessário combinar os dados dos dois géneros para que fosse efetuada a análise estatística. O facto de se tratar de um grupo heterogéneo constituído por remadores de ambos os géneros, leva à existência de variáveis que, por estes dois motivos, perdem expressividade quando comparado o seu estudo em grupos homogéneos e amostras de dimensão considerável. Talvez pela presença de três remadoras femininas, com percentagens de massa gorda superiores à população masculina da amostra (a média de percentagem de massa gorda masculina é de 11,20%, enquanto a média feminina é de 20,30%). De futuro, sugere-se que sejam confirmados estes resultados numa amostra consideravelmente maior, incluindo outras nacionalidades para evitar possíveis viés derivados de uma amostra exclusivamente portuguesa.

5.2 Forças:

Apesar da heterogeneidade, importa referir que estamos perante uma amostra de elite, com ínfimas discrepâncias de desempenho, sendo que dentro das 3 remadoras femininas da amostra, consta uma detentora de um pódio no campeonato do mundo. Para além disso, conseguimos selecionar detalhadamente cada participante conferindo o aspeto de excelência da amostra, sabendo também que as diferenças entre géneros são reduzidas quando se tem em consideração a massa isenta de gordura (Tachibana et al., 2007).

VI. CONCLUSÕES E APLICABILIDADE PRÁTICA

Na avaliação da articulação do joelho nos movimentos de flexão e extensão por dinamometria isocinética, as diferenças bilaterais melhoram do primeiro para o segundo momento em todas as variáveis consideradas, o que pode resultar da adaptação ao treino de força e da familiarização dos remadores com o teste. Não tendo sido determinados como preditores de rendimento, todos os parâmetros de força absoluta considerados no nosso estudo correlacionaram-se entre 0,66 (correlação moderada) e 0,94 (correlação muito forte) com os outputs da prova de remo ergómetro.

Como a quantidade de trabalho que pode ser realizado “anaerobicamente” é limitada, as intervenções que possam melhorar a cinética do VO_2 aumentarão a contribuição do metabolismo oxidativo para a renovação energética e consequente melhoria do desempenho, já que quanto mais rápida a cinética da resposta do VO_2 melhor o rendimento.

Para além disso, a frequência cardíaca e o lactato tenderam a ser mais elevados em prova (198 bpm e 6,4 mmol/L respetivamente) do que em laboratório (191,57 bpm e 9,1 mmol/L).

Em termos práticos, os resultados traduzem-se num especial interesse dos treinadores em desenvolver a capacidade cardiorrespiratória dos seus atletas, com a finalidade de obtenção de rendimentos superiores, sem exclusão dos restantes parâmetros influenciadores. As equações preditoras da performance em remadores, podem ser usadas para especificar elementos limitadores que podem ser particularmente treinados visando a maximização do desempenho.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aagaard, Simonsen, E., Magnusson, S., Larsson, B., Dyhre-Poulsen, P., (1998). A New Concept For Isokinetic Hamstring: Quadriceps Muscle Strength Ratio. *The American Journal Of Sports Medicine*, Vol. 26.
- Affeld K, Schichl K, Ziemann A. (1993) Assessment Of Rowing Efficiency. *Int J Sports Med*.
- Akça, F. (2014). Prediction Of Rowing Ergometer Performance From Functional Anaerobic Power, Strength And Anthropometric Components. *J. Hum. Kinet.* 41, 133–142.
- Bailey, S., Vanhatalo A., Wilkerson D. Dimenna F., Jones A., (2009). Optimizing The “Priming” Effect: Influence Of Prior Exercise Intensity And Recovery Duration On O₂ Uptake Kinetics And Severe-Intensity Exercise Tolerance.
- Balbuena, M. (2017), Avaliação Fisiológica e Efeito do Treino em Canoístas.
- Barstow T., Mole P. (1991). Linear And Nonlinear Characteristics Of Oxygen Uptake Kinetics During Heavy Exercise.
- Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein JP. (1999) Interval Training At VO_{2max}: Effects On Aerobic Performance And Overtraining Markers. *Medicine And Science In Sports And Exercise*.
- Billat, VL. (2000). VO₂ Slow Component And Performance In Endurance Sports. *Br. J. Sports Med*.
- Bourdin, M., Lacour, J.-R., Imbert, C., And Messonnier, L. (2017). Factors Of Rowing Ergometer Performance In High-Level Female Rowers. *Int. J. Sports Med*.
- Brown, M. R., Delau, S., And Desgorces, F. D. (2010). Effort Regulation In Rowing Races Depends On Performance Level And Exercise Mode. *J. Sci. Med. Sport*.
- Burnley, M., Jones, A. M., Carter, H., & Doust, J. H. (2000). Effects Of Prior Heavy Exercise On Phase II Pulmonary Oxygen Uptake Kinetics During Heavy Exercise. *Journal Of Applied Physiology*.

- Casaburi R., Barstow T., Robinson T., Wasserman K. (1989). Influence Of Work Rate On Ventilatory And Gas Exchange Kinetics.
- Cerasola, D., Bellafiore, M., Cataldo, A., Zangla, D., Bianco, A., Proia, P., ... & Capranica, L. (2020). Predicting The 2000-M Rowing Ergometer Performance From Anthropometric, Maximal Oxygen Uptake And 60-S Mean Power Variables In National Level Young Rowers. *Journal Of Human Kinetics*.
- Cerasola, D., Cataldo, A., Bellafiore, M., Traina, M., Palma, A., Bianco, A., & Capranica, L. (2018). Race Profiles Of Rowers During The 2014 Youth Olympic Games. *Journal Of Strength And Conditioning Research*.
- Cerasola, D., Zangla, D., Grima, J. N., Bellafiore, M., Cataldo, A., Traina, M., Bianco, A. (2022). Can The 20 And 60s All-Out Test Predict The 2000 M Indoor Rowing Performance In Athletes? *Frontiers In Physiology*.
- Cosgrove, M. J., Wilson, J., Watt, D., And Grant, S. F. (1999). The Relationship Between Selected Physiological Variables Of Rowers And Rowing Performance As Determined By A 2000 M Ergometer Test. *J. Sports Sci*.
- Dekerle, J., Baron, B., Dupont, L., Vanvelcenaher, J., & Pelayo, P. (2003). Maximal Lactate Steady State, Respiratory Compensation Threshold And Critical Power. *European Journal Of Applied Physiology*.
- Den Hartigh, R. J., Marmelat, V., And Cox, R. F. (2017). Multiscale Coordination Between Athletes: Complexity Matching In Ergometer Rowing. *Hum. Mov*.
- Fagraeus, L., Hesser, C.M. And Linnarsson, D. (1974), Cardiorespiratory Responses To Graded Exercise At Increased Ambient Air Pressure. *Acta Physiologica Scandinavica*.
- FISA (2020). World Rowing. (Consultado A 20 De Março De 2023)
- Hagerman, F.C., M.C. Connors, G.R. Gault, And W.J. Polinski. (1972). Energy Expenditure During Simulated Rowing. *J. Appl. Physiol*.
- Harriss, D. J., Macsween, A., & Atkinson, G. (2019). Ethical Standards In Sport And Exercise Science Research: 2020 Update. *Int J Sports Med*.

- Held, S., Siebert, T., & Donath, L. (2020). 10% Higher Rowing Power Outputs After Flexion-Extension-Cycle Compared To An Isolated Concentric Contraction In Sub-Elite Rowers. *Frontiers In Physiology*.
- Hopkins, W. (2004) *Sportscience* 8
- Hopkins, W. (2011) *Sportscience* 8
- Ingham, S., Carter, Helen; Whyte, Gregory; Doust, Jonathan H. (2007) Comparison Of The Oxygen Uptake Kinetics Of Club And Olympic Champion Rowers. *Medicine & Science In Sports & Exercise*.
- Ingham., S., Whyte., G., Jones., K., And Nevill., A. (2002). Determinants Of 2,000M Rowing Ergometer Performance In Elite Rowers. *Eur. J. Appl. Physiol*.
- Izquierdo-Gabarren, M., De Txabarri Expósito, R. G., Devillarreal, E. S. S., And Izquierdo, M. (2010). Physiological Factors To Predict On Traditional Rowing Performance. *Eur. J. Appl. Physiol*.
- Jensen, K. (1994). *Test Procedures For Rowing*. FISA Coach 5.
- Jones, A. M., & Burnley, M. (2009). Oxygen Uptake Kinetics: An Underappreciated Determinant Of Exercise Performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*.
- Kabaciński, J., Fryzowicz, A., Błaszczyk, A., Murawa, M., Gorwa, J., Ogurkowska, M., (2020). Comparison Of Isokinetic Knee Torque And Bioelectrical Activity For Hamstrings, Quadriceps And Erector Spinae Muscles In Elite Rowers. *Sports Biomechanics*.
- Kellmann, M., And Gunther, K.-D. (2000). Changes In Stress And Recovery In Elite Rowers During Preparation For The Olympic Games. *Med. Sci. Sports Exerc*.
- Kleshnev, V. (2016) *The Biomechanics Of Rowing*.
- KOPPO, K., B. J. WHIPP, A. M. JONES, D. AEYELS, And J. BOUCKAERT. (2004) Overshoot In $\dot{V} O_2$ Following The Onset Of Moderate intensity Cycle Exercise In Trained Cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol*.

- Koutedakis, Y., Agrawal, P., N. C. Craig, (1998). Isokinetic Characteristics Of Knee Flexors And Extensors In Male Dancers, Olympic Oarsmen, Olympic Bobsleighers, And Non-Athletes.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., And Mcguigan, M. R. (2011). Strength Testing And Training Of Rowers. Sports Med.
- Ma, Shuyi, Harry B. Rossiter, Thomas J. Barstow, Richard Casaburi, And Janos Porszasz. 2010. "Clarifying The Equation For Modeling Of $\dot{V}O_2$ Kinetics Above The Lactate Threshold." Journal Of Applied Physiology.
- Mäestu, J., Jürimäe, J., And Jürimäe, T. (2005). Monitoring Of Performance And Training In Rowing. Sports Med.
- Mark Burnley & Andrew M. Jones (2007) Oxygen Uptake Kinetics As A Determinant Of Sports Performance, European Journal Of Sport Science.
- Martin, S. A., & Tomescu, V. (2017). Energy Systems Efficiency Influences The Results Of 2,000 M Race Simulation Among Elite Rowers.
- Monte, Antonio & Komor, Andrzej. (2020). Rowing And Sculling Mechanics.
- Moritani, T., Nagata, A., DEVRIES, H. A., & MURO, M. (1981). Critical Power As A Measure Of Physical Work Capacity And Anaerobic Threshold. Ergonomics.
- Paterson, D. H., & Whipp, B. J. (1991). Asymmetries Of Oxygen Uptake Transients At The On-And Offset Of Heavy Exercise In Humans. The Journal Of Physiology.
- Peltonen J, Rusko H. (1993) Interrelations Between Power, Force Production And Energy Metabolism In Maximal Leg Work Using A Modified Rowing Ergometer. J Sports Sci.
- Penichet-Tomás, A., & Pueo, B. (2017). Performance Conditional Factors In Rowing. *Retos*.
- Podstawski, R., Choszcz, D., Konopka, S., Klimczak, J., & Starczewski, M. (2014). Anthropometric determinants of rowing ergometer performance in physically inactive collegiate females. Biology Of Sport.
- Poole, D. C., Schaffartzik, W. A. L. T. E. R., Knight, D. R., Derion, T. O. N. I., Kennedy, B. R. I. A. N., Guy, H. J., ... & Wagner, P. D. (1991). Contribution Of Excising

Legs To The Slow Component Of Oxygen Uptake Kinetics In Humans. *Journal Of Applied Physiology*.

Riechman, S., Zoeller, R., Balasekaran, G., Goss, F., And Robertson, R. (2001). Prediction Of 2000 M Indoor Rowing Performance Using A 30 S Sprint And Maximal Oxygen Uptake.

Schmidtbleicher, D. (1985). *Strength Training: Part 1: Classification Of Methods*.

Secher, N. H. (1993). *Physiological And Biomechanical Aspects Of Rowing*. *Sports Med*

Shephard, R.J. (1998). *Science And Medicine Of Rowing: A Review*. *J. Sports Sci*.

Shields, M. R., Brooks, M. A., Koltyn, K. F., Kim, J.-S., And Cook, D. B. (2017). Cognitive Resilience And Psychological Responses Across A Collegiate Rowing Season. *Med. Sci. Sports Exerc*.

Skinner, J. S., & Mclellan, T. H. (1980). The Transition From Aerobic To Anaerobic Metabolism. *Research Quarterly For Exercise And Sport*.

Smith, T. B., And Hopkins, W. G. (2012). Measures Of Rowing Performance. *Sports Med*.

Steinacker, J. M. (1993). *Physiological Aspects Of Training Of Rowing*. *Int. J. Sports Med*.

Tachibana, K.; Yashiro, K.; Miyazaki, J.; Ikegami, Y.; Higuchi, M. Muscle Cross-Sectional Areas And Performance Power Of Limbs And Trunk In The Rowing Motion. *Sport. Biomech*.

Thiele, D., Prieske, O., Lesinski, M., & Granacher, U. (2020). Effects Of Equal Volume Heavy-Resistance Strength Training Versus Strength Endurance Training On Physical Fitness And Sport-Specific Performance In Young Elite Female Rowers. *Frontiers In Physiology*.

Vogler, A. J., Rice, A. J., And Gore, C. J. (2010). Physiological Responses To Ergometer And On-Water Incremental Rowing Tests. *Int. J. Sports Physiol. Perform*.

Wasserman K., Whipp B., Koyl S., Beaver W. (1973). Anaerobic Threshold And Respiratory Gas Exchange During Exercise.

- Wasserman, K., Van Kessel, A. L., & Burton, G. G. (1967). Interaction Of Physiological Mechanisms During Exercise. *Journal Of Applied Physiology*.
- Whipp B., Casaburi R. (1982). Characterizing O₂ Uptake Response Kinetics During Exercise.
- Whipp, B. J., Ward, S. A., & Rossiter, H. B. (2005). Pulmonary O₂ Uptake During Exercise: Conflating Muscular And Cardiovascular Responses. *Medicine & Science In Sports & Exercise*.
- Winter, D. (2010). "Analysis Of The Inertial Forces In Rowing Using A Force Platform". *Biomechanics IX-B. Human Kinetics*.
- Zacca, R., Azevedo, R., Figueiredo, P., Vilas-Boas, J. P., Castro, F. A. D. S., Pyne, D. B., & Fernandes, R. J. (2019). VO₂FITTING: A Free And Open-Source Software For Modelling Oxygen Uptake Kinetics In Swimming And Other Exercise Modalities. *Sports*.