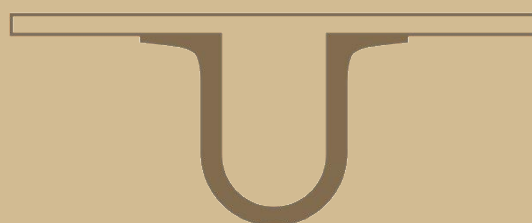




UNIVERSIDADE D
COIMBRA



Pedro Alexandre Louro Bonito

**PERFIL E MAGNITUDE DAS FORÇAS
EXERCIDAS PELOS MEMBROS INFERIORES EM
CAIAQUE ERGÓMETRO: ESTUDO EM
CANOÍSTAS DE ELITE**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Biocinética, na área científica de Ciências do Desporto, orientada pela Professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes e coorientada pelo Professor Doutor Fernando José Ferreira, apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2018

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

Universidade de Coimbra

Pedro Alexandre Louro Bonito

**PERFIL E MAGNITUDE DAS FORÇAS EXERCIDAS PELOS
MEMBROS INFERIORES EM CAIAQUE ERGÓMETRO: ESTUDO
EM CANOÍSTAS DE ELITE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da
Universidade de Coimbra, com vista à obtenção do grau de Mestre em Biocinética.

Orientador: Professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes

Coorientador: Professor Doutor Fernando José Ferreira

Coimbra 2018

Bonito, P.A. (2018). Perfil e magnitude das forças exercidas pelos membros inferiores em caiaque ergómetro: estudo em canoístas de elite. Universidade de Coimbra: Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Coimbra.

“Sometimes success isn't about making the right decision, it's more about making some decision” (Robin Sharma)

Agradecimentos

À Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra e aos seus docentes pelo apoio e ensinamentos transmitidos ao longo da minha formação académica.

À professora Doutora Beatriz Branquinho Gomes uma palavra de enorme gratidão por todo apoio, incentivo, disponibilidade e pelos ensinamentos transmitidos. Ao professor Doutor Fernando Ferreira pelo apoio, disponibilidade e transmissão de conhecimento da sua área.

À Federação Portuguesa de Canoagem pela sua colaboração e enorme esforço para que os atletas pudessem conciliar a participação no estudo com os seus treinos. E como tinha de ser, aos atletas uma enorme palavra de agradecimento pela sua disponibilidade e interesse imediatos na participação no estudo.

A todos os que colaboraram no decorrer do estudo, ao Zé Pedro Galvão, Tiago Viegas e em especial ao Doutorando Rui António Fernandes por todo o apoio e disponibilidade demonstrada.

Aos meus amigos, Gonçalo Neves e Élio Henriques pela preciosa ajuda no desenrolar do estudo e por me incentivarem com opiniões e ideias que me levaram a debruçar afincadamente sobre aspetos fundamentais do estudo.

A todos os que tiveram próximos no desenrolar deste estudo.

À minha família pelo apoio e encorajamento nos momentos mais difíceis.

À Mariana por tudo.

Resumo

Com o enquadramento da canoagem no programa Olímpico e o seu crescimento associado, verificou-se um aumento dos estudos e pesquisas no âmbito da biomecânica. Estas pesquisas levaram à melhoria do equipamento usado, da técnica e por consequência dos tempos de competição. Uma das alterações na pagaia foi o crescente envolvimento dos MI, resultado de alterações no equipamento (introdução da pá wing e de finca pés com base completa e *foot strap*). No entanto, até ao momento, poucos estudos têm se focado na contribuição dos MI na canoagem.

Assim, o objetivo primordial foi caracterizar o perfil e magnitude das forças exercidas pelos membros inferiores em canoístas de elite em caiaque ergómetro. Para isso, participaram no estudo 13 canoístas de elite (sexo masculino). Os atletas realizaram um teste de 2 min em caiaque ergómetro com um finca pés e cordas conectadas à pagaia instrumentados com células de carga. Durante o teste de 2 min, os dados respeitantes às forças aplicadas no finca pés, *foot strap* e na pagaia foram gravados por um sistema de medição eletrónico para computadores (HBM Spider8, Darmstadt, Alemanha). As variáveis de força analisadas foram: o valor máximo de força (pico de força), duração de aplicação da força, força média, ponto temporal do pico de força, tempo até ao pico de força, impulso e o rácio força média/pico de força da compressão, tração e pagaia. A análise dos dados permitiu obter os seguintes resultados principais: não se verificaram diferenças significativas entre lado esquerdo e direito das forças analisadas; a magnitude da força da compressão direita relacionou-se positivamente com a magnitude da força da tração esquerda; não se verificaram correlações significativas entre as forças da compressão/tração e o desempenho; as forças da pagaia relacionaram-se positiva e significativamente com o desempenho; relação positiva e significativa entre as forças da compressão esquerda e as forças da pagaia esquerda. Embora não se tenha verificado uma relação estatística significativa entre a magnitude das forças aplicadas no finca pés e o desempenho, os resultados sugerem a importância que os MI apresentam para o desempenho em canoagem, visto que as forças da compressão se relacionaram positivamente com as forças da pagaia, e estas com o desempenho. Foi realizada uma apreciação das curvas de força-tempo da compressão, tração e pagaia do melhor desempenho, tendo-se verificado uma melhor sincronização dos picos de força, maior magnitude e a forma das curvas de força-tempo mais retangular.

Palavras-chave: canoagem de velocidade, cinética, finca pés, pagaia.

Abstract

With the framework of canoeing in the Olympic program and its associated growth, there was an increase of studies and research in the field of biomechanics. This research led to the improvement of equipment used, the technique and consequently the times of competition. One of the changes in the stroke paddle was the increasing in lower limbs involvement, because of changes in equipment (introduction of wing blade and foot rest with full foot and foot strap). However, to date, few studies have focused on the contribution of lower limbs in canoeing.

Thus, the aim of this study was to characterize the profile and magnitude of the forces exerted by lower limbs on elite kayakers in kayak ergometer. For this, thirteen elite kayak paddlers participated in the study. The athletes performed a 2-min test on a kayak ergometer with a foot rest and cords connected to the paddle instrumented with load cells. During the 2-min test, data on forces applied to the foot rest, foot strap and paddle were recorded by an electronic computer measurement system (HBM Spider8, Darmstadt, Germany). The force variables analysed were: the maximum value of force, (peak force), duration of force application, mean force, the time to reach the peak force, impulse and mean force/ peak force ratio of the compressive, traction and paddle. The analysis of the data allowed to verify the following main results: there were no significant differences between left and right side of the forces analysed; the magnitude of the right compression force was positively related to the magnitude of the left traction force; there were no significant correlations between the forces of compression / traction and performance; the paddle forces were positively and significantly related to performance; positive and significant relationship between the left compression forces and the left paddle forces. These results suggest the importance of lower limbs in canoeing, with no direct relation to performance, however, as the forces of left compression influence positively the left paddle forces, and these were related to performance, then the forces may be indirectly related to performance. An appreciation of the force-time curves of the compression, traction and paddle of the best performance was realized, with a better synchronization of the forces, greater magnitude and the shape of the more rectangular force-time curves.

Key words: Canoeing, kinetics, foot rest, paddle.

Lista de abreviaturas

m: metros

MI: Membros Inferiores

MS: Membros Superiores

FP: Frequência de pagaiada

min: minutos

seg: segundos

ppm: pagaiadas por minuto

P2 min: Potência média em 2 minutos

nº pag: número de pagaiadas no teste

PF: Pico de Força

FM: Força Média

I: Impulso

Rácio FM/PF: Rácio Força Média /Pico de Força

DF: Duração das Forças

DFCe: Duração da Força da Compressão esquerda

PF_{Ce}: Pico de Força da Compressão esquerda

PF_{Ce}: Pico de Força da Compressão esquerda

FM_{Ce}: Força Média da Compressão esquerda

IC_e: Impulso da Compressão esquerda

PFT: Pico de Força da Tração

FMT: Força Média da Tração

IT: Impulso da Tração

PFT_e: Pico de Força da Tração esquerda

FMTe: Força Média da Tração esquerda

PFCd: Pico de Força da Compressão direita

FMTd: Força Média da Tração direita

PFTd: Pico de Força da Tração direita

FMCD: Força Média da Compressão direita

FC: Força da Compressão

FT: Força da Tração

FMP: Força Média da Pagaiada

FMPd: Força Média da Pagaiada direita

IPe: Impulso da Pagaiada esquerda

IPd: Impulso da Pagaiada direita

PFPe: Pico de Força da Pagaiada esquerda

PFpd: Pico de Força da Pagaiada direita

DFPe: Duração da Força da Pagaiada esquerda

DFPd: Duração da Força da Pagaiada direita

DCP: Duração do Ciclo da Pagaiada

T.PFCe: Tempo até ao Pico de Força da Compressão esquerda

T.PFPd: Tempo até ao Pico de Força da Pagaiada direita

T.PFTe: Tempo até ao Pico de Força da Tração esquerda

DFC: Duração da Força da Compressão

DFP: Duração da Força da Pagaiada

PFC: Pico de Força da Compressão

ÍNDICE

Agradecimentos	IV
Resumo	V
Abstract.....	VI
Lista de abreviaturas	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
1. INTRODUÇÃO	- 1 -
2. ESTADO DA ARTE	- 3 -
2.1. Fatores determinantes do desempenho de canoístas	- 3 -
2.2. Técnica de pagaiada	- 4 -
2.3. Duração da pagaiada	- 7 -
2.4. Pagaia <i>Wing</i>	- 9 -
2.5. Cinética da pagaiada	- 10 -
2.6. Estilos de pagaiada.....	- 12 -
2.7. Cinética dos MI na pagaiada	- 16 -
3. OBJETIVOS	- 21 -
4. METODOLOGIA	- 22 -
4.1. Caraterização da amostra	- 22 -
4.2. Caraterização antropométrica.....	- 23 -
4.3. Instrumentos e procedimentos	- 23 -
4.3.1. Caiaque Ergómetro	- 23 -
4.3.2. Finca pés instrumentado e células de carga na pagaia (corda)	- 26 -
4.3.3. Protocolo.....	- 29 -
4.3.4. Questionário.....	- 31 -
4.4. Análise de Dados.....	- 31 -
4.5. Análise estatística.....	- 33 -
5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	- 34 -
5.1. Caraterização da amostra	- 35 -
5.1.1. Questionário.....	- 35 -
5.2. Estudo das forças aplicadas no finca pés	- 37 -
5.2.3. Caraterísticas antropométricas e forças aplicadas no finca pés	- 40 -
5.3. Estudo das forças aplicadas na pagaia	- 40 -
5.3.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas na pagaia	- 41 -
5.3.2. Relação das forças aplicadas na pagaia	- 42 -

5.3.3. Características antropométricas e força aplicada na pagaia	- 43 -
5.4. Estudo da relação das forças aplicadas no finca pés e na pagaia	- 43 -
5.4.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas no finca pés e na pagaia	- 43 -
5.4.2. Relação das forças aplicadas no finca pés e na pagaia	- 47 -
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	- 48 -
6.1. Antropometria e desempenho	- 49 -
6.2. Forças aplicadas no finca pés	- 51 -
6.2.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas no finca pés	- 51 -
6.2.2. Relação das forças aplicadas no finca pés	- 53 -
6.3. Forças aplicadas na pagaia	- 56 -
6.3.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas na pagaia	- 56 -
6.3.2. Relação das forças aplicadas na pagaia	- 57 -
6.3.2. Características antropométricas e forças aplicadas na pagaia	- 59 -
6.4. Forças aplicadas no finca pés e na pagaia	- 59 -
6.4.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas no finca pés e na pagaia	- 59 -
6.4.2. Relação das forças aplicadas no finca pés e na pagaia	- 61 -
7. CONCLUSÃO	- 63 -
7.1. Conclusão	- 63 -
7.2. Limitações do estudo	- 64 -
7.3. Sugestões para futuras investigações	- 65 -
8. BIBLIOGRAFIA	- 66 -
Anexos	- 71 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores determinantes do desempenho em canoagem (Cox 1992).....	4 -
Figura 2 – Fases e subfases da pagaiada.	5 -
Figura 3 - Modelo cinemático para a velocidade do caiaque (Mcdonnell et al., 2013).-	8 -
-	
Figura 4 - Produção de forças de sustentação e de arrasto com a pagaia Wing. D – Força de arrasto na pá; L – Força de sustentação na pá; R – Força resultante (Kendal & Sanders, 1992).....	9 -
Figura 5 - Exemplo de curvas força-tempo a diferentes FP (Gomes et al., 2015). .-	12 -
Figura 6 - Percurso de pontos de referência no estilo "push"(a) e "swing"(b) (Plagenhoef, 1979).....	13 -
Figura 7 - Dinâmica dos movimentos de "empurrar" e "puxar" (Plagenhoef, 1979).-	13 -
Figura 8 - Alavancas na técnica de pagaiar (adaptado de Cox, 1992).	14 -
Figura 9 - Rotação resultante da ação dos MI (Nikonorov, 1985, citado em Folgar, Cárceles & Mangas, 2014).	15 -
Figura 10 - Curvas Força-Tempo da técnica (Nikonorov, 1985, citado em Folgar, Cárceles & Mangas, 2014).	16 -
Figura 11 - Movimento da cintura pélvica durante uma pagaiada do lado esquerdo (adaptado de Nilsson, 2016).	18 -
Figura 12 - Caiaque ergómetro Dansprint com ecrã de dados (Dansprint).....	24 -
Figura 13 - Tensão do elástico.....	25 -
Figura 14 - Finca pés instrumentado (Sousa, 2012).....	27 -
Figura 15 - Tensão da célula de carga unitária simulada por cálculo estrutural (Sousa, 2012).....	28 -
Figura 16 - Célula de carga na pagaia (corda).....	28 -
Figura 17 - Condicionador de Sinal, Spider 8 - HBM (Sousa, 2012).	29 -
Figura 18 - Montagem das células de carga na corda e instalação do finca pés.	30 -
Figura 19 - Posição comum de largada utilizada no teste.	30 -
Figura 20 - Esquema do protocolo utilizado em caiaque ergómetro. Notas: min, minutos; seg, segundos; ppm, pagaiadas por minuto.	31 -
Figura 21 - Representação das curvas de força da compressão, tração e pagaiada. 1 – pico de força da compressão; 2 – pico de força da pagaiada; 3 – pico de força da tração; 4 – impulso.	32 -

Figura 22 - Curva de força de uma compressão. 1 – duração de aplicação de força; 2 – ponto temporal do pico de força; 3 – tempo até ao pico de força.....	32 -
Figura 23 - Curvas força-tempo da compressão e da tração de um atleta.....	38 -
Figura 24 - Curvas força-tempo das forças aplicadas na pagaia de um atleta.....	41 -
Figura 25 - Curvas força-tempo das forças aplicadas no finca pés e na pagaia dos vários atletas. Notas: Cruzes azuis, compressão e tração esquerdas; cruzes vermelhas, compressão e tração direitas; tracejado azul, pagaiada esquerda; tracejado vermelho, pagaiada direita.....	44 -
Figura 26 - Curvas força-tempo das forças aplicadas no finca pés e pagaia do atleta com P2 min maior. Notas: cruzes azuis, compressão e tração esquerdas; cruzes vermelhas, compressão e tração direitas; tracejado azul, pagaiada esquerda; tracejado vermelho, pagaiada direita.....	45 -
Figura 27 - Curvas força-tempo das forças aplicadas no finca pés e pagaia do atleta com P2 min menor. Notas: cruzes azuis, compressão e tração esquerdas; cruzes vermelhas, compressão e tração direitas; tracejado azul, pagaiada esquerda; tracejado vermelho, pagaiada direita.....	45 -
Figura 28 - Valor acima de zero antes da entrada na água.....	57 -

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Forças aplicadas no finca pés apresentadas em estudos anteriores.	20 -
Tabela 2 - Resistência do caiaque ergómetro em relação à massa corporal do atleta (Gomes, 2008).	24 -
Tabela 3 - Caracterização antropométrica da amostra do estudo.	35 -
Tabela 4 - Resultados do questionário preenchido pelos participantes.	35 -
Tabela 5 - Valores médios da potência e da FP no teste de 2 minutos de cada atleta e média global \pm desvio padrão.	36 -
Tabela 6 - Valores médios das forças aplicadas no finca pés dos lados esquerdo e direito.	37 -
Tabela 7 - Coeficiente de correlação entre as forças aplicadas no finca pés dos lados esquerdo e direito.	39 -
Tabela 8 - Coeficiente de correlação das forças aplicadas no finca pés esquerdo.	39 -
Tabela 9 - Coeficiente de correlação das forças aplicadas no finca pés direito.	40 -
Tabela 10 - Valores médios das forças aplicadas na pagaia dos lados esquerdo e direito.	41 -
Tabela 11 - Coeficiente de correlação das forças aplicadas na pagaia dos lados esquerdo e direito.	42 -
Tabela 12 - Caracterização antropométrica e coeficientes de correlação (CC) entre as medidas antropométricas e as variáveis da pagaia.	43 -
Tabela 13 - Magnitude das forças aplicadas no finca pés do atleta com o P2 min maior e o com P2 min menor.	46 -
Tabela 14 - Magnitude das forças aplicadas na pagaia do atleta com o P2 min maior e o com P2 min menor.	46 -
Tabela 15 - Apresentação dos coeficientes de correlação do P2 min e do nº pag do nosso estudo e de outros dois com as medidas antropométricas	49 -
Tabela 16 - Forças aplicadas no finca pés e foot strap do nosso estudo e de outros autores.	53 -
Tabela 17 - Comparação das forças aplicadas na pagaia com outros estudos.	56 -
Tabela 18 - Erro técnico de medição das características antropométricas medidas. Cálculo e classificação segundo (Perini et al., 2005).	78 -

1. INTRODUÇÃO

A canoagem é uma modalidade desportiva náutica, que pode ser praticada em embarcações tipo caiaque ou canoa, sendo modalidade Olímpica desde 1936 nas distâncias de 1000 m e 10000 m (Szanto, 2004, citado em McDonnell, Hume, & Nolte, 2013). A sua prática como modalidade desportiva data de 1840, tendo como “pai” o Escocês John Mac Gregor (Travinha Esportes, n.d.). Muito antes desta modalidade ser olímpica estas embarcações eram utilizadas como meio de transporte por povos da América do Norte, Amazonas e Polinésia (Comité Olimpico de Portugal, n.d.). Atualmente, esta modalidade divide-se em várias vertentes: maratona, caiaque polo, slalom, velocidade e canoagem de mar, entre outras. Na vertente competitiva de velocidade, compete-se nas distâncias de 200, 500 e 1000 m, sendo percorridas em embarcações de um, dois ou quatro lugares.

Esta modalidade consiste no uso da força do atleta para provocar o deslocamento do caiaque na água (Michael, Smith, & Rooney, 2009). Para isso é necessário que realize um gesto cíclico que está dividido em pagaiada do lado esquerdo e do lado direito. Assim, para que o caiaque se desloque para a frente é necessário que o atleta seja capaz de aplicar uma força propulsiva de maior magnitude em relação às forças de arrasto aerodinâmicas e hidrodinâmicas que atuam sobre o sistema atleta/caiaque/pagaia. Por sua vez, a força que o atleta produz é transmitida para a água através da pá da pagaia e no caiaque através do finca pés e do banco (Michael et al., 2009).

Nas competições de velocidade o critério para um bom desempenho é o tempo que determinado atleta leva para percorrer as distâncias. Para isto acontecer o atleta tem de maximizar a velocidade do caiaque, tendo que para isso gerar grande potência média em cada pagaiada, bem como realizar uma boa técnica e utilizar a sua grande capacidade metabólica (Mann & Kearney, 1980; Logan & Holt, 1985; Sanderson & Martindale, 1986; Aitken & Neal, 1992; Michael et al., 2008, como citado em Michael et al., 2009).

Com o evoluir da modalidade os investigadores começaram a dedicar-se a estudar os atletas com melhores prestações com o objetivo de determinar os aspetos decisivos para o ótimo desempenho em canoagem (Robinson, Holt, & Pelham, 2002; Plagenhoef, 1979; Van Someren & Palmer, 2003; Van Someren & Howatson, 2008; Michael, Rooney, & Smith, 2012). Estas investigações trouxeram alterações nas metodologias de treino, na técnica de pagaiar (introdução da pagaia “wing”) e dos equipamentos. Em consequência, os tempos de prova nas competições melhoraram significativamente desde 1948 a 2000

no que diz respeito a prestações nos Jogos Olímpicos (JO) em k-1 1000m. Esta melhoria no tempo de prova deve-se fundamentalmente à evolução no *design* do equipamento do que a alterações na metodologia do treino (Robinson et al., 2002). No que se prende com a técnica da pagaiada, recorrendo à visualização de competições (via *youtube*), percebe-se facilmente que o envolvimento dos Membros Inferiores (MI) durante a pagaiada em caiaque tem vindo a aumentar, o que sugere que esta ação tem atualmente uma grande importância, podendo ser determinante para o desempenho. Também a importância do *timing* entre a ação dos MI e dos membros superiores (MS) pode interferir com o desempenho, não sendo totalmente claro qual dos membros (superiores ou inferiores) inicia a produção de força primeiro. São estas questões acerca da contribuição dos MI, durante a pagaiada em caiaque, e a sua coordenação com os MS, que pretendemos responder ao longo deste estudo. Portanto, torna-se condição necessária que o resultado deste estudo possa ajudar treinadores e atletas a otimizar a técnica de pagaiada.

No estado da arte é possível encontrar informação que explicará o gesto técnico da pagaiada para melhor perceber a dinâmica do mesmo, introduzindo a temática em estudo. Segue-se os objetivos e na metodologia apresentamos a amostra, descrição dos protocolos e metodologias utilizadas. Posteriormente, segue-se a apresentação dos resultados obtidos e respetiva discussão. Na conclusão será feita referência aos resultados mais relevantes que foram obtidos no estudo. Por fim, serão apresentadas as limitações do estudo e algumas sugestões para investigações futuras com base nas questões levantadas pelos resultados obtidos e referidas as fontes bibliográficas a que recorremos.

2. ESTADO DA ARTE

Por volta da década de 70, alguns investigadores começaram a dedicar-se a estudar os atletas com melhores prestações com o objetivo de determinar os aspetos decisivos para o ótimo desempenho em canoagem (Robinson, Holt, & Pelham, 2002; Plagenhoef, 1979; Kendal & Sanders, 1992; Van Someren & Palmer, 2003; Van Someren & Howatson, 2008; Michael, Rooney, & Smith, 2012). Os autores começaram primeiro por dar mais atenção aos aspetos cinemáticos e mais recentemente têm vindo a crescer o número de estudos no âmbito da cinética. No entanto, em reduzido número devido aos constrangimentos associados à sua análise. O desenvolvimento de aparelhos simuladores veio diminuir estes constrangimentos uma vez que se torna mais prático a análise cinemática e cinética da pagaia. Desta forma, os autores começaram a descrever aspetos relacionados com a técnica de forma a quantificarem e qualificarem o gesto de pagar. Assim, passaremos a falar desses aspetos relacionados com a técnica da pagaia, introduzindo a temática em estudo.

2.1. Fatores determinantes do desempenho de canoístas

Existem vários fatores que influenciam e determinam o desempenho de atletas de maratona e velocidade. Uns podem ser internos aos atletas e outros externos. Por exemplo, a tolerância ao esforço pode ser melhorada pelo treino e pela adaptação que deriva do mesmo, já a tática da competição, embora dependente do próprio atleta, pode variar consoante a tática dos adversários. De um modo geral, os atletas podem preparar e otimizar as suas capacidades para uma competição mas não podem controlar as condições do local da competição e o que nela ocorre (Cox, 1992).

Os fatores que mais influenciam o desempenho dos canoístas em competição estão esquematizados na figura 1:

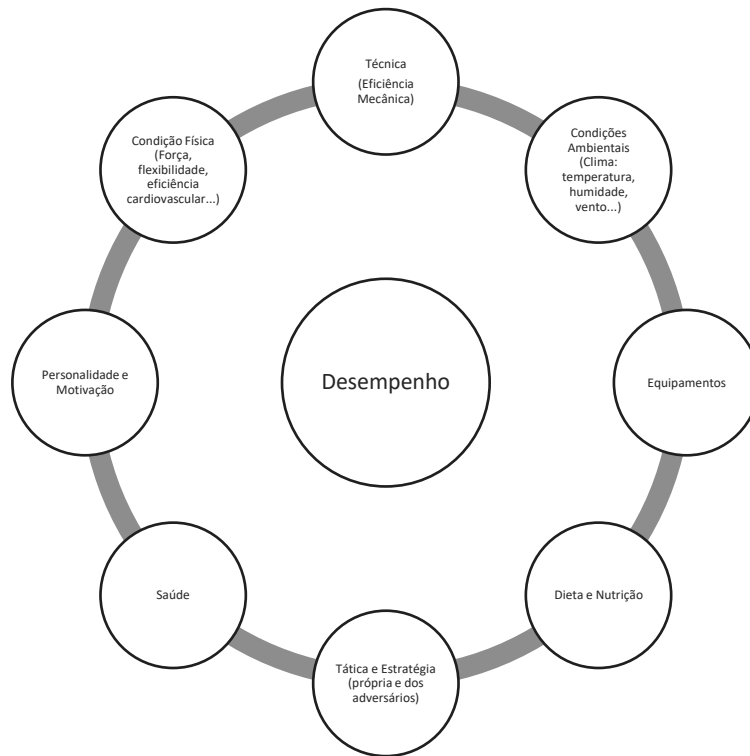


Figura 1- Fatores determinantes do desempenho em canoagem (Cox 1992).

Após a apresentação destes fatores determinantes do desempenho em canoagem iremos centrar a nossa atenção em aspetos que dizem respeito à técnica da pagaiada, mais concretamente a magnitude e o perfil das forças exercidas pelos MI e sua coordenação com os MS. Ou seja, o estudo das forças aplicadas no finca pés, *foot strap* e na pagaia. Para melhor perceber a dinâmica destas forças iremos detalhar alguns aspetos do movimento de pagaiada.

2.2. Técnica de pagaiada

Nos últimos anos, tem-se verificado um crescente interesse em clarificar aspetos relacionados com a técnica de pagaiada, no entanto os constrangimentos associados à avaliação no meio aquático serão aspetos que têm limitado a investigação nesta área. É por isso fundamental desenvolver instrumentos e metodologias que permitam avaliar a técnica.

Estudos como o de Cox (1992), Kendal & Sanders (1992), Plagenhoef (1979) e Sanders & Baker (1998), analisaram aspetos da técnica de pagaiada, dividindo-a em fases

e para cada uma delas realçando ângulos e posições ótimas para favorecer a produção de força e conseqüente a velocidade da embarcação. Um dos aspetos abordados e de grande importância é a distância entre o banco e o finca pés. Esta distância deve permitir que um MI possa realizar o movimento de extensão (compressão) e o outro flexão (tração) alternadamente. O atleta ao apresentar-se sentado deve estar confortável atendendo ao comprimento dos seus MI (Shephard, 1987, citado em McDonnell, Hume, & Nolte, 2013). Deste modo, a distância entre o finca pés e o banco deve ser a que permita a aplicação da melhor força propulsiva (Andrews, 1986, citado em McDonnell et al., 2013). De acordo com Cox (1992) e Michael et al. (2009), a técnica de pagaiada pode ser dividida em duas fases (Figura 2).

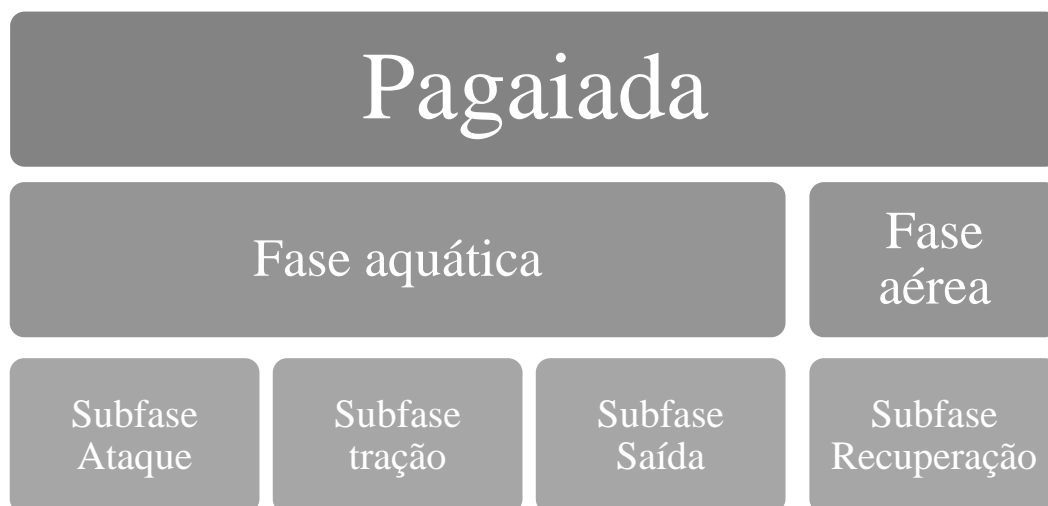


Figura 2 – Fases e subfases da pagaiada.

A primeira subfase, o ataque, é iniciado com o ombro do lado da tração em flexão (a mão vai baixando no sentido de extensão do ombro) levando à entrada da pá na água enquanto que o outro MS se apresenta fletido a 90° e com a mão ao nível dos olhos. O ângulo ótimo da pá em relação à superfície no momento da entrada está entre os 45 e 60 graus (Cox, 1992). Para aumentar a amplitude e a força no ataque o tronco deve apresentar uma flexão de 80° em relação à superfície da água e uma rotação do tronco e cintura pélvica de 30° a 40° em relação ao eixo transversal do barco e com os joelhos juntos em que o joelho do lado da tração deve estar fletido para permitir um forte movimento de extensão e conseqüentemente empurrar o finca pés (Cox, 1992). A entrada da pá da pagaia mais à frente (em relação ao atleta) parece uma importante referência para o desempenho e é definida como o deslocamento da pá da pagaia desde o ataque até à metade do

comprimento do caiaque (Kendal & Sanders, 1992). Esta definição pode induzir em erro, pois na realidade não é a pagaia que se desloca, mas sim o barco que se desloca, por isso a definição seria o deslocamento do caiaque desde a entrada da pá na água até à passagem da metade do caiaque pela pagaia, porém, a definição apresentada é mais comum de ser usada e de maior facilidade interpretativa. Portanto, as evidências seguintes estarão explicadas com base nessa definição. Níveis de desempenho mais elevados estão associados à entrada mais à frente da pá da pagaia (B. M. Brown, Lauder, & Dyson, 2011). Assim, atletas que apresentem segmentos superiores com maior comprimento, aliado a uma técnica correta, conseguem entrar com pá mais à frente, o que leva à maior ênfase da amplitude da pagaiada comparativamente à frequência de pagaiada (FP) (McDonnell et al., 2013). No entanto, o comprimento dos segmentos superiores não apresenta relação com o desempenho (McDonnell et al., 2013). Ainda segundo o estudo referenciado anteriormente, também o comprimento da pagaia pode influenciar o alcance à frente, tendo também como consequência maior amplitude da pagaiada. Este comprimento em excesso pode levar a dificuldade no aumento da FP, sendo que, segundo McDonnell et al. (2013), é mais importante para o desempenho a capacidade de aumentar a FP, comparativamente à amplitude da pagaiada, não comprometendo muito a amplitude da pagaiada.

A segunda subfase da pagaiada, tração, acontece desde os 30° a 40° até à perpendicular (90°) tendo como referência a pagaia e a superfície da água. Durante a tração o ângulo do cotovelo decresce desde os 180° até aos 90° (Cox, 1992). Simultaneamente ao movimento de tração do MS de baixo, é iniciado a ação de empurrar do MS de cima. Este movimento é conseguido com a abdução da escápula em simultâneo com a extensão do cotovelo do MS de cima. Por outras palavras, este movimento deve começar do centro para a periferia, isto é, do tronco e ombro e só depois do MS, não esquecendo que esta subfase deve ser iniciada com os movimentos do tornozelo, joelho e cintura pélvica do MI do lado do MS de tração (Cox, 1992). De acordo com este autor, no que diz respeito ao MI contrário, com recurso ao *foot strap*, o MI deve realizar uma flexão ao nível do joelho e do tornozelo promovendo uma maior rotação da cintura pélvica. Na vista de frente, o ângulo do eixo da pagaia deve ser entre 55° e 60° em relação à superfície da água. Respeitando este ângulo, esta subfase é a mais potente, pois é quando o sistema de alavanca é o mais eficiente e quando os músculos maiores entram em ação (Cox, 1992). Se é nesta subfase que há produção de maior força horizontal, então segundo

alguns autores, quanto maior tempo sobre o qual a força máxima possa ser aplicada, maior será a velocidade média do caiaque (Baker, 1998; Kendal & Sanders, 1992; Mann & Kearney, 1980). Também Cox (1992), relatou que se é neste momento que se produz maior força horizontal, então deve chegar-se a este estado o mais rápido possível e manter-se nele durante o maior tempo possível.

A terceira subfase, saída, acontece quando o corpo passa pela pá da pagaia, onde a pá deve ser retirada da água pela ação de rotação do tronco e pela ação ascendente da mão do MS de baixo que apresenta um ângulo próximo de 90°. Se a saída da pá da água for mais tardia provoca a desaceleração do caiaque (Cox, 1992). O prolongamento da pá da pagaia atrás (desde o meio do barco até à saída da pá) deve ser menor do que a entrada mais à frente, pois esta subfase é a menos eficiente da fase aquática (Kendal & Sanders, 1992). O prolongamento da pagaia atrás também não deve ser demasiado pequeno, pois, como consequência, conduz à redução da amplitude da pagaiada na fase aquática e pode influenciar negativamente o desempenho. Assim, o equilíbrio deve ser procurado, sendo este influenciado pelo estilo do atleta, força, equipamento e características antropométricas (Michael et al., 2012).

Na fase aérea, após a saída da pá da água a pagaia atinge a posição horizontal e prepara o ataque do lado contrário à saída. Aqui dependendo da orientação do ângulo da pagaia deve ser realizada uma rotação de forma a que a pá entre corretamente na água (Cox, 1992). É aqui que por vezes é visível uma pequena pausa, sobretudo nos barcos de equipa (Cox, 1992) e cadências de pagaiada baixas.

2.3. Duração da pagaiada

Como abordado no ponto acima a pagaiada é dividida em duas grandes fases. A fase aquática, como o nome indica, é o trajeto aquático da pá da pagaia na água e, portanto, o trajeto propulsivo. É esta fase que permite que o caiaque se desloque para a frente aquando da propulsão/sustentação da pá da pagaia na água. Contrariamente ao termo de sustentação, aparece o termo de deslize da pá na água, que tem como aceção o deslocamento horizontal da pá da pagaia na água no sentido oposto ao deslocamento do caiaque e por isso apresenta um valor negativo (Kendal & Sanders, 1992). Kendal & Sanders (1992), disseram no seu estudo que o deslize variou entre -0,07 e -0,22 metros com o valor mais baixo a corresponder às velocidades mais elevadas. Assim, se a força aplicada pelo atleta for superior à resistência da pá, esta irá deslizar na água e, portanto,

o ponto de fixação para o atleta transmitir a força ao caiaque será diminuído. Já a fase aérea é quando a pagaia não está em contacto com a água (Plagenhoef, 1979) e em que se prepara uma nova pagaia.

Em canoagem, a FP é mais comumente utilizada do que o tempo de pagaia. A primeira é inversamente proporcional com a segunda, quer isto dizer que quanto maior a FP menor será o tempo da pagaia, ou vice versa (McDonnell et al., 2013). De acordo com o artigo de revisão de McDonnell et al. (2013), vários autores reportaram uma elevada correlação entre a FP e a velocidade do caiaque ou a velocidade de competição ($r = 0,89, p < 0,01$).

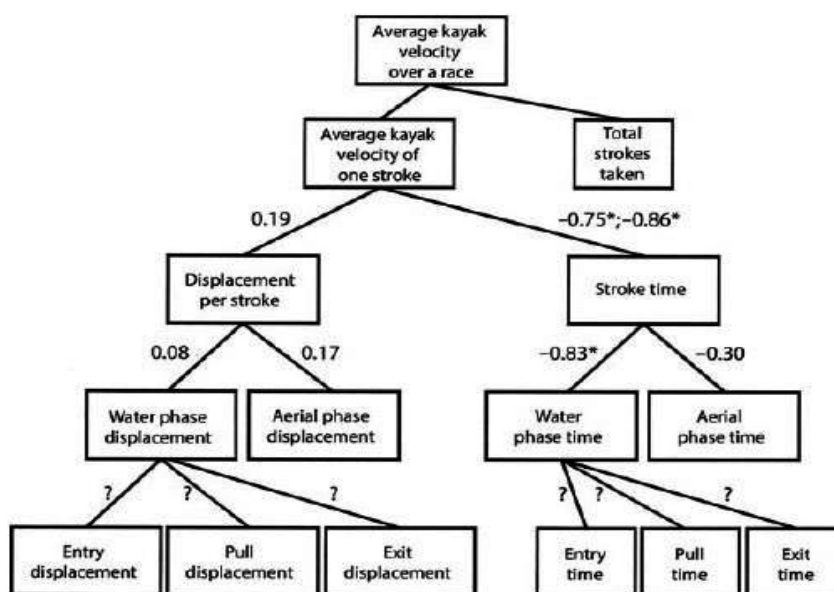


Figura 3 - Modelo cinemático para a velocidade do caiaque (McDonnell et al., 2013).

Com base na Figura 3 denota-se que é mais importante para a velocidade do caiaque o tempo de pagaia/FP do que o deslocamento do caiaque por pagaia. Na figura observa-se também uma associação elevada entre o tempo da fase aquática e a velocidade do caiaque ($r = -0,83, p < 0,05$) (McDonnell et al., 2013). (B. M. Brown et al., 2011) ao analisar a técnica em atletas de nível nacional e internacional descobriu que os atletas de nível internacional apresentavam um menor tempo absoluto da fase aquática e um maior tempo relativo da mesma fase. Kendal & Sanders (1992) no seu estudo relataram uma tendência, que embora não estatisticamente significativa, o arrasto tende a aumentar proporcionalmente ao quadrado da velocidade, visto que os atletas que apresentavam uma maior velocidade do caiaque na fase de tração apresentavam também uma maior diminuição da velocidade na fase aérea, sendo a velocidade mínima perto do

momento de entrada da pá contrária na água. Como não se verificou uma relação estatisticamente significativa, pressupõe-se que outros fatores influenciaram o arrasto na fase aérea. Assim, McDonnell et al. (2013), com base nos estudos analisados no seu artigo de revisão, concluiu que, para o caiaque não perder tanta velocidade deve ocorrer num curto tempo, tanto em termos absolutos (s) como relativos (%), estando este facto associado aos canoístas de elite.

2.4. Pagaia *Wing*

O atleta movimentava-se para transmitir força à água através da pá da pagaia e ao caiaque através do finca pés e do banco, resultando no movimento do caiaque para a frente (Michael et al., 2009).

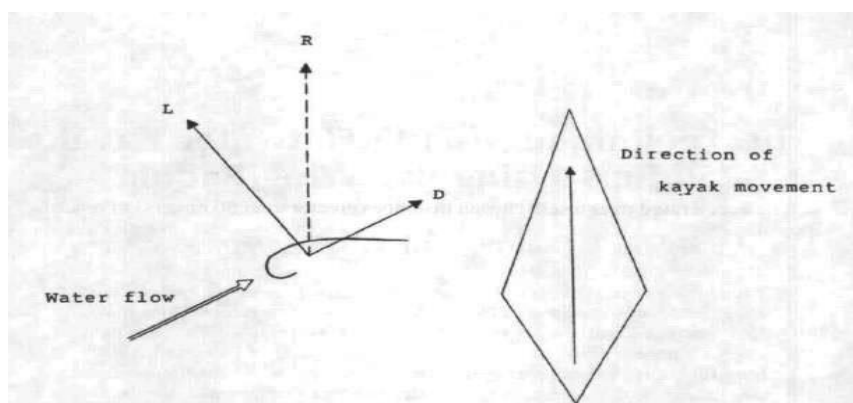


Figura 4 - Produção de forças de sustentação e de arrasto com a pagaia *Wing*. D – Força de arrasto na pá; L – Força de sustentação na pá; R – Força resultante (Kendal & Sanders, 1992).

A modificação das pás da pagaia (pagaia *wing* vs tradicional) resultaram na melhoria dos tempos de prova (Robinson et al., 2002). Este novo desenho da pagaia foi introduzido em 1986 e levou a que a trajetória da pá da pagaia deixasse de ser paralela ao eixo longitudinal do caiaque (pagaia tradicional) passando a ter uma trajetória mais lateral em relação ao mesmo eixo (pagaia *wing*). Esta pagaia foi baseada na asa de avião e permite que as forças de sustentação também contribuam para a produção de força propulsiva quando a pá da pagaia se move lateralmente (perpendicular com a linha do movimento) com um pequeno ângulo de ataque (Sanders & Baker, 1998) permitindo um movimento mais fluido das articulações (Robinson et al., 2002) (Figura 4). De acordo com Kendal & Sanders (1992) os atletas com maior sucesso entram com a pá *wing* o mais

à frente possível e junto ao eixo longitudinal do caiaque e realizam uma trajetória do medial para o lateral durante a subfase de tração.

As forças de sustentação atuam na perpendicular em relação à direção do fluxo da água e as forças de arrasto atuam para criar resistência ao movimento da pá e têm a mesma direção do fluxo da água (Figura 4) (Michael et al., 2009). Assim, pressupõe-se quando se usa a pagaia *wing* as forças de propulsão podem ser usadas com maior eficiência combinando forças de arrasto com forças de sustentação (Sanders & Baker, 1998). Deste modo, com base nos dados apresentados, percebe-se que a pagaia *wing* apresenta uma maior eficiência em relação à pagaia tradicional na ordem dos 89% para 74%, respetivamente (Jackson, 1995). Esta pagaia veio alterar a técnica de pagaiada, tendo estas alterações provocado um maior envolvimento dos grandes grupos musculares, nomeadamente do tronco e dos MI (Michael et al., 2009).

2.5. Cinética da pagaiada

Durante a pagaiada na canoagem, os atletas aplicam forças na pagaia para promoverem a aceleração do caiaque (Michael et al., 2012). Estas forças têm vindo a ser estudadas ao longo dos anos e mais recentemente relacionadas com o desempenho (Michael et al., 2012; Gomes et al., 2015). O estudo de Michael et al. (2012) consistiu num teste de 2 min em caiaque ergómetro por forma a simular uma prova de 500 m. Neste estudo foram colocadas células de carga na zona de inserção do cabo com o tubo da pagaia. Nos estudos de Gomes et al. (2015) foram realizados 4 testes de 200m em caiaque a diferentes ritmos de pagaiada (60, 80, 100 pagaiadas por minuto (ppm) e FP de prova). A pagaia foi instrumentada com extensómetros colocados no tubo da pagaia a 80 cm da extremidade da pá. Ambos os estudos foram realizados com atletas de elite. No primeiro estudo, Michael et al. (2012), observou que o pico de força da pagaiada foi significativamente mais alto no início comparativamente com o meio e o final do teste de 2 min tendo se verificado um incremento da FP, a que os autores justificaram que para manterem a potência os atletas aumentaram a FP face à fadiga muscular e decréscimo da força da pagaiada. De acordo com este estudo o pico de força da pagaiada acontece quando a pagaia está próxima dos 90° (posição vertical) em ambos os lados, estando em concordância com outros autores (Aitken & Neal, 1992; Kendal & Sanders, 1992). Ambos os autores (Gomes et al., 2015; Michael et al., 2012) constataram que os atletas de elite atingem o pico de força rapidamente e que devem prolongar a força perto dos

valores do pico. Gomes et al. (2015) relatou que quando o rácio força média/pico de força da pagaiada aumenta juntamente com a FP, diminui o atraso entre o início da aplicação da força e o início da aceleração do caiaque, assumindo um significado de que o pico de força foi alcançado rapidamente, sendo considerado um indicador de eficiência da pagaiada (Michael et al., 2009). Com isto, Gomes et al. (2015), referiu que a velocidade média do caiaque apresenta uma melhor correlação com a força média da pagaia do que com o pico da força da pagaiada, quer isto dizer que, quando a área abaixo da curva força-tempo é incrementada e a FP é mantida, a velocidade do caiaque aumenta. Portanto, o impulso (área abaixo da curva) é mais importante do que o pico de força, sendo que em termos de desenho a curva força-tempo deve apresentar uma tendência para uma forma retangular em oposição a triangular. Para que se obtenha este perfil retangular, os atletas tem de tirar a pá da água no momento em que as forças ainda estão próximas dos valores da força de pico, em vez de prolongarem a pagaiada numa fase em que os valores de força são baixos (zona ineficiente), permitindo um impulso propulsivo ótimo em FP elevadas (Kendal & Sanders, 1992; Gomes et al., 2015). Assim, começa-se a perceber qual o perfil da curva força-tempo que está associado aos melhores desempenhos (Figura 5). Desta forma, surge a questão: será que as curvas força-tempo obtidas no finca pés e *foot strap* apresentam o mesmo perfil? Também as diferenças entre o pico de força da pagaiada direita e esquerda têm sido analisadas, tendo Michael et al. (2012) verificado que não existem diferenças significativas. Também outros autores têm verificado diferenças no pico de força direito e esquerdo (Aitken & Neal, 1992; Gomes, Viriato, Sanders, Conceição, & Paulo, 2011; Michael et al., 2012). Pelo contrário, em termos de força média da pagaiada, Brown, Lauder, & Dyson (2010) relataram diferenças estatisticamente significativas entre o lado direito e esquerdo. Szanto (2014) relatou que é espectável acontecerem estas diferenças por maior capacidade de produção de força pelo lado dominante e necessidade de manter o equilíbrio no caiaque, mas quanto mais simetria entre o lado esquerdo e direito houver, mais rápido se deslocará o caiaque. Será que as assimetrias que possam existir na pagaiada estarão em concordância com as assimetrias nas forças dos MI?

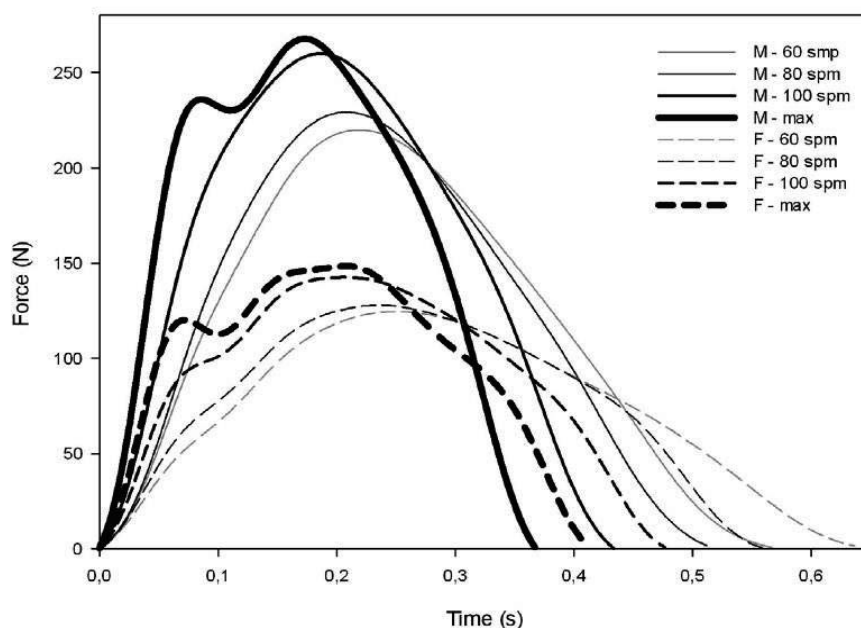


Figura 5 - Exemplo de curvas força-tempo a diferentes FP (Gomes et al., 2015).

2.6. Estilos de pagaiada

O movimento da pagaiada, como descrito anteriormente no tópico da técnica de pagaiada, apresenta ângulos ideais que estão associados aos melhores atletas e conseqüente, melhores desempenhos. Assim, pagaiar dentro dos intervalos de ângulos permite estilos diferentes de pagaiar e que são caracterizados por diferenças espaciais de determinados pontos anatómicos. Plagenhoef (1979) identificou dois estilos: o *swing style* e o *push style* (Figura 6). O primeiro estilo é caracterizado por a mão superior alta, resultado de um ângulo grande entre o braço e antebraço e/ou uma distância entre mãos grande. O segundo estilo apresenta um ângulo pequeno entre o braço e o antebraço e a mão superior nunca vai acima da cabeça. O mesmo autor referiu que o estilo de pagaiada juntamente com a altura sentado, características antropométricas e a distância da pá da pagaia em relação ao caiaque (mais junto ou mais afastado) influenciam a escolha do comprimento da pagaia, o que por sua vez influencia o ângulo de entrada.

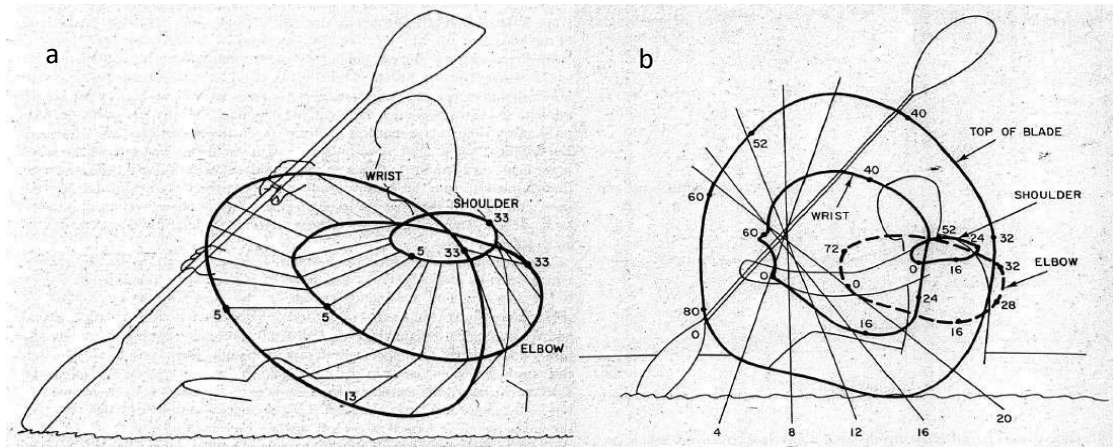


Figura 6 - Percurso de pontos de referência no estilo "push"(a) e "swing"(b) (Plagenhoef, 1979).

Plagenhoef (1979) afirmou que os melhores atletas mostraram um padrão semelhante mesmo quando o traçado do caminho dos pontos anatômicos era circular ou relativamente plano. Uma característica do estilo “*push*” é quando o MS de cima realiza uma extensão muito cedo levando a que o eixo da pagaiada baixe em vez de subir. Desta forma passaremos a explicar como a pagaiada deve ser executada e como a alteração dos eixos da pagaiada variam.

A análise biomecânica da pagaiada de atletas olímpicos realizada por Plagenhoef (1979) permitiu descrever o movimento horizontal de cada mão em simultâneo e assim determinar o eixo de rotação da pagaiada (Figura 7). A mão superior move-se mais do que a mão

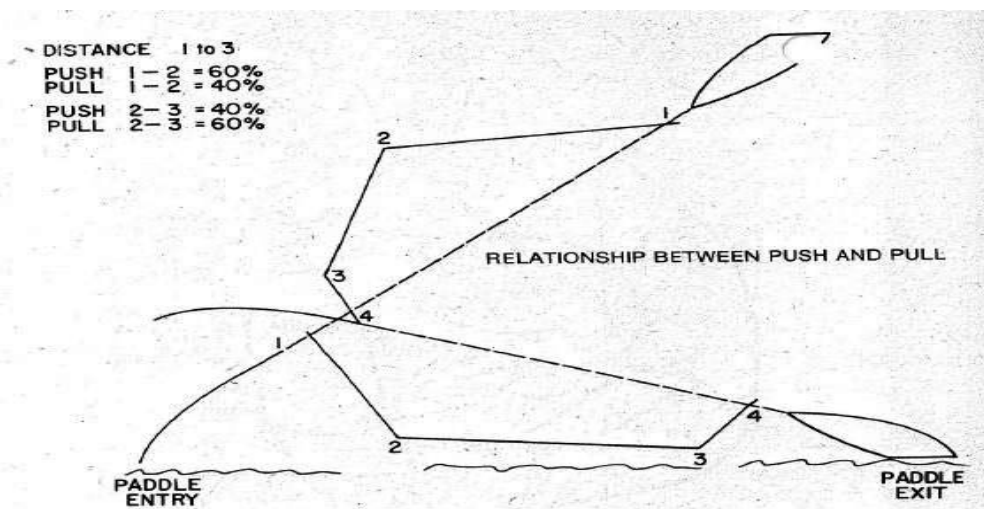


Figura 7 - Dinâmica dos movimentos de "empurrar" e "puxar" (Plagenhoef, 1979).

inferior da posição 1 para a 2, e a mão inferior move-se mais do que a superior da posição 2 para a 3. Portanto, o movimento da mão superior da posição 1 para a 2 produz um eixo de rotação baixo e posteriormente o movimento da mão inferior cria um eixo de rotação elevado que restringe o movimento da mão superior. Deste modo, a pagaiada utiliza dois tipos de alavancas: alavanca de primeira classe e alavanca de terceira classe (Figura 8) (Cox, 1992). A primeira é quando o MS de cima aplica força no tubo da pagaia (empurrar) e o MS oposto é o eixo de rotação (eixo de rotação baixo) estando a carga no centro da pá. A alavanca de terceira classe é quando o MS de baixo aplica força no tubo da pagaia e a mão de cima é o eixo de rotação sendo que a carga encontra-se na mesma no centro hipotético de forças na pá (Cox, 1992). Este autor no seu livro “A ciência da canoagem” referiu que muitos autores afirmam que a alavanca de primeira classe está mais presente na primeira parte da pagaiada e a alavanca de terceira classe na segunda parte da pagaiada (a partir da verticalidade da pagaia). A primeira alavanca referida é a mais eficiente do ponto de vista da produção de força e a segunda é mais eficiente para a velocidade, daí que a primeira parte da pagaiada é a mais forte e a segunda mais fraca mas, mais rápida (Cox, 1992).

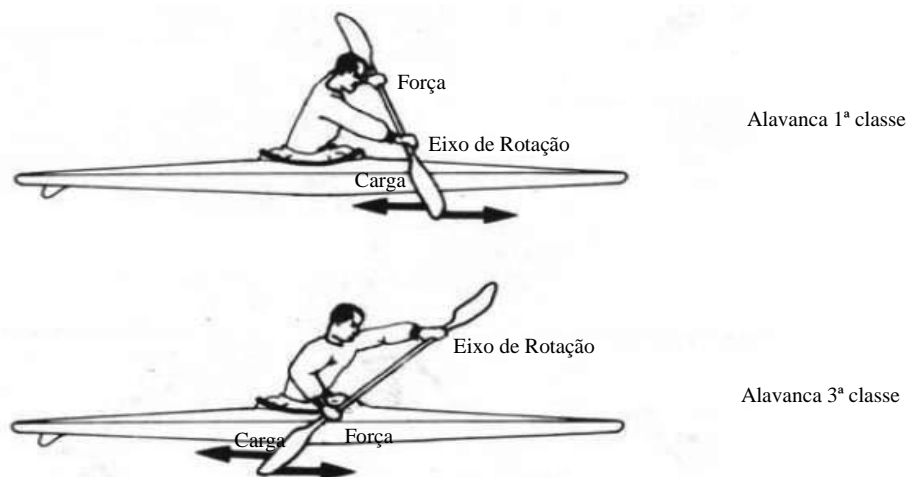


Figura 8 - Alavancas na técnica de pagaiar (adaptado de Cox, 1992).

Neste sentido, o momento em que a MS realiza a extensão é importante, pois, segundo Plagenhoef (1979) é crítico na produção dos eixos de rotação da pagaia. Portanto, em sequência, no livro “Entrenamiento en piraguismo de aguas tranquilas” no capítulo 7 com o título “Técnica kayak en 200 metros” que descreve a pagaia de impulso, Folgar, Cárceles e Mangas (2014) citaram Nikonorov (1985) para exporem que um eixo de rotação é mais alto quando a mão que empurra move-se para frente de forma mais lenta do que a mão que traciona vai para trás, encarando este aspeto como uma característica de uma técnica em caiaque eficiente. Os autores realçaram que o peso do corpo deve ser colocado sobre a mão que empurra (mão de cima) e assim converter-se em parte da sinergia que transmite a pressão do empurrar desde o finca pés e rotação do tronco para a pá da pagaia. Se a fixação da pá da pagaia à água for correta nada se move para trás, nem mesmo a mão de tração. Outro dos aspetos que os autores citaram que é determinante no desempenho do atleta é a fixação da estrutura, designado como “*frame*”. Este permite transmitir o impulso através do corpo e é formado pela pélvis e pá da pagaia conectados através dos MS de tração e de empurrar e os músculos do tronco. Esta estrutura deve ser rígida e irá se mover por oscilação da cintura pélvica em resultado das forças exercidas pelos MI no finca pés e *foot-strap*. O “*frame*” bem bloqueado permitirá aos atletas a aplicação de maior força e menor gasto de energia, pois, permite o uso dos músculos fortes dos MI para mover o caiaque em detrimento dos músculos de menor dimensão e minimiza os movimentos do corpo para trás (Nikonorov, 1985, citado em Folgar et al., 2014). Assim, para realizar a rotação da região superior do corpo deve-se privilegiar os músculos dos MI em vez dos do tronco. Esta rotação depende da ação de empurrar o finca pés e de tracionar o *foot-strap* (Figura 9).

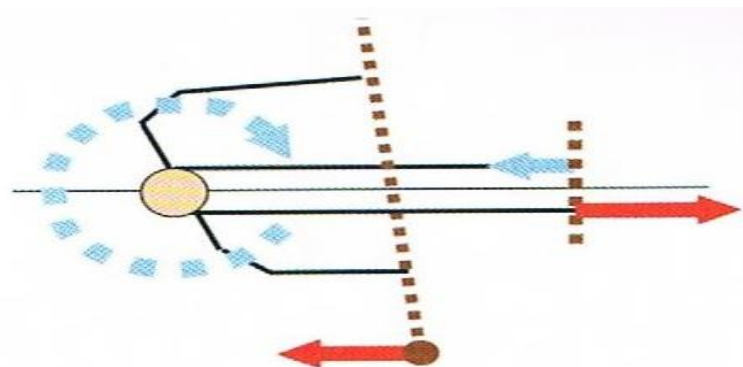


Figura 9 - Rotação resultante da ação dos MI (Nikonorov, 1985, citado em Folgar, Cárceles & Mangas, 2014)

Nikonorov (1985) citado em Folgar et al. (2014), relatou que durante a fase aérea, o MI que empurra o finca pés na pagaiada seguinte, começa a sua ação antes da subfase ataque para acelerar a embarcação (Figura 10).

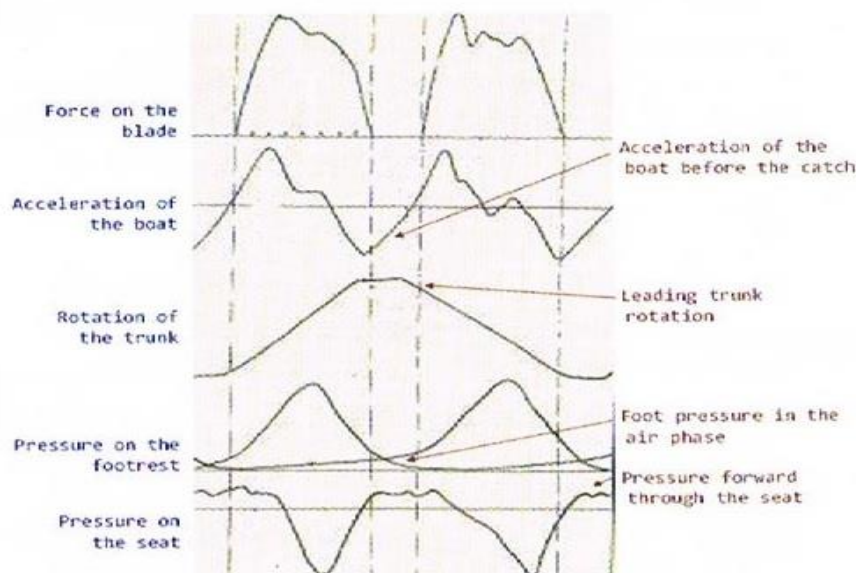


Figura 10 - Curvas Força-Tempo da técnica (Nikonorov, 1985, citado em Folgar, Cárceles & Mangas, 2014).

Com base no exposto anteriormente, denota-se que no movimento da pagaiada à uma grande dependência dos MI, e por isso, estes são determinantes para um bom desempenho.

2.7. Cinética dos MI na pagaiada

Tem-se verificado ao longo dos anos um maior envolvimento dos MI na pagaiada em caiaque. Do trabalho desenvolvido pelos MI estará muito dependente o desempenho, daí a grande importância de ser estudada. Contudo é muito reduzida a investigação acerca da ação/contributo dos MI durante a pagaiada – impacto no desempenho.

Michael et al. (2009) relatou que o movimento lateral característico do uso da pagaia “wing” permite uma grande rotação do tronco com uma grande extensão dos MI (grande dinâmica dos MI). Num estudo, recorrendo à comparação de dois testes, um com banco rotativo e outro fixo, o banco rotativo permitiu maior rotação da cintura pélvica com uma estabilização do tronco o que resultou num melhor desempenho (Fohanno,

Colloud, Mansour, & Lacouture, 2011). Assim, pode-se constatar que uma maior rotação da cintura pélvica (dependente da ação dos MI) está associada a atletas mais experientes (Limonta et al., 2010). Limonta et al. (2010) realizaram um estudo com atletas de três níveis diferentes (elite vs intermédio vs lazer), e concluíram que a amplitude do joelho (em graus) na ação dos MI durante a subfase de tração era significativamente maior no grupo de elite comparativamente com os outros dois grupos. Esta maior amplitude permite uma maior rotação da cintura pélvica e conseqüentemente ajuda na capacidade de rotação do tronco e dos ombros. A menor rotação da cintura pélvica e do tronco (nível intermédio e lazer), segundo Limonta et al. (2010), pode estar associada à fraqueza da musculatura abdominal, da região lombar e da coxa. Explicaram também que a rotação do tronco é usada para aumentar amplitude do movimento e usar a componente elástica dos músculos e tecidos associados, podendo ajudar os MS a aplicar maior força na pagaia seguinte. Assim, se estas ações são importantes para o desempenho e dependem da ação dos MI, então estes assumem um papel preponderante na pagaia. Limonta et al. (2010) verificaram que os atletas de elite apresentaram uma assimetria não significativa na amplitude do joelho ao contrário dos outros dois grupos. Também Brown, Lauder, & Dyson (2010) no que diz respeito ao pico de ativação do reto femoral não encontraram diferenças significativas entre MI direito e esquerdo, ou seja, os atletas (nível internacional) apresentaram uma ativação simétrica. Será que ao nível das forças aplicadas no finca pés, também os melhores atletas são menos assimétricos?

Logan e Holt (1985) citado em Brown et al. (2010) referiram que os MS apenas serviam para orientar a pagaia e que músculos de maiores dimensões (não especificados) serviam para o trabalho propulsivo. Desta forma, e passando a explicar a sua dinâmica, o MI do lado do trajeto aquático empurra o finca pés durante a extensão do mesmo, à qual resulta um movimento da cintura pélvica para trás em relação ao caiaque e na mesma direção que a força propulsiva da pá (Figura 11 - 1). Este movimento, teoricamente, permite que a força seja usada para impulsionar o caiaque para a frente (Nilsson & Rosdahl, 2016). Do lado oposto, o MI realiza uma flexão, puxando a cintura pélvica na direção do pé que está preso ao *foot strap* (Figura 11 - 2). Deste modo, as ações de empurrar (forças de compressão) e de puxar (forças de tração) sobre o finca pés e *foot strap* permite a rotação da cintura pélvica levando a que um momento de força seja produzido (Nilsson & Rosdahl, 2016).

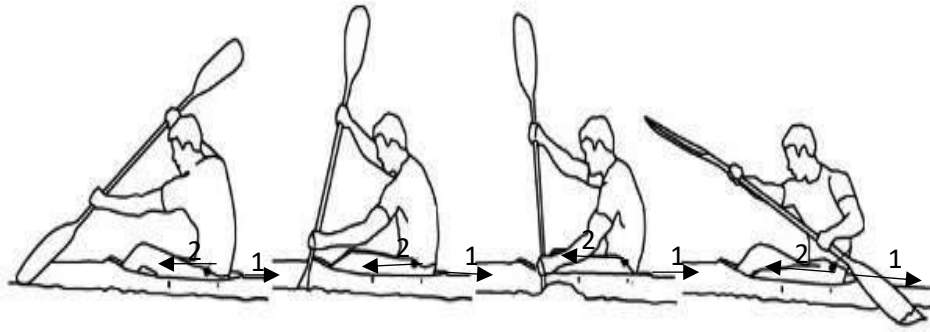


Figura 11 - Movimento da cintura pélvica durante uma pagaiada do lado esquerdo (adaptado de Nilsson, 2016).

Alguns autores têm-se dedicado ao estudo da contribuição dos MI durante a pagaiada em caiaque ergómetro e caiaque (Begon, Colloud, & Lacouture, 2009; Begon, Colloud, & Sardain, 2010; M. B. Brown et al., 2010; Lee, 2014; Lee & Nam, 2012; Nilsson & Rosdahl, 2016; Petrone, Isotti, & Guerrini, 2006). Petrone, Isotti, & Guerrini (2006), ao analisarem as forças exercidas no finca pés por 5 atletas femininas, concluíram que a melhor atleta (medalha de ouro olímpica) apresentou a melhor simetria das forças aplicadas no finca pés (forças de compressão), e por isso, aconselharam que numa análise a atletas de elite deve-se ter em conta a simetria destas forças. Mais tarde, em estudos que incluíram o *foot strap* concluíram que as forças de compressão eram maiores e que as de tração se aproximavam mais do zero (Begon et al., 2009) podendo estas ser alteradas em função da modificação dos ângulos do joelho. Os atletas que apresentem mais flexão do joelho (90° e 120°) conseguem realizar maior rotação da cintura pélvica e tronco e ainda gerar mais potência (pressão plantar máxima) e cadência e amplitude de pagaiada maiores (Lee & Nam, 2012). Lee (2014) no seu estudo com um barco insuflável (não ideal) com atletas com uma experiência de canoagem de 4 anos, concluiu que os atletas quando usaram *foot strap* apresentaram uma diminuição significativa na duração de um ciclo de pagaiada, nos ângulos do joelho, nos ângulos de rotação do tronco (aspecto negativo) e ainda da oscilação lateral do barco, podendo estes aspetos estarem associados a melhores desempenhos. Também num estudo que analisou a ativação da musculatura a pagaiar, verificaram que o reto femoral esquerdo apresentou uma relação significativa e positiva com a média e o pico de força da pagaiada direita, sugerindo o papel importante que o MI de tração desempenha no complemento da força da pagaiada, produzindo força

no sentido de fletir o joelho e deslocar a cintura pélvica na direção do deslocamento do caiaque (M. B. Brown et al., 2010).

Quando comparado testes que envolvem restrição e não restrição da cintura pélvica (caiaque ergómetro), os movimentos dos MI estão associados a melhores velocidades da pá na água (+ 0,2 a 0,4 m·s⁻¹) para uma velocidade do caiaque de 4 m·s⁻¹, a melhores impulsos da força da pagaiada (+ 3,5 N·s), a incrementos significativos de força em todo o ciclo de pagaiada, à diminuição do trabalho mecânico (- 4%) e a melhor propulsão (+ 6%) e conseqüentemente o desempenho (+ 6%) (Begon et al., 2010). Posteriormente, noutro estudo, foram realizados testes de 10 segundos à máxima velocidade em caiaque com restrição e não restrição dos MI e concluiu-se que a restrição dos MI (diferenças significativas) leva a uma redução da velocidade do caiaque (- 16%), da força média bilateral da pagaiada (- 21%) e das forças bilaterais de compressão e tração, no entanto, em termos do padrão temporal da ocorrência do pico de força da pagaiada, do finca pés e do *foot strap* não houve alterações significativas (Nilsson & Rosdahl, 2016). Assim, a restrição dos MI está mais associada com a produção de força, deixando o padrão temporal intacto (Nilsson & Rosdahl, 2016). Num estudo de concepção de um finca pés instrumentado, o autor ao comparar atletas de diferentes níveis, a magnitude do pico de força não se mostrou determinante, por outro lado, no que diz respeito ao impulso, parece estar associado a atletas com maior sucesso (Sousa, 2012).

A tabela 1 apresenta as forças determinadas em cinco estudos realizados com finca pés instrumentados, sendo que a força máxima representa as forças de compressão e a mínima as forças de tração.

Tabela 1 - Forças aplicadas no finca pés apresentadas em estudos anteriores.

Autor	Ambiente	Amostra	NA	FP	Força finca pés		PFP
					Mínimo	Máximo	
(Nilsson & Rosdahl, 2016)	Caiaque	5 (homens)	NN, NI MM, ME	Média de 104 PPM	- 220 N	400 N	± 450 N
(Sousa, 2012)	CE	7 (6 homens e 1 mulher)	5 NN, 1 NI 1 MO	Velocidade máxima)	-444 N	1087 N	---
(Sturm, Yousaf, & Eriksson, 2010)	CE	2 (não refere género)	NR	Controlo por potência (160w max)	---	140 N	± 180 N
(Begon et al., 2009)	CE c/ cm	10 Homens	NI	92 PPM	-300 N	865 N	331 N
(Petrone et al., 2006)	CE	5 Mulheres	1MO 4 CN	90 PPM	---	320N	---

Notas: CE, caiaque ergómetro; CE c/cm, caiaque ergómetro com carrinho móvel; NN, nível nacional; NI, nível internacional; ME, medalhados em europeus; MM, medalhados em mundiais; MO, medalhado olímpico; NR, nível recreativo, CN, campeão nacional; FP, frequência de pagaiada (pagaiadas por minuto); PFP, pico de força da pagaiada.

Como se pode constatar pelos estudos apresentados, é evidente a importância que os MI apresentam na canoagem. Estes estudos não têm associado a dinâmica destas forças a testes de desempenho. Neste sentido, pretendemos perceber a relação de forma a determinar as características associadas um bom desempenho. Assim, gostaríamos que as conclusões deste estudo fossem suficientes para criar um guia de auxílio aos treinadores para melhorarem a informação que transmitem aos seus atletas.

3. OBJETIVOS

A canoagem é uma modalidade desportiva com escassez de estudos, ainda mais quando relativos à biomecânica da canoagem, mais especificamente no que concerne a variáveis cinéticas, dados os constrangimentos impostos pela água e condições atmosféricas, daí uma maior prevalência de estudos em simuladores. Os escassos estudos cinéticos têm-se centrado principalmente no estudo das forças aplicada na pagaia, sendo ainda em menor número os estudos referentes à força exercida pelos membros inferiores no finca pés e foot strap. Assim, é objetivo geral do presente estudo caracterizar o perfil e magnitude das forças exercidas pelos membros inferiores em atletas de elite de canoagem em caiaque ergómetro e perceber qual a sua coordenação com as forças exercidas na pagaia. Neste sentido destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Perceber a relação em termos de magnitude e duração na aplicação de força de compressão, de tração e na pagaia;
- Estudar a simetria de aplicação de forças entre o lado esquerdo e direito;
- Analisar possíveis relações entre as variáveis cinéticas e o desempenho num esforço de 2 min em formato de simulação de prova em caiaque ergómetro;
- Perceber a forma de coordenação das forças aplicadas na pagaia com as forças aplicadas no finca pés e *foot strap*;
- Analisar diferenças, em termos de magnitude e perfil das forças, entre o atleta com melhor e pior desempenho no teste de 2 min em caiaque ergómetro.

4. METODOLOGIA

4.1. Caraterização da amostra

Participaram voluntariamente neste estudo, 13 canoístas do sexo masculino, todos eles com participações em provas internacionais no escalão de sub-23 e sénior. Neste grupo estavam incluídos dois atletas medalhados em europeus e mundiais do escalão absoluto e ainda com participações Olímpicas, sendo que um deles medalhado em Jogos Olímpicos (JO). Assim, as suas idades, estatura, massa corporal, anos de prática, horas semanais de treino e participações internacionais eram $23,31 \pm 4,89$ anos, $1,79 \pm 0,57$ metros, $79,70 \pm 5,70$ kg, $13 \pm 6,51$ anos, $19,54 \pm 5,64$ horas e 13 ± 18 participações, respetivamente (média \pm desvio padrão).

A seleção da amostra foi feita com base na experiência internacional que os atletas tiveram e ainda pelo tempo feito nos 500 metros na Taça de Portugal de velocidade (99 s – 108 s), de forma a escolher os melhores atletas disponíveis para integrarem a amostra. Os referidos atletas, durante o processo de recolha de dados, encontravam-se a participar num estágio da seleção nacional de sub-23 e seniores, o que permitiu controlar as cargas de treino para que no dia do teste estivessem aptos. Este requisito na seleção da amostra limitou a possibilidade de ser mais alargada. Foi dito aos atletas para manterem a sua dieta e estarem bem hidratados.

Todos os sujeitos da amostra já tinham utilizado o caiaque ergómetro em treino ou em situação de avaliação e controlo do treino. Deste modo, todos os atletas estavam familiarizados com os equipamentos e procedimentos aplicados (desempenhos de alta intensidade em caiaque ergómetro).

Antes da recolha de dados, todos os atletas foram informados da natureza e objetivos do estudo, da estrutura do protocolo, bem como do preenchimento do termo de consentimento (anexo I). Todos os atletas demonstraram interesse e disponibilidade para participar no estudo.

4.2. Caracterização antropométrica

As medidas antropométricas analisadas foram: estatura; massa corporal; perímetro da coxa; perímetro da perna; comprimento do MI; comprimento da perna; e comprimento da coxa. A estatura foi medida através do Estadiómetro portátil Bodymeter 206, a massa corporal na Balança digital portátil Seca, modelo 770, as circunferências com uma fita métrica plástica para perímetros até 2 metros e as restantes medidas com o antropómetro CESCORF. As técnicas de medição antropométrica foram realizadas com base no livro da International Society for the Advancement of Kinanthropometry (2001) (ISAK) intitulado de International Standards for Anthropometric Assessment. O procedimento de medição está explicado no Anexo II. Foram realizadas duas medições para cada uma, não consecutivas (separadas por uma hora), de forma a calcular o erro técnico de medição (Tabela 18 - Anexo II). O erro técnico de medição para um antropometrista iniciante varia entre 0,1% e 2% em todas as medições exceto as pregas cutâneas (Perini, Oliveira, Ornellas, & Oliveira, 2005). Outra medida retirada foi a distância entre o banco e o finca pés (Ong, Elliott, Ackland, & Lyttle, 2006). Todas as medidas antropométricas e a distância entre o banco e o finca pés foram correlacionadas com as médias dos valores esquerdo e direito das forças aplicadas no finca pés e na pagaiada.

4.3. Instrumentos e procedimentos

4.3.1. Caiaque Ergómetro

A canoagem é uma modalidade náutica que se pratica em rios e lagos, muitas vezes influenciados por correntes das marés e ainda pelas condições atmosféricas. De forma a permitir a sua prática, mesmo em situações de condições muito adversas, para além de permitir a avaliação em ambiente controlado de laboratório, foram desenvolvidos aparelhos simuladores que têm vindo a ser otimizados de forma a tornar o esforço e técnica o mais semelhante à situação real de prática. O caiaque-ergómetro permite que o atleta adote uma postura semelhante à do caiaque, onde realiza o movimento de pagaiar com um tubo semelhante ao de uma pagaia (Gomes, 2008) (Figura 12).



Figura 12 - Caiaque ergómetro Dansprint com ecrã de dados (Dansprint).

O ergómetro escolhido foi o modelo *Dansprint-Pro* da marca *Dansprint*. O cálculo da potência no caiaque-ergómetro *Dansprint* é feito com base na determinação da energia cinética produzida pelo atleta e é independente do ajuste da resistência. Este caiaque ergómetro apresenta 10 níveis de resistência que simulam as forças de atrito no casco do caiaque, tendo em conta a massa corporal do atleta, pois para um atleta com menos massa corporal, o caiaque apresenta menos superfície do casco em contacto com a água, querendo isto dizer que, para a mesma potência gerada um atleta com menos massa corporal irá apresentar maior velocidade (Dansprint, 2018). Assim, os níveis de resistência têm de ser ajustados à massa corporal do atleta e segundo o fabricante a velocidade que permite a aproximação da pagaiada em caiaque (água) é de 3 a 5 m·s⁻¹, ou seja, velocidades de treino e competição. Para isso, Gomes (2008), com base nas indicações do fabricante, contruiu a seguinte tabela:

Tabela 2 - Resistência do caiaque ergómetro em relação à massa corporal do atleta (Gomes, 2008).

MC (kg)	<50]50-55]]55-60]]60-65]]65-70]]70-75]]75-80]]80-85]]85-90]	>90
Resistência	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Notas: MC, massa corporal

Este caiaque ergómetro apresenta em tempo real dados como: tempo, distância percorrida, velocidade ou potência, frequência de pagaiada e frequência cardíaca. Permite estabelecer ligação ao computador (*software Dansprint* versão 1.10) sendo possível

salvar o ficheiro em formato Excel com a seguinte informação a cada pagaiada: tempo (s), distância percorrida (m), velocidade ($m \cdot s^{-1}$), potência (*watts*), frequência de pagaiada ($pag \cdot min^{-1}$), deslocamento por pagaiada ($m \cdot pag^{-1}$), tempo por pagaiada ($s \cdot pag^{-1}$), frequência cardíaca ($bat \cdot min^{-1}$) e distância da fase aquática da pagaiada (m). Dos indicadores de desempenho fornecidos pelo caiaque ergómetro escolhemos a potência uma vez que Bjerkefors, Tarassova, Rosén, & Zakaria (2017) relatou um coeficiente de correlação forte ($r = 0.999$) entre a potência dada pelo caiaque ergómetro e determinada pela análise tridimensional juntamente com a medição de força da pagaiada.

A calibração do aparelho foi realizada medindo a tensão dos elásticos com um comprimento das cordas da pagaia de 2 m. A tensão foi medida com uma balança eletrónica portátil da marca *WeiHeng* (Figura 13). A tensão do elástico direito era 1,55 kg e o esquerdo de 1,50 kg. Depois de verificada a tensão, foi dado um nó em cada elástico para que não cedesse. Esta tensão foi encontrada com base na sensação de alguns atletas (semelhança à água) e sem que a corda da pagaia ficasse lassa.



Figura 13 - Tensão do elástico.

Na bibliografia, é possível encontrar estudos que tenham validado o caiaque ergómetro do ponto de vista fisiológico (K A Van Someren, Phillips, & Palmer, 2000), no entanto, como este estudo é incluído no âmbito da biomecânica é necessário averiguar quais as principais diferenças a este nível. Páez, Díaz, Lora, & Corrales (2010) na tentativa de validar o caiaque ergómetro *Dansprint*, ao comparar caiaque vs caiaque ergómetro em exercício progressivo concluíram que não havia correlação ao nível da

velocidade, mas que na cadência da pagaiada havia uma correlação forte ($r=0.976$; $p<0,001$). Já noutro estudo verificaram-se diferenças significativas ao nível da ativação muscular do *Latissimus Dorsi*, *Triceps Brachii* (menor em caiaque ergómetro) e *Anterior Deltoid* (maior em caiaque ergómetro), não havendo diferenças no *Vastus Lateralis*. Como se pode constatar na ativação muscular, verificaram-se algumas diferenças ao nível dos MS contrariamente aos MI. No entanto, quando os autores verificaram a força da pagaiada não houve diferenças estatisticamente significativas ao nível do pico de força da pagaiada, do tempo até ao pico e do impulso (Fleming, Donne, Fletcher, & Mahony, 2012). Deste modo, pode-se constatar que não existiram diferenças significativas na força da pagaiada, o que para nós se torna importante pois o nosso estudo é no âmbito da cinética. Os estudos que validam este caiaque ergómetro são em número muito reduzido, no entanto, são promissores. Sabemos que pagaiar em caiaque ergómetro (por experiência) é algo diferente, mas com estes estudos a validar este aparelho, existe alguma confiança para ser usado, conseguindo determinar as variáveis em causa num ambiente controlado.

4.3.2. Finca pés instrumentado e células de carga na pagaia (corda)

O finca pés (Figura 14) utilizado foi desenvolvido por Sousa (2012) no seu estudo de mestrado que tinha como objetivo primordial criar um sistema capaz de quantificar as forças geradas em cada lado do finca pés (esquerdo e direito). Este finca pés foi contruído em alumínio, pois segundo o autor este material é de fácil obtenção, resistente e maquinagem em comparação com o material compósito (finca pés originais). Apresentava duas metades de finca pés (direito e esquerdo) que foram ligados por quatro apoios (células de carga unitárias) a uma estrutura com a forma idêntica a um finca pés original. Estas células de carga funcionam nos dois sentidos (compressão e tração).



Figura 14 - Finca pés instrumentado (Sousa, 2012).

O autor utilizou as células de carga das balanças de pesagem, onde cada balança apresenta quatro células de carga unitárias e cada uma delas apresenta uma grelha de dois extensómetros. Estes extensómetros permitem determinar o estado de deformação numa zona específica de um corpo com base no conhecimento das deformações em três direções distintas (Sousa, 2012). Assim, o autor relacionou um valor de tensão lida com uma carga aplicada à célula de carga.

O autor para verificar qual o posicionamento realizou uma análise estrutural da célula de carga unitária (Figura 15). Assim, a disposição das células de carga foi a seguinte: dois extensómetros com direção longitudinal na parte superior do finca pés, um extensómetro transversal, no apoio da planta do pé e outro longitudinal no apoio do calcanhar, mas com sentido contrário aos do topo do finca pés (Sousa, 2012). O autor para verificar a sensibilidade do sistema procedeu a nove ensaios aumentando a carga em 25 N até um total de 219,580 N. Os pesos calibrados foram colocados na célula de carga, sendo que dos valores medidos, o coeficiente de correlação foi 0,9996 em ambos os lados. Após este procedimento, verificou a independência da posição de força tendo alcançado valores de erro relativo de 0,53% e 0,23%, respetivamente para a esquerda e direita (Sousa, 2012). Deste modo, as células de carga do finca pés instrumentado apresentam ótima sensibilidade.

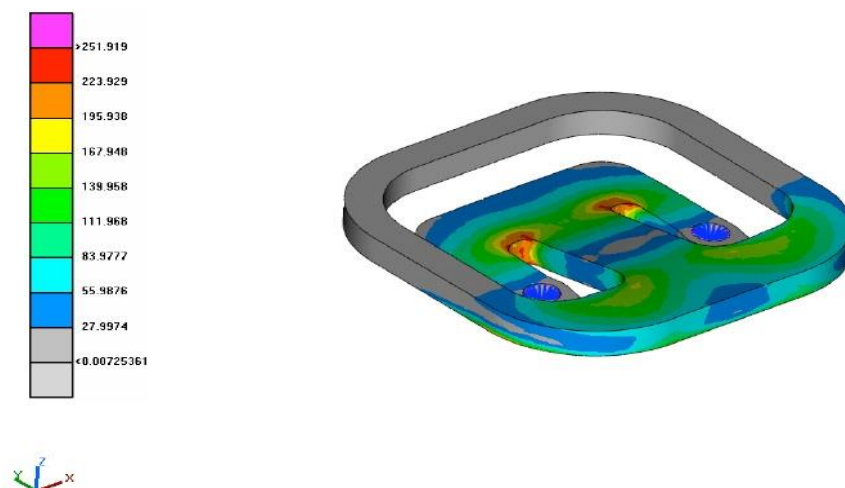


Figura 15 - Tensão da célula de carga unitária simulada por cálculo estrutural (Sousa, 2012).

A força da pagaia foi medida da mesma forma que as forças no finca pés, utilizando células de carga. Neste caso, as células de carga foram colocadas numa base de alumínio em que a corda do ergómetro passa por essa base, permitindo assim ver qual o valor de tensão associado e posteriormente a força exercida na pagaia (Figura 16). Foi feito um nó específico para agarrar a corda da célula de carga, deixando a corda do caiaque ergómetro sem tensão. Desta forma, a tensão da corda do caiaque ergómetro passava pela célula de carga.



Figura 16 - Célula de carga na pagaia (corda).

A recolha, processamento e armazenamento de dados foi realizada através de um sistema de medição eletrónico para computadores (HBM Spider8, Darmstadt, Alemanha) (figura 17), que executa a medição elétrica de variáveis mecânicas tais como: tensão, pressão, força, aceleração e temperaturas. Na recolha foi usada uma frequência de amostragem de 100 Hz, produzindo pontos suficientes para analisar corretamente o perfil de força do ciclo de uma pagaiada (Sousa, 2012).



Figura 17 - Condicionador de Sinal, Spider 8 - HBM (Sousa, 2012).

No momento do teste, as células apresentavam-se calibradas, no entanto, antes de cada teste era feito o “zero”, garantindo que nenhum ruído anterior pudesse afetar a medição seguinte. O zero é feito sem aplicação de força, ou seja, sem os pés a pressionarem as células de carga, sendo expectável que ao retirar os pés no final do teste, ambas as linhas dos gráficos tendem aproximar-se de zero. Daí que seja expectável que a transição da compressão para a tração seja feita acima de zero.

4.3.3. Protocolo

Iniciamos com a recolha dos dados antropométricos pela manhã (11h horas) para posterior, caracterização da amostra. O teste em caiaque ergómetro foi realizado da parte da tarde. Antes da realização do teste foi instalado o finca pés no caiaque ergómetro e as células de carga no cabo (Figura 18). Como as células já estavam calibradas apenas foi necessário a sua montagem.

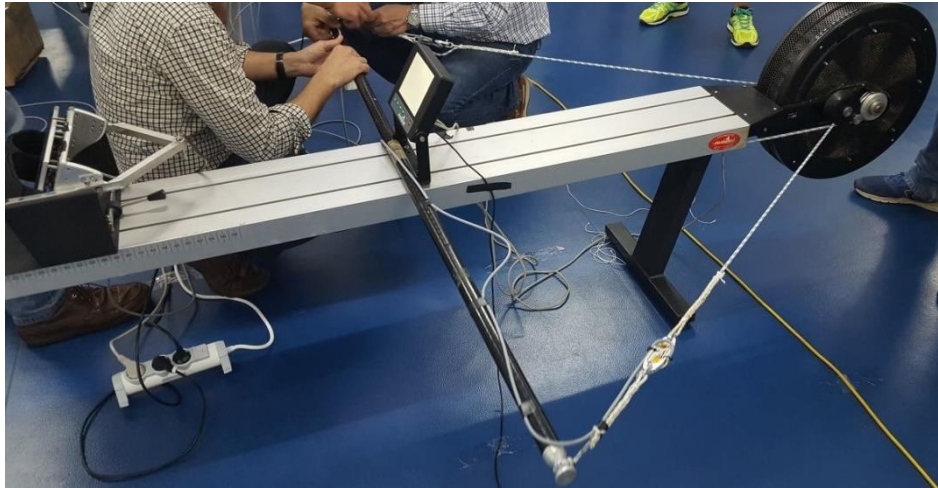


Figura 18 - Montagem das células de carga na corda e instalação do finca pés.

Antes do atleta iniciar o teste, foi anotada a distância entre mãos e a distância entre o banco e o finca pés, após o atleta pagaiar de forma “natural”. Posteriormente, como se pode ver na figura 19, os atletas encontravam-se na posição comum de largada (pagaia esquerda à frente) e após o sinal verbal de partida iniciavam o teste máximo de 2 min (simulando uma prova de 500m) conforme utilizado em avaliações cinéticas em caiaque ergómetro (Bishop et al., 2014; Michael et al., 2012).



Figura 19 - Posição comum de largada utilizada no teste.

Previamente à realização do teste de 2 min o atleta realizou um protocolo de aquecimento que incluía 5 min de mobilização articular, um aquecimento intermitente de alta intensidade que demonstrou ser vantajoso em termos de desempenho quando comparado com um aquecimento contínuo (Bishop et al., 2014) (Figura 20). Após o

aquecimento os atletas descansavam passivamente durante 5 min. Depois do teste de 2 min os atletas recuperavam ativamente durante dez minutos numa bicicleta estática.

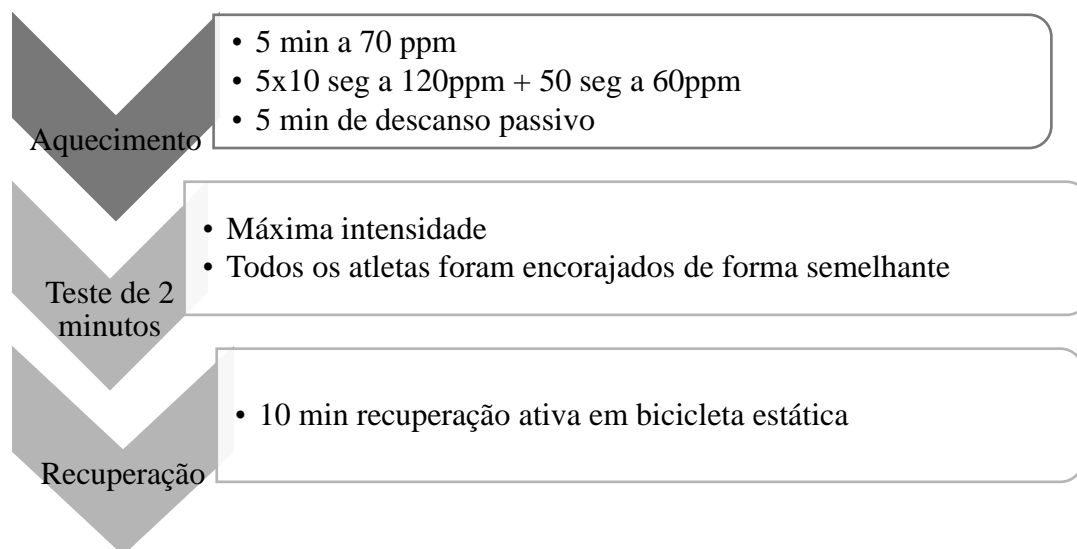


Figura 20 - Esquema do protocolo utilizado em caiaque ergómetro. Notas: min, minutos; seg, segundos; ppm, pagaiadas por minuto.

4.3.4. Questionário

Durante a recolha dos dados foi distribuído um questionário para caracterizar a nossa amostra. As questões efetuadas foram: anos de prática; horas semanais de treino; número de representações na Seleção Nacional; número de participações em Jogos Olímpicos; número de medalhas nos últimos 5 anos; importância dos MI (sim ou não); maior força de compressão ou tração; aplicação primeiramente de força compressão, de tração ou em simultâneo; aplicação primeiramente de força com os MI, MS ou em simultâneo.

4.4. Análise de Dados

Previamente à análise no SPSS, os dados foram tratados no MATLAB R2016a através de uma rotina produzida especificamente para esta tipologia de dados. Esta rotina permitiu uma análise detalhada dos dados e computar um conjunto diversos de variáveis.

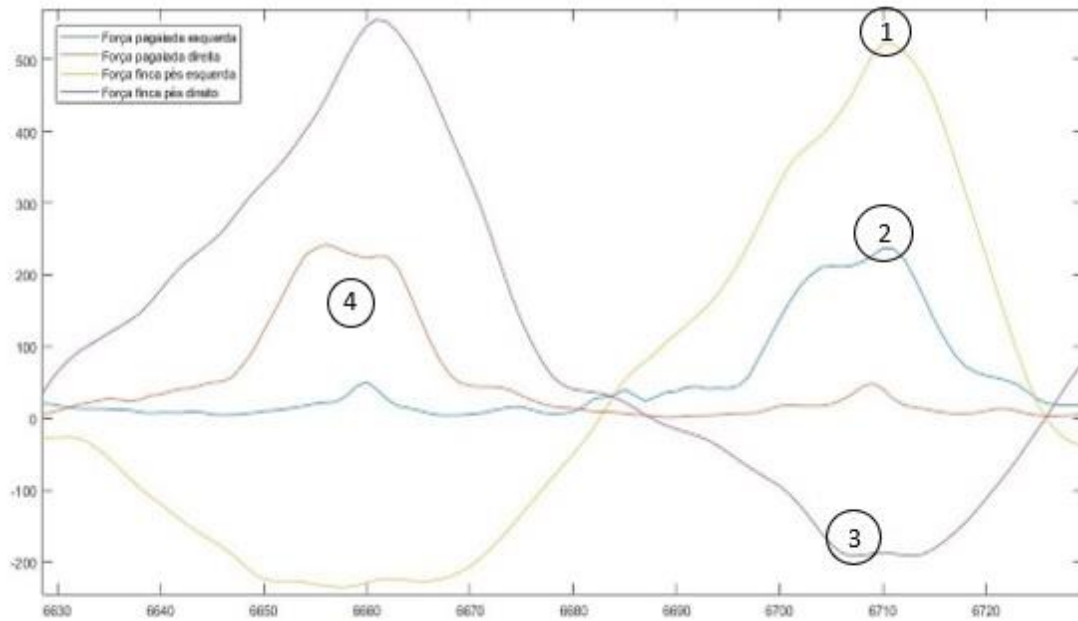


Figura 21 - Representação das curvas de força da compressão, tração e pagaiada. 1 – pico de força da compressão; 2 – pico de força da pagaiada; 3 – pico de força da tração; 4 – impulso.

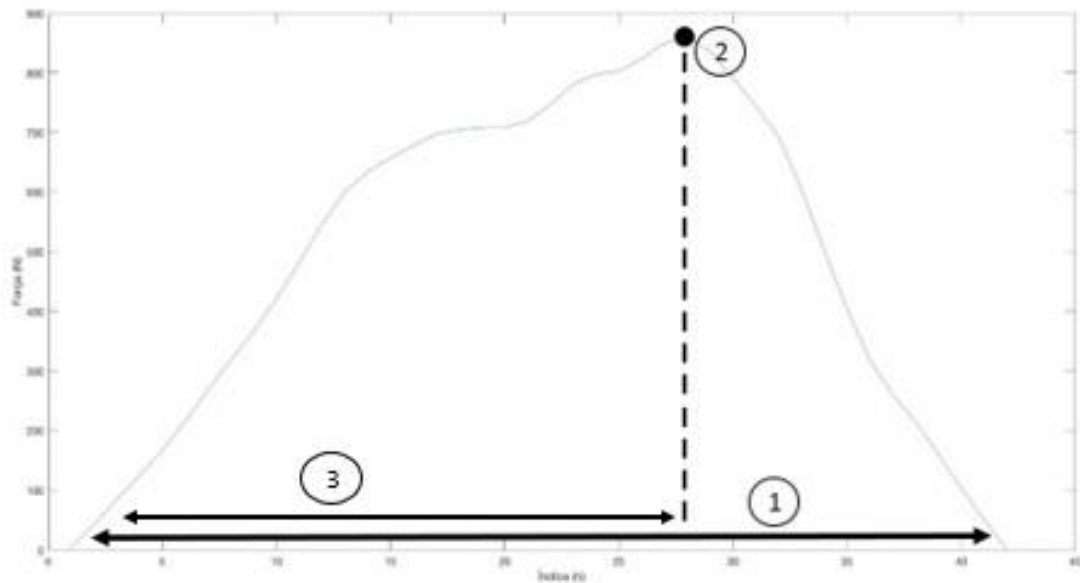


Figura 22 - Curva de força de uma compressão. 1 – duração de aplicação de força; 2 – ponto temporal do pico de força; 3 – tempo até ao pico de força.

Na figura 21 e 22 estão presentes algumas variáveis analisadas durante as forças propulsivas exercidas pelos MI e MS. O valor máximo da força de compressão, tração e

pagaiada (pico de força), o tempo que demora aplicação das forças desde início até terminar (duração de aplicação de força), média dos valores de força (força média), referência temporal em que acontece o pico de força (ponto temporal do pico de força), tempo até ao pico de força, área abaixo da curva de força (impulso) e o perfil da curva de força (rácio força média/pico de força). Este rácio indica se uma curva de força apresenta uma forma retangular ou triangular, respetivamente. A forma retangular perfeita exhibe uma percentagem de 100% (força constante) e a forma triangular perfeita de 50% (Kleshnev, 2008). Este autor relata que o rácio em remo varia entre 38% e 64% com uma média de $50,9 \pm 4,5\%$ (média \pm desvio padrão).

4.5. Análise estatística

A análise de dados foi realizada com recurso ao software SPSS 25 (IBM SPSS). Como esta investigação é de natureza quantitativa e a amostra é constituída por um número reduzido de sujeitos ($n=13 < 30$) foram utilizados testes não paramétricos, ou seja, para analisar as diferenças entre as forças de compressão, de tração e da pagaiada (picos de força, força média, impulso, tempo de aplicação de força e rácio força média/pico de força (fm/pf)) do lado direito e do esquerdo iremos usar o teste de Wilcoxon. Para determinar a correlação entre as forças aplicadas no finca pés e na pagaia iremos usar a correlação de Spearman- Rank, pois esta é utilizada em casos de estatística não paramétrica. Neste estudo iremos usar um intervalo de confiança de 95%, isto é, um valor de corte de 0,05 para o valor-p, sendo que para um valor de $p < 0,05$ aceitamos que há relação entre as variáveis estudadas ou que existem diferenças estatisticamente significativas. Como o valor de força da tração é negativo (simboliza o sentido da força) é normal que aquando das correlações se verifiquem relações inversamente proporcionais, não querendo dizer que uma variável aumenta e a outra diminui, mas sim que quando uma aumenta no sentido positivo a outra (tração) aumenta no sentido negativo. Caso o valor de força da tração fosse positivo ambas tenderiam a aumentar no sentido positivo e assim a correlação já seria positiva. Apenas as questões temporais da tração é que apresentam valores positivos.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados está organizada da seguinte forma:

- 5.1. Caracterização da amostra;
- 5.2. Estudo das forças aplicadas no finca pés;
- 5.3. Estudo das forças aplicadas na pagaia;
- 5.4. Estudo da relação das forças aplicadas no finca pés e na pagaia;

5.1. Caracterização da amostra

Como referido no capítulo da metodologia, a amostra foi composta por 13 atletas com participações em provas internacionais no escalão de sub-23 e sénior, e com uma média de idade de $23,31 \pm 4,89$ anos. A caracterização antropométrica está presente na tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização antropométrica da amostra do estudo.

Caraterísticas antropométricas	Média \pm DP
Estatura (cm)	$179 \pm 5,7$
Massa Corporal (kg)	$79,70 \pm 5,70$
Circunferência Coxa (cm)	$59,17 \pm 10,19$
Circunferência Perna (cm)	$36,84 \pm 1,61$
Comprimento MI (cm)	$92,77 \pm 3,79$
Comprimento Perna (cm)	$48,73 \pm 3,26$
Comprimento Coxa (cm)	$44,04 \pm 2,21$
Distância banco - finca pés (cm)	$90,62 \pm 3,51$

Notas: DP, desvio padrão; cm, centímetros; kg, quilogramas.

5.1.1. Questionário

Os resultados do questionário preenchido pelos participantes encontram-se descritos na tabela 4.

Tabela 4 - Resultados do questionário preenchido pelos participantes.

Questões	Média \pm DP
1. Há quantos anos pratica canoagem?	$13 \pm 6,51$
2. Quantas horas semanais treina?	$19,54 \pm 5,64$
3. Quantas vezes representou a seleção?	$13,31 \pm 18,22$
4. Em quantos JO participou?	$0,38 \pm 1,12$
5. Nos últimos 5 anos obteve quantas medalhas internacionais?	$2,46 \pm 4,33$
6. Acha que os Membros Inferiores são importantes na canoagem?	Sim (13)
7. Aplica mais força a empurrar ou a puxar o finca pés?	Empurrar (11); Puxar (2)
8. Aplica primeiro força a empurrar ou a puxar? Ou em simultâneo?	Empurrar (6); Puxar (1); Simultâneo (6)
9. Aplica primeiro força com os Membros inferiores (MI) ou superiores (MS)? Ou em simultâneo?	MI (1); MS (2); Simultâneo (10)

Notas: exemplo: Empurrar (1), número de atletas que responderam empurrar.

5.1.2. Desempenho no teste de 2 minutos

Como referido na metodologia os atletas realizaram um teste de 2 min em caiaque ergómetro. A tabela 5 apresenta os valores médios da potência e da FP.

Tabela 5 - Valores médios da potência e da FP no teste de 2 minutos de cada atleta e média global \pm desvio padrão.

Atletas	P2 min	FP
1	286	123
2	267	115
3	341	119
4	322	118
5	292	126
6	253	126
7	307	112
8	307	123
9	294	127
10	292	122
11	258	120
12	264	123
13	260	125
Média \pm Desvio padrão	288 \pm 26,9	121 \pm 4,5

Notas: P2 min, potência média no teste de 2 minutos; FP, frequência de pagaiada.

Quando relacionados o P2 min e a FP com as características antropométricas verificou-se que o desempenho na P2 min apresentou correlação significativa com a idade ($r=0,648$, $P < 0,05$) e com a massa corporal ($r=0,582$, $P < 0,05$). O nº pag relacionou-se inversa e significativamente com a estatura ($r=-0,560$, $P < 0,05$) e com o comprimento da perna ($r=-0,712$, $P < 0,01$).

5.2. Estudo das forças aplicadas no finca pés

Foi analisado a magnitude das forças aplicadas no finca pés e *foot strap* e a sua duração de modo a caracterizar o perfil das forças de compressão e tração. As variáveis estudadas foram: pico de força (PF); força média (FM); impulso (I); duração da aplicação das forças (DF); tempo até ao pico de força (T.PF); Rácio força média /pico de força (rácio FM/PF). Foram analisadas dos lados esquerdo e direito.

5.2.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas no finca pés

A tabela 6 apresenta os valores médios da magnitude das variáveis mencionadas a cima.

Tabela 6 - Valores médios das forças aplicadas no finca pés dos lados esquerdo e direito.

Forças finca pés	Esquerdo Média ± DP	Direito Média ± DP
PFC (N)	543,27 ± 85,93	524,39 ± 88,36
PFT (N)	-240,09 ± 74,92	-231,05 ± 52,01
FMC (N)	283,04 ± 50,76	279,09 ± 64,13
FMT (N)	-152,72 ± 49,47	-147,74 ± 35,36
IC (N. s)	143,62 ± 32,66	148,21 ± 31,89
IT (N. s)	-72,77 ± 27,01	-65,94 ± 22,17
DFC (s)	0,52 ± 0,07	0,55 ± 0,05
DFT (s)	0,48 ± 0,06	0,45 ± 0,06
T.PFC (s)	0,32 ± 0,06	0,31 ± 0,05
T.PFT (s)	0,24 ± 0,08	0,21 ± 0,03
R.FM/PFC (%)	52,31 ± 5,84	53,15 ± 5,68
R.FM/PFT (%)	63,31 ± 4,29	63,92 ± 2,84

Notas: PFC, pico de força da compressão; PFT, pico de força da tração; FMC, força média da compressão; FMT, força média da tração; IC, impulso da compressão; IT, impulso da tração; DFC, duração da força da compressão; DFT, duração da força da tração; T.PFC, tempo até ao pico de força da compressão; T.PFT, tempo até ao pico de força da tração; R.FM/PFC, rácio força média/pico de força da compressão; R.FM/PFT, rácio força média/pico de força da tração; DP, desvio padrão; N, newtons; N.s, newton por segundo; s, segundos.

Para ilustrar o perfil das forças aplicadas no finca pés apresentamos a figura 23 com as curvas força-tempo da compressão de um lado e da tração do lado oposto.

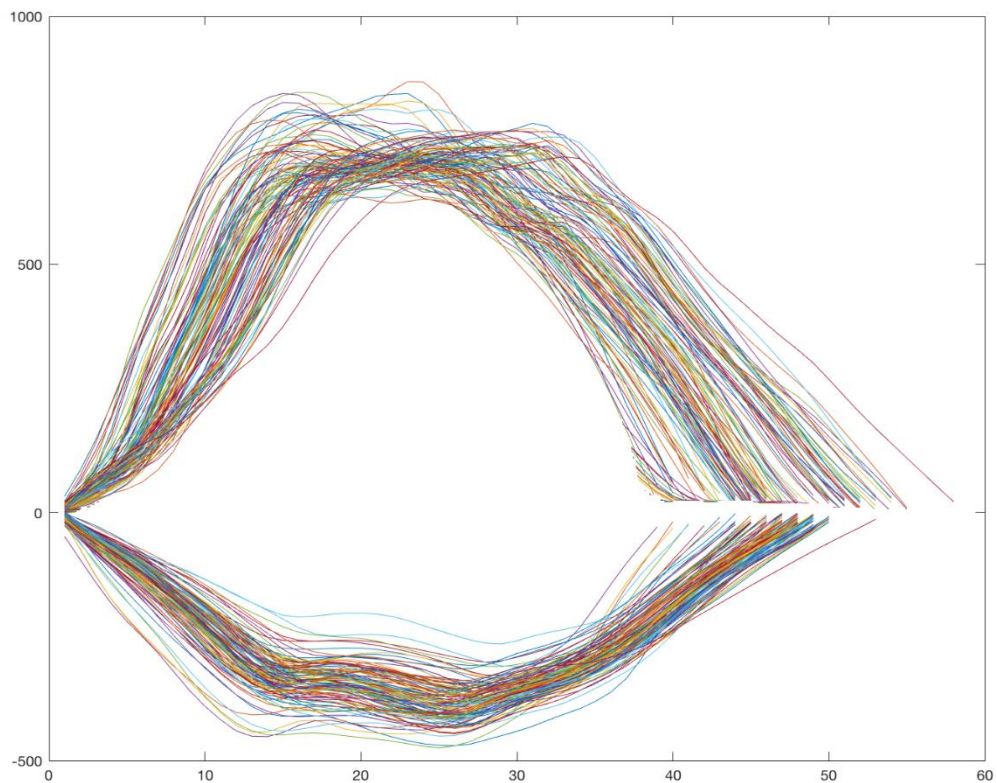


Figura 23 - Curvas força-tempo da compressão e da tração de um atleta.

As curvas de força-tempo da compressão representam valores positivos, enquanto que na tração apresentam valores negativos. Estes valores negativos apenas indicam o sentido da aplicação das forças. Assim, sempre que são aplicadas forças de compressão num lado, no outro lado são aplicadas forças de tração em simultâneo, mas em sentidos diferentes. Como se pode observar os valores da força de compressão são aproximadamente o dobro dos valores de força da tração.

5.2.2. Relação das forças aplicadas no finca pés

Das variáveis estudadas apenas a duração da força de compressão esquerda (DFCe) apresentou correlação significativa com o desempenho (P2 min) ($r=0,560$, $P < 0,05$). No nº pag não se verificaram correlações significativas.

Quando relacionadas as forças aplicadas no finca pés dos lados esquerdo com o direito, observaram-se algumas correlações significativas (tabela 7).

Tabela 7 - Coeficiente de correlação entre as forças aplicadas no finca pés dos lados esquerdo e direito.

	PFCd (N)	FMCd (N)	FMTd (N)	ICd (N.s)	R.FM/PFCd (%)
PFTe (N)	-0,703**	--	0,648*	--	--
FMCe (N)	0,769**	0,874**	--	0,918**	--
FMTe (N)	-0,764**	-0,593*	--	--	--
ICe (N.s)	--	0,615*	--	0,654*	--
ITe (N.s)	-0,659*	--	0,593*	--	--
R.FM/PFCe (%)	--	--	--	--	0,613*

Notas: PFCe/d, pico de força da compressão esquerda/direita; FMCe/d, força média da compressão esquerda/direita; FMTe/d, força média da tração esquerda/direita; ICe/d, impulso da compressão esquerda/direita; ITe, impulso da tração esquerda; R.FM/PFCe/d, rácio força média/pico de força da compressão esquerda/direita; N, newtons; N.s, newton por segundo. *P < 0,05; **P < 0,01

Verificou-se a existência de correlações significativas entre as forças aplicadas no finca pés do mesmo lado. A tabela 8 e 9 apresentam os coeficientes de correlação das forças aplicadas no finca pés esquerdo e direito, respetivamente.

Tabela 8 - Coeficiente de correlação das forças aplicadas no finca pés esquerdo.

	FMCe (N)	FMTe (N)	ICe (N.s)	ITe(N.s)	DFCe (s)	DFTe (s)
PFCe (N)	0,621*	--	0,824**	--	--	--
PFTe (N)	0,560*	0,940**	--	0,934**	--	--
FMCe (N)	--	--	0,725**	--	--	--
FMTe (N)	-0,615*	--	--	--	--	--
ICe (N.s)	--	--	--	--	0,709**	--
ITe (N.s)	--	--	--	--	--	-0,582*

Notas: PFCe, pico de força da compressão esquerda; PFTe, pico de força da tração esquerda; FMCe, força mediada compressão esquerda; FMTe, força média da tração esquerda; ICe, impulso da compressão esquerda; ITe, impulso da tração esquerda; DFCe, duração da força da compressão esquerda; DFTe, duração da força da tração esquerda. N, newtons; N.s, newton por segundo; s, segundos. *P < 0,05; **P < 0,01

Tabela 9 - Coeficiente de correlação das forças aplicadas no finca pés direito.

	FMCd (N)	FMTd (N)	ICd (N)	ITd (N)	R.FM/PFCd (%)
PFCd (N)	0,791**	--	0,791**	--	--
PFTd (N)	--	0,934**	--	0,923**	--
FMCd (N)	--	--	0,956**	--	--
FMTd (N)	--	--	--	0,945**	--
R.FM/PFTd (%)	--	--	--	--	0,575*

Notas: PFCd, pico de força da compressão direita; PFTd, pico de força da tração direita; FMCd, força média da compressão direita; FMTd, força média da tração direita; ICd, impulso da compressão direita; ITd, impulso da tração direita; R.FM/PFCd, rácio FM/PF da compressão direita; R.FM/PFTd, rácio força média/pico de força da tração direita; N, newton. *P < 0,05; **P < 0,01

Ao comparar as médias das forças aplicadas no finca pés do lado esquerdo e direito, não se observaram diferenças estatisticamente significativas ($P > 0,05$). Na tabela 6 pode-se observar que as médias dos valores esquerdo e direito das variáveis são muito semelhantes.

5.2.3. Características antropométricas e forças aplicadas no finca pés

Foram analisadas as correlações entre as características antropométricas e as variáveis do finca pés e não se observaram correlações significativas. Não sendo uma característica antropométrica do indivíduo, mas uma distância usada pelo mesmo, a distância entre o banco e o finca pés foi a única medida que apresentou correlação significativa com o pico de força da compressão esquerda (PFCE) ($r=0,586$, $P < 0,05$). Isto é, com o aumento da distância entre banco e finca-pés verificou-se um aumento do pico de força de compressão, para o lado esquerdo.

5.3. Estudo das forças aplicadas na pagaia

Foram analisadas as forças aplicadas no tubo da pagaia e a duração da sua aplicação de modo a caracterizar a magnitude e a perfil destas forças. Deste modo, as variáveis estudadas foram: pico de força da pagaiada (PFP); força média da pagaiada (FMP); impulso da pagaiada (IP); Rácio força média /pico de força (rácio FM/PF) da pagaiada;

duração das forças (DFP) da pagaiada. Todas foram analisadas do lado direito e do lado esquerdo.

5.3.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas na pagaia

A tabela 10 apresenta os valores médios da magnitude das variáveis mencionadas a cima.

Tabela 10 - Valores médios das forças aplicadas na pagaia dos lados esquerdo e direito.

Forças pagaia	Esquerdo Média ± DP	Direito Média ± DP
PFP (N)	236,37 ± 19,32	243,92 ± 28,89
FMP (N)	88,53 ± 6,87	88,68 ± 6,58
IP (N. s)	43,22 ± 4,76	42,23 ± 3,32
DFP (s)	0,49 ± 0,03	0,49 ± 0,04
T.PFP (s)	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,03
R.FM/PFP (%)	38,82 ± 2,59	38,26 ± 5,27

Notas: PFP, pico de força da pagaiada; FMP, força média da pagaiada; IP, impulso da pagaiada; DFP, duração da força da pagaiada; T. PFP, tempo até ao pico de força da pagaiada; R.FM/PFP, rácio força média/pico de força da pagaiada; DP, desvio padrão; s, segundos.

Para ilustrar o perfil das forças aplicadas na pagaia apresentamos a figura 24.

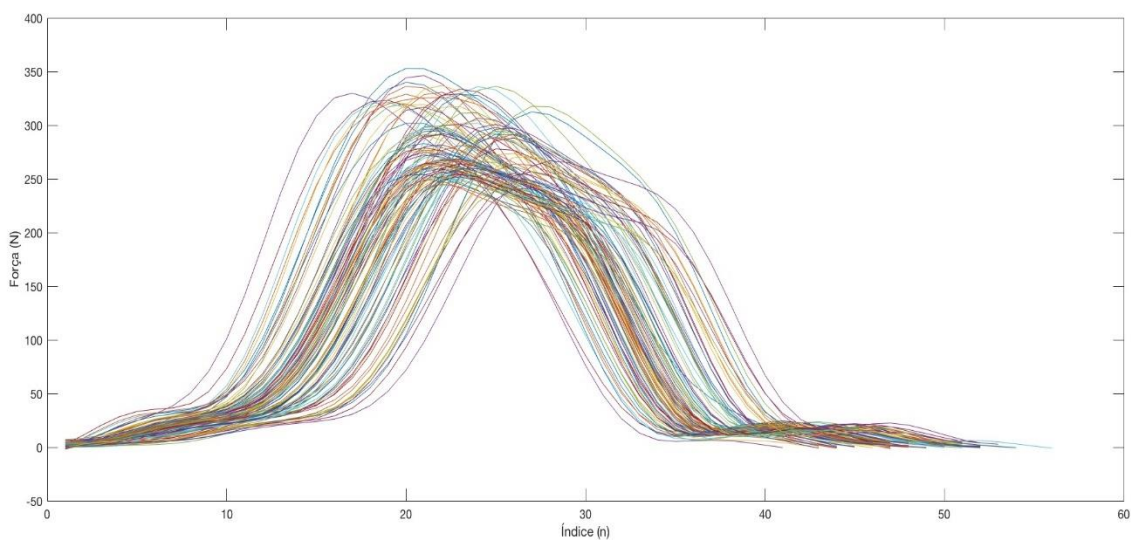


Figura 24 - Curvas força-tempo das forças aplicadas na pagaia de um atleta.

5.3.2. Relação das forças aplicadas na pagaia

No estudo das relações das forças aplicadas na pagaiada, verificou-se que o desempenho (P2 min) apresentou correlação significativa com a força média da pagaiada esquerda (FMPe) e direita (FMPd) ($r=0,824$; $P < 0,01$; $r=0,720$, $P < 0,01$) e com o impulso da pagaiada esquerda (IPE) e direita (IPd) ($r=0,624$, $P < 0,05$; $r=0,626$, $P < 0,05$), respetivamente.

O nº pag correlacionou-se negativamente com o IPE ($r=-0,714$, $P < 0,01$), com o IPd ($r=-0,661$, $P < 0,05$), com a duração da força da pagaiada esquerda (DFPe) ($r=-0,611$, $P < 0,05$) e com a duração do ciclo de pagaiada (DCP) ($r=-0,974$, $P < 0,01$).

No que diz respeito às relações entre as forças aplicadas na pagaia segue-se a tabela 11.

Tabela 11 - Coeficiente de correlação das forças aplicadas na pagaia dos lados esquerdo e direito.

	PFPd (N)	FMPe (N)	FMPd (N)	IPE (N.s)	IPd (N.s)	DFPd (s)	R.FM/PF Pe (%)
PFPe (N)	0,786**	0,654*	--	--	--	--	--
PFPd (N)	--	--	--	--	0,637*	--	--
FMPe (N)	--	--	0,670*	0,648*	--	--	--
IPE (N.s)	--	--	--	--	0,571*	--	--
DFPe (s)	--	--	--	--	--	0,769*	--
R.FM/PF Pd (%)	-0,786**	--	--	--	--	--	0,610*

Notas: PFPe/d, pico de força da pagaiada esquerda/direita; FMPe/d, força média da pagaiada esquerda/direita; IPE/d, impulso da pagaiada esquerda/direita; DFPe/d, duração da força da pagaiada esquerda/direita; R.FM/PF Pe/d, rácio força média/pico de força da pagaiada esquerda/direita; N, newtons; N.s, newton por segundo; s, segundos. * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Ao comparar as médias das forças aplicadas na pagaia do lado esquerdo e direito, não se observaram diferenças estatisticamente significativas ($P > 0,05$). Na tabela 10 pode-se observar que as médias dos valores esquerdo e direito das variáveis são muito semelhantes.

5.3.3. Características antropométricas e força aplicada na pagaia

Verificaram-se algumas correlações significativas entre as características antropométricas e as forças aplicadas na pagaia. A tabela 12 retrata as correlações analisadas.

Tabela 12 - Caracterização antropométrica e coeficientes de correlação (CC) entre as medidas antropométricas e as variáveis da pagaiada.

Caraterísticas antropométricas	PFP (N)	FMP (N)	IP (N.s)	R.FM/PFP (%)
Estatura (cm)	0,591*	0,652*	0,611*	-0,173
Massa corporal (kg)	0,571*	0,654*	0,610*	-0,082
Perímetro da coxa (cm)	0,363	0,648*	0,335	0,209
Perímetro da perna (cm)	0,107	0,435	0,162	0,308
Comprimento do MI (cm)	0,593*	0,582*	0,604*	-0,269
Comprimento da perna (cm)	0,534	0,435	0,646*	-0,173
Comprimento coxa (cm)	0,275	0,220	0,170	-0,308
Distância banco finca pés (cm)	0,762**	0,735**	0,503	-0,143

Notas: PFP, pico de força da pagaiada; FMP, força média da pagaiada; IP, impulso da pagaiada; R.FM/PFP, rácio força média/pico de força da pagaiada; N, newton; N.s, newton por segundo; cm, centímetros; kg, quilogramas. *P < 0,05; **P < 0,01

5.4. Estudo da relação das forças aplicadas no finca pés e na pagaia

5.4.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas no finca pés e na pagaia

As magnitudes das forças aplicadas no finca pés e na pagaia apresentam valores distintos como verificado nos resultados anteriormente expostos. Para perceber melhor o perfil e magnitude destas forças apresentamos a figura 25.

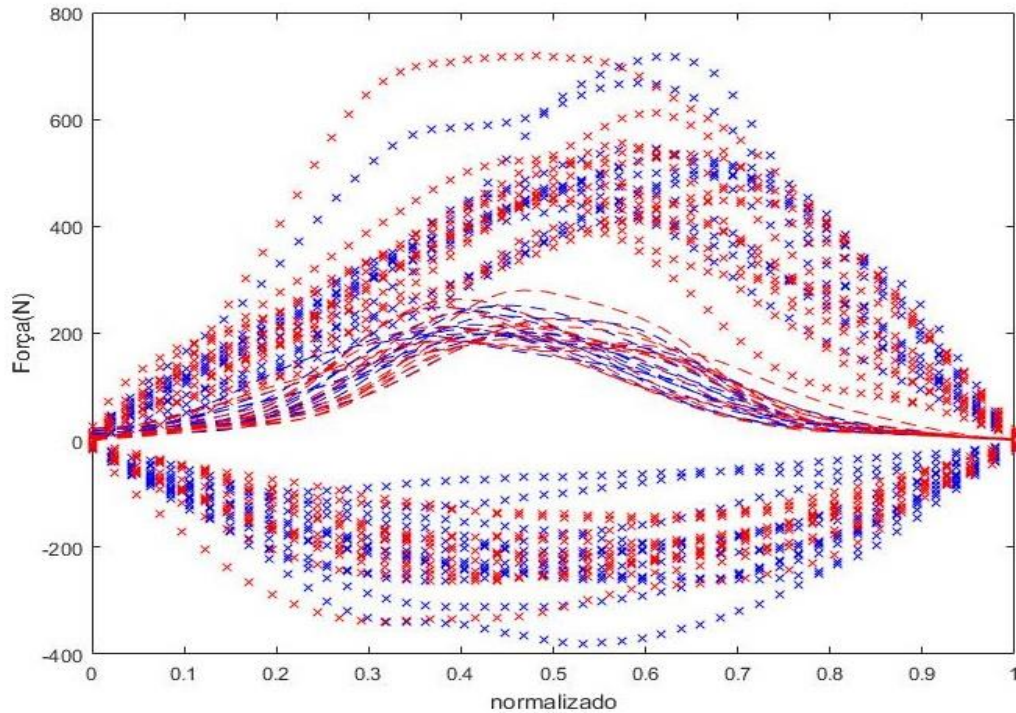


Figura 25 - Curvas força-tempo das forças aplicadas no finca pés e na pagaia dos vários atletas. Notas: Cruzes azuis, compressão e tração esquerdas; cruzes vermelhas, compressão e tração direitas; tracejado azul, pagaia esquerda; tracejado vermelho, pagaia direita.

Como se pode verificar existem variações nas curvas de força-tempo entre atletas. As curvas de força-tempo com magnitude superior da compressão, tração e pagaia dos lados esquerdo e direito pertencem ao atleta com melhor desempenho. Assim, seleccionámos dois atletas, um com o maior valor de P2 min (341 Watts) e o outro com o menor valor (253 Watts), e analisámos tanto o perfil (Figura 26 e 27) como a magnitude das forças em estudo (Tabela 13 e 14).

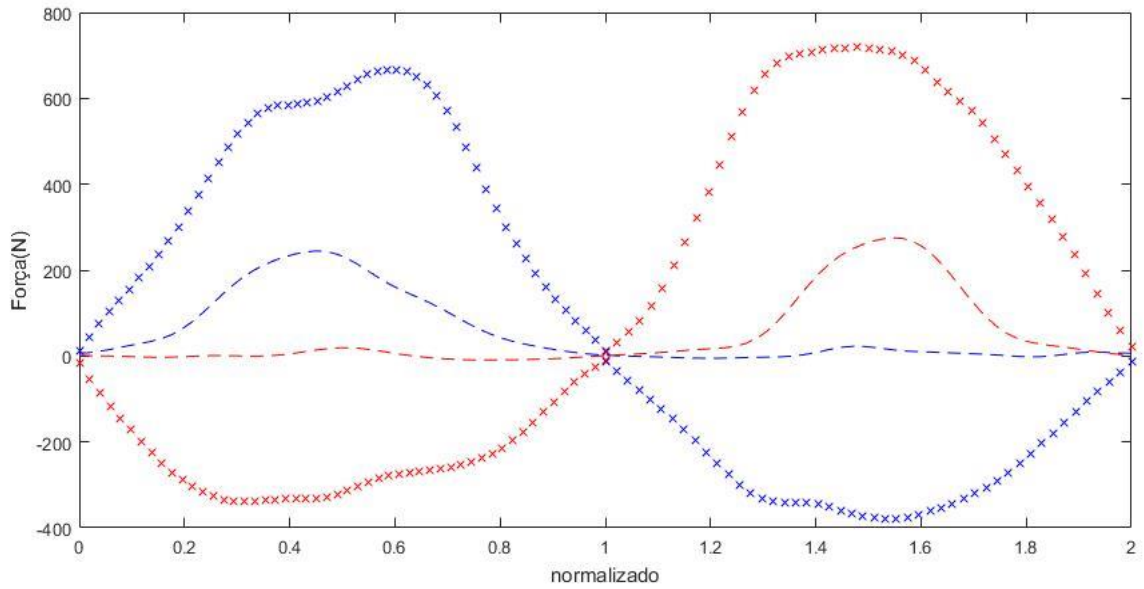


Figura 26 - Curvas força-tempo das forças aplicadas no finca pés e pagaia do atleta com P2 min maior. Notas: cruces azuis, compressão e tração esquerdas; cruces vermelhas, compressão e tração direitas; tracejado azul, pagaiada esquerda; tracejado vermelho, pagaiada direita.

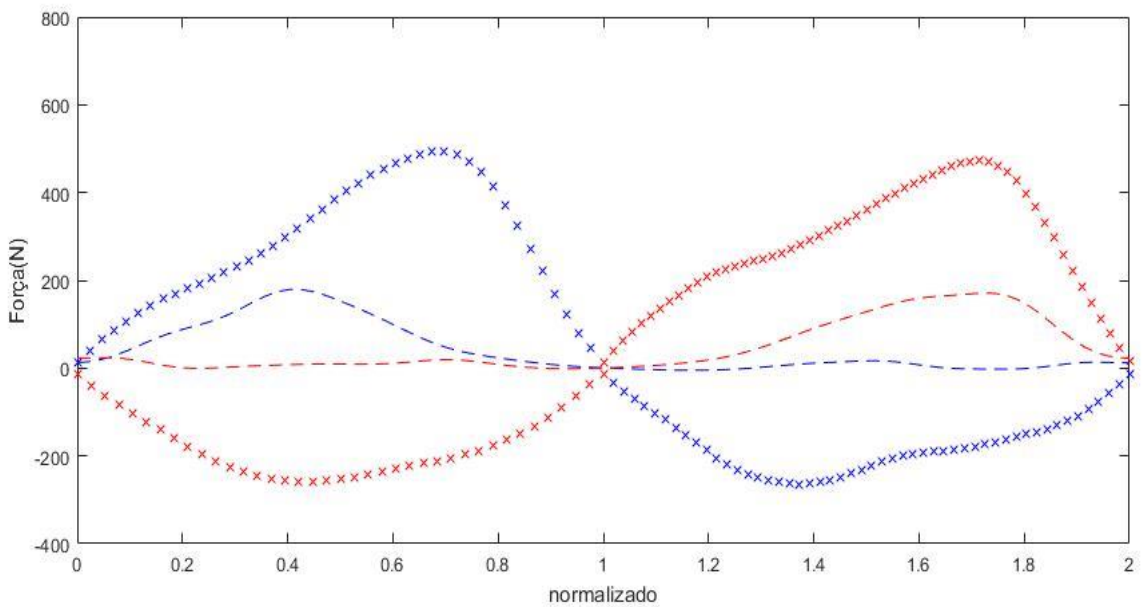


Figura 27 - Curvas força-tempo das forças aplicadas no finca pés e pagaia do atleta com P2 min menor. Notas: cruces azuis, compressão e tração esquerdas; cruces vermelhas, compressão e tração direitas; tracejado azul, pagaiada esquerda; tracejado vermelho, pagaiada direita

Tabela 13 - Magnitude das forças aplicadas no finca pés do atleta com o P2 min maior e o com P2 min menor.

Forças aplicadas no finca pés	P2 min maior	P2 min Menor
PFCe (N)	676,78	501,56
PFCd (N)	736,43	487,66
PFTe (N)	-388,11	-267,14
PFTd (N)	-345,16	-261,23
FMCe (N)	387,57	272,47
FMCd (N)	441,47	274,4
FMTe (N)	-243,44	-167,33
FMTd (N)	-230,99	-171,5
ICe (N.s)	201,96	118,95
ICd (N.s)	209,02	154,26
ITe	-114,46	-85,44
ITd	-119,53	-66,09
R.FM/PFCe (%)	57	55
R.FM/PFCd (%)	60	56
R.FM/PFTe (%)	63	63
R.FM/PFTd (%)	67	66

Notas: PFCe/d, pico de força da compressão esquerda/direita; PFTe/d, pico de força da tração esquerda/direita; FMCe/d, força média da compressão esquerda/direita; FMTe/d, força média da tração esquerda/direita; ICe/d, impulso da compressão esquerda/direita; ITe/d, impulso da tração esquerda/direita; R.FM/PFCe/d, rácio força média/pico de força da compressão esquerda/direita; R.FM/PFTe/d, rácio força média/pico de força da tração esquerda/direita; N, newtons; N.s, newton por segundo.

Tabela 14 - Magnitude das forças aplicadas na pagaia do atleta com o P2 min maior e o com P2 min menor.

Forças aplicadas na pagaia	P2 min maior	P2 min Menor
PFPe (N)	273,4	225,33
PF Pd (N)	293,6	263,19
FMPe (N)	105,3	80,88
FMPd (N)	99,1	88,86
IPe (N.s)	52,29	36,45
IPd (N.s)	47,04	39,44
R.FM/PF Pe (%)	40,01	37,13
R.FM/PF Pd (%)	34,85	34,54

Notas: PFPe/d, pico de força da pagaia esquerda/direita; FMPe/d, força média da pagaia esquerda/direita; IPe/d, impulso da pagaia esquerda/direita; R.FM/PF Pe/d, rácio força média/pico de força da pagaia esquerda/direita. N, newtons; N.s, newton por segundo.

Como se pode observar na tabela 13 e 14 o atleta com o P2 min maior apresenta valores das forças aplicadas no finca pés e na pagaia superiores aos do atleta com o P2 min menor.

5.4.2. Relação das forças aplicadas no finca pés e na pagaia

Verificámos a existência de relações entre as forças aplicadas na pagaiada e as forças aplicadas no finca pés e *foot strap*. Observámos que o pico de força da pagaiada esquerda correlacionou-se significativamente com o pico de força da compressão esquerda ($r=0,747$, $P < 0,01$) e com impulso da compressão esquerda ($r=0,654$, $P < 0,05$). O impulso da pagaiada esquerda relacionou-se significativamente com o impulso da compressão esquerda ($r=0,698$, $P < 0,01$), com a duração da força da compressão esquerda ($r=0,769$, $P < 0,01$) e com o tempo até ao pico de força da compressão esquerda (T.PFCe) ($r=0,621$, $P < 0,05$). A duração da força da pagaiada esquerda apresentou correlação significativa com a duração da força da compressão esquerda ($r=0,588$, $P < 0,05$). As relações anteriores verificadas no lado esquerdo não se observaram no lado direito. A única correlação significativa encontrada com o lado direito das forças aplicadas na pagaiada foi o tempo até ao pico de força da pagaiada direita (T.PFPd) com o tempo até ao pico de força da tração esquerda (T.PFTE) ($r=0,648$, $P < 0,05$).

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objetivo principal do presente estudo era caracterizar o perfil e magnitude das forças exercidas pelos membros inferiores em atletas de elite de canoagem em caiaque ergômetro e perceber a relação com as forças exercidas na pagaia. Para isso os atletas realizaram um teste de 2 min em simulação de competição. Até ao presente estudo não é do nosso conhecimento estudos, com uma amostra de dimensão considerável, que tenham caracterizado o perfil e magnitude das forças aplicadas no finca pés e na pagaia relacionando-as com o desempenho, na tentativa de perceber a sua dinâmica nos melhores atletas.

Da análise dos resultados, o desempenho em caiaque ergômetro foi influenciado positivamente pela magnitude das forças aplicadas na pagaia e estas, por sua vez, são influenciadas pela magnitude das forças aplicadas no finca pés. Valores de magnitude mais elevados, uma forma da curva força-tempo mais retangular e a sincronização dos picos de força da compressão, da tração e da pagaiada parecem ser aspetos que distinguem os melhores desempenhos. Também se verificou a inexistência de diferenças significativas quando comparadas bilateralmente as diferentes variáveis em estudo, sugerindo que esta pode ser uma característica dos canoístas de elite.

Considerando os resultados apresentados iremos discuti-los na seguinte ordem:

- 6.1. Antropometria e desempenho;
- 6.2. Forças aplicadas no finca pés;
- 6.3. Forças aplicadas na pagaiada;
- 6.4. Forças aplicadas no finca pés e na pagaia.

6.1. Antropometria e desempenho

Na tabela 15 apresenta-se a caracterização antropométrica dos canoístas do nosso estudo relacionado com o desempenho (potência média nos 2 min (P2 min)) e o número de pagaiadas no teste (n° pag). Não foi incluído o estudo da caracterização antropométrica dos MS, pois no momento do levantamento dos dados antropométricos o estudo apenas iria ser realizado no âmbito da aplicação das forças no finca pés. Esta tabela, além dos dados do presente estudo, apresenta também valores de correlação de outros estudos onde realizaram testes de desempenho de 2 min. Akca & Muniroglu (2008) realizaram um estudo de 500m na água com atletas representantes da seleção da Turquia na época de 2005. Hamano et al. (2015) concretizaram o estudo com atletas de universidade com 6.0 ± 2.4 anos de prática e três treinos semanais (diferente no nível de desempenho da nossa amostra).

Tabela 15 – Apresentação dos coeficientes de correlação do P2 min e do n° pag do nosso estudo e de outros dois com as medidas antropométricas .

Caraterísticas antropométricas	Presente estudo P2 min	Akca & Muniroglu, 2008 500m água	Hamano et al., 2015 2 min erg	Presente estudo n° pag
Estatura (cm)	0,509	-0,420	0,639*	-0,560*
Massa Corporal (kg)	,582*	-0,78**	0,825**	-0,534
Circunferência Coxa (cm)	0,505	-0,81**	0,569	-0,393
Circunferência Perna (cm)	0,402	-0,39	0,905**	-0,175
Comprimento MI (cm)	0,462	-0,26	0,621**	-0,503
Comprimento Perna (cm)	0,484	--	--	-0,712**
Comprimento Coxa (cm)	0,038	-0,58	--	-0,075

Notas: P2 min, potência média em 2 minutos; n° pag, número de pagaiadas no teste; 2 min erg, teste de 2 minutos em caiaque ergómetro; 500m água, tempo aos 500m num teste na água; --, não estudaram a correlação entre as variáveis *P < 0,05; **P < 0,01

Ao analisar a tabela é evidente que algumas medidas antropométricas apresentam correlações com o desempenho. Os outros estudos apresentam concordância com algumas das nossas correlações, mas não verificaram a relação entre o n° pag e as características antropométricas. Como se pode observar na tabela 15, na relação da estatura com o desempenho em ergómetro (P2 min) apenas se verificou correlação significativa

no estudo de Hamano et al. (2015) ($r=0,639$, $P < 0,05$). A massa corporal apresentou relação significativa com o desempenho em ambos os estudos sendo que no de Hamano et al. (2015) o coeficiente de correlação foi superior ($r=0,825$, $P < 0,01$). Na circunferência da coxa apenas Akca & Muniroglu (2008) apresentou uma correlação significativa ($r=-0,81$, $P < 0,01$). O estudo de Hamano et al. (2015) foi o único a mostrar correlação significativa na circunferência da perna ($r=0,905$, $P < 0,01$) e no comprimento do MI ($r=0,621$, $P < 0,01$). Dos estudos apresentados o nosso foi o único que relacionou as medidas antropométricas com o nº pag, tendo-se verificado uma correlação significativa com a estatura ($r=-0,560$, $P < 0,05$) e com comprimento da perna ($r=-0,712$, $P < 0,01$). Tal é explicado pelo facto dos canoístas de maior estatura, e conseqüentemente maiores comprimentos, incluindo comprimento da perna. Maior alavanca irá traduzir-se numa menor capacidade de aumentar a frequência de pagaiada devido ao aumento da trajetória aquática e aérea da pagaiada.

Utilizámos estes dois estudos mais recentes (Akca & Muniroglu, 2008a; Hamano et al., 2015) para compararmos as suas correlações significativas entre as características antropométricas e o desempenho com as nossas correlações. É obvio que algumas das características antropométricas (estatura e comprimento de segmentos) apenas servem para identificação de talentos, pois são características que não podem ser treinadas. No entanto, existem três características (massa corporal, circunferência da coxa e da perna) mencionadas no estudo que são suscetíveis de ser treinadas. Em comparação com as correlações significativas dos dois estudos referidos apresentámos concordância na correlação do desempenho com a massa corporal, tendo a conotação que quanto maior for a massa corporal melhor será o desempenho. Ou seja, os atletas que têm melhores desempenhos apresentam maior valor de massa corporal sendo que a percentagem da massa gorda apresenta níveis ótimos. Van Someren & Palmer (2003) no seu estudo com atletas ingleses de nível internacional e nacional relatou $14,1 \pm 2,9$ % de massa gorda e Akca & Muniroglu (2008) $13,72 \pm 3,21$ % em atletas da seleção da Turquia de canoagem. Apenas Hamano et al. (2015) apresentou uma correlação positiva significativa entre a estatura e o desempenho, ou seja, atletas mais altos apresentavam melhor desempenho. No nosso estudo não se verificou esta correlação significativa. No que se refere à idade apenas o nosso estudo apresentou correlação positiva significativa, podendo ser explicado pela nossa amostra ser jovem, sendo que os atletas que apresentaram melhores desempenhos eram atletas mais velhos com mais anos de prática. Akca & Muniroglu

(2008) foram os únicos que baseados nos seus resultados podem afirmar que canoístas que apresentem maior circunferência da coxa realizam 500m em menor tempo. Já Hamano et al. (2015) foram os únicos a apresentarem correlação positiva significativa entre a circunferência da perna e comprimento do MI com o desempenho. O comprimento da coxa e da perna não apresentaram correlações significativas em nenhum estudo publicado. Deste modo, podemos verificar que a única concordância entre os estudos apresentados foi relativo à variável massa corporal, levando a querer que este pode ser um aspeto importante para um bom desempenho, pressupondo uma percentagem de massa gorda para um nível de atleta de elite.

No que concerne à relação das características antropométricas com o nº pag o nosso estudo foi o único abordar esta relação. Deste modo, verificaram-se correlações negativas significativas com a estatura e com o comprimento da perna, assumindo a interpretação de que atletas maiores em estatura dão menos pagaiadas num teste de desempenho. McDonnell, Hume, & Nolte (2013) não se referindo à estatura, mas ao comprimento dos segmentos superiores, sugeriram que canoístas que apresentem maiores comprimentos corporais, aliado a uma técnica correta, conseguem entrar com pá mais à frente, o que leva à maior ênfase da amplitude da pagaiada comparativamente à frequência de pagaiada, ou seja, atletas com segmentos mais compridos (MS e MI) apresentam frequências de pagaiada menores.

6.2. Forças aplicadas no finca pés

6.2.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas no finca pés

A comparação da magnitude das forças aplicadas no finca pés e *foot strap* encontram-se na tabela 16. Podemos observar que o valor do pico de força da compressão do estudo de Nilsson & Rosdahl (2016) é mais baixo quando comparado com o nosso estudo, com o de Sousa (2012) e com o de Begon et al. (2009). Begon & Colloud (2007) afirmou que os caiaques convencionais através da aplicação de força na pagaia não produzem aceleração do sistema caiaque - atleta, levando à produção de forças extra no finca pés e no banco. Este aspeto pode ser uma explicação para o facto do valor do pico de força da compressão encontrado no estudo de Nilsson & Rosdahl (2016) seja menor do que no nosso estudo e no de Sousa (2012). No entanto, Begon et al. (2009) realizou o seu estudo num caiaque ergómetro com um carrinho (sistema caiaque – atleta dinâmico) e apresentou um pico de força da compressão superior ao nosso estudo que foi realizado

num caiaque ergómetro convencional. Como é óbvio, existem outros fatores que poderão influenciar esta premissa, como a frequência de pagaiada. Por outro lado, no estudo de Sousa (2012) os valores do pico de força da compressão foram superiores aos encontrados por Begon et al. (2009), podendo ser explicado pelo que Begon & Colloud (2007) afirmaram. Podemos verificar que os valores do pico de força da tração são semelhantes em todos os estudos, à exceção de Sousa (2012). No que toca à força média da compressão e da tração os nossos valores e os de Nilsson & Rosdahl (2016) são muito semelhantes, embora um teste tenha sido realizado em caiaque ergómetro e outro na água. Já nas restantes variáveis não poderemos realizar comparações uma vez que os outros estudos não analisaram essas variáveis. Observamos que o impulso da compressão é superior ao impulso da tração, uma vez que a duração da força da compressão e magnitude das forças são superiores às da tração (Tabela 6). Ainda na tabela 6 pode-se verificar que a duração da força da compressão é superior à duração da força da tração e o tempo até ao pico de força da compressão também é superior em relação ao tempo até ao pico de força da tração, podendo sugerir que quanto maior a duração da força maior é o tempo até ao pico de força. Como o pico de força da compressão é maior que o pico de força da tração, então também a magnitude poderá influenciar o tempo até ao pico de força.

Tabela 16 - Forças aplicadas no finca pés e foot strap do nosso estudo e de outros autores.

Forças finca pés		PFC (N)	PFT (N)	FMC (N)	FMT (N)	IC (N.s)	IT (N.s)	R.FM/PF C (%)	R.FM/PF T (%)
Presente estudo	13 elite (M)	534	-236	281	-150	145,92	-69,36	53	64
(Nilsson & Rosdahl, 2016)	5 elite (M)	400	-220	230	-130	--	--	--	--
(Sousa, 2012)	2 elite (M7F) 5 NN (M)	1087	-444	--	--	--	--	--	--
(Sturm et al., 2010)	2 NR	140	--	--	--	--	--	--	--
(Begon et al., 2009)	10 elite (M)	865	-300	--	--	--	--	--	--
(Petroni et al., 2006)	1 elite e 4 CN (F)	320	--	--	--	--	--	--	--

Notas: PFC, pico de força da compressão; PFT, pico de força da tração; FMC, força média da compressão; FMT, força média da tração; IC, impulso da compressão, IT, impulso da tração; R.FM/PF C, rácio força média/pico de força da compressão; R.FM/PF T, rácio força média/pico de força da tração. M, masculino; F, feminino; NN, nível nacional; NR, nível recreativo; CN, campeão nacional.

O perfil da curva força-tempo pode ser explicado pelo rácio força média/pico de força da compressão e da tração presente na tabela 16. De acordo com Kleshnev (2008), a forma retangular perfeita exhibe uma percentagem de 100% (força constante) e a forma triangular perfeita de 50%. Como se pode observar, nota-se que este rácio é superior na tração em relação à compressão. Também pela observação das curvas força-tempo (Figura 23) verifica-se que as forças da compressão são superiores às da tração.

6.2.2. Relação das forças aplicadas no finca pés

Quando abordadas as relações existentes no nosso estudo, apenas uma das variáveis do finca pés mostrou uma correlação positiva significativa ($p < 0,05$) com o P2 min. A variável em questão foi a duração da força da compressão esquerda, não havendo correlação significativa com a magnitude das forças. Begon et al. (2009) também não relatou uma relação linear entre as forças aplicadas no finca pés e *foot strap* e o desempenho. De acordo com Limonta et al. (2010) os atletas de elite apresentaram uma maior amplitude de flexão/extensão do joelho em relação aos atletas de nível intermédio e elementar. Assim, se ao realizarem uma maior amplitude também, provavelmente, a

duração da aplicação da força será maior. Tal correlação significativa não se verificou entre o desempenho e a duração da força da compressão direita. Uma explicação para este acontecimento pode ser simplesmente o facto da nossa amostra ser reduzida levando à utilização de estatística não paramétrica. Num estudo realizado em remo ergómetro, Hofmijster, Soest, & Koning (2008) afirmou que o facto de haver atletas a produzirem padrões de força diferentes podem ser na mesma bem sucedidos na competição.

A análise dos resultados permitiu-nos verificar que o pico de força da compressão esquerdo e direito estão relacionados positivamente com a força média da compressão esquerda e direita e com o impulso da compressão esquerda e direita, sendo a correlação mais forte com o impulso. O pico de força da tração esquerdo e direito correlacionou-se positivamente com a força média da tração e impulso da tração esquerdo e direito, respetivamente, tendo se verificado em ambas uma correlação forte. Estas correlações positivas significativas revelam a grande relação que existe entre os picos de força, a força média e os impulsos. Isto pode sugerir que em estudos futuros possam ser analisados apenas os impulsos, uma vez que mostraram uma correlação forte. Em termos de significado, é perceptível pela correlação que quanto maior for os picos de força também maior será a força média e o impulso.

Verificaram-se correlações significativas da força média da compressão esquerda e direita com o impulso da compressão, o impulso da compressão esquerda com a duração da força da compressão esquerda, o impulso da tração esquerda com a duração da força da tração esquerda, e o impulso da tração direita com a força média da tração direita. Estas relações estão na dependência de, no caso do impulso, a duração da força influencia o impulso no sentido em que a unidade deste é N.s, ou seja, uma força em determinado tempo, daí que o impulso tem de estar na dependência da duração da força.

As correlações positivas significativas nas forças aplicadas no finca pés entre lados e do mesmo lado podem ser explicadas pela componente elástica da musculatura envolvida, nomeadamente do tronco como refere Limonta et al. (2010), mas que pode assistir os MI. A sua dinâmica permite que a força aplicada num lado leve a um balanço para aplicação de força no outro lado, ou então no mesmo lado, quando se fala de uma compressão a seguir a uma tração. Neste caso, existe um processo de alongamento seguido de encurtamento, que poderá permitir a aplicação de mais força no finca pés e *foot strap*.

O pico de força da compressão direita apresenta uma correlação negativa significativa com o pico de força da tração esquerda, com a força média da tração esquerda e com o impulso da tração esquerda. Também a força média da compressão direita apresentou uma correlação negativa significativa com a força média da tração esquerda. Ou seja, quer isto dizer que as forças da compressão direita estão negativamente relacionadas com as forças da tração esquerda. O sentido desta relação é quanto mais força de compressão direita o atleta aplicar maior será a força de tração esquerda aplicada no *foot strap*, ou vice versa. O sentido desta relação não é claro, no entanto, Sousa (2012) afirmou que se um atleta aplica mais força de compressão, a força de tração será mais elevada no pé contrário. Bjerkefors, Tarassova, Rosén, & Zakaria (2017) afirmaram que a intensidades mais elevadas os atletas usam mais os MI (possibilidade de maior força média da tração e força média da compressão) para facilitar uma maior rotação da cintura pélvica, aumentado por sua vez a rotação do tronco e consequentemente o comprimento da pagaiada. Apesar das forças da compressão (FC) e da tração (FT) não apresentarem correlação significativa com o P2 min (desempenho) no nosso estudo, possivelmente poderão ter se traduzido numa maior amplitude da cintura pélvica e assim contribuir para a melhoria do desempenho em caiaque (Begon et al., 2010; Limonta et al., 2010).

Ainda na tentativa de perceber qual o sentido da relação entre o pico de força da compressão direita e pico de força da tração esquerda, ao observar a tabela 6, pode-se verificar que o pico de força da tração esquerda é atingido antes do pico de força da compressão direita, o que pode levar a sugerir que, neste caso através dos tempos até ao pico de força, o pico de força da compressão direita pode estar dependente do pico de força da tração esquerda. Ou seja, é como se a obtenção do pico de força da tração esquerda conduzisse a maior produção de força por parte da compressão direita. No entanto, pode não ser totalmente verdade porque no ponto temporal da obtenção do pico de força da tração esquerda os valores de força da compressão são semelhantes ou superiores aos valores do pico de força da tração esquerda (Figura 25). Apesar de haver esta correlação significativa apenas de um dos lados, o outro lado pode não se ter verificado, porque, como já sugerimos em cima, a nossa amostra pode ser reduzida para que outras correlações se mostrassem significativas. Lee & Nam (2012) podem explicar o sentido desta relação quando reportaram que maior flexão do joelho (pode estar associado a maior força da tração) permite maior rotação da cintura pélvica e do tronco e deste modo gerar maior pressão plantar no finca pés.

Quando analisadas as diferenças entre lado direito e esquerdo nas variáveis do finca pés, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas, prevalecendo a ideia de assimetria não significativa em atletas de elite como referida no estudo de Petrone, Isotti, & Guerrini (2006).

6.3. Forças aplicadas na pagaia

6.3.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas na pagaia

Após verificar a tabela 17, percebe-se que existem diferenças entre estudos nas forças aplicadas na pagaia.

Tabela 17 - Comparação das forças aplicadas na pagaia com outros estudos.

Forças da pagaia	PFP (N)	FMP (N)	IP (N.s)	R.FM/PFP (%)	T.PFP (s)	DFP (s)
Presente estudo	240,14	88,61	42,72	38,54	0,21	0,49
(Michael et al., 2012)	303,55	--	56,00	--	0,19	0,43
(Fleming et al., 2012)	223,00	--	67,00	--	0,16	0,40
(Gomes et al., 2015)	274,00	171,00	63,20	64,80	0,16	0,37

Notas: PFP, pico de força da pagaia; FMP, força média da pagaia; IP, impulso da pagaia; R.FM/PFP, rácio força média/pico de força da pagaia; T. PFP, tempo até ao pico de força da pagaia; DFP, duração da força da pagaia; N, newtons; N.s, newton por segundo; s, segundos.

A variação da força da pagaia (PFP;FMP;IP) pode ser explicada pelas diferenças na massa corporal (maior massa corporal, maior força) (Begon et al., 2009). Também a calibração do caiaque ergómetro pode influenciar a variação nas forças aplicadas na pagaia. Desta forma, a calibração usada no caiaque ergómetro (Dansprint) no estudo de Fleming et al. (2012) poderá retratar melhor a realidade (caiaque), pois os valores das variáveis de força e de tempo assemelham-se com o estudo de Gomes et al. (2015) realizado na água. Um dos fatores que, provavelmente, influenciou os valores do impulso da pagaia, da força média da pagaia e do rácio força média/pico de força da pagaia foi os valores positivos registados antes da suposta entrada da pá na água, também registados por Begon et al. (2009) e depois da pagaia registada por nós, ou seja, no nosso estudo em caiaque ergómetro no início e no fim da fase aérea foram registadas forças um pouco acima de zero (Figura 28).

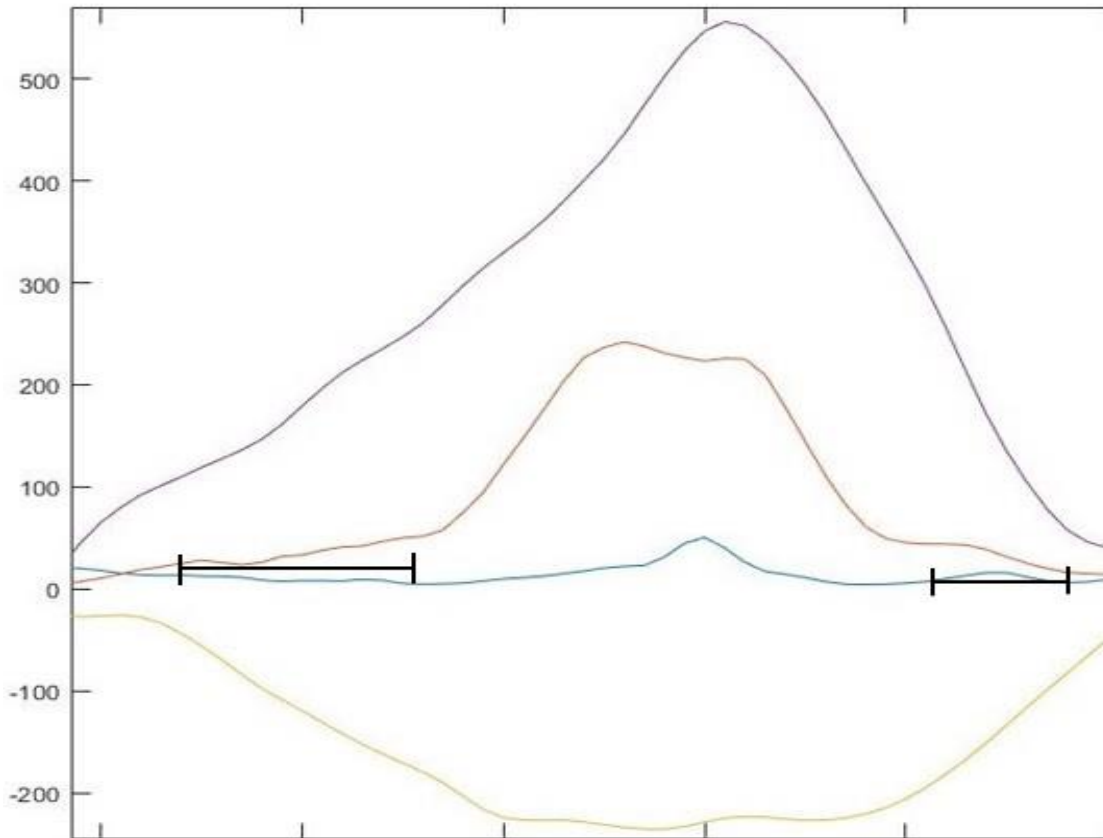


Figura 28 - Valor acima de zero antes da entrada na água.

O rácio força média/pico de força que nos dá uma noção da forma da curva força-tempo foi influenciado pela razão acima mencionada pelo que não se mostrou determinante para um bom desempenho, ao contrário do que Gomes et al. (2015) relatou. Deste modo, se ignorarmos os valores pouco acima de zero antes da entrada da pá na água e depois da saída, a curva força-tempo parece ter uma forma próxima de um retângulo (Figura 28). Assim, observa-se que ao atingirem os valores de pico de força tentam manter esses valores de força perto do pico de força (Michael et al., 2012).

6.3.2. Relação das forças aplicadas na pagaia

Quando analisadas as correlações entre o P2 min e as variáveis da pagaia, registaram-se correlações significativas com a força média e impulso da pagaia esquerda e direita. Gomes et al. (2015) registaram correlações elevadas entre estas variáveis e a velocidade do caiaque, sendo que vai ao encontro dos resultados do presente estudo, visto também nós termos encontrado relação positiva entre a força média e

impulso da pagaiada com o desempenho. Gomes et al. (2015) também registou uma correlação significativa entre a velocidade média do caiaque e o pico de força da pagaiada (correlação mais baixa), tal não se verificou no presente estudo. Estes resultados estão de acordo com Michael et al. (2012) que sugere que manter os valores de força perto do pico de força ao longo da fase aquática é mais importante do que o valor do próprio pico de força em si, gerando assim, uma pagaiada mais efetiva e consequentemente propulsionando o caiaque para a frente. No nosso estudo, o rácio força média/pico de força da pagaiada não apresentou relação com o desempenho, no entanto, Gomes et al. (2015) conclui que os melhores desempenhos estavam associados ao valor do rácio próximo de 1, ou seja, uma curva força-tempo mais retangular. Como dito anteriormente, esta conclusão de Gomes et al. (2015) pode não se ter verificado no presente estudo devido aos valores baixos de força registados antes e após a suposta entrada/saída da pá na água e que interferiu com os valores força média e consequentemente no rácio força média/pico de força.

Os resultados do nosso estudo em relação ao nº pag sugerem que com o aumento do número de pagaiadas o impulso da pagaiada (esquerda e direita) diminuiu. Com o aumento do nº pag, a duração da força da pagaiada esquerda e a duração do ciclo de pagaiada diminuíram.

Todas as correlações positivas significativas entre as forças aplicadas na pagaia do lado esquerdo e do lado direito apresentadas nos resultados podem ser explicadas pelo sugerido por Limonta et al. (2010) que refere que quando se dá a rotação do tronco os músculos do abdómen e do peito alongam e presumivelmente resulta no armazenamento de energia elástica dos músculos e tecidos associados. Esta energia armazenada pode assistir os MS durante a próxima pagaiada, dando uma energia adicional. Este processo pode apoiar que o aumento do pico de força, força média e o impulso da pagaiada esquerda corresponde ao aumento do pico de força, força média e o impulso da pagaiada direita, ou vice versa.

Após a verificação das diferenças entre variáveis do lado esquerdo e do lado direito verificou-se que não havia diferenças significativas. Michael et al. (2012) também verificou que não existiam diferenças significativas entre o pico de força da pagaiada esquerda e direita. A única variável que encontrou diferenças significativas foi a eficiência mecânica, sendo que apresentaram maior eficiência à direita. No nosso estudo não incluímos esta variável e portanto, no que toca às variáveis estudadas, e sabendo que

ambas as amostras eram de atletas de elite, a assimetria não significativa nas forças aplicadas pagaia pode resultar do nível desportivo elevado dos atletas da amostra. Como abordado anteriormente, as variáveis do finca pés também apresentaram uma assimetria não significativa, havendo um equilíbrio entre esquerdo e direito, tanto para as forças aplicadas na pagaia como no finca-pés.

6.3.2. Características antropométricas e forças aplicadas na pagaia

No nosso estudo a variação entre sujeitos na força aplicada na pagaia (PFP, FMP, IP) parece ser justificada pelas diferenças na massa corporal. Este aspeto foi também relatado por Begon et al. (2009). As restantes correlações significativas entre as variáveis da pagaiada e as medidas antropométricas encontram-se na dimensão dos segmentos inferiores dos indivíduos, estando principalmente concentradas na dependência da estatura dos atletas. Ou seja, quanto maior os segmentos inferiores maiores as forças aplicadas, sendo que o comprimento destes segmentos está dependente da estatura, daí ser o principal fator de dependência. No presente estudo não foi realizado a recolha de dados antropométricos dos MS, uma vez que aquando da recolha de dados antropométricos apenas se ia estudar as forças aplicadas no finca pés.

6.4. Forças aplicadas no finca pés e na pagaia

6.4.1. Magnitude e perfil das forças aplicadas no finca pés e na pagaia

Como se pode observar na figura 25, verificam-se diferenças na magnitude e na dinâmica das curvas de força-tempo. As curvas de força-tempo da compressão, tração e pagaiada com maior magnitude retratam as forças aplicadas pelo atleta com melhor desempenho, podendo sugerir que o desempenho está associado a maiores magnitudes das forças aplicadas no finca pés e na pagaia. Verifica-se também que o pico de força da pagaiada (240 N) é semelhante com o pico de força da tração (236 N), no entanto, a força média e o impulso já se apresentam diferentes (89 N, 43 N, 150 N, 69 N), respetivamente pagaiada e tração.

Nilsson & Rosdahl (2016) ilustraram as curvas de força-tempo da pagaiada esquerda e da compressão esquerda sem restrição dos MI e é visível que as forças da compressão iniciam primeiramente em relação às forças da pagaiada. Nikonorov (1985) citado em Folgar et al. (2014) também verificou este aspeto. No presente estudo, para

além de ter se verificado que as forças da compressão iniciam primeiro que as forças da pagaiada, também as forças da tração iniciam primeiro que as da pagaiada. No entanto, no presente estudo estes aspetos não são tão pronunciados como no estudo de Nilsson & Rosdahl (2016) devido aos valores pouco acima de zero antes da entrada e saída da pá na água. Também se verificou que as forças da compressão e da tração terminavam depois das forças aplicadas na pagaia, sendo este aspeto mais evidente no nosso estudo.

Ao observar a figura 26 e 27, para além de se verificar que a maior magnitude pode estar associada ao melhor desempenho, existe outro aspeto muito interessante que é o *timing* em que acontece o pico de força da compressão, tração e pagaiada. O atleta com o P2 min maior apresenta os picos de força da compressão, da tração e da pagaiada quase em simultâneo. Já o atleta com o P2 min menor apresenta o pico de força da compressão esquerda mais tarde em relação ao pico de força da tração direita e este ocorre em simultâneo com o pico de força da pagaiada esquerda, enquanto que no lado contrário, o pico de força da pagaiada direita ocorre em simultâneo com o pico de força da compressão direita. Deste modo, o melhor atleta apresenta uma melhor sincronização dos picos de força. O atleta com o P2 min menor demora muito tempo a alcançar o pico de força da compressão esquerda e direita e também o pico de força da pagaiada direita, o que pode ser um aspeto determinante para o desempenho (Gomes et al., 2015). No nosso estudo não houve correlação significativa entre o tempo até alcançar o pico de força e o desempenho, no entanto, ao observar os dois gráficos podemos ver que o melhor atleta alcança o pico de força rapidamente e mantém os valores de força perto do pico de força, aspeto que é encarado como determinante para uma pagaiada eficiente (Michael et al., 2009). Também o rácio força média/pico de força da compressão, da tração e da pagaiada, não apresentaram correlação significativa com o desempenho, no entanto, ao observar os gráficos, verifica-se que o melhor atleta apresenta uma forma mais retangular das curvas de força-tempo. Como a forma retangular da curva força-tempo da pagaiada (provavelmente da compressão e da tração) está associada a melhores desempenhos então ambos os atletas beneficiavam se não prolongassem as forças da pagaiada esquerda (muito abaixo dos valores do pico de força) na zona ineficiente, zona esta que não promove o aumento da velocidade média do caiaque (Kendal & Sanders, 1992) provocando mesmo a redução da velocidade do caiaque (Gomes et al., 2015). Com o exposto anteriormente, percebe-se que provavelmente as forças que estão envolvidas durante a pagaiada direita do melhor atleta retratam uma técnica mais eficiente

comparativamente às forças envolvidas na pagaiada esquerda. Assim, para além da diferença da magnitude das forças, é evidente a diferença na forma das curvas força-tempo e a sincronização dos picos de força.

6.4.2. Relação das forças aplicadas no finca pés e na pagaia

Após observação dos resultados da relação entre a força aplicada na pagaia e no finca pés, verificámos que as forças na pagaia direita não apresentaram correlações significativas com as forças do finca pés direito e *foot strap* esquerdo, no entanto, no lado oposto verificaram-se correlações significativas. O aumento do pico de força da pagaiada esquerda está relacionado com o aumento do pico de força da compressão esquerda e do impulso da compressão esquerda, e este último relacionado com o aumento do impulso da pagaiada esquerda, estando assim a magnitude das forças aplicadas pelos MS dependentes dos MI, como observado por Begon et al. (2010) e Nilsson & Rosdahl (2016). Provavelmente, pela nossa amostra ser reduzida (estatística não paramétrica) apenas se verificou correlação significativa de um dos lados. Para além do impulso, esperávamos a existência de uma correlação significativa entre os rácios força média/pico de força da pagaiada e do finca pés. Tal facto não se sucedeu, provavelmente pelo facto de se terem registados valores pouco acima de zero antes da suposta entrada da pá na água (Begon et al., 2009) e também após a saída da pá da água

Em termos temporais, o impulso da pagaiada esquerda correlacionou-se positivamente com a duração da força da compressão esquerda e com o tempo até ao pico de força da compressão esquerda. Podemos perceber por esta relação que o aumento do impulso da pagaiada esquerda (dependente do fator tempo) depende do aumento da duração da força da compressão esquerda, trespassando a ideia de apoio por parte da compressão à pagaiada, sabendo que no nosso estudo a duração da força da compressão é superior à duração da força da pagaiada ($t=0,53$; $t=0,49$, respetivamente). Ainda sobre as questões temporais, a duração das forças da pagaiada esquerda e compressão esquerda relacionaram-se positiva e significativamente, intensificando a ideia de apoio às forças da pagaiada esquerda por parte das forças da compressão esquerda.

Verificou-se uma relação temporal entre as forças aplicadas na pagaia direita com as forças aplicadas no *foot strap* esquerdo. Esta relação ocorreu no tempo até ao pico de força, e, deste modo, sempre que o tempo até ao pico de força da pagaiada direita aumenta,

então também o tempo até ao pico de força da tração esquerda aumenta, tendo se observado a sua ocorrência quase em simultâneo ($t=0,21$; $t=0,24$, respetivamente).

De salientar que houve algumas correlações que só se verificaram num dos lados, ficando a ideia de que se a amostra do presente estudo fosse maior, de forma a permitir a estatística paramétrica, então muito provavelmente iriam-se verificar correlações significativas nessas variáveis.

7. CONCLUSÃO

7.1. Conclusão

O objetivo principal do estudo era caracterizar o perfil e magnitude das forças exercidas pelos membros inferiores em atletas de elite de canoagem em caiaque ergômetro e perceber qual a sua coordenação com as forças exercidas na pagaia. Como já apresentado, a importância dos MI na canoagem tem sido crescente sobretudo com a introdução da pá *wing*. A partir deste momento, nota-se cada vez mais uma amplitude articular do joelho superior (maior dinâmica dos MI), aspecto que ao que parece está associado aos atletas de elite. Para isso as forças aplicadas pelos MI no finca pés e pelos MS na pagaia foram analisadas individualmente e, posteriormente, em conjunto.

Assim, os resultados obtidos permitem retirar as seguintes conclusões:

- a magnitude das forças da compressão é aproximadamente o dobro da magnitude das forças da tração;
- a magnitude das forças da tração é semelhante à magnitude das forças da pagaia;
- as forças da compressão e da tração iniciam primeiro do que as forças da pagaia e terminam depois;
- as forças da compressão correlacionaram-se negativamente com as forças da tração durante uma pagaia;
- as forças da compressão correlacionaram-se negativamente com as forças da tração de uma pagaia para a outra;
- as forças da compressão correlacionaram-se positivamente com as forças da pagaia em magnitude e duração;
- as forças da pagaia correlacionaram-se positivamente com o desempenho, e por isso, as forças da compressão podem estar, indiretamente, relacionadas com o desempenho;
- não foram encontradas relações significativas entre as forças da tração e da pagaia, no entanto, as forças da tração relacionaram-se com as forças da compressão;
- o melhor desempenho poderá estar associado a maiores magnitudes das forças aplicadas no finca pés e na pagaia, à forma das curvas força-tempo mais próximas da forma retangular e à sincronização dos picos de força;

- verificou-se uma assimetria não significativa das forças aplicadas no finca pés e na pagaia.

Assim, com estes resultados, ao realizar uma análise desta dimensão, torna-se possível auxiliar os atletas na melhoria de aspetos técnicos relacionados com a aplicação das forças no finca e na pagaia.

7.2. Limitações do estudo

O nosso estudo apresentou algumas limitações das quais apresentamos de seguida:

- o número de atletas da amostra poderá ter influenciado a significância estatística dos resultados obtidos, nomeadamente aquelas relações que apenas foram significativas de um dos lados da pagaia;
- utilização do caiaque ergómetro em vez da realização dos testes em condições reais, no entanto, assim podemos evitar fatores externos (vento, chuva, temperatura da água) que poderiam afetar a magnitude e o perfil das forças;
- aquando da discussão dos resultados percebemos que a nossa calibração do caiaque ergómetro pode não retratar de forma tão fiável a situação real de prática como outras calibrações usadas por outros autores (Fleming et al., 2012);
- o facto de ser em caiaque ergómetro levou a que a curva força-tempo da pagaia tivesse valores próximos de zero antes da suposta entrada na água, referenciado também por Begon et al. (2009). Caso este aspeto não se tivesse verificado podiam ter ocorrido correlações significativas entre as forças aplicadas no finca pés e pagaia no âmbito do rácio força média/pico de força.

7.3. Sugestões para futuras investigações

Os resultados do nosso estudo e experiência que acumulamos com ele permitem-nos fazer as seguintes recomendações:

- realizar o mesmo estudo em situação real de prática;
- realizar o mesmo estudo e associar variáveis cinemáticas às variáveis cinéticas por nós estudadas, com o objetivo de perceber se maiores amplitudes do joelho (maior amplitude de rotação da cintura pélvica) estão relacionadas com maiores forças de compressão, de tração e pagaiada;
- realizar um estudo com o finca pés instrumentado e pagaia fazendo três simulações diferentes à mesma intensidade (por exemplo: 30 segundos a 150 W): primeira simulação com restrição dos MI; segunda simulação sem *foot strap*; e terceira simulação sem restrição nenhuma. Este estudo servia para perceber qual a contribuição real dos MI e quantificar a contribuição que o *foot strap* tem na pagaiada;
- realizar um estudo que relaciona dados cinemáticos dos MI e MS com as forças aplicadas no finca pés e na pagaia.

8. BIBLIOGRAFIA

- Aitken, D. a, & Neal, R. J. (1992). An On-Water Analysis System for Quantifying Stroke Force Characteristics During Kayak Events. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8(1974), 165–174. <https://doi.org/10.1123/ijsb.8.2.165>
- Akca, F., & Muniroglu, S. (2008a). Anthropometric-Somatotype and Strength Profiles and On-Water Performance in Turkish Elite Kayakers. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 20(1), 22–34. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=33750784&site=ehost-live>
- Akca, F., & Muniroglu, S. (2008b). Anthropometric-Somatotype and Strength Profiles and On-Water Performance in Turkish Elite Kayakers. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 20(1), 22–34.
- Baker, J. (1998). The Evaluation of Biomechanic Performance Related Factors and On-Water Tests. *International Seminar on Kayak-Canoe Coaching and Science*, (November), 50–66.
- Begon, M., Colloud, F., & Lacouture, P. (2009). Measurement of contact forces on a kayak ergometer with a sliding footrest-seat complex. *Sports Engineering*, 11(2), 67–73. <https://doi.org/10.1007/s12283-008-0011-2>
- Begon, M., Colloud, F., & Sardain, P. (2010). Lower limb contribution in kayak performance: Modelling, simulation and analysis. *Multibody System Dynamics*, 23(4), 387–400. <https://doi.org/10.1007/s11044-010-9189-8>
- Bishop, D., Bonetti, D., Spencer, M., Bishop, D., Bonetti, D., & Spencer, M. (2014). The effect of an intermittent , high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance The effect of an intermittent , high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance, 0414. <https://doi.org/10.1080/0264041031000070912>
- Bjerkefors, A., Tarassova, O., Rosén, J. S., & Zakaria, P. (2017). Three-dimensional kinematic analysis and power output of elite flat-water kayakers. *Sports Biomechanics*, 3141(September), 1–14. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1359330>
- Brown, B. M., Lauder, M., & Dyson, R. (2011). Notational analysis of sprint kayaking :

- Differentiating between ability levels, *11*(1), 171–183.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/24748668.2011.11868538>
- Brown, M. B., Lauder, M., & Dyson, R. (2010). Activation and contribution of trunk and leg musculature to force production during on-water sprint kayak performance. *XXVIII International Symposium of Biomechanics in Sports*, (1986), 203–206.
- Comité Olímpico de Portugal. (2018). Canoagem. Retirado de <http://comiteolimpicoportugal.pt/modalidades/canoagem/>
- Cox, R. (1992). *The Science of Canoeing*. Cheshire: Coxburn Press.
- Dansprint. (2018). Technical Information. Kayak Information. Retirado de <http://www.dansprint.com/uk/DANSPRINT-ERGOMETERS/TECHNICAL-INFORMATION.html>.
- Fleming, N., Donne, B., Fletcher, D., & Mahony, N. (2012). A biomechanical assessment of ergometer task specificity in elite flatwater kayakers. *Journal of Sports Science and Medicine*, *11*(1), 16–25.
- Fohanno, V., Colloud, F., Mansour, K., & Lacouture, P. (2011). Kinematics in elite kayakers while paddling a sliding ergometer equipped with standard and swivel seats. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, *11*, 235–238.
- Folgar, M. I., Cárceles, F. A., Mangas, J. J. (2014). Entrenamiento en piragüismo de aguas tranquilas: Avances para la mejora en la preparación física, técnica, táctica, psicológica, nutricional y tecnológica. 2.0 Editora.
- Gomes, B. (2008). *Análise das alterações fisiológicas e cinemáticas , associadas à utilização do banco fixo ou rotativo em caiaque-ergómetro , em canoístas de elite*. Universidade de Coimbra.
- Gomes, B., Ramos, N. V, Conceição, F. A. V, Sanders, R. H., Vaz, M. A. P., & Vilasboas, J. P. (2015). Paddling Force Profiles at Different Stroke Rates in Elite Sprint Kayaking. *Journal of Applied Biomechanics*, (Table 1), 258–263.
- Gomes, B., Viriato, N., Sanders, R., Conceição, F., & Paulo, J. (2011). Analysis of the on-water paddling force profile on an elite kayaker. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, *11*(2), 259–262.

- Hamano, S., Ochi, E., Tsuchiya, Y., Muramatsu, E., Suzukawa, K., & Igawa, S. (2015). Relationship between performance test and body composition/physical strength characteristic in sprint canoe and kayak paddlers. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 191. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S82295>
- Hofmijster, M., Soest, V., & Koning, J. (2008). Rowing Skill Affects Power Loss on a Modified Rowing Ergometer. *American College of Sports Medicine*, (9), 1101–1110. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181668671>
- International Society for the Advancement of Kinanthropometry. (2001). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Australia: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Jackson, P. S. (1995). Performance prediction for Olympic kayaks, 13, 239–245. <https://doi.org/10.1080/02640419508732233>
- Kendal, S., & Sanders, R. (1992). The technique of elite flatwater kayak paddlers using the wing paddle. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8(Figure 1), 233–250. <https://doi.org/10.1123/ijsb.8.3.233>
- Kleshnev, V. (2008). Rowing Biomechanics Newsletter, 8(83), 2008.
- Lee, C. H. (2014). The effect of kayak foot brace on forward stroke and stability of boat in the kayak sprinting. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 6(5), 223–228. <https://doi.org/10.14257/ijbsbt.2014.6.5.23>
- Lee, C. H., & Nam, K. J. (2012). Analysis of the kayak forward stroke according to skill level and knee flexion angle. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 4(4), 41–48.
- Limonta, E., Squadrone, R., Rodano, R., Marzegan, A., Veicsteinas, A., Merati, G., & Sacchi, M. (2010). Tridimensional kinematic analysis on a kayaking simulator: Key factors to successful performance. *Sport Sciences for Health*, 6(1), 27–34. <https://doi.org/10.1007/s11332-010-0093-7>
- Mann, R., & Kearney, J. (1980). A biomechanical analysis of olympic-style flatwater kayak stroke. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(3), 183–188.
- McDonnell, L. K., Hume, P. A., & Nolte, V. (2013). A deterministic model based on evidence for the associations between kinematic variables and sprint kayak

- performance. *Sports Biomechanics*, 12(3), 205–220.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2012.760106>
- Michael, J. S., Rooney, K. B., & Smith, R. M. (2012). The dynamics of elite paddling on a kayak simulator. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 661–668.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2012.655303>
- Michael, J. S., Smith, R., & Rooney, K. B. (2009). Determinants of kayak paddling performance. *Sports Biomechanics*, 8(2), 167–179.
<https://doi.org/10.1080/14763140902745019>
- Nilsson, J. E., & Rosdahl, H. G. (2016). Contribution of Leg-Muscle Forces to Paddle Force and Kayak Speed During Maximal-Effort Flat-Water Paddling, 22–27.
- Ong, K., Elliott, B., Ackland, T., & Lyttle, A. (2006). Performance tolerance and boat set-up in elite sprint Kayaking. *Sports Biomechanics*, 5(1), 77–94.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2006.9628226>
- Páez, L. C., Díaz, I. C. M., Lora, M. D. H., & Corrales, B. S. (2010). Ergometric testing for top-level kayakers : validity and reliability of a discontinuous graded exercise test Ergometrično testiranje za vrhunske kajakaše: zanesljivost in veljavnost stopnjevanega obremenitvenega testa s prekinitvami, 20, 16–20.
- Perini, T. A., Oliveira, G. L. De, Ornellas, S., & Oliveira, P. De. (2005). Cálculo do erro técnico de medição em antropometria , 11(21), 81–85.
- Petrone, N., Isotti, A., & Guerrini, G. (2006). Biomechanical analysis of olympic kayak athletes during indoor paddling. *The Engineering of Sport* 6, 1, 413–418.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-46050-5_73
- Plagenhoef, S. (1979). Biomechanical Analysis of Olympic Flatwater Kayaking and Canoeing. *Research Quarterly*, 50(3), 443–459.
- Robinson, M., Holt, L., & Pelham, T. (2002). The technology of sprint racing canoe and kayak hull and paddle designs. *International Sports Journal*, 6, 68–85.
- Sanders, R., & Baker, J. (1998). Evolution of technique in flatwater kayaking. *Science & Practice of Canoe/Kayak*, (January), 67–81.
- Someren, K. A. Van, Phillips, G. R. W., & Palmer, G. S. (2000). Comparison of

- Physiological Responses to Open Water Kayaking and Kayak Ergometry, 200–204.
- Sousa, M. (2012). Projeto e conceção de um dispositivo experimental para medição e caracterização dos esforços aplicados no finca pés de um caiaque de pista. Porto.
- Sturm, D., Yousaf, K., & Eriksson, M. (2010). A wireless, unobtrusive kayak sensor network enabling feedback solutions. *2010 International Conference on Body Sensor Networks, BSN 2010*, 159–163. <https://doi.org/10.1109/BSN.2010.24>
- Szanto, C. (2014). ICF, coaches education programme – canoe sprint. (S. Toulson & A. Train, Eds.). Budapest: ICF.
- Travinha Esportes. (2018). História da Canoagem. Retirado de <http://www.travinha.com.br/esportes-aquaticos/52-canoagem/211-canoagem-a-historia>.
- Van Someren, K. A., & Howatson, G. (2008). Prediction of flatwater kayaking performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(2), 207–218. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.2.207>
- Van Someren, K. A., & Palmer, G. S. (2003). Prediction of 200-m sprint kayaking performance. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquee*, 28(4), 505–517. <https://doi.org/10.1139/h03-039>

Anexos

Anexo I

Termo de consentimento e participação voluntária no estudo

CONSENTIMENTO INFORMADO, ESCLARECIDO E LIVRE PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDOS DE INVESTIGAÇÃO (de acordo com a Declaração de Helsínquia e a Convenção de Oviedo)

Título do Projeto de Investigação: Perfil e magnitude das forças exercidas pelos membros inferiores em caiaque ergómetro: estudo em canoístas de elite.

Enquadramento: Esta investigação ocorre no âmbito do Mestrado em Biocinética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra pelo discente Lic.º Pedro Bonito. Tem como orientadora a Professora Doutora Beatriz Gomes em parceria com o Professor Doutor Fernando Ferreira.

Objetivo do estudo: O objetivo do estudo é caracterizar o perfil e magnitude das forças exercidas pelos membros inferiores em caiaque ergómetro em atletas de elite. Com o estudo pretende-se perceber as características do movimento dos membros inferiores dos atletas de elite.

Metodologia: Os atletas realizarão uma breve avaliação antropométrica, de seguida um protocolo em caiaque ergómetro composto por aquecimento e um teste de desempenho com duração de 2 minutos. No final deste protocolo realizarão o retorno à calma em ciclo ergómetro.

Condições de participação: Este projeto possui um domínio de participação voluntária, não existindo qualquer prejuízo caso não aceite participar ou se interromper a sua participação no decorrer do estudo.

Condições de Financiamento: O estudo não possui nenhum financiamento exterior à instituição que o acolhe.

Confidencialidade e anonimato: Todos os dados recolhidos para o presente estudo são confidenciais e anónimos. Cada participante terá acesso a um pequeno relatório individual que apenas a si diz respeito. Caso concorde os dados poderão também ser fornecidos ao seu treinador. Os resultados deste projeto serão publicados, mas jamais permitirão a identificação de qualquer elemento.

Obrigado pela sua participação e apoio no estudo, sem a sua colaboração este projeto não poderia existir!

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.

Quem pede consentimento:

Nome: Pedro Alexandre Louro Bonito

Assinatura: _____ **Data:** ___/___/___

Contacto: pedro_a_bonito@hotmail.com

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pela pessoa que acima assina. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer momento, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelo investigador.

Nome: _____

Assinatura: _____ **Data:** ___/___/___

Anexo II

Descrição dos procedimentos relativos à avaliação antropométrica

1. Medição Antropométrica

1.1. Estatura:

A estatura apresenta uma variação diurna, em que os indivíduos são mais altos pela manhã do que ao fim do dia e por conseguinte, os atletas foram medidos da parte da manhã. Esta variação ronda 1% da estatura (Reilly, Tyrrell & Troup, 1984; Wilby, Linge, Reilly & Troup, 1985, como citado em ISAK, 2001). O método usado foi o *stretch stature* em que os atletas apresentam-se na posição ereta com os pés juntos e com os calcanhares, nádegas e parte posterior do tronco a tocarem na parede onde estava a escala de medida. A cabeça foi colocada de acordo com plano de *Frankfort* onde o *Orbitale* (borda inferior do olho) estava no mesmo plano horizontal que o *Tragion* (ponto superior ao tragus da orelha) (Figura 1). Quando estes dois pontos anatómicos de referência estiverem alinhados no plano horizontal o *Vertex* é o ponto mais alto do crânio. A medida é finalizada quando os atletas inspiram profundamente.

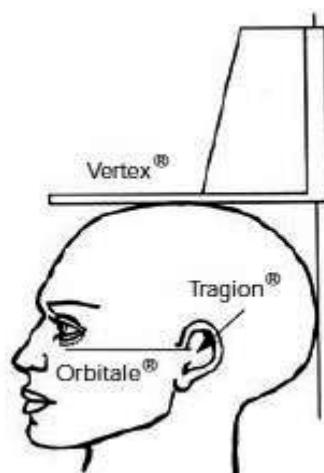


Figura 1 - Cabeça no plano Frankfort (ISAK, 2001).

1.2. Massa corporal:

O atleta sobe para a balança e olha em frente enchendo o peito de ar.

1.3. Perímetro da coxa:

Este perímetro foi medido um centímetro abaixo do glúteo com o atleta em posição ereta com os pés ligeiramente afastados e a massa igualmente distribuída por ambos. Os membros superiores devem estar encostados ao tórax.

1.4. Perímetro geminal:

Foi medido no maior perímetro da perna com o atleta em posição ereta com os pés ligeiramente afastados e a massa igualmente distribuída por ambos. Os membros superiores devem estar encostados ao tórax.

1.5. Comprimento do Membro Inferior (MI):

O comprimento do MI foi determinada através da altura do *trochanterion* que é medida desde o ponto superior do trocanter maior até ao solo. Aqui o atleta estava numa posição ereta com os pés juntos.

1.6. Comprimento da perna:

O comprimento da perna foi determinado através da altura do “tibiale laterale” que é medida desde o côndilo lateral da tibia até ao solo.

1.7. Comprimento da coxa:

O comprimento da coxa foi encontrado com base na subtração do comprimento do MI e o comprimento da perna.

2. Erro técnico de medição

Tabela 18 - Erro técnico de medição das características antropométricas medidas. Cálculo e classificação segundo (Perini et al., 2005).

	ETM %	Classificação
Estatura	0,05	Aceitável
Massa corporal	0,07	Aceitável
Perímetro da coxa	0,21	Aceitável
Perímetro da perna	0,18	Aceitável
Comprimento do MI	0,09	Aceitável
Comprimento da perna	0,34	Aceitável
Comprimento coxa	Calculado pela subtração das duas medidas anteriores	--

Notas: ETM, erro técnico de medição.