

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Letícia Gandolfi de Oliveira

Interferência do posicionamento das pedaleiras do
remo ergômetro na potência e impulso

Porto Alegre
2006

Letícia Gandolfi de Oliveira

Interferência do posicionamento das pedaleiras do
remo ergômetro na potência e impulso

Orientador

Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss

Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-Graduação em Ciências do
Movimento Humano da Escola de
Educação Física, da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como
requisito parcial para obtenção
do grau de mestre

Porto Alegre
2006

AGRADECIMENTOS

Este espaço é destinado a todas aquelas pessoas que de alguma forma colaboraram com mais este passo em meu processo de aprendizagem, não apenas no âmbito acadêmico, mas também no pessoal.

Agradeço aos meus pais, Argemiro Gandolfi de Oliveira (*in memoriam*) e Hilda Padilha de Oliveira (*in memoriam*) e aos meus irmãos pelo amor, dedicação e constante incentivo para minha educação.

Agradeço ao meu marido Fabiano Caldeira Vilanova pelo amor, carinho, compreensão e apoio para a realização deste trabalho.

Reportando o meu estudo, uma regata de *skiff* simples é muito bonita de se ver, mas a competição num “oito” é um verdadeiro espetáculo. A realização deste trabalho não foi diferente, muitas pessoas contribuíram de diversas maneiras para este resultado e desta forma gostaria de agradecê-las.

Primeiramente agradeço ao meu orientador Jefferson Fagundes Loss pela sua confiança, pela oportunidade de fazer este estudo, pela sua disposição, pelos seus ensinamentos, como exemplo de pesquisador e pela sua amizade.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) contribuíram para minha formação acadêmica, através de seus ensinamentos.

Em especial agradeço ao Prof. Guimarães (*in memoriam*), exemplo de ética profissional, sua ajuda foi fundamental para a realização deste trabalho e também pela sua participação na banca de qualificação.

Gostaria de agradecer também ao Prof. Luiz Carlos Gertz pela avaliação do projeto na qualificação e pela ajuda na construção do equipamento utilizado na coleta de dados.

Agradeço desde já também aos membros da banca, pela atenção destinada a avaliação desta dissertação de mestrado.

Agradeço a Prof^a. Eliane Manfio um exemplo de comprometimento profissional e que mesmo distante sempre estimulou a minha formação acadêmica.

Agradeço a Prof^a. Denise Soares por seu incentivo e dedicação aos estudos em biomecânica, agradeço por suas aulas de inglês que possibilitaram desenvolver a leitura dos artigos e por sua amizade mesmo agora distante.

Agradeço ao Prof. Rafael Reimann Baptista, em conjunto desbravamos um tema desconhecido por nós, seus conhecimentos foram muito importantes no entendimento de vários artigos e sua amizade e companheirismo facilitou esse caminho. Agradeço também ao seu orientador Prof. Álvaro Reischak de Oliveira pelos seus ensinamentos e conhecimentos práticos do esporte.

Agradeço ao Prof. Ricardo Contieri por seu interesse no aprimoramento deste esporte através do conhecimento científico. E a toda equipe de remo do Grêmio Náutico União (GNU), em especial os atletas que participaram de várias avaliações.

Agradeço ao Clube de Regatas Guaíba Porto Alegre (GPA), em especial ao seu técnico Marco Dornsbach Soares por sua confiança, disposição e ensinamentos práticos deste esporte para a realização deste trabalho. Além do incentivo para a prática do remo. Também agradeço a todos os atletas que participaram da coleta de dados.

Muitos obstáculos surgiram, mas graças a pessoas especiais como Raphael Caballero foi possível transpô-los, agradeço de coração o seu companheirismo e amizade e comprometimento na realização deste trabalho.

Agradeço a acadêmica Fernanda Barth pela sua disposição, pelo auxílio na busca de material bibliográfico e coletas de dados, também pelo carinho e amizade.

Gostaria de agradecer a todos que fazem ou já fizeram parte do Grupo de pesquisa em Biomecânica: Denise Soares, Diego Vellado, Patrícia Sant'Anna, João Paulo Cañero, Daniela Aldabe, Daniel Ribeiro, Everton Krueel, Caroline Bernardes, Leonardo Peyré Tartaruga, Fernanda Barth, Fernanda Metzen, Joelly Toledo, Paulo Schiehl, Fábila Millman, Fábio Canto, Luís Felipe Silveira, Artur Bonezi, Dimitri Molenda, Marcelo La Torre, e aos novos integrantes pelo convívio, e bons momentos compartilhados.

Agradeço também ao pessoal da sala 212 pelas dicas, coleguismo e bom humor: Fernando Diefenthaler, Carina Fraga, Ana Paula Karolczak, Aline Tamboridenguy, Jaqueline Souza, Cristiane Kras, Érico da Silveira, Felipe Carpes, Flávio Castro, Cíntia Freitas, Márcio de Oliveira e Cláudia Candotti.

Agradeço a todos os funcionários do PPGCMH e LAPEX pela assessoria prestada a nós alunos. Em especial ao André e a Ana (Secretaria PPGCMH) e ao Luciano e a Dani (Secretaria LAPEX).

Gostaria de agradecer também ao importante auxílio da CAPES pela bolsa de pesquisa a mim concedida e ao CENESP pelo apoio financeiro ao LAPEX que possibilitou a realização deste estudo.

Enfim, espero ter agradecido a todos e peço minhas sinceras desculpas acaso eu tenha esquecido de citar alguma pessoa.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

<u>1 INTRODUÇÃO</u>	15
<u>1.1 Problema</u>	19
<u>1.2 Hipóteses</u>	19
<u>1.3 Objetivos</u>	19
<u>1.3.1 Objetivo Geral</u>	19
<u>1.3.2 Objetivos Específicos</u>	20
<u>1.4 Estrutura do texto</u>	20
<u>2 REVISAO DE LITERATURA</u>	21
<u>2.1 Histórico do remo</u>	21
<u>2.2 Pesquisas em remo</u>	23
<u>2.2.1 Abordagem fisiológica</u>	23
<u>2.2.2 Abordagem biomecânica</u>	26
<u>2.3 O remo ergômetro</u>	31
<u>2.4 Avanços Tecnológicos</u>	35
<u>2.5 Análises das forças no remo</u>	37
<u>3 MATERIAIS E MÉTODOS</u>	39
<u>3.1 Caracterização da pesquisa</u>	39
<u>3.2 Amostra</u>	39
<u>3.3 Sistemas de referência</u>	40
<u>3.3.1 Sistema global</u>	40
<u>3.3.2 Sistema local da manopla</u>	40
<u>3.3.3 Sistema local das pedaleiras</u>	40
<u>3.4 Definição operacional das variáveis</u>	41

3.4.1 Forças realizadas sobre as pedaleiras	42
3.4.2 Forças realizadas sobre a manopla	43
3.4.3 Impulsos	43
3.4.4 Posição da manopla	43
3.4.5 Deslocamento da manopla	43
3.4.6 Velocidade da manopla	43
3.4.7 Potência na manopla	44
3.5 Instrumentos de medida	44
3.5.1 Remo ergômetro	44
3.5.2 Plataforma de força	45
3.5.3 Célula de carga	45
3.5.4 Unidade de sincronismo	46
3.5.5 Sensor de voga	46
3.5.6 Condicionador de sinais	46
3.5.7 Conversor A/D	46
3.5.8 Microcomputador	47
3.5.9 Câmera de vídeo	47
3.5.10 Fitas de vídeo	47
3.5.11 Marcadores reflexivos	47
3.6 Protocolo de testes	47
3.7 Procedimentos de aquisição de dados	49
3.8 Análise dos dados	53
3.9 Tratamento estatístico	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1 Potência calculada na manopla	58

4.2 Impulso na manopla	67
4.3 Impulso nas pedaleiras	68
4.4 Considerações finais	76
5 CONCLUSÃO	78
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO I	87
ANEXO II	89
ANEXO III	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Tipos de barcos <i>scull</i> . a) <i>skiff</i> simples; b) <i>skiff</i> duplo; c) <i>skiff</i> quádruplo.....	21
Figura 2.2	Tipos de barcos <i>sweep</i> . a) <i>dois sem</i> ; b) <i>quatro sem</i> ; c) <i>oito</i>	22
Figura 2.3	Remo ergômetro da marca <i>Concept II</i> modelo C.....	32
Figura 3.1	Representação esquemática dos sistemas de referências.....	40
Figura 3.2	Diagrama de corpo livre das forças atuantes no remador.....	41
Figura 3.3	Referencial adotado para as forças atuantes na plataforma.....	41
Figura 3.4	Remo ergômetro <i>Concept II</i> Modelo C.....	43
Figura 3.5	Plataformas de força – a) vista superior; b) vista lateral.....	44
Figura 3.6	Posicionamento das plataformas nas pedaleiras, da esquerda para a direita: posição usual e posição modificada.....	47
Figura 3.7	Remo ergômetro <i>Concept II</i> , com atleta e plataformas fixadas na posição intermediária.....	48
Figura 3.8	Calibração das plataformas e célula.....	50
Figura 3.9	Calibrador integrante do <i>Peak</i> posicionado para a filmagem do evento.....	51
Figura 3.10	Fases da remada: 1) fase de propulsão 2) fase de recuperação, a- início, b-meio, c-fim.....	52
Figura 3.11	Curva de força da manopla: círculo verde é início da fase e “x” vermelho o final da fase de propulsão.....	53

Figura 3.12	Gráficos das forças nas pedaleiras: a) curva média em x (vermelho) e y (azul) na direita; b) curva média em x (vermelho) e y (azul) na esquerda.....	54
Figura 3.13	Gráficos das forças nas pedaleiras direita e esquerda: a) curva média com desvio-padrão direita e esquerda; b) curva média resultante com respectivo desvio-padrão.....	55
Figura 3.14	Gráfico das componentes horizontal e vertical no sistema global na curva de força média da manopla.....	55
Figura 4.1	Posição em função do tempo da extremidade lateral da manopla. Curvas expressas no sistema de referência global: X equivale ao deslocamento horizontal e Y ao deslocamento vertical.....	58
Figura 4.2	Velocidade horizontal da manopla na potência nominal de 300W...	59
Figura 4.3	Curva de força da manopla com os marcadores de início (o) e final da fase de propulsão (x).....	61
Figura 4.4	Componentes X e Y da curva de força da manopla durante um teste.....	62
Figura 4.5	Curva de potência calculada a partir da força e a velocidade horizontal da manopla.....	63
Figura 4.6	Curvas de potência: a)Curvas representativas da potência em cada ciclo de execução. b) Curva representativa da potência em cada ciclo de execução, normalizada temporalmente (0 a 100% do ciclo).....	64

Figura 4.7	Potência máxima calculada a partir da manopla para as duas posições da pedaleiras ($p = 0,01$).....	65
Figura 4.8	Curvas de força x tempo na manopla divididas em fase de propulsão e recuperação.....	66
Figura 4.9	Comparação entre os impulsos na manopla, na fase de propulsão, nas duas posições das pedaleiras.....	67
Figura 4.10	Curvas de força x tempo da pedaleira direita (componente paralela e perpendicular) em um ciclo completo.....	68
Figura 4.11	Curvas de força x tempo da pedaleira esquerda (componente paralela e perpendicular) em um ciclo completo.....	68
Figura 4.12	Curvas de força x tempo das pedaleiras direita e esquerda em um ciclo completo.....	69
Figura 4.13	Componentes X e Y da curva de força da pedaleira direita e esquerda durante um teste.....	70
Figura 4.14	Componentes horizontal (X) e vertical (Y) da curva de força das pedaleiras durante o teste do indivíduo E, na posição usual, na potência de 300W.....	70
Figura 4.15	Curvas de força x tempo das pedaleiras divididas em fase de propulsão e recuperação.....	71
Figura 4.16	Comparações dos impulsos horizontais positivos nas pedaleiras na fase de propulsão.....	72

Figura 4.17	Comparações dos impulsos horizontais negativos nas pedaleiras na fase de propulsão.....	73
Figura 4.18	Comparações dos impulsos verticais positivos nas pedaleiras na fase de recuperação.....	74
Figura 4.19	Comparações dos impulsos verticais negativos nas pedaleiras na fase de propulsão.....	75

Resumo

O objetivo deste estudo foi verificar se a mudança no posicionamento das pedaleiras da posição padrão chamada de posição usual para uma posição 10 cm superior a esta (sem alteração do ângulo 45°) chamada de posição modificada, interfere nas variáveis dependentes das relações entre força X tempo (potência e impulso). Como objetivos específicos pretendem-se avaliar as forças externas nos membros superiores e inferiores durante testes no remo ergômetro, relacionar os impulsos encontrados na manopla e nas pedaleiras à mudança do posicionamento das pedaleiras e verificar em qual posição das pedaleiras os remadores atingem a potência máxima. Foram construídas duas plataformas de força para mensuração das forças (perpendicular e paralela) aplicadas nas pedaleiras do remo ergômetro. Foi medida também a força exercida na manopla do remo ergômetro, sendo os testes filmados para obtenção das informações cinemáticas. O protocolo consistiu em remar durante 1 min nas potências nominais de 100, 200, 300, 400 watts e máxima subjetiva de cada atleta. O protocolo foi repetido para cada uma das posições das pedaleiras, com a ordem de execução aleatorizada. Foram calculadas curvas médias de força representativas de cada situação e os impulsos da manopla e pedaleiras. Dos oito atletas avaliados cinco atingiram maiores valores de potência máxima na posição modificada, um atleta obteve menores valores nessa posição, e outros dois não tiveram diferenças entre os posicionamentos. Para a fase de propulsão o impulso na direção horizontal, apresentou diferença apenas quando positivo, e nas potências 100 e 200 W, favorável na posição usual. O impulso na direção vertical diferiu, quando negativo, nas potências de 100, 300, 400 e máx, favorável na posição modificada. Considerando a falta de tempo de ambientação dos remadores a nova posição, pode-se inferir que a posição modificada foi melhor, e testes envolvendo modificações no barco são indicados para uma avaliação mais definitiva.

Palavras-chave: remo ergômetro, força, potência, impulso.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO

Autor: Letícia Gandolfi de Oliveira

Orientador: Dr. Jefferson Fagundes Loss

Título: Interferência do posicionamento das pedaleiras do remo ergômetro na potência e impulso.

Porto Alegre, 2006.

Abstract

The objective of this study was to verify if the change in the positioning footstretchers in the standard position to 10 centimeters above called modified position interfere with the dependent variable of the relations between force X time (power and impulse). As objective specific it is intended to evaluate the external forces in the superior and inferior limbs during tests in the rowing ergometer, to relate the impulses found in handle and in the footstretchers to the change of the positioning of the footstretchers and to verify which position of the footstretchers the rowers reach the maximum power. Two platforms of force were to construct for measure of the forces (perpendicular and parallel) applied in the footstretchers of the rowing ergometer. The force exerted in handle was also measured, being the tests filmed for attainment of the kinematic information. The protocol consisted of rowing during 1 min in the normal rated powers of 100, 200, 300, 400 watts and subjective maximal of each athlete. The protocol was repeated for each one of the positions of the footstretchers, with the randomized order. An average curve of force of each situation was to calculate representative and the impulses of handle and footstretchers. Of eight evaluated athletes five they had reached greater values of maximum power in the modified position, only one athlete showed smaller values in the modified position, and others two had not differences between the positioning. For the propulsive phase the impulse in the horizontal direction showed only difference when positive, and in the powers 100 and 200 W, favorable in the standard position. The impulse in the vertical direction differed, when negative, in the powers of 100, 300, 400 and max, favorable in the modified position. Considering the lack of time of environment of the rowers the new position, it can be inferred that the modified position was better, and tests involving modifications in the boat are indicated for a more definitive evaluation.

Key words: rowing ergometer, force, power, impulse.

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL
HUMAN MOVEMENT SCIENCE POSTGRADUATION PROGRAM

Author: Leticia Gandolfi de Oliveira

Adviser: Jefferson Fagundes Loss, PhD

Title: Interference of the positioning footstretchers of the rowing ergometer in the power and impulse

Porto Alegre, 2006

1 INTRODUÇÃO

A origem do remo é muito antiga. Os primeiros sinais desse esporte foram encontrados em pinturas no Egito Antigo por volta de 5000 anos atrás. O remo servia como meio de transporte no comércio de mercadorias e também na guerra. Como esporte foi estabelecido na Inglaterra por universidades que o usavam como disciplina e por amadores que remavam por prazer e competição. Por volta do ano de 1800 o remo começou a ser mais praticado. Em 1829 duas universidades inglesas Oxford-Cambridge disputaram a primeira competição de remo chamada também de regata. Após ser difundido em toda a Europa, cresceu também nos Estados Unidos (STEINAKER & SECHER, 1993; DAL MONTE & KOMOR, 1989).

Esta modalidade foi introduzida nos Jogos Olímpicos desde sua primeira edição, em 1896. O remo, como qualquer desporto olímpico, é caracterizado por intensa competitividade, conjugando força e sincronia de movimentos, características fundamentais na incessante busca da obtenção de melhores resultados. O principal objetivo para os atletas desta modalidade é obter melhor desempenho físico e técnico, visando superar um determinado trecho em menor tempo do que seus adversários.

O remo é considerado, dentre os esportes de resistência, o que mais envolve demanda fisiológica. Além disso, vários fatores interferem no desempenho desse esporte. Como fatores humanos podem ser citados as capacidades físicas, as habilidades pessoais, os treinamentos e a técnica. Como fatores não humanos são citados o tipo de barco, os remos, o clima e o curso da regata. (SCHWANITZ, 1991).

Um dos fatores mais importantes que afetam os resultados das competições, e que pode ser aprimorado através do treinamento, é a técnica da remada (McGREGOR *et al*, 2004; HOLT *et al*, 2003; KRAMER *et al*, 1993; SANDERSON &

MARTINDALE, 1986). O ciclo da remada pode ser dividido em duas fases: a fase de propulsão e a de recuperação. A técnica correta do movimento da remada respeita uma seqüência de movimentos onde os membros inferiores são os primeiros atuantes seguidos pelo tronco e membros superiores, respectivamente na fase de propulsão e inversamente na fase de recuperação (BAUDOUIN & HAWKINS, 2002; DAL MONTE & KOMOR, 1989).

Cada vez mais este esporte está deixando de ser explorado apenas por treinadores e atletas, sendo foco de estudo em pesquisas científicas. Mais especificamente, tem-se investigado o remo tanto do ponto de vista fisiológico quanto do ponto de vista biomecânico.

No que diz respeito à fisiologia, diversos parâmetros, como o consumo máximo de oxigênio e limiar de lactato vem sendo descritos na literatura de forma comparativa em relação a outros esportes. Os resultados de maiores valores encontrados com relação a esta variável, analisada comparativamente no remo, na corrida e no ciclismo, podem ser explicados devido ao grande volume de massa muscular envolvido na remada (SECHER, 1993).

Com relação à biomecânica é possível citar as análises da produção de força, que são bastante exploradas na literatura. ISHIKO (1971) propôs, através de um sistema de telemetria, a aquisição das mensurações das forças no próprio barco. Após este estudo, vários outros seguiram com o mesmo objetivo. GERBER *et al* (1987), devolveram também um sistema de mensuração de força ao longo do tempo, assim como HAWKINS (2000). Este pesquisador, inclusive, fornecia retorno imediato do desempenho para atletas e técnicos. Por sua vez, HILL (2002) pesquisou o comportamento do formato das curvas de força, o qual segundo ele é individual de cada atleta, podendo ser adaptado de acordo com o tipo de barco e o

tempo de treino em equipes. Analisando a curva força X tempo através de sua uniformidade, remada após outra, SMITH & SPINKS (1995) utilizaram este parâmetro para discriminar os níveis de habilidade de remadores. A combinação decorrente da análise dos dados de força, com os dados de deslocamentos, velocidades e acelerações (BAUDOUIN & HAWKINS, 2004, SMITH & LOSCHNER, 2002, HASE *et al*, 2002), permitem a identificação de possíveis falhas na sincronização dos segmentos corporais para um melhor emprego das forças no movimento da remada.

Para melhor aperfeiçoamento da técnica, além das mudanças ocorridas no material utilizado para fabricação dos barcos e dos tipos de pás existentes, simuladores tem sido amplamente utilizados. Estes simuladores possuem as mesmas partes apresentadas nos barcos que são: o carrinho móvel que desliza sobre um trilho e pequenas plataformas onde os pés ficam presos por uma cinta, chamados de pedaleiras. O diferencial em relação ao barco é a manopla, que é uma haste de madeira ligada perpendicularmente à correia do ergômetro, desenvolvendo o papel dos remos.

Simuladores ou ergômetros desenvolvem os mesmos aspectos fisiológicos nos executantes e reproduzem bem a ação dos membros inferiores. Entretanto, a ação do tronco e membros superiores pode diferir ligeiramente, especificamente na fase de recuperação, pois quando comparados com o barco os remadores realizam o movimento circular do punho para retirada dos remos da água e nem sempre esse movimento ocorre no ergômetro que possui apenas a manopla (SOPER & HUME, 2004).

Ainda assim, o remo ergômetro possui uma alta fidedignidade com a maioria dos movimentos realizados na água (LAMB, 1989). Da mesma forma, as

mensurações de curva força X ângulo e a magnitude dos parâmetros biomecânicos no remo ergômetro realizadas por CHRISTOV *et al*, (1988) apud SPINKS (1996) foram similares as do barco.

O ergômetro tem sido utilizado por muitos remadores para complementar seu treino na água, sendo largamente empregado na avaliação, no treinamento dos remadores e em pesquisas fisiológicas e biomecânicas (HARTMANN & MADER, 1995; TORRES-MORENO *et al*, 1999; INGHAM *et al*, 2002; MAHONY *et al*, 1998; BERNSTEIN *et al*. 2002). As principais vantagens deste equipamento são fornecer um ambiente mais controlado e facilitar o uso da instrumentação necessária para a avaliação das forças.

No que se refere aos esforços avaliados em condições reais durante competições, STEINACKER (1993) encontrou forças nos remos na ordem de 1000 a 1500 N nos momentos iniciais da regata, e entre 500 a 700 N no decorrer da mesma. Remadores altamente treinados utilizam sua capacidade para produção de energia mais eficientemente durante a regata que os menos experientes. Talvez a produção de energia seja a mesma entre eles, mas remadores experientes podem aplicar impulso maior do que remadores menos experientes. Em outras palavras, transferem melhor a energia para impulsionar o barco (ASAMI *et al*, 1981).

De acordo com RODRIGUEZ *et al* (1990) e MAZZONE (1988), o meio da propulsão parece ser a fase mais importante da remada em termos de produção de potência e, portanto, de velocidade. Nessa fase, os membros inferiores, em especial os músculos quadríceps e isquiotibiais, são os principais geradores de potência.

Mecanicamente, as forças de contato que atuam no remador são: a força na manopla ou remos, a força nas pedaleiras e a força no assento do carrinho. Sabe-se, ainda, que a obtenção dos maiores valores possíveis para as forças aplicadas

sobre os remos/manopla está intimamente ligada à aplicação das forças dos membros inferiores nas pedaleiras (BAUDOUIN & HAWKINS, 2002; HASE *et al*, 2002). Considerando estas pesquisas, existe a possibilidade de que uma alteração na postura do remador, especialmente com a relação à posição dos pés, melhore a potência total desenvolvida. Entretanto, as informações provenientes dos dados de força ainda não foram totalmente exploradas na literatura, o que demanda mais estudos sobre esse tema.

1.1 Problema

A modificação do posicionamento das pedaleiras altera os impulsos nas pedaleiras e na manopla?

1.2 Hipóteses

- A máxima potência é alcançada com a pedaleira em uma posição mais elevada;
- Para uma mesma potência média, espera-se um aumento do impulso horizontal e uma diminuição do impulso vertical nas pedaleiras na fase de propulsão, com as pedaleiras na posição mais elevada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Verificar se o posicionamento das pedaleiras interfere nas variáveis dependentes das relações entre força X tempo (potência e impulso).

1.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as forças externas nos membros superiores e inferiores durante testes no remo ergômetro.
- Relacionar os impulsos encontrados na manopla e nas pedaleiras à mudança do posicionamento das pedaleiras.
- Verificar em qual posição das pedaleiras os remadores atingem maiores valores na potência máxima.

1.4 Estrutura do texto

O texto foi estruturado de forma que, segue-se uma breve revisão do esporte e as abordagens de vários autores sobre suas pesquisas de remo. No capítulo posterior são apresentados os materiais e métodos propostos neste estudo, seguidos, no capítulo 4, pela apresentação dos resultados discutidos. Concluindo o texto, no capítulo 5 são feitas as considerações finais e conclusão da pesquisa. No capítulo 6 são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no decorrer do estudo. O documento é finalizado com o termo de consentimento informado e com os gráficos na potência máxima de todos os atletas avaliados, nas duas situações testadas.

2 REVISAO DE LITERATURA

2.1 Histórico do remo

No Egito Antigo por volta de 5000 anos atrás foram encontrados em pinturas os primeiros sinais do esporte hoje chamado remo. Competições usando vários tipos de barco foram muito populares na antiga Grécia e durante todo período romano, tais competições organizadas por imperadores romanos eram realizadas com mais de 100 barcos e 1900 remadores (DAL MONTE & KOMOR, 1989).

Segundo HAGERMAN (2000) o remo era utilizado como meio de transporte, para a pesca, o comércio, a exploração de novas terras e também na guerra. Como esporte foi introduzido como disciplina em universidades na Inglaterra por volta do final do século XVIII e início do século XIX. O remo passou então a ser mais praticado por prazer e competição. A primeira regata oficial ocorreu em 1829 entre duas Universidades Oxford-Cambridge (STEINACKER & SECHER, 1993).

Por alguns anos o remo foi considerado como um esporte privilegiado assim como o golfe e o tênis, tornando-se mais praticado por profissionais. Este quadro começou a ser alterado com a fundação da Federação Internacional de Remo em 1892 a qual organizou várias competições a partir de 1893, para homens. Somente em 1954 foram inseridas competições para mulheres. Após ser difundido em toda a Europa, com a imigração, o remo também cresceu nos Estados Unidos (HAGERMAN, 2000).

Desde a primeira edição dos Jogos Olímpicos, em 1896, o remo foi introduzido como uma modalidade. Desde então várias mudanças têm ocorrido com o objetivo de aprimorar o desempenho neste esporte.

Atualmente existem várias regatas que são classificadas de acordo com os tipos de barco. Estas competições se desenvolvem a uma distância de 2000 metros

em linha reta divididas por raias e a duração varia de seis a sete minutos (STEINACKER, 1993), dependendo do tipo de barco, tempo, correnteza e técnica utilizada.

As regatas além de serem classificadas pelos tipos de barco, e são também divididas em categorias de acordo com sexo, peso e idade. São dois os tipos de barco utilizados nas regatas o *sweep* e o *sculling*. No *sculling* também chamado de *skiff*, cada remador possui dois remos que medem em torno de 2,96 a 3,03 m e estes são responsáveis por uma remada simétrica (TOIGO,1999). As regatas *sculling* são ainda subdivididas pelo número de remadores em cada barco: *skiff* simples, *skiff* duplo e *skiff* quádruplo (Figura 2.1).

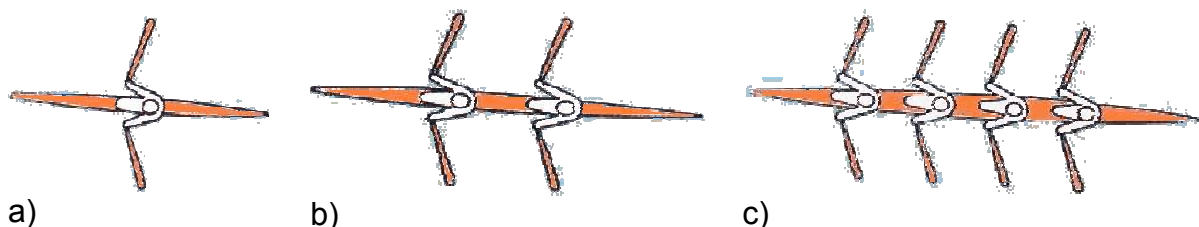


Figura 2.1 Tipos de barcos *scull*. a) *skiff* simples; b) *skiff* duplo; c) *skiff* quádruplo.

Fonte: www.cbr-remo.com.br

O *sweep*, segundo Hagerman, (2000) requer que os atletas remem com um só remo. Neste cada remador possui um remo que mede em torno de 2,98 a 3,81m, posicionado ou do lado esquerdo ou do lado direito, pode ter ou não figura do ‘timoneiro’ que é o atleta responsável por dirigir o barco, decidir táticas e manter o ritmo das remadas sem o uso dos remos. As regatas em *sweep* são ainda subdivididas em: dois sem, dois com, quatro sem, quatro com e oito com ‘timoneiro’. O dois com e o quatro com não fazem mais parte de competições olímpicas.



a)

b)

c)

Figura 2.2 Tipos de barcos sweep. a) *dois sem*; b) *quatro sem*; c) *oito*.

Fonte: www.cbr-remo.com.br

2.2 Pesquisas em remo

O remo deixou de ser interesse apenas de treinadores e atletas passando a ser investigado na área acadêmica através de pesquisas científicas. Ao longo dos anos vários estudos têm sido realizados com o objetivo de avaliar os fatores que interferem no desempenho desse esporte. As capacidades físicas, as habilidades pessoais, os treinamentos e a técnica podem ser citados como fatores humanos. Já fatores como o tipo de barco, os remos, o clima e o curso da regata são citados como fatores não humanos. (SCHWANITZ, 1991).

Esses fatores são amplamente discutidos através de duas importantes abordagens: a fisiológica e a biomecânica.

2.2.1 Abordagem fisiológica

Uma extensa revisão dos parâmetros fisiológicos tem sido realizada desde o reconhecimento desta modalidade (di PRAMPERO *et al*, 1971; CUNNINGHAM *et al*, 1975; BOUCKAERT *et al*, 1983; SECHER, 1983; ROTH *et al*, 1993; HAGERMAN, 2000).

Como um importante preditor do sucesso em esportes de resistência (WILMORE & COSTILL, 1999), o consumo máximo de oxigênio vem sendo muito estudado neste esporte. LAKOMY & LAKOMY (1993) propuseram o desenvolvimento de um teste submáximo para determinação do consumo máximo de oxigênio, os resultados obtidos sugeriram

ser possível a estimativa do consumo máximo através das respostas da frequência cardíaca.

O consumo máximo de oxigênio tem sido analisado de duas formas: como absoluto ou como relativo à massa corporal de cada indivíduo. De acordo com as duas formas de análise o absoluto tem se mostrado mais importante do que o relativo na avaliação da potência aeróbia de remadores, podendo ser explicados devido ao grande volume de massa muscular envolvido na remada quando comparada a outros atletas de resistência (HAGERMAN, 2000).

Em seu estudo, CAREY *et al* (1974) estabelecem que o consumo máximo de oxigênio possa ser maior e melhor se o trabalho é realizado com ambos os braços e pernas ao invés de somente com as pernas, a partir disso analisaram este parâmetro no remo comparativamente com a esteira concluindo que não houve diferenças, mas sim similaridades nos valores encontrados podendo o remo servir como teste para estimar a capacidade de trabalho aeróbico nesses atletas. Já SECHER (1993), em contrapartida, mostrou que o consumo máximo de oxigênio é maior no remo do que na corrida e no ciclismo, as quais também são consideradas atividades aeróbias.

Devido a divergências encontradas, o consumo máximo de oxigênio não pode garantir o desempenho do atleta isoladamente, para se alcançar o sucesso esportivo deve-se relacionar a este, parâmetros metabólicos e ventilatórios. JENSEN & KATCH (1990) propuseram um novo método em contraste com o tradicional enfoque para determinar a intensidade do exercício que é adicionada sistematicamente pelo aumento da carga de trabalho. Este novo procedimento era realizado com incremento da intensidade do exercício relativo à produção de força máxima, e concluíram ser mais efetivo para obtenção próxima aos valores máximos de

consumo de oxigênio, frequência cardíaca e limiar ventilatório que o método convencional.

Em função das diferenças nas análises do limiar anaeróbio medido metabolicamente, alguns autores têm utilizado técnicas ventilatórias na determinação de um chamado limiar ventilatório. Estudando o limiar ventilatório de atletas de várias modalidades, entre elas o remo, BUNC & LESO (1993), comparando o limiar ventilatório de remadores em ciclo e remo ergômetro, encontrou valores percentuais menores de consumo máximo de oxigênio, quando avaliados em um ergômetro não específico, os remadores apresentavam valores de limiar ventilatório próximos aos de indivíduos não treinados, enquanto que, quando submetidos a testes em remo ergômetros, os valores de limiar encontrados eram condizentes com sua condição atlética.

Muitos destes e outros estudos tem buscado ainda relacionar as adaptações fisiológicas de remadores à tipos de fibra musculares. ROTH *et al* (1993), analisaram o tipo de fibra do músculo deltóide e as informações provenientes dos parâmetros fisiológicos, com as características das curvas de força X tempo. Para aqueles que atingiram a força máxima após ou na metade da fase de propulsão, tiveram predomínio de fibra muscular lenta e atividade enzimática oxidativa, caracterizando assim um maior metabolismo aeróbio, foram considerados bons remadores de meio do barco. Para os que apresentaram predomínio de fibra muscular rápida e maior metabolismo anaeróbio foram considerados bons remadores de potência, responsáveis pela arrancada do barco.

STEINACKER (1993) e STEINACKER *et al* (1998) realizaram uma revisão dos aspectos fisiológicos do treinamento no remo, e constataram que remadores de sucesso apresentam 70 a 85% de fibra muscular lenta, que a intensidade do

treinamento é de 70 a 90% do tempo abaixo do limiar anaeróbio e que o treinamento produz um lactato sanguíneo maior que 4 mmol/L.

Avaliando o volume de treinamento em remadoras de elite VERMULST *et al* (1991) sugerem que a evolução no volume de treinamento de acordo com seus dados, ocorre quando o treino é realizado em uma potência em 4 mmol/L do que na potência máxima, que neste estudo não se comportou como um indicador para o desempenho. Melhora significativa do consumo máximo de oxigênio, do limiar anaeróbio e pico de potência foi encontrado por KOUTEDAKIS *et al*, (1994) em relação à redução de massa corporal durante longo período.

A mensuração do esforço fisiológico entre remadores competitivos também pode ser relacionado ao esforço subjetivo. MARRIOTT & LAMB (1996) validaram uma escala de esforço subjetivo para uso como um método de regular a intensidade do remo ergômetro, especialmente a altas intensidades.

Um modelo de integração dos fatores fisiológicos que determinam o desempenho é apresentado por COYLE (1995) que em seu estudo ressalta a importância da eficiência mecânica e da economia de movimento. Na prática de estudos desportivos, é a economia de movimento que vem sendo utilizada como critério fisiológico para um desempenho eficiente. De acordo com COYLE (1995) a economia de movimento é descrita como a velocidade gerada ou a potência desenvolvida, dependendo da atividade e do ergômetro utilizado, sendo expressa no ciclismo e no remo como a potência produzida por volume de oxigênio consumido (litros) por tempo, em cada minuto.

2.2.2 Abordagem biomecânica

O desempenho atlético possui várias formas para análise. Na biomecânica as análises do movimento observando os deslocamentos, as velocidades e

acelerações, a potência, e as forças empregadas pelos remadores, são as informações que podem ser determinadas através desta abordagem.

A técnica da remada é um dos fatores mais importantes que afetam os resultados das competições, e pode ser aprimorado através do treinamento (McGREGOR *et al*, 2004; HOLT *et al*, 2003; KRAMER *et al*, 1993; SANDERSON & MARTINDALE, 1986).

A técnica está intimamente ligada ao movimento da remada, que segundo DAL MONTE & KOMOR (1989), consiste necessariamente de duas fases distintas, a propulsão ou fase ativa, e a recuperação ou fase passiva. Na fase de propulsão, que é a responsável pelo movimento do barco e é onde ocorre a maior aplicação de força, os membros inferiores atuam primeiramente, em seguida, o tronco e por fim os membros superiores, essa seqüência ocorre inversamente na fase de recuperação (DAL MONTE & KOMOR, 1989; BAUDOUIN & HAWKINS, 2002). Na literatura, alguns autores ainda subdividem estas fases, em início, meio e fim como no estudo de RODRIGUEZ *et al* (1990) que optou por esta divisão para monitorar os níveis de ativação muscular, a intensidade e a mudança ocorrida desta ativação ao longo das fases, nos músculos vastos lateral e medial, isquiotibiais, abdominais, sacroespinhais, grande dorsal, deltóide, tríceps e bíceps do braço, os principais atuantes no movimento.

De acordo com SCHWANITZ (1991), que em seu estudo revisa a biomecânica aplicada para o melhoramento do desempenho no remo, o qual é influenciado pelos fatores humanos como força, coordenação e técnica; e não humanos como clima, vento e barco. Dentre estes fatores o autor considera a técnica como o foco essencial da biomecânica.

Como principal diferencial na técnica, a força vem sendo estudada no remo, sob diferentes critérios, como no estudo da relação força X tempo no músculo e as adaptações fisiológicas com o treinamento (ROTH *et al.*, 1993). HARTMANN *et al.* (1993), relacionaram os valores de força à clássica curva força X velocidade.

Analisando a curva de força X tempo através de sua uniformidade remada após outra, SMITH & SPINKS (1990a) utilizaram este parâmetro para prever o desempenho do remo na água através de análises feitas no ergômetro. Com metodologia similar, SMITH & SPINKS (1995), discriminaram os níveis de habilidades de remadores. A força também aparece na comparação ergonômica entre diferentes tipos de remo ergômetro (BERNSTEIN *et al.*, 2002).

Na análise biomecânica da excursão articular, TORRES-MORENO *et al.* (2000), observaram um início prematuro da flexão do quadril fora da fase de propulsão, e começo da extensão do joelho enquanto o quadril continuava fletido, produzindo um movimento desnecessário e indicando uma mudança articular prévia revelando assim, uma pobre sincronização ao longo do ciclo da remada. Neste aspecto a força máxima que deveria ocorrer próximo à ótima orientação mecânica do remo em relação ao barco, a qual é a posição que permite os atletas gerarem força enquanto os músculos das pernas são excelentes para relação tensão-comprimento, acaba não ocorrendo.

Em investigações não tão recentes, os formatos das curvas força X tempo obtidas na manopla são analisados relacionando-os aos estilos de remada (DAL MONTE & KOMOR, 1989), os quais descrevem também o índice de eficiência mecânica proveniente do cálculo da área abaixo da curva como critério de seleção de equipes. HILL (2002) analisa a dinâmica da coordenação dentro de equipes de alto nível através da análise de padrões destas curvas de força. Em estudos mais

recentes como de BAUDOUIN & HAWKINS (2004), reforçam os dados apresentados pela pesquisa anterior, no entendimento de que os padrões das curvas de força são individuais para cada atleta, mas podem ser adaptadas sem que isso prejudique o desempenho na competição quando os atletas remarem em equipes.

A curva de força não é somente interpretada como variável biomecânica. Em conjunto com aspectos fisiológicos, proporciona informações importantes no que diz respeito ao desempenho do atleta permitindo uma melhor análise desta pelos atletas e técnicos, o que possibilitará também uma interferência positiva no treinamento (ROTH, 1991).

Partindo desta colocação vários estudos foram revistos. ASAMI *et al* (1981) analisaram o pico de força média, impulso total e o consumo de oxigênio durante seis minutos para cada indivíduo e observaram que remadores altamente treinados utilizam sua capacidade para produção de energia mais eficientemente durante a regata que os menos experientes.

Com o objetivo de prever a potência e eficiência no remo JENSEN *et al* (1996) tentaram relacionar essas variáveis com parâmetros fisiológicos e de acordo com as análises estatísticas não indicaram relação entre eles. Já PELTONEN & RUSKO (1993) estudaram a dependência da potência no metabolismo de energia aeróbia e anaeróbia e a produção de força em um exercício máximo de perna em ergômetro modificado. Foram realizados três testes, o primeiro com 2 min de duração, o segundo com 6 min e o terceiro com 12 min de duração e o qual foi encontrada a maior correlação (92%) entre potência e parâmetros fisiológicos (consumo máximo de oxigênio, concentração de bicarbonato antes do teste e concentração de lactato sanguíneo).

Variáveis têm sido analisadas durante testes simulando uma regata de 2000 m, COSGROVE *et al* (1999) relacionaram vários parâmetros para o desempenho, observando uma alta correlação entre o consumo máximo de oxigênio e a massa magra corporal com a velocidade média obtida em 2000 m. COSGROVE *et al* (1999) ao aplicarem uma regressão múltipla encontraram o consumo como preditor da velocidade média. KENNEDY & BELL (2002) compararam a velocidade crítica¹ estimada com a velocidade real no remo durante a simulação de uma regata de 2000 m e a relação com potência aeróbica. A velocidade crítica foi significativamente correlacionada com o consumo máximo de oxigênio, com a velocidade média e com a velocidade de corrida alcançada durante a simulação da regata de 2000 m.

INGHAM *et al* (2002) também encontraram correlação do consumo máximo de oxigênio com o desempenho, mas não significativo como o encontrado por COSGROVE *et al* (1999) talvez devido à heterogeneidade da amostra.

Verificando os efeitos do tempo de prática, da voga (o número de execuções por minuto) preferida, das variáveis metabólicas e do controle de movimento, SPARROW *et al* (1999) mostraram que os parâmetros analisados podem ser adaptados em reposta à energia metabólica expendida associada ao objetivo motor da tarefa.

Investigações sobre a energia e eficiência mecânica têm sido realizadas com a intenção de esclarecer como a potência é aproveitada para o movimento de propulsão durante a remada (AFFELD *et al*, 1993). A quantificação da energia mecânica em uma situação real e em um ergômetro foi avaliada por MARTINDALE & ROBERTSON (1983) e constataram que existem diferenças significativas entre o

¹ Velocidade crítica: definida como a velocidade que pode ser teoricamente mantida para sempre sem exaustão e expressa como a inclinação da linha de regressão entre várias distâncias percorridas e os respectivos tempos utilizados.

movimento realizado na água e no ergômetro, tendo como principal diferença a economia de energia e a troca de energia entre o barco e o remador.

As análises do desempenho no remo são avaliadas tanto em atletas do sexo masculino quanto em atletas do sexo feminino (SMITH & SPINKS, 1990a; HARTMANN *et al* 1993) e também em diferentes idades. Analisando as diferenças no gênero com o avanço da idade SEILER *et al*, (1998) através de seus resultados levaram a concluir que o desempenho no remo está mais ligado aos parâmetros físicos que fisiológicos.

Poucas avaliações são realizadas em remadoras. NELSON & WIDULE (1983), avaliaram dados como ângulos articulares durante o movimento e a potência em remadoras experientes e inexperientes. As remadoras inexperientes tiveram tendência de flexão do joelho e quadril antes da fase de propulsão completa criando instabilidade na lombar e diminuindo a potência da remada. Para melhorarem a técnica seria necessário maior e mais consistência na velocidade angular joelho e quadril, no momento que o remo está perpendicular ao barco resultando em uma remada mais efetiva.

Com o objetivo de estimar a carga mecânica gerada na espinha lombar MORRIS *et al* (2000) utilizaram como amostra de seu estudo atletas e não atletas do sexo feminino avaliando a densidade mineral óssea da espinha lombar e associando com a carga mecânica produzida durante o remo encontraram um benefício osteogênico nas atletas desta modalidade.

2.3 O remo ergômetro

O remo ergômetro surgiu da necessidade do treinamento de atletas, principalmente em países onde o clima rigoroso congela lagos e rios, o que

impossibilitaria o uso do barco. Também é bastante usado como uma ferramenta na seleção de remadores para formação das equipes (SMITH & SPINKS, 1990b).

De acordo com SOPER & HUME (2004), estes equipamentos desenvolvem os mesmos aspectos fisiológicos nos executantes e reproduzem bem a ação dos membros inferiores. Entretanto quando comparados com o barco, a ação do tronco e membros superiores pode diferir, especificamente na fase de recuperação, pois remadores realizam o movimento circular do punho para retirada dos remos da água e nem sempre esse movimento ocorre no ergômetro, que possui apenas uma manopla.

Em contrapartida, CHRISTOV *et al*, (1988) apud SPINKS (1996) indicaram que as mensurações de curva força X ângulo e a magnitude dos parâmetros biomecânicos no remo ergômetro foram similares as do barco. Da mesma forma, LAMB (1989) constatou que o ergômetro possui uma alta fidedignidade com a maioria dos movimentos realizados na água.

O esforço empregado nestes equipamentos é realizado simetricamente pelos membros superiores, inferiores e tronco, produzindo, portanto efeitos diferenciados de outros ergômetros como a esteira e a bicicleta ergométrica. Em função disto, surgiram pesquisas comparativas em relação a estes ergômetros, como por exemplo, MÜLLER (1984) apud HARTMANN & MADER (1995) nas quais os valores de potência mecânica obtidos no remo ergômetro foram em média 50 a 70 W menores, para mesmos valores metabólicos de lactato.

No mercado existem vários tipos de remo ergômetros, os quais se diferem no tipo de frenagem. Os modelos mais descritos na literatura são dois: o *Gjessing*, com frenagem eletromagnética, e o *Concept II* (Figura 2.3) que possui uma frenagem oferecida pela resistência do ar.



Figura 2.3 Remo ergômetro da marca *Concept II* modelo C.
Fonte: www.concept2.com

Além dos diferentes ergômetros, uma menor produção de potência máxima também foi encontrada por LORMES *et al.*(1993) ao comparar dois modelos o *Gjessing* e *Concept II*. No primeiro, os remadores avaliados apresentaram uma menor frequência cardíaca relativa ao limiar anaeróbio, enquanto que no segundo os remadores apresentaram um menor número de voga e uma menor concentração de lactato sanguíneo. Nenhuma diferença, entretanto, foi encontrada na frequência cardíaca absoluta entre os dois modelos. Para as diferenças encontradas entre os dois ergômetros, segundo os autores, possivelmente ocorreram diferenças na perda de energia pelo sistema de transmissão dos equipamentos. Ressaltando estes estudos, MAHONY *et al.*(1999) ao comparar o modelo *Gjessing* com outros dois remo ergômetros freados a ar (*Rowperfect fixed* e *Rowperfect free*), observaram diferenças entre eles também no consumo máximo de oxigênio, ventilação e lactato dos remadores em uma dada potência, mas nenhuma diferença significativa foi encontrada quando comparados a uma mesma frequência cardíaca.

Como simuladores da remada, os remos ergômetros além de diferentes tipos de frenagem, têm diferentes estruturas: os que possuem como segmento móvel o carrinho ou os que têm a “cabeça” como segmento móvel. NOWICKY *et al* (2005)

compararam dados de ativação elétrica da musculatura flexora e extensora dos membros inferiores nesses dois tipos, não encontrando diferenças significativas nem na ativação dos músculos, nem na técnica, também analisada.

HAWKINS (2000) utilizou em seu estudo o remo ergômetro como parte de um sistema que consistia também, de potenciômetro para identificar o movimento da manopla e transdutor de força acoplado na manopla para aquisição de dados cinéticos. O objetivo de seu estudo foi fornecer ao treinador e ao atleta informações quantitativas sobre a cinética e a cinemática do movimento, possibilitando a avaliação dos efeitos ou mudanças na técnica têm na produção de força do atleta e identificar diferentes técnicas entre os atletas.

SOPER & HUME (2004) utilizaram como critério de performance um percentual de medida do erro padrão, calculada a partir da média de potência e tempo em cada tentativa de remada. Foram realizados dois testes, um de cinco repetições de 500 m, outro de duas repetições de 2000 m em um remo ergômetro da marca *Concept II* e em da marca *RowPerfect*. Os resultados ressaltaram um maior percentual no *RowPerfect* para ambos os testes. Os resultados do *Concept II* foram diferentes e o menor percentual de erro padrão, foi encontrado nas tentativas de 2000 m. Esses resultados levaram a concluir que o protocolo mais adequado para testar a influência e a intervenção na habilidade de um remador em produzir potência foi o teste de 2000 m no remo ergômetro *Concept II*.

Dentre todos, o *Concept II* é, segundo técnicos e atletas, o que melhor simula a remada real (HAGERMAN, 2000), tendo sido muito utilizado não só para treinamento, mas também em competições próprias. Muitas pesquisas foram e ainda são realizadas diretamente em barcos, mas fatores intervenientes como água, vento ou temperatura, a falta de equipamentos próprios e muitas vezes caros,

impossibilitam uma boa coleta de dados no barco. O *Concept II* tornou-se então uma ótima solução para a realização de pesquisas, pois permite analisar todos os parâmetros fisiológicos e biomecânicos envolvidos durante a remada fornecendo um ambiente mais controlado.

2.4 Avanços Tecnológicos

O projeto, a construção, o peso dos barcos e os remos evoluíram significativamente ao longo dos anos. Os barcos grandes e pesados construídos de madeira se transformaram em barcos longos, estreitos e leves construídos com fibra de carbono. Além disso, surgiram muitos acessórios e equipamentos auxiliares no treinamento. Neste grupo destacam-se os remo ergômetros, equipamentos desenvolvidos na tentativa de reproduzir o movimento e a resistência da remada na água (MAHONY *et al*, 1999).

Além dos diferentes tipos de barcos e remos, existem dois tipos de pás: a do tipo *standard* ou Macon e a pá do tipo *hatchet* ou pá de cutelo. A Macon é a mais conhecida, apresentando um formato simétrico. Esse formato até pouco tempo atrás era considerado o melhor entre as pás de competição disponíveis no mercado. Já a pá de cutelo, assimétrica, tem sido amplamente utilizada desde seu surgimento nas Olimpíadas de Barcelona na Espanha em 1992. Em seu estudo TOIGO *et al* (2002), compararam estes dois tipos de pás e estimaram um aumento na ordem de 6% da velocidade média com o uso da pá de cutelo. Apesar dos dados terem sido coletados em uma piscina, havendo, portanto controle de variáveis como vento e correnteza, esse índice encontrado foi ainda muito significativo do ponto de vista de melhora da atividade.

O desenvolvimento de sistemas que possibilitam o fornecimento imediato de informações relevantes como a potência, o trabalho e a energia mecânica, têm

despertado interesses desde as primeiras pesquisas. ISHIKO (1971) propôs, através de um sistema de telemetria, a aquisição das mensurações das forças no próprio barco. GERBER *et al* (1987), devolveram também um sistema de mensuração de força ao longo do tempo. SMITH & SPINKS (1998) desenvolveram um sistema mensurando o torque, ângulo de dois remos e a velocidade do barco, da mesma forma SMITH & LOSCHNER (2002), instrumentaram um barco através de sensores para mensuração de força e acelerômetros para orientação do barco, os dados foram adquiridos por telemetria e rapidamente processados fornecendo assim informações quase imediatas. Contudo, esse tipo de instrumentação além do alto custo, interferências de fatores como água, vento e ruídos de outros sinais durante a aquisição dos dados tornam esse tipo de coleta muitas vezes inviável para alguns remadores.

Em vista disto, HAWKINS (2000) desenvolveu um novo sistema para treinamento de remadores que fornecia um retorno imediato sobre a cinemática articular, a força e a potência no ergômetro. PAGE & HAWKINS (2002) propuseram um sistema para retorno biomecânico em tempo real integrando dados cinéticos e cinemáticos, os remadores visualizavam seu deslocamento através de um modelo espacial de segmentos conectados e também a força empregada a cada remada em um gráfico em função do tempo. Ainda WAGNER *et al* (1993) desenvolveram um sistema para quantificar o balanço do barco, pois no remo a estabilização do balanço do barco é extremamente importante durante o movimento.

Modelos teóricos também são propostos para análises biomecânicas, nos quais é possível considerar todas as variáveis que afetam o remo (ZATSIORSKY & YAKUNIN (1991); LIANG (1996); HASE & YAMAZAKI (1997); CABRERA *et al* (2006)).

2.5 Análises das forças no remo

Mecanicamente, as forças de contato que atuam no remador são essencialmente bidimensionais atuando no plano sagital: a força na manopla ou remos, a força nas pedaleiras e a força no assento do carrinho. Esforços avaliados em condições reais durante competições de nível internacional, foram na ordem de 1000 a 1500 N de força são encontrados nos momentos iniciais da regata, e entre 500 a 700 N no decorrer da mesma (STEINACKER, 1993). Remadores experientes podem aplicar impulso maior do que remadores menos experientes, em outras palavras, transferem melhor a energia para impulsionar o barco (ASAMI *et al*, 1981).

A força aplicada sobre os remos ou na manopla do remo ergômetro segundo BAUDOUIN & HAWKINS (2002) é dependente da aplicada nas pedaleiras do barco ou do ergômetro e o desempenho do remador depende da habilidade deste em desenvolver grande magnitude nas forças sobre as pedaleiras e transmiti-las para a manopla. HASE *et al* (2002a) também salientam a importância de se conhecer como ocorre essa transmissão, mas nenhum explica como ocorre e nem qual a relação de uma em função da outra.

Ao pesquisar mais detalhadamente sobre a força exercida nas pedaleiras poucos artigos foram encontrados, pois esta análise demanda certo investimento e exige o uso de plataformas de força acopladas diretamente sobre as pedaleiras. Dentre os estudos encontrados, como de HASE & YAMAZAKI (1997) que desenvolveram um modelo de simulação de análise biomecânica para calcular as cargas internas, tensão muscular e consumo de energia em vários tipos de movimentos, dentre eles o remo e para obtenção das cargas internas é necessário o uso de plataforma de força.

Seguindo essa linha de pesquisa, HASE *et al* (2002a) analisaram além de outras variáveis a força nas pedaleiras com uma plataforma construída especificamente para o cálculo das cargas internas, e HASE *et al* (2002b) com o objetivo de implementar um novo modelo de controle para o estudo da simulação biomecânica do movimento humano utilizaram o remo como exemplo. HALLIDAY *et al* (2004) mediram essa força através de uma plataforma multiaxial, capaz de medir forças e momentos em três dimensões montada na pedaleira direita com objetivo de comparar a técnica de remadores saudáveis e treinados com um indivíduo com lesão medular através da estimulação elétrica.

A partir da literatura revisada ficou claro que o remo ergômetro não representa perfeitamente as atividades desenvolvidas no barco. Não obstante, este recurso tem sido largamente utilizado devido à maior viabilidade de instrumentação nas condições controladas do laboratório. Transposições das conclusões realizadas nestas condições para o barco devem ser realizadas com cautela. Não foi encontrada na literatura revisada qualquer referência a experimentos envolvendo alterações posturais do remador, quer no remo ergômetro, quer no próprio barco. Neste sentido, este estudo parece ser pioneiro na tentativa de avaliar, de forma sistemática, alterações na posição das pedaleiras.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa teve delineamento *ex-post-facto*, e descreveu o comportamento das variáveis analisadas (potência e impulso) em duas situações.

3.2 Amostra

Foi realizado um cálculo amostral no software WINPEPI (PEPI for Windows) com 95 % de significância e poder estatístico de 80% de inferência para o grupo. Levando em consideração a diferença média encontrada entre as posições em estudo piloto, seriam necessários 35 indivíduos para encontrar diferenças significativas. Para o número de repetições que cada indivíduo deveria executar, utilizando o mesmo teste com igual significância e poder de estatístico, foram previstos 14 ciclos, para encontrar diferenças significativas.

Durante a realização do piloto, surgiu uma limitação do estudo, que foi a estatura da amostra, pois as plataformas de força quando fixadas nas pedaleiras do remo ergômetro reduziram a possibilidade de deslocamento no carrinho, impossibilitando a avaliação de remadores com mais de 105 cm no comprimento do segmento inferior.

Desse modo a amostra foi não-probabilística intencional composta por oito atletas de remo do sexo masculino com massa corporal média de 77,38 ($\pm 8,8$) kg e estatura média de 176,75 ($\pm 4,9$) cm.

Os participantes desta pesquisa treinam em um mesmo clube de remo e são orientados pelo mesmo treinador há pelo menos 2 anos. Apesar de remarem em

diferentes categorias possuem longa experiência no equipamento (remo ergômetro) utilizado neste protocolo.

3.3 Sistemas de referência

Os dados foram coletados e analisados em um plano bidimensional a partir de três sistemas de referência: global, local da manopla e local das pedaleiras.

3.3.1 Sistema global

Sistema de referência fixo (ou sistema de referência do laboratório), convenientemente com eixo X representando a direção horizontal (frente/trás), eixo Y a direção vertical. Neste estudo a origem foi definida no centro da ventoinha (responsável pela frenagem a ar) do remo ergômetro, e eixos X e Y alinhados a partir da linha de ação da gravidade considerando apenas o plano sagital (Figura 3.1).

3.3.2 Sistema local da manopla

Sistema de referência somático, posicionado com a origem na manopla, e eixo x alinhado com a correia do remo ergômetro, e eixo y posicionado perpendicularmente. Este sistema de referência muda sua posição e orientação conforme o movimento da manopla (Figura 3.1).

3.3.3 Sistema local das pedaleiras

Sistema de referência fixo, posicionado com a origem no centro da plataforma, eixo x perpendicular a superfície da plataforma e eixo y alinhado com a superfície da plataforma (Figura 3.1).

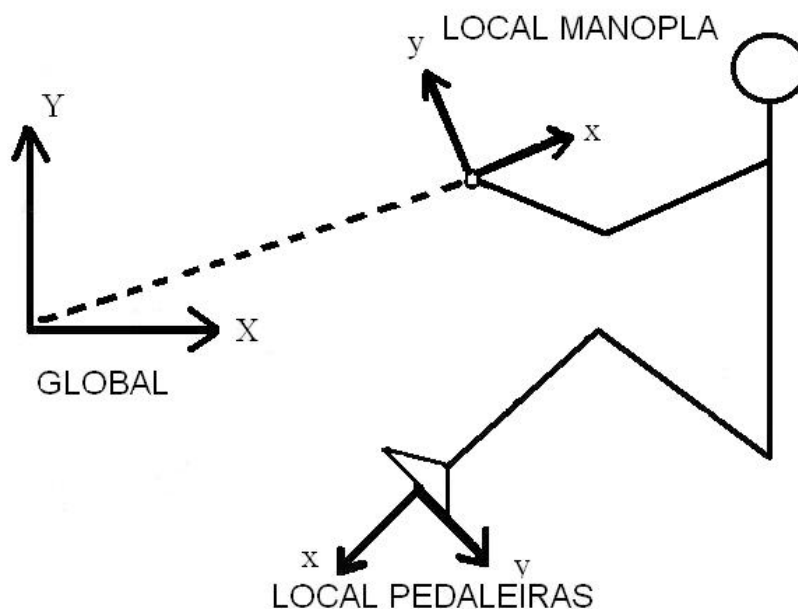


Figura 3.1 Representação esquemática dos sistemas de referências.

3.4 Definição operacional das variáveis

A Figura 3.2 mostra esquematicamente todas as forças que atuam no remador, onde F_m representa a força resultante da manopla, P o peso do remador, F_i a força inercial, F_b a força resultante do assento e a F_p a força resultante das pedaleiras.

Neste estudo foram consideradas apenas a força na manopla e as forças nas pedaleiras, após a representação esquemática (Figura 3.2) serão definidas as variáveis pertinentes a este estudo.

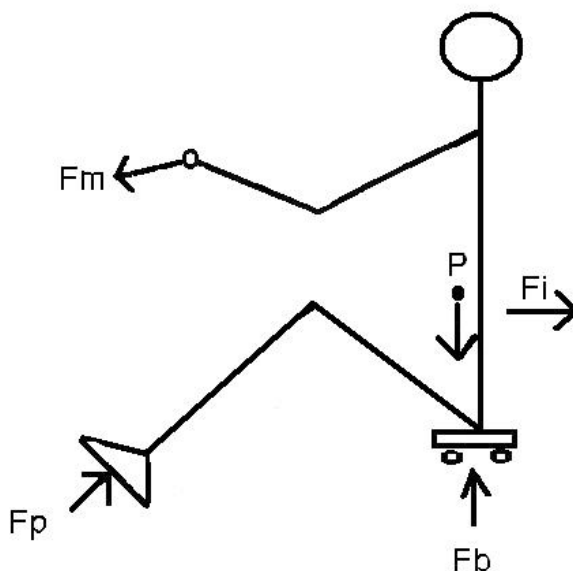


Figura 3.2 Diagrama de corpo livre das forças atuantes no remador

3.4.1 Forças realizadas sobre as pedaleiras

Forças provenientes do contato dos pés com as pedaleiras, mensuradas através da utilização de duas plataformas de força, independentes, que foram fixadas nas pedaleiras, que medem forças em duas direções ortogonais, no plano sagital nominadamente: F_x - força perpendicular (perpendicular à base da plataforma) e F_y - força paralela (alinhada com a base da plataforma), conforme ilustrado na Figura 3.3.

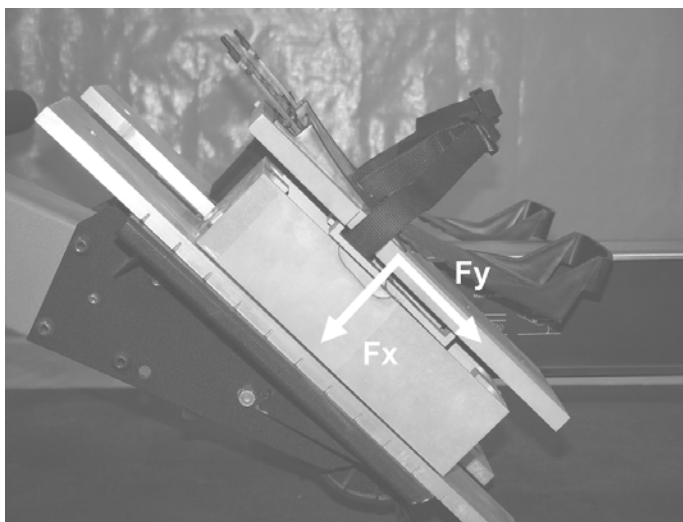


Figura 3.3 Referencial adotado para as forças atuantes na plataforma.

3.4.2 Forças realizadas sobre a manopla

Forças provenientes do contato das mãos com a manopla, mensuradas através de uma célula de carga, a qual foi instalada entre a manopla e a correia do remo ergômetro (Figura 3.7). Esta força é paralela à correia e similar àquela realizada sobre o remo quando o atleta está no barco *skiff*.

3.4.3 Impulsos

O impulso é o produto da força empregada ao longo do tempo de remada. Foi obtido através da integral da curva de força ao longo do tempo. Foram analisados separadamente os impulsos da força realizada na manopla, decomposta nas direções vertical e horizontal, bem como das forças nas pedaleiras.

3.4.4 Posição da manopla

Localização espacial da manopla em relação ao sistema de referência global, obtida por marcador posicionado na extremidade lateral. Os dados de posição da manopla foram obtidos a partir de uma filmagem com uma câmera digital posicionada perpendicularmente ao plano sagital do movimento.

3.4.5 Deslocamento da manopla

Diferença entre as coordenadas da manopla nas suas posições finais e iniciais.

3.4.6 Velocidade da manopla

Taxa temporal de mudança da posição da manopla. A velocidade da manopla foi calculada para cada deslocamento entre dois pontos consecutivos.

3.4.7 Potência na manopla

Produto da componente horizontal da força da manopla (decomposta no sistema de referencia global a partir da orientação do sistema de referencia local da manopla) pela velocidade horizontal da manopla.

3.5 Instrumentos de medida

3.5.1 Remo ergômetro

Para a realização dos testes foi utilizado um remo ergômetro da marca *Concept II*, modelo C (*Morrisville* – EUA) caracterizado por frenagem a ar apresentado na Figura 3.4. O ergômetro possui um mostrador digital PM – 2 (*Performance Monitor – 2*) o qual possibilitou a visualização da potência e voga, os valores são atualizados a cada remada.



Figura 3.4 Remo ergômetro Concept II Modelo C
Fonte: www.concept2.com

3.5.2 Plataforma de força

Para a mensuração das forças aplicadas nas pedaleiras do ergômetro foi necessária a construção de duas plataformas de força (Figura 3.5). Cada plataforma mede 25 cm de comprimento, 10 cm de largura, e 7 cm de altura. As plataformas são formadas por quatro vigas em balanço, nas quais foram colados extensômetros de resistência elétrica, também conhecidos por *strain gages*. As forças de contato dos pés na plataforma foram obtidas através da medição das deformações na estrutura da plataforma quando submetidas a esse esforço externo e captadas pelos extensômetros (OLIVEIRA *et al*, 2005 - Anexo II).

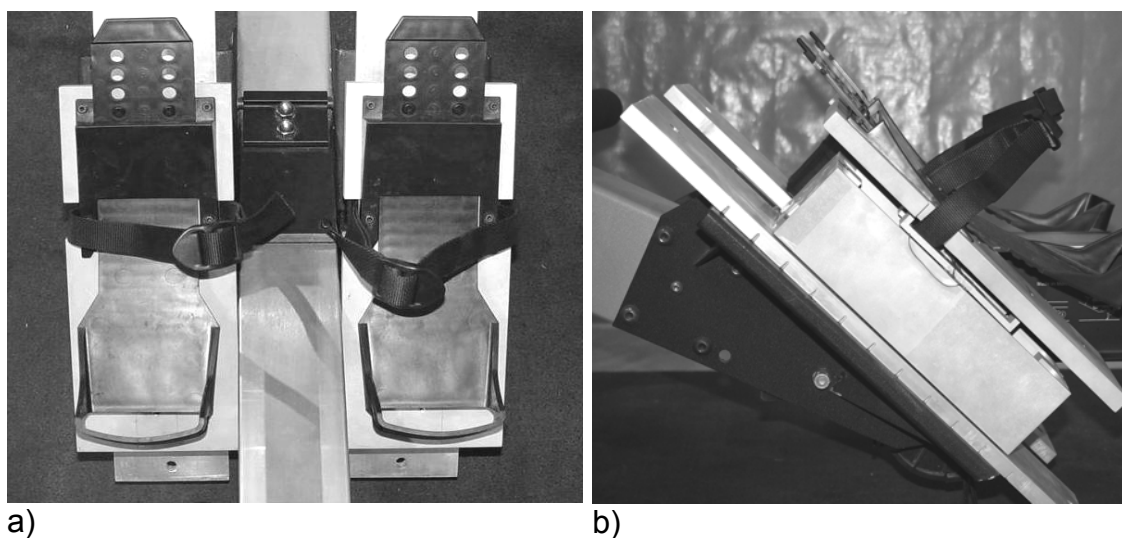


Figura 3.5 Plataformas de força – a) vista superior; b) vista lateral

3.5.3 Célula de carga

A medição da força sobre a manopla foi feita por uma célula de carga unidimensional em forma de anel, instrumentada com extensômetros de resistência elétrica (*strain gages*), similar à desenvolvida por LUSA & ZARO (1999). Para a medição da força produzida durante a remada, a célula foi acoplada entre a correia do remo ergômetro e a manopla do mesmo (Figura 3.7). Foram retirados alguns

anéis da correia de maneira que esta ficasse com o mesmo comprimento e não fosse um fator interveniente na aquisição dos dados.

3.5.4 Unidade de sincronismo

Para sincronizar os dados provenientes do sistema cinemático e cinético que possuem base de tempo diferente, foi utilizado um sincronismo manual proposto por LOSS *et al* (1997). Este dispositivo possui uma chave, que quando pressionada, um *led* é aceso e isso é visto na filmagem, simultaneamente na aquisição de dados cinéticos há uma mudança no nível de tensão elétrica.

3.5.5 Sensor de voga

Foi desenvolvido um dispositivo para contar o número de remadas utilizada pelos remadores em cada teste. O dispositivo era composto de um circuito elétrico ligado ao sistema de coleta cinética. Um ímã foi posicionado no carrinho e um sensor chamado *reed-switch* foi colocado no meio do trilho por onde desliza o carrinho do remo ergômetro, sua localização foi assim escolhida devido ao fato de todos os remadores passarem por esse ponto.

3.5.6 Condicionador de sinais

Os sinais elétricos provenientes das plataformas de força, célula de carga, unidade de sincronismo e sensor de voga foram transmitidos para um condicionador de sinais comercial da marca *Computer Boards*, modelo CIO-EXP-GP de 8 canais.

3.5.7 Conversor A/D

Os sinais amplificados foram convertidos por uma placa analógico-digital (CIO-DAS-16-100kHz/12bits) da marca *Computer Boards (Mansfield, MA, USA)*.

3.5.8 Microcomputador

Foi utilizado um computador Pentium III 900 MHz serviu para aquisição e armazenamento dos dados cinéticos.

3.5.9 Câmera de vídeo

Foram utilizadas duas câmeras de vídeo digitais da marca JVC GR-DVL9800 uma para filmagem do evento e outra para filmar o monitor do ergômetro. Da filmagem do evento eram obtidos os dados cinemáticos de cada indivíduo. Da filmagem do monitor o acompanhamento dos valores de potência dados pelo equipamento.

3.5.10 Fitas de vídeo

Foram utilizadas fitas comerciais compatíveis com a câmera de vídeo tipo DV (digital vídeo) com 66 x 48 x 12,2 mm de dimensões. A gravação foi feita no modo SP para uma melhor qualidade da imagem.

3.5.11 Marcadores reflexivos

Foram utilizados marcadores esféricos de isopor com 2 cm de diâmetro revestidos com fita adesiva reflexiva. Os marcadores possibilitaram a digitalização das imagens do posicionamento da manopla durante o movimento.

3.6 Protocolo de testes

O protocolo consistiu de cinco testes. Os atletas foram informados que deveriam remar em diferentes potências de 100 watts, 200 watts, 300 watts, 400 watts e máxima potência subjetiva de cada um. Em cada uma das potências o atleta não remava mais que um minuto após estabilizar a potência.

Primeiramente com o propósito de evitar a interferência de possíveis efeitos da fadiga muscular, a ordem das potências dos testes foi aleatorizada e um tempo de repouso de no mínimo um minuto foi observado entre os diferentes testes. Todos os testes eram realizados com as pedaleiras no mesmo lugar, depois de avaliadas todas as potências as pedaleiras eram reposicionadas, e os testes repetidos em uma nova ordem aleatória. A posição inicial da pedaleira também era sorteada para cada atleta.

As plataformas foram fixadas através de um suporte em duas posições pré-determinadas: em uma posição usual e em outra a 10 cm superior a da usual (Figura 3.6).



Figura 3.6 Posicionamento das plataformas nas pedaleiras, da esquerda para a direita: posição usual e posição modificada.

Antes do início dos testes propriamente dito, foi realizado um breve aquecimento consistindo de remadas livres durante três minutos no remo ergômetro (Figura 3.7), e este serviu também para que os remadores se adaptassem a posição modificada das pedaleiras.

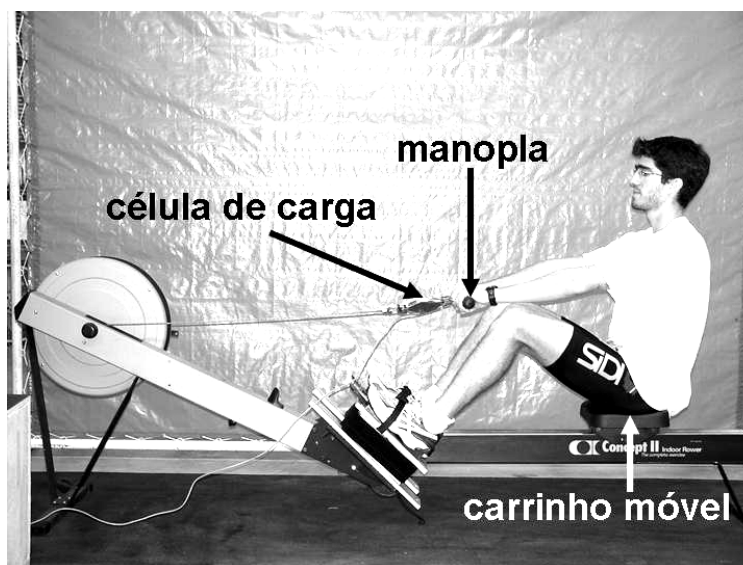


Figura 3.7 Remo ergômetro *Concept II*, com atleta e plataformas fixadas na posição modificada

Os atletas foram instruídos a manterem a voga e potências constantes durante os testes, os quais poderiam ser observados no mostrador digital do ergômetro.

3.7 Procedimentos de aquisição de dados

Todos os atletas foram informados do protocolo a ser realizado, dos objetivos e finalidades do estudo, concordando com sua participação voluntária assinaram um Termo de Consentimento Informado (Anexo I).

Foram avaliadas a massa corporal e a estatura dos atletas antes do início do teste, os pontos de interesse marcados no centro da ventoinha do remo ergômetro e na extremidade lateral da manopla, foram localizados com auxílio de marcadores reflexivos adesivos, para posterior digitalização das imagens.

Após mensuração dos dados antropométricos do atleta, foi realizado um sorteio aleatório para obtenção da posição da plataforma em que o atleta iniciaria o teste e outro sorteio para obter a ordem das potências que deveriam realizar.

Para cada teste foi realizada uma filmagem do movimento através de um sistema de vídeo composto por uma câmera de vídeo digital e software dedicado (Dvideow – UNICAMP) para aquisição e digitalização dos pontos de interesse. O eixo óptico da câmera foi posicionado horizontalmente e perpendicularmente ao eixo longitudinal do remo ergômetro a uma distância aproximada de 5 m, considerando apenas o plano sagital. Uma segunda câmera foi posicionada diagonalmente ao ergômetro para a visualização do mostrador digital do ergômetro, dessa forma foi possível monitorar a voga e a potência exercida durante cada teste.

Após a execução do protocolo foi realizada a calibração da célula de carga, das plataformas de força e do sistema de vídeo. Para a calibração da célula de carga foram utilizadas quatro anilhas de 25 lbf correspondente a 11,34 kgf. A célula unidimensional para sofrer deformação no sentido de tração foi fixada em um suporte e os pesos suspensos na outra extremidade. Primeiro foram coletados 5 s de valor de tensão elétrica sem carga, após esse tempo foram colocadas as anilhas uma a uma, respeitando o tempo de 5 s para cada uma (Figura 3.8 a).

As plataformas de força possuem duas componentes de força, portanto são bidimensionais. Para calibração da componente perpendicular de força, foram coletados 5 s sem carga para se obter o valor de zero correspondente à tensão elétrica logo após foram colocadas sobre a superfície e no centro geométrico da plataforma direita uma anilha (Figura 3.8 b) e após 5 s outra até as quatro anilhas estarem sobre a plataforma.

Para a calibração da componente de força paralela nas plataformas foi necessário montar uma estrutura onde a plataforma fosse fixada perpendicularmente ao chão e que possibilitasse a colocação das cargas na direção paralela à superfície da plataforma (Figura 3.8 c). Foi fixada uma régua de alumínio de 50 cm com orifício na extremidade inferior onde era colocado um gancho para a colocação das anilhas. Seguindo os procedimentos anteriores foram coletados 5s sem carga e após colocada uma anilha. As calibrações foram feitas individualmente para cada componente de força, porém os valores correspondentes as componentes perpendiculares foram medidos simultaneamente para avaliação do acoplamento mecânico.

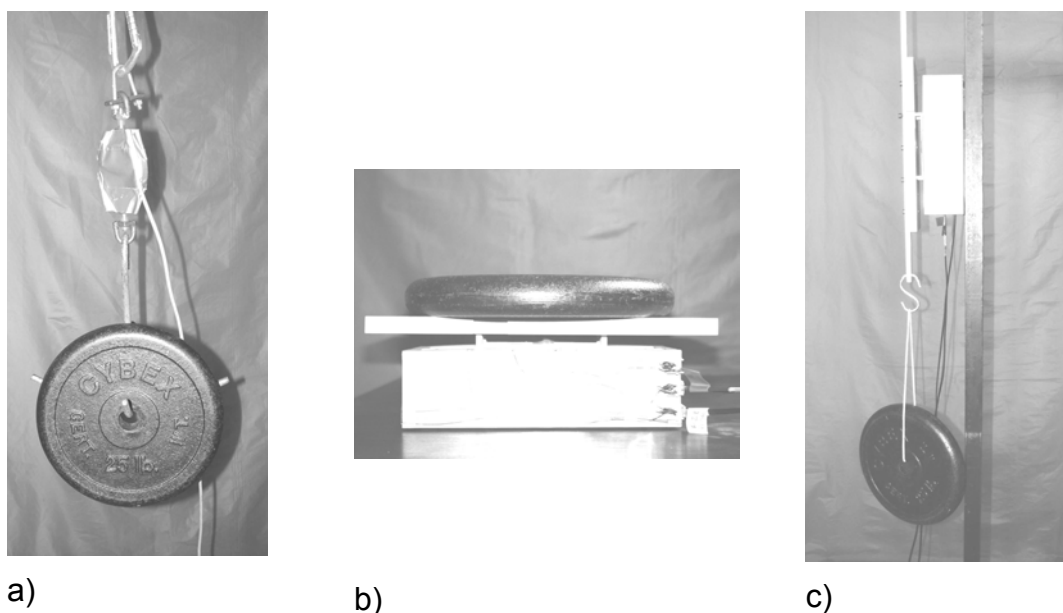


Figura 3.8 Calibração das plataformas e célula

A calibração da filmagem consiste na gravação de um padrão, após a digitalização dos pontos de interesse na imagem (*pixels*) informa-se ao programa o valor da distância (m). A calibração da filmagem foi realizada através de um padrão de calibração integrante do sistema Peak Performance (Figura 3.9), onde as coordenadas X e Y de cada ponto tem seu valor tabelado, dessa forma não foi

necessária a construção de outro padrão de calibração. Apesar de, a filmagem ser apenas no plano sagital e ser possível a calibração apenas com 2 pontos, o programa utilizado Dvideow requer a digitalização de 4, dessa forma foram utilizadas 4 hastes e 4 pontos (marcadores) do padrão. Os pontos do calibrador foram dispostos no mesmo plano em que ocorria o movimento.

Os dados cinemáticos foram capturados a uma frequência de amostragem de 50 Hz, já os dados cinéticos a uma frequência de amostragem de 500 Hz. Todos procedimentos de calibração cinéticos e cinemáticos eram repetidos em todos os dias em que ocorreram as coletas de dados.

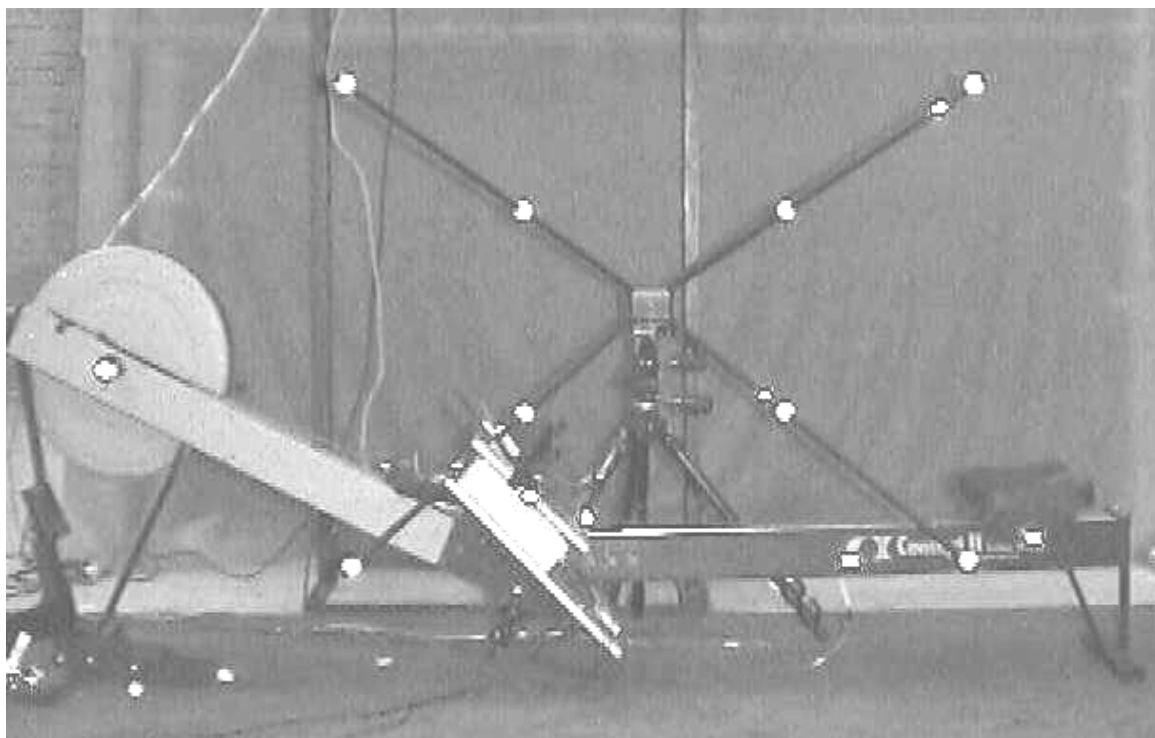


Figura 3.9 Calibrador integrante do Peak posicionado para a filmagem do evento

3.8 Análise dos dados

Todas as análises foram feitas através de rotinas específicas em ambiente Matlab®. Primeiro foi desenvolvida uma rotina que calibrasse a célula de carga e as duas plataformas, foram obtidos então uma equação e uma matriz, esses dados foram inseridos em cálculos e possibilitaram a conversão dos dados cinéticos adquiridos em unidades de tensão elétrica (mV) para unidades de força (N).

Através do sincronismo foi possível recortar o trecho para a análise descartando dessa forma dados em excesso ou que não teriam correspondentes cinemáticos. Todos os sinais de força foram previamente filtrados utilizando um filtro Butterworth passa-baixa, com frequência de corte 5 Hz e ordem 3.

O sensor de voga foi utilizado além de contador de voga como um critério a mais para definir o início do ciclo da remada, que por RODRIGUEZ *et al* (1990) é dividida em propulsão e recuperação e subdividida em início, meio e fim (Figura 3.10). Neste estudo foram consideradas apenas as fases de propulsão e recuperação para as análises cinéticas e cinemáticas.

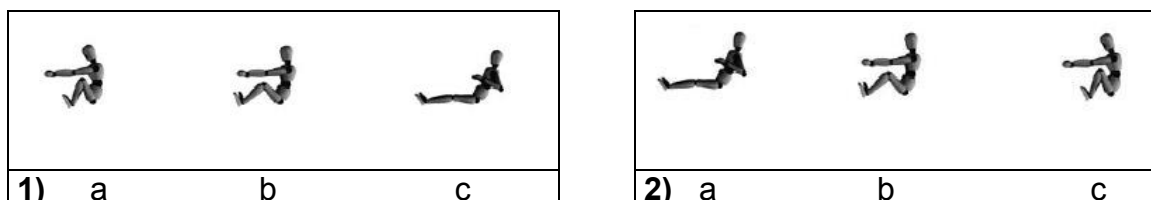


Figura 3.10 Fases da remada.: 1) fase de propulsão 2) fase de recuperação, a- início, b-meio, c-fim.

As fases de propulsão e recuperação foram definidas em função da curva de força da manopla, onde a fase de recuperação é caracterizada por haver pouquíssima tração sobre a célula de carga. Um intervalo de 0,1 s foi definido na parte central da fase de recuperação na força da manopla, entre duas ativações do sensor de voga (linha vermelha na Figura 3.11) que definiam a volta da recuperação

e a ida a propulsão. O início da fase propulsiva foi definido como o primeiro ponto da curva de força ascendente que superasse o valor médio nesse intervalo mais três vezes o desvio padrão (HODGES & BUI, 1996). O mesmo valor foi considerado para a parte descendente definindo o final da fase de propulsão, na Figura 3.11 é exemplificado o início e fim da fase, o tempo foi expresso em unidades arbitrárias.

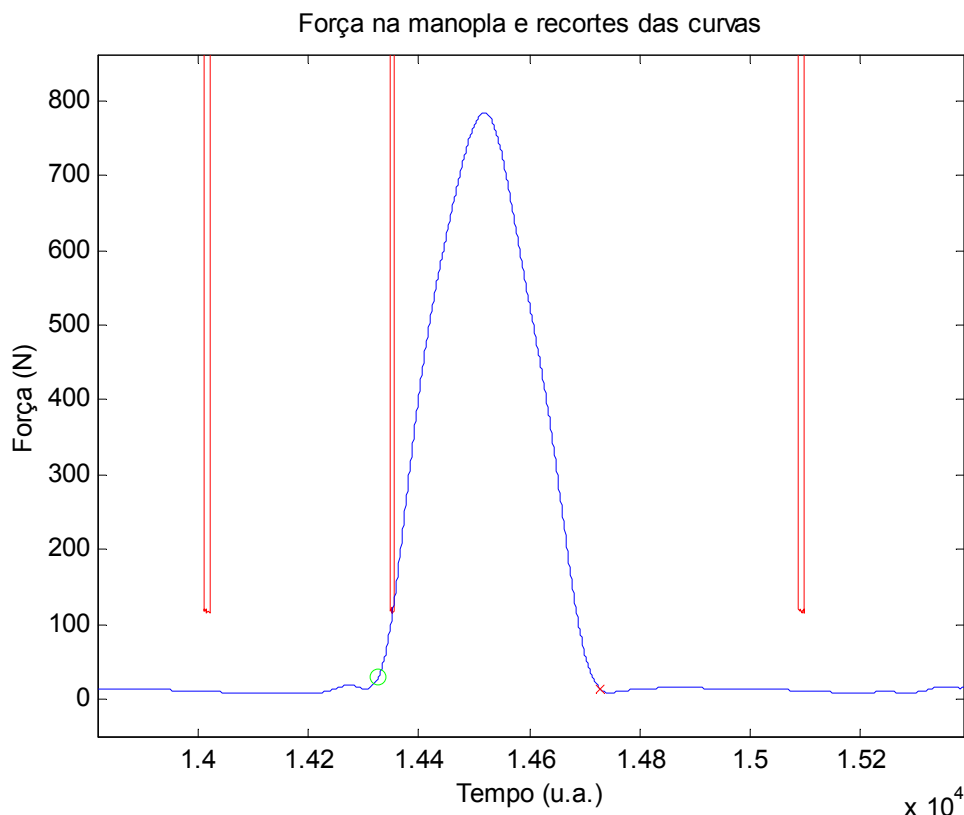
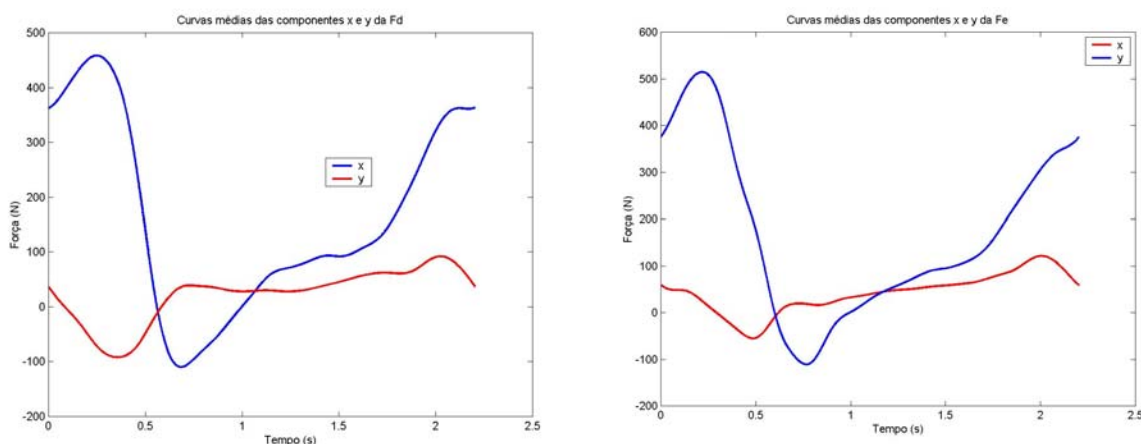


Figura 3.11 Curva de força da manopla: círculo verde é início da fase e “x” vermelho o final da fase de propulsão.

Após a filmagem dos testes foi realizada a digitalização das cenas de interesse no software Dvideow. Desta forma foi possível reconhecer a posição de cada ponto reflexivo suas ordenadas X e Y em cada quadro filmado e através do padrão de calibração reconstruir a imagem em unidades métricas, esses dados foram então exportados para o software Matlab® e então processados.

Para avaliar os dados de força juntamente com os dados cinemáticos foi preciso realizar uma interpolação a partir da função *spline* do software Matlab® nas informações cinemáticas visto que a frequência de aquisição destes dados foi 10 vezes inferior a dos dados cinéticos.

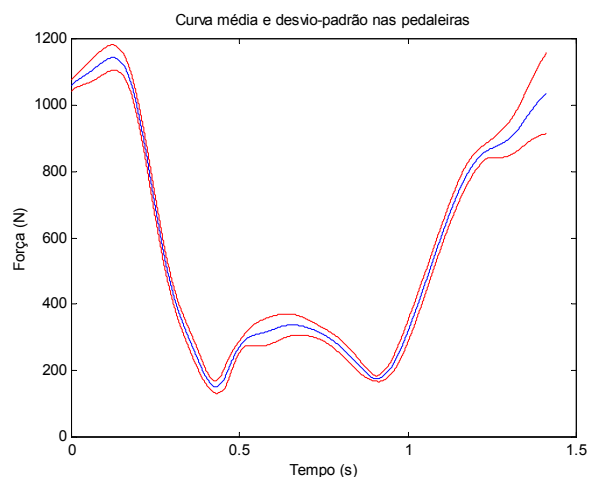
As componentes perpendicular e paralela de cada plataforma (Figura 3.12 a e 3.12 b) foram somadas vetorialmente, de modo a compor uma força resultante do lado direito e outra do lado esquerdo, permitindo uma avaliação qualitativa da assimetria de cada atleta. Posteriormente essas resultantes foram somadas escalarmente para obtenção de uma curva resultante média (Figura 3.13 b).



a)

b)

Figura 3.12 Gráficos das forças nas pedaleiras: a) curva média em x (vermelho) e y (azul) na direita; b) curva média em x (vermelho) e y (azul) na esquerda.



a)

b)

Figura 3.13 Gráficos das forças nas pedaleiras: a) curva média com desvio-padrão direita e esquerda; b) curva média resultante com respectivo desvio-padrão.

Juntamente com as informações dos dados cinemáticos foi possível decompor todas as forças no sistema global na direção horizontal (X) em que predominantemente ocorre o movimento, e na direção vertical (Y), exemplificada na Figura 3.14 apenas as componentes na curva de força média na manopla.

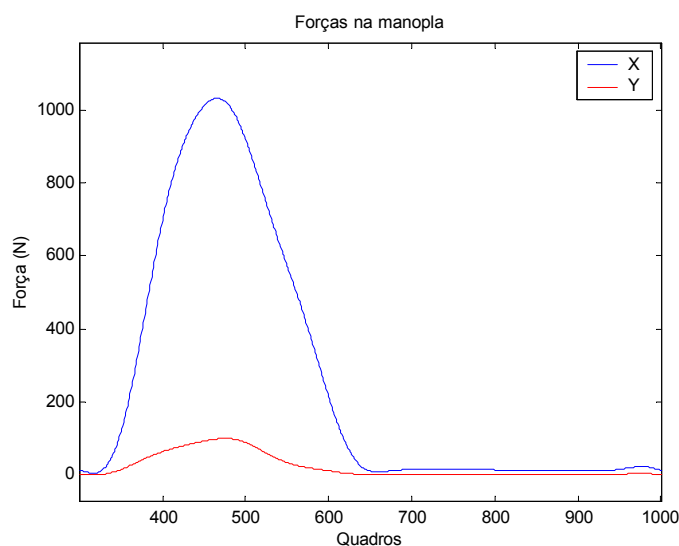


Figura 3.14 Gráfico das componentes horizontal e vertical no sistema global na curva de força média da manopla.

Foram comparadas as potências máximas atingidas por cada atleta na posição usual contra a posição modificada. Nas potências submáximas foram

comparados os impulsos (nas pedaleiras e na manopla) na posição usual contra a posição modificada.

3.9 Tratamento estatístico

Foram realizados procedimentos de média e desvio-padrão, além de um teste *t* pareado entre posição modificada e usual para a potência máxima na manopla e para os impulsos na manopla e pedaleiras em todos os atletas e testes com um nível de significância $\alpha = 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No intuito de comparar a posição das pedaleiras, foram coletadas diversas informações, que após o devido tratamento resultaram em valores representativos de cada situação permitindo uma análise quantitativa. Primeiramente serão apresentados os resultados de um único atleta (“indivíduo E”), seguindo uma seqüência lógica que transforma os dados coletados em valores representativos. Elegeu-se o teste na posição usual da plataforma e na potência nominal de 300W, por ser uma situação submáxima frequentemente empregada em treinamentos. Posteriormente serão apresentados os resultados da comparação entre os distintos testes para todos os atletas.

Os valores que foram utilizados na comparação entre as diversas situações foram:

- Potência calculada na manopla
- Impulso na manopla
- Impulso nas pedaleiras

4.1 Potência calculada na manopla

A potência foi calculada para cada ciclo de remada, com base nas informações de velocidade e força da manopla. Para isto utilizou-se do sistema de cinematria para medição dos deslocamentos da manopla, e da célula de carga para a medição da força. A Figura 4.1 ilustra os dados de posição, representada através da extremidade lateral da manopla.

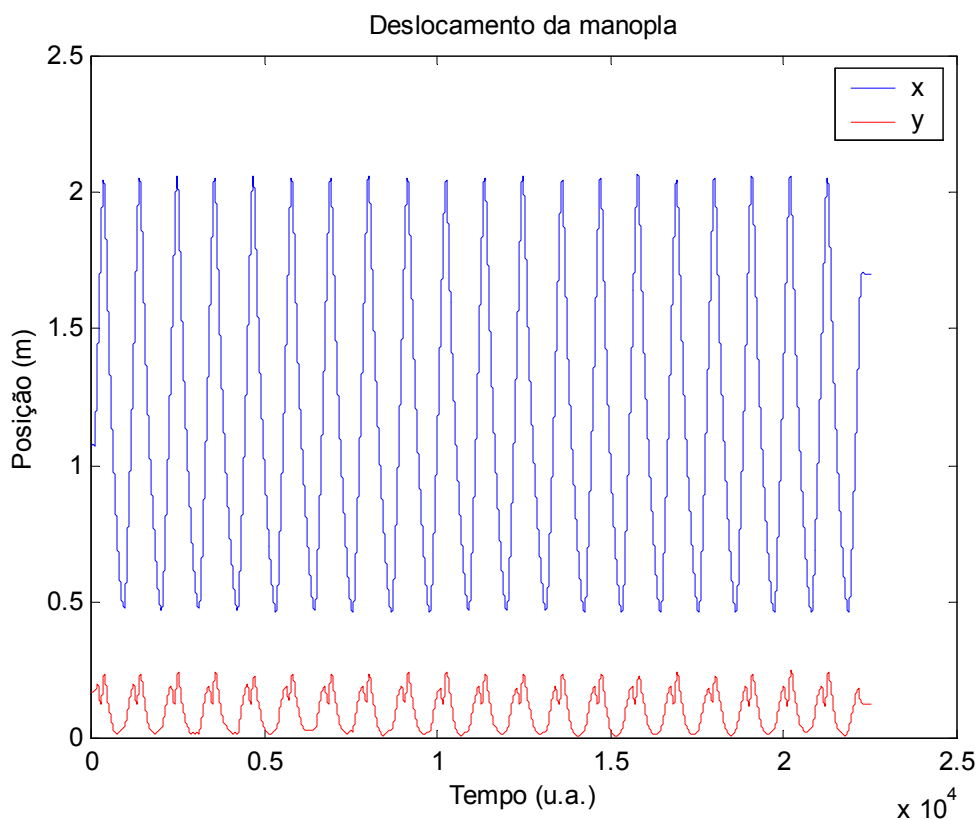


Figura 4.1 Posição em função do tempo da extremidade lateral da manopla. Curvas expressas no sistema de referência global: X equivale ao deslocamento horizontal e Y ao deslocamento vertical.

Como pode ser observado o deslocamento horizontal (X) é muito superior ao vertical (Y), comportamento esperado e encontrado em todos os indivíduos e em todas as potências desenvolvidas. Na Figura 4.1 pode ser observada pequena variação na amplitude de movimento em cada componente vetorial, refletindo o grau de ambientação que os indivíduos possuem em relação ao equipamento. Para o cálculo da potência apenas o deslocamento em X foi considerado (sentido principal na atividade do remo), calculando-se a velocidade a partir da derivada do deslocamento horizontal (Figura 4.2).

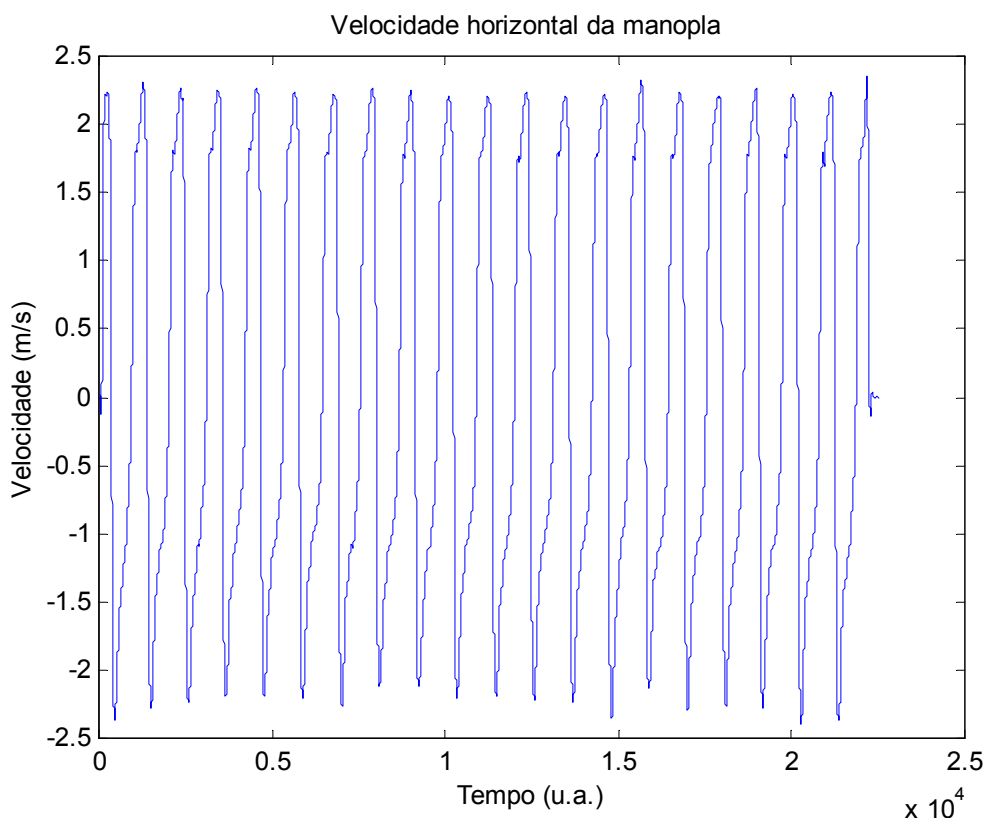


Figura 4.2 Velocidade horizontal da manopla na potência nominal de 300W

A velocidade está intimamente ligada à voga executada, sendo esta última informação bastante utilizada pelos atletas. MARTIN & BERNFIELD (1980) encontraram um alto coeficiente de correlação $r=0,66$ da voga com a velocidade do barco. MCBRIDGE apud SOPER & HUME (2004) também encontrou um alto coeficiente $r=0,76$, explicando este achado pela natureza cíclica do movimento, com cada remada tendo um padrão temporal próprio contribuindo para a velocidade do barco (SOPER & HUME, 2004). No exemplo ilustrado nas Figuras 4.1 e 4.2, a voga foi de 27 remadas por minuto, correspondendo, em média a uma remada a cada 2,22 s. STEINACKER, (1993) observou que em competições *skiff simples* são usadas vogas de 32 a 38 e em treinamento de 15 a 40. Vogas altas podem gerar aumento de flutuações no barco o que é associado a uma técnica não aprimorada (DAL MONTE & KOMOR, 1989).

Além da magnitude, a visualização gráfica da velocidade permite identificar os trechos de maior ou menor variação dessa variável. Dessa forma, é possível observar a direção do movimento, onde valores positivos representam a fase de propulsão, enquanto valores negativos, a fase de recuperação. SOPER & HUME, (2004) estabelecem que uma boa técnica preconiza que a velocidade do barco permaneça tão constante quanto possível durante um ciclo de remada, embora limitada por mudanças no sentido do movimento do remador, as quais acarretam em acelerações e desacelerações. AFFELD *et al*, (1993) e SOPER & HUME, (2004) reportam que a maior velocidade é encontrada na fase de recuperação, quando os remos estão fora d'água e os remadores movem sua massa em sentido oposto ao barco.

A remada pode ser dividida em duas fases: propulsão e recuperação. A técnica ideal preconizada por REDGRAVE apud SOPER & HUME (2004) sugere que a razão temporal entre estas fases seja de 1:2 (propulsão para recuperação). Portanto, a velocidade durante a fase de recuperação é, em média, mais lenta e aproximadamente constante, para evitar a perda no desempenho. Estudos de MARTIN & BERNFIELD, (1980), MCBRIDGE apud SOPER & HUME (2004), entretanto, encontraram razões menores, em torno de 0.9 e 1.7, ilustrando inclusive um tempo menor para a fase de recuperação. O mesmo foi encontrado por TORRES-MORENO *et al*, (2000) em avaliações no remo ergômetro. Com o aumento da voga o tempo absoluto diminui, tanto na fase de propulsão quanto na de recuperação, embora a proporção deva ser mantida. Neste estudo os valores encontrados para a potência de 100W apresentaram a proporção de 1:2 sugerida por REDGRAVE apud SOPER & HUME (2004), mas com aumento da potência essa proporção diminuiu para 0.9:1.9, 0.9:1.7 e 0.7:1.5 respectivamente para as

potências de 200, 300 e 400W. Na potência máxima a proporção foi a mesma para a de 400W. Estes valores foram iguais tanto para a posição modificada ou usual.

A força mensurada na manopla pode ser observada na Figura 4.3. A partir desta curva foram identificadas as fases de propulsão e recuperação. O “círculo” antes da ascensão da curva marca o início da fase de propulsão, o “x” identifica o início da fase de recuperação (final da fase de propulsão).

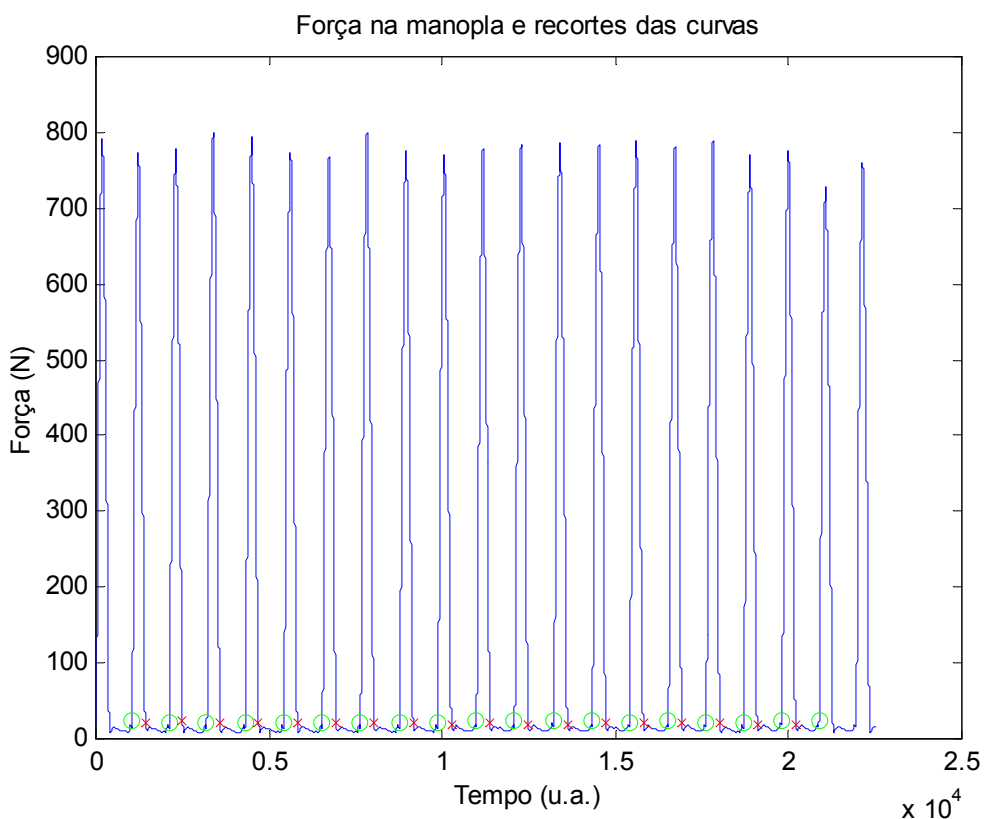


Figura 4.3 Curva de força da manopla com os marcadores de início (o) e final da fase de propulsão (x).

Os dados cinéticos foram medidos primeiramente no sistema de referência local da manopla, e os dados cinemáticos no sistema global. Para possibilitar as análises das forças, os dados provenientes deste sistema local foram convertidos para o sistema global. Neste sistema, a curva de força na manopla foi analisada em duas componentes X e Y, como mostra a Figura 4.4. É possível notar que a

contribuição da componente Y é muito menor em relação a componente X, fato este já esperado, pois a força na direção vertical prejudica o andamento do barco, enquanto que uma grande magnitude de força na componente horizontal (X) contribui para o movimento (direção em que o barco movimenta-se).

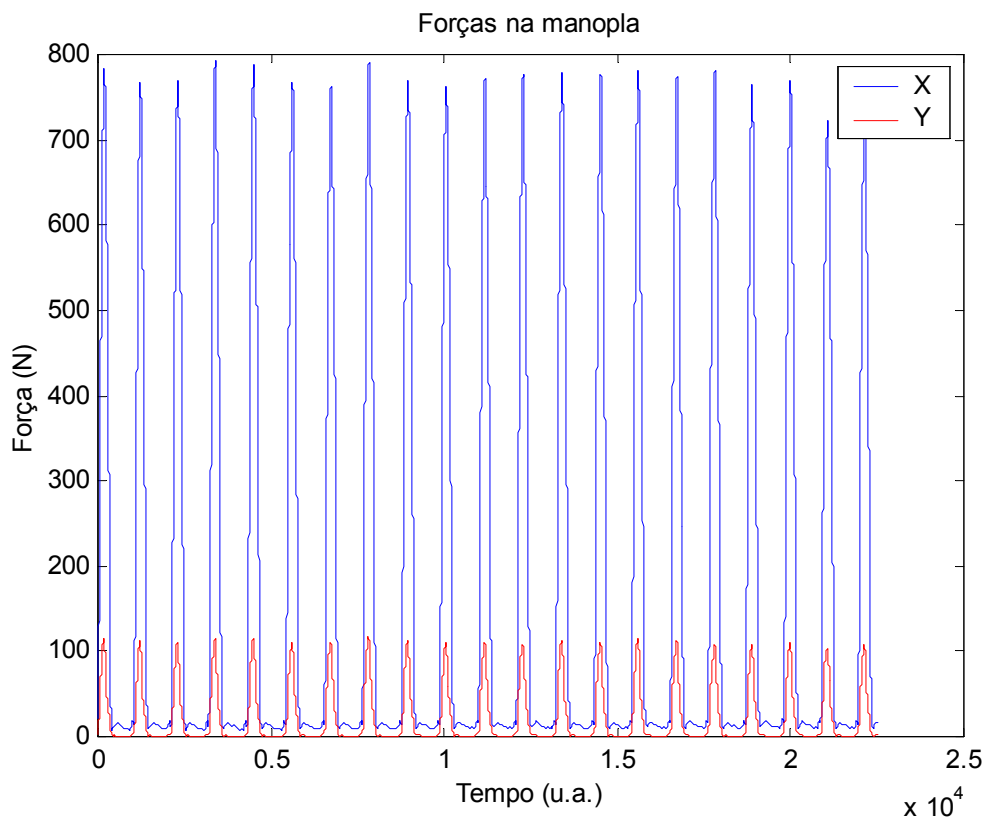


Figura 4.4 Componentes X e Y da curva de força da manopla durante um teste.

Os valores da curva de força horizontal (Figura 4.4) foram multiplicados pelos valores da curva de velocidade horizontal (Figura 4.2), resultando em uma curva de potência calculada, visualizada na Figura 4.5.

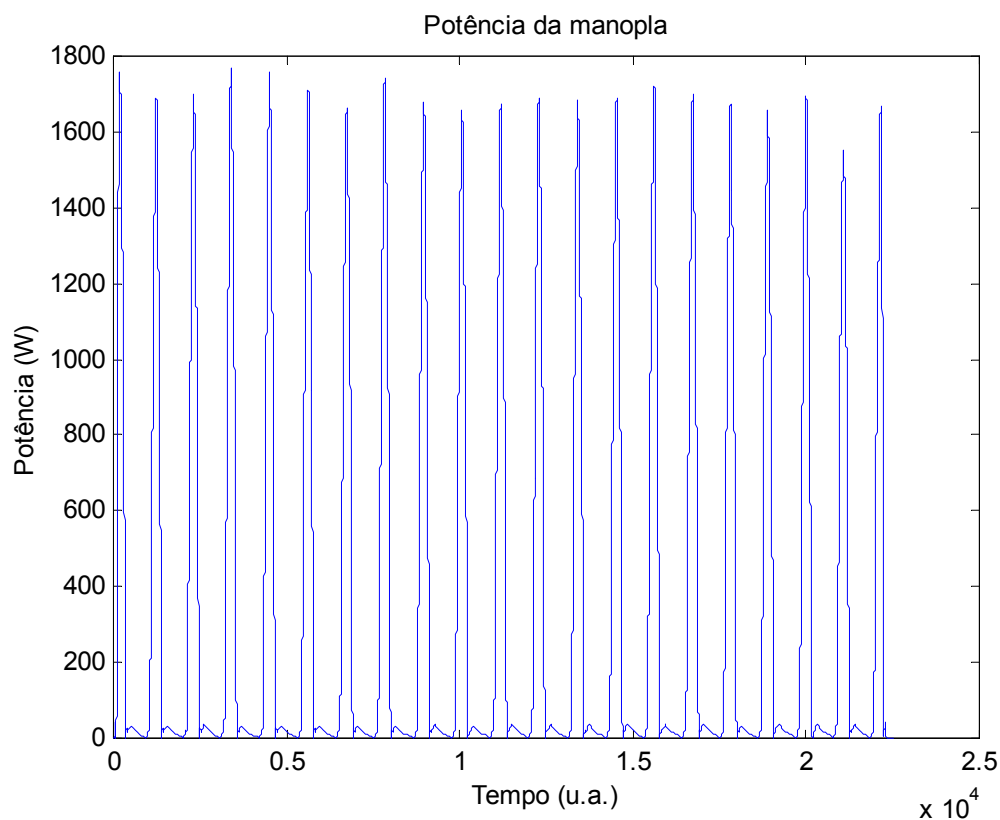
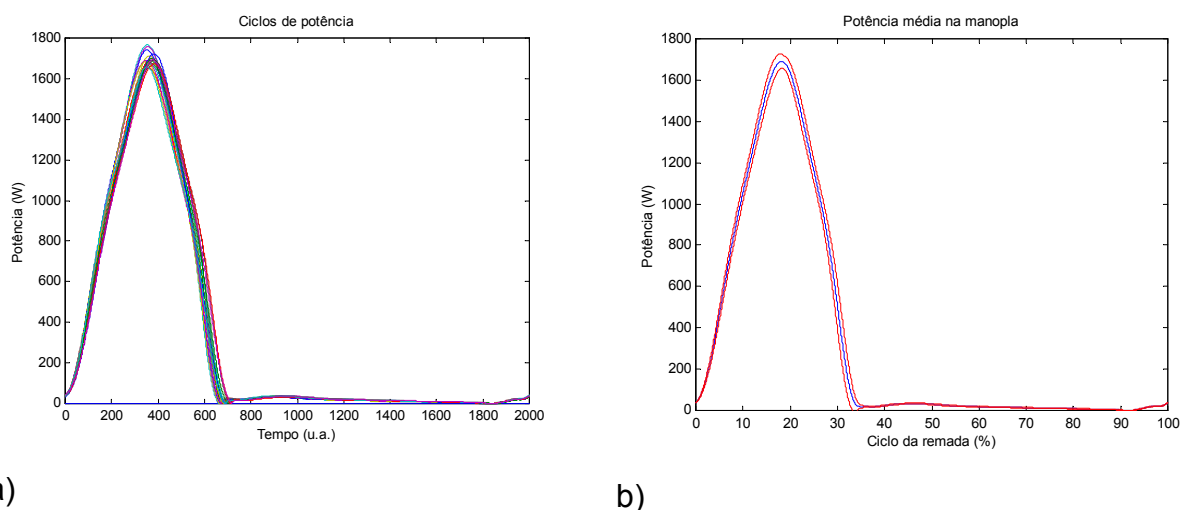


Figura 4.5 Curva de potência calculada a partir da força e a velocidade horizontal da manopla.

Com base nos pontos de início da fase propulsiva, identificados na curva de força da manopla (Figura 4.3), a curva de potência foi recortada e todos os ciclos identificados, obtendo-se todas as curvas de potência sobrepostas. Como estas curvas não tinham necessariamente o mesmo número de pontos, foi realizada uma normalização temporal, sendo cada curva interpolada a partir da função *spline* do software Matlab®, com 2000 pontos cada curva (Figura 4.6 a).

A partir destas curvas normalizadas foi calculado o valor de potência média de cada execução. A Figura 4.6 b expressa a curva média de potência, de 0 a 100% do ciclo de remada, bem como o respectivo desvio padrão.

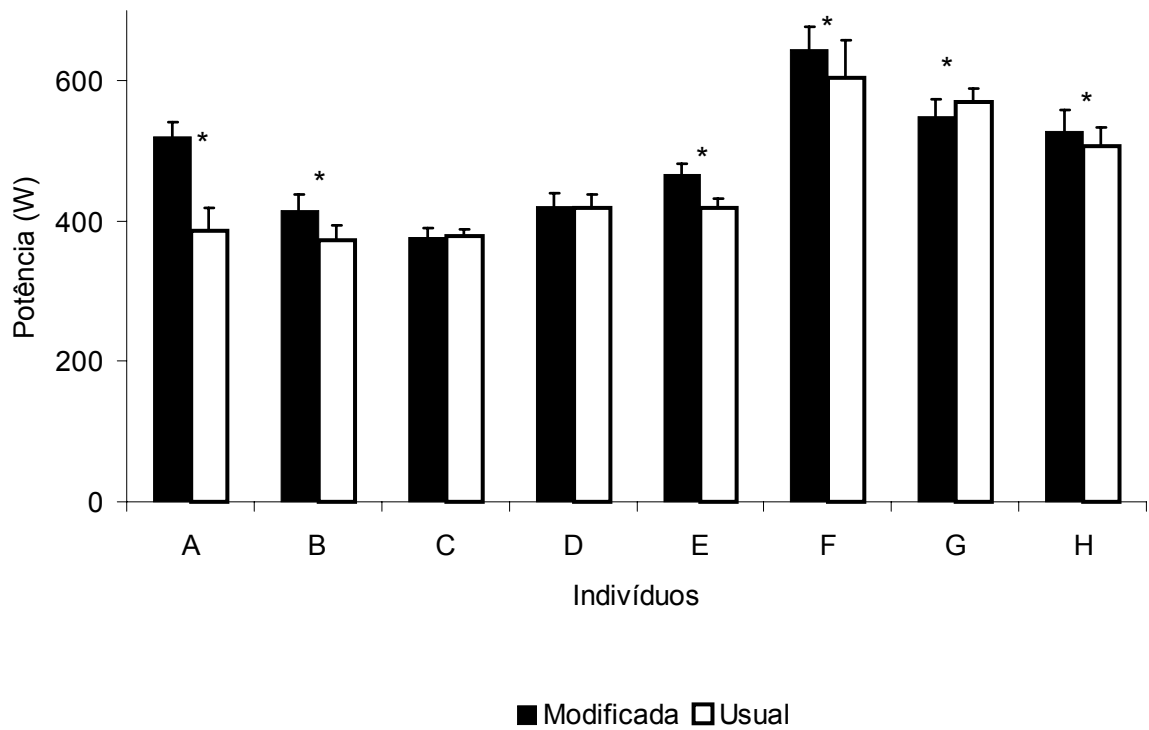


a) b)

Figura 4.6 Curvas de potência: a) Curvas representativas da potência em cada ciclo de execução. b) Curva representativa da potência em cada ciclo de execução, normalizada temporalmente (0 a 100% do ciclo).

Quando comparados com os valores do mostrador digital, os valores de potência média calculadas apresentaram pequenas variações, sendo estes um pouco maiores. O manual do fabricante não informa como o aparelho determina a potência, porém, como nenhuma medida de força é realizada, a avaliação deve ser feita apenas com os dados registrados de velocidade de rotação da ventoinha. Desta forma é de se esperar que os valores calculados a partir das medições de força e velocidade, embora discrepantes do *display* do aparelho, sejam mais fidedignos.

De maneira similar foi calculada a potência em todos os testes realizados. A Figura 4.7 mostra os valores encontrados de potência máxima para todos os atletas. Nas duas posições avaliadas pôde-se observar que dos oito sujeitos, cinco tiveram uma melhora estatisticamente significativa na potência máxima quando as pedaleiras estavam na posição modificada. Somente um sujeito (G) teve uma melhora significativa para a posição usual das pedaleiras e dois (C e D) não



apresentaram diferenças. Considerando a potência máxima como uma variável determinante na competição, é possível dizer que a alteração das pedaleiras acarretou em um melhor desempenho, em pelo menos cinco dos oito atletas analisados.

Figura 4.7 Potência máxima calculada a partir da manopla para as duas posições das pedaleiras. * = diferença estatística significativa ($p < 0,01$).

4.2 Impulso na manopla

Para o cálculo do impulso as forças foram subdivididas por fases: propulsão e recuperação. A Figura 4.8 ilustra este procedimento. O impulso foi calculado através da função integral da curva força X tempo. Assim como OLIVEIRA *et al* (2003), neste estudo o impulso médio do grupo também não apresentou diferenças em relação ao aumento da potência solicitada nos testes.

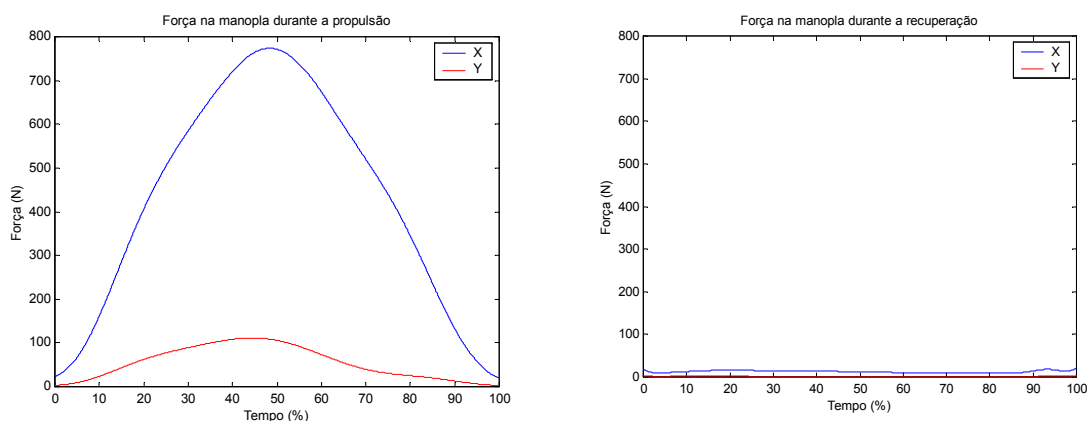


Figura 4.8 Curvas de força x tempo na manopla divididas em fase de propulsão e recuperação.

Como pode ser observado na Figura 4.8, os valores de força na fase de recuperação foram muito baixos, conseqüentemente os valores de impulso também, em torno de 12 e 29 Ns.

Os valores de impulso em X na fase de propulsão foram aproximadamente entre 250 a 350 Ns em todas as potências nominais analisadas não houve diferenças estatisticamente significativas entre as duas posições avaliadas. Estes resultados obtidos na fase de propulsão são apresentados na Figura 4.9, visto que é a fase mais importante para o movimento do barco.

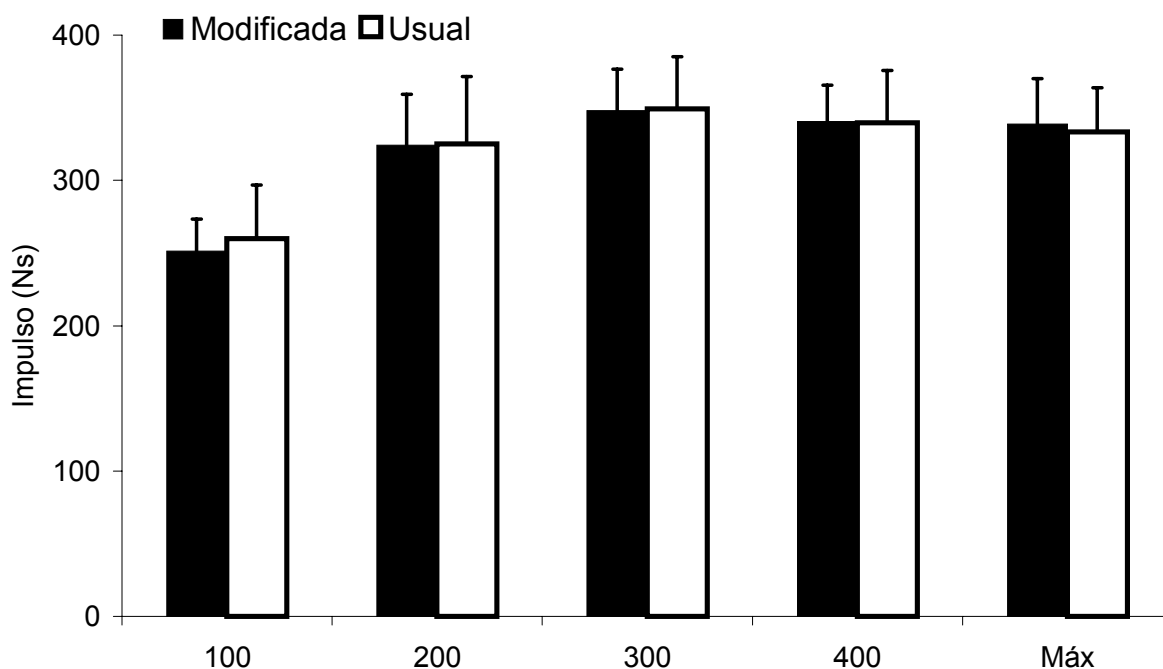


Figura 4.9 Comparação entre os impulsos na manopla, na fase de propulsão, nas duas posições das pedaleiras.

4.3 Impulso nas pedaleiras

As forças nas pedaleiras foram adquiridas separadamente em duas componentes (paralela e perpendicular), para o lado direito e esquerdo, no sistema local, como pode ser observado nas Figuras 4.10 e 4.11.

Através de somas vetoriais entre as componentes paralelas e perpendiculares e soma escalar entre a plataforma direita e esquerda foi possível obter um gráfico onde se podem observar qualitativamente as possíveis assimetrias entre as duas pedaleiras (Figura 4.10). Analisando qualitativamente os gráficos em todas as potências pode-se dizer que os atletas nas potências mais baixas apresentaram certa simetria entre os membros e esta simetria foi melhor na posição modificada.

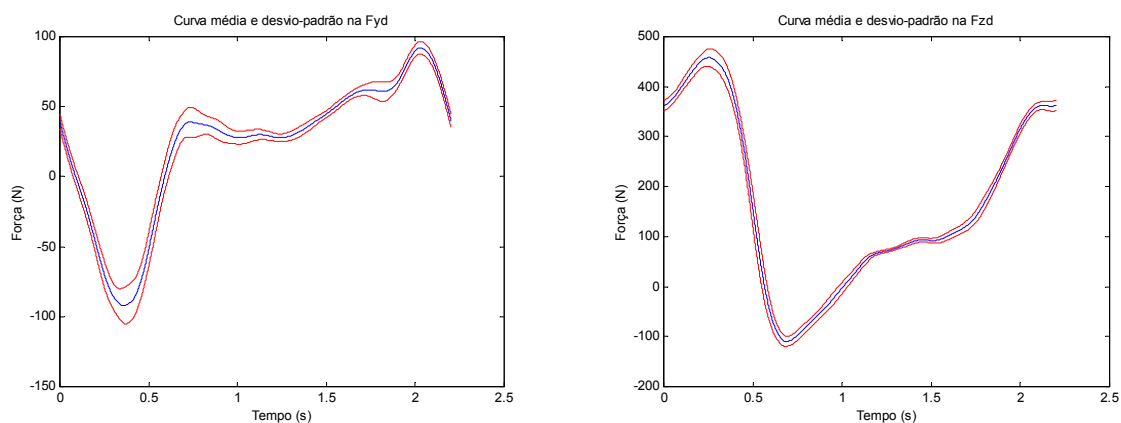


Figura 4.10 Curvas de força x tempo da pedaleira direita (componente paralela e perpendicular) em um ciclo completo.

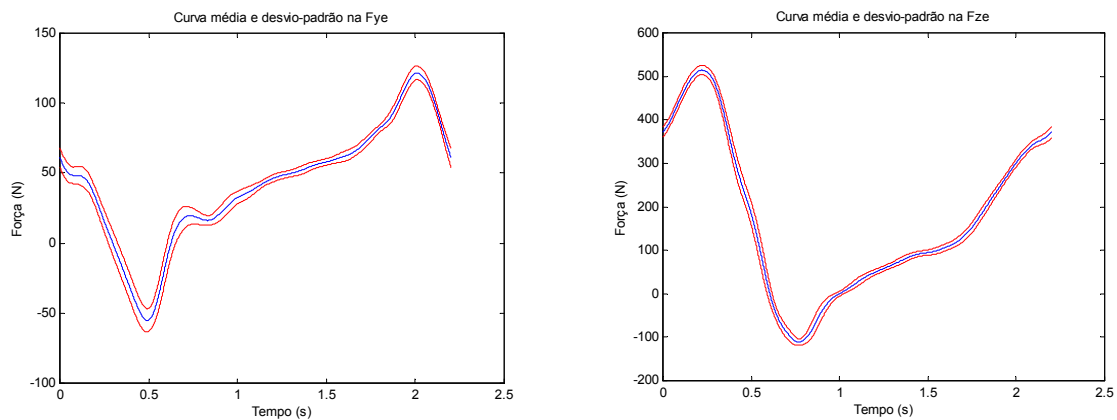


Figura 4.11 Curvas de força x tempo da pedaleira esquerda (componente paralela e perpendicular) em um ciclo completo.

Figura 4.12 Curvas de força x tempo das pedaleiras direita e esquerda em um ciclo completo.

As forças nas pedaleiras, assim como a força na manopla, sofreram o processo de transformação do sistema local para o sistema global. Essas forças foram primeiramente decompostas nas componentes vetoriais (vertical - Y e horizontal - X), exemplificadas, em uma das plataformas, na Figura 4.13.

Após a decomposição ter sido realizada foram somadas as duas componentes horizontais (X) e verticais (Y), para o lado direito e o lado esquerdo. Obtiveram-se, assim, duas curvas resultantes em X e Y (Figura 4.14).

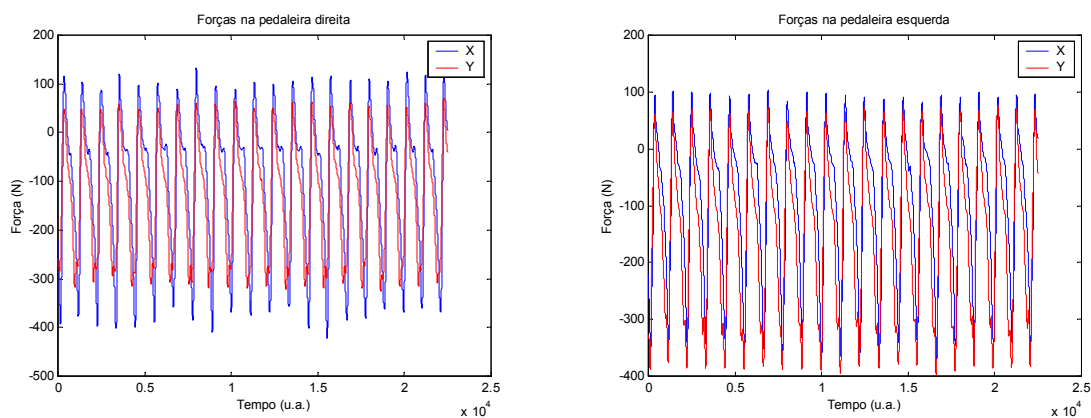


Figura 4.13 Componentes X e Y da curva de força da pedaleira direita e esquerda durante um teste.

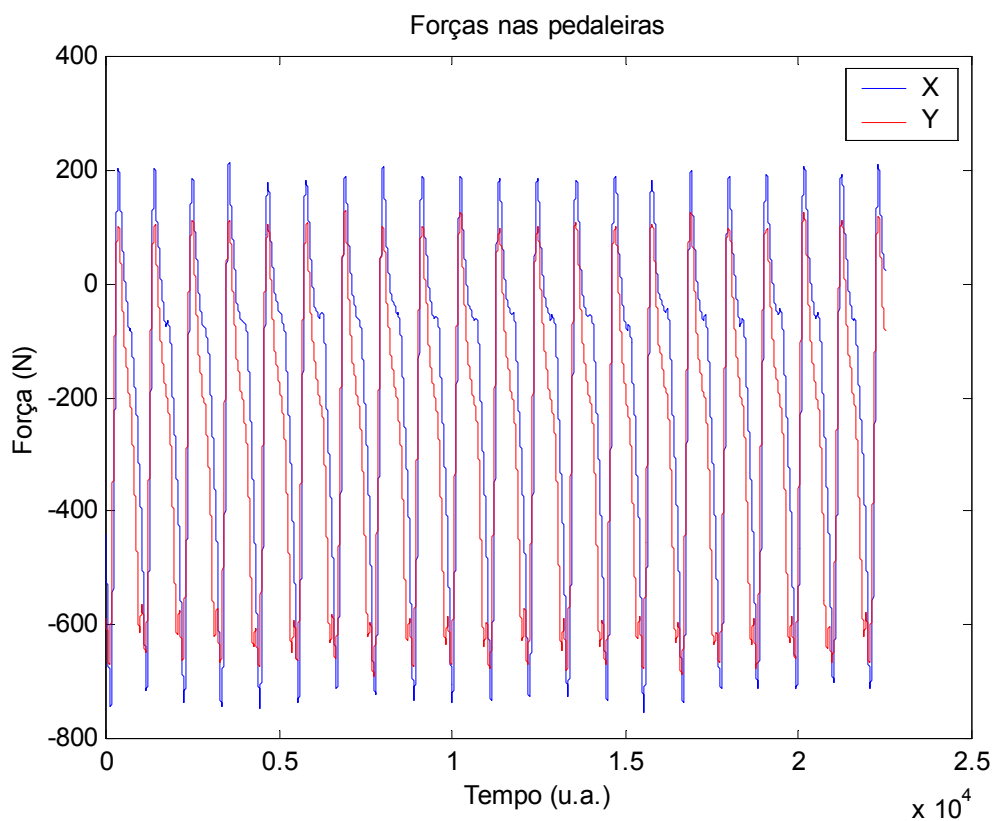


Figura 4.14 Componentes horizontal (X) e vertical (Y) da curva de força das pedaleiras durante o teste do indivíduo E, na posição usual, na potência de 300W.

As curvas foram então recortadas em fases de propulsão e recuperação, pelo critério de força da manopla, sendo calculadas as curvas de força média horizontal e vertical de cada execução, para obtenção dos impulsos horizontais e verticais nas

duas fases. A Figura 4.15 representa as forças médias durante a propulsão e recuperação.

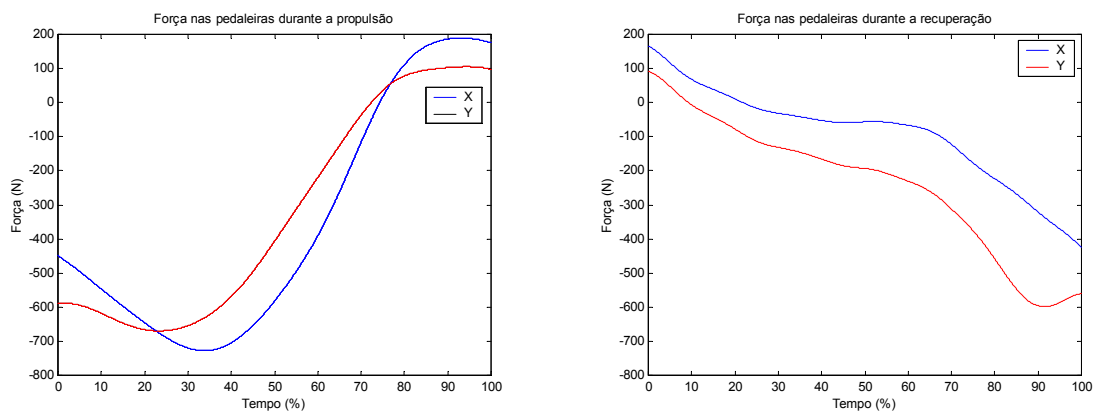


Figura 4.15 Curvas de força x tempo das pedaleiras divididas em fase de propulsão e recuperação.

As Figuras 4.16 e 4.17 apresentam a comparação entre as duas posições das pedaleiras obtidas através do cálculo do impulso horizontal na fase mais relevante para o movimento do barco que é a propulsão.

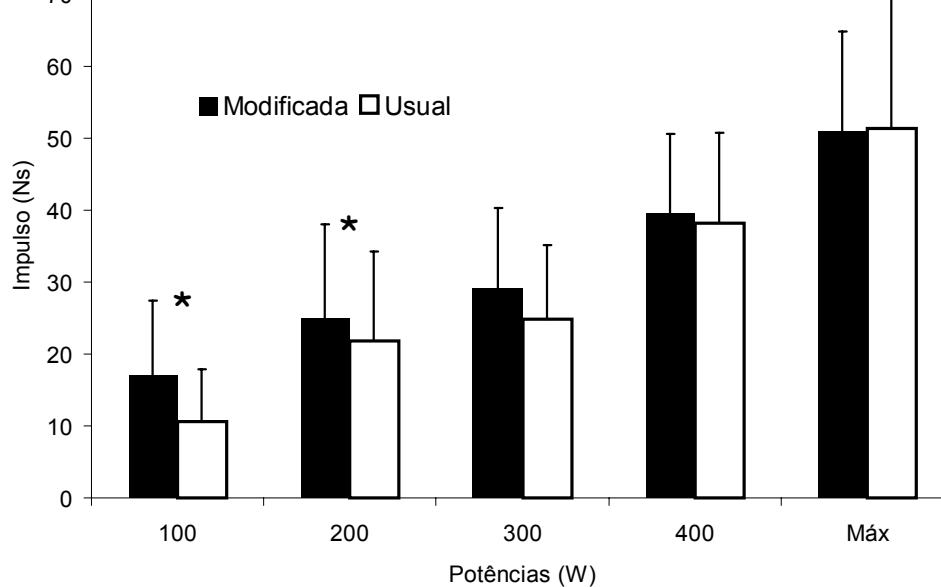


Figura 4.16 Comparações dos impulsos horizontais positivos nas pedaleiras na fase de propulsão.

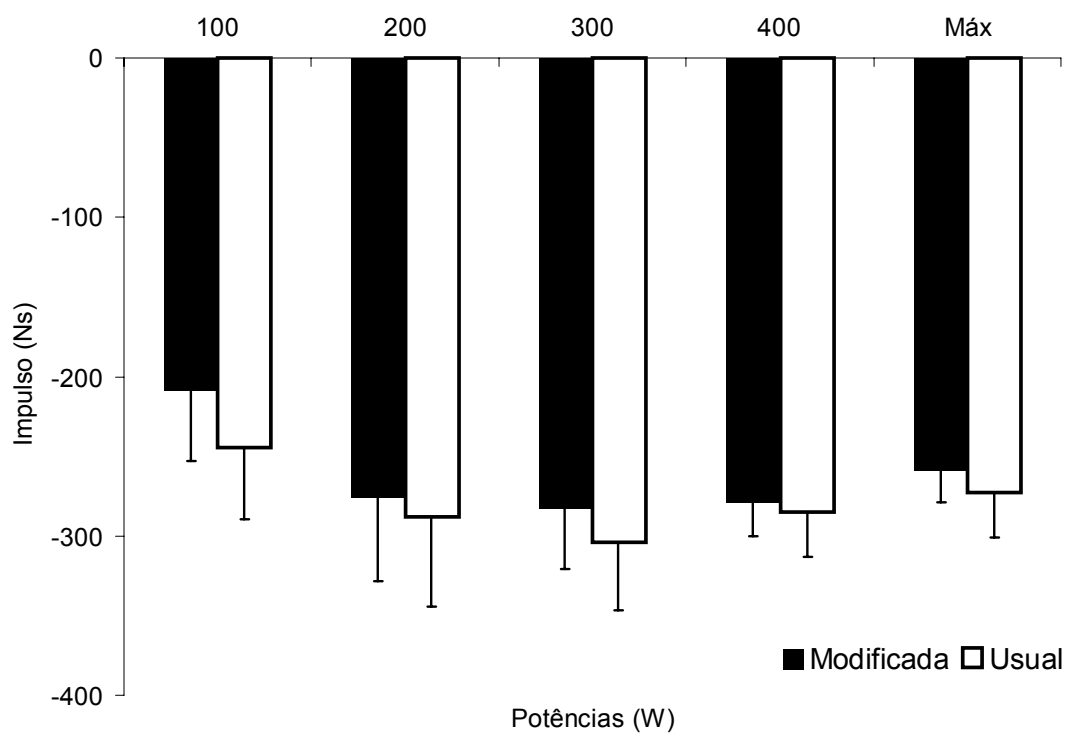


Figura 4.17 Comparações dos impulsos horizontais negativos nas pedaleiras na fase de propulsão.

Transpondo estes resultados para o barco, uma melhor estabilidade pode ser alcançada com menores valores positivos de impulso horizontal. De acordo com o referencial adotado, quanto maiores valores (em módulo) de impulso horizontal

negativo forem encontrados melhor, pois isto significa um melhor direcionamento da força.

Os resultados referentes ao impulso positivo nas potências de 100 e 200W, na fase propulsiva, indicaram significativamente que o uso das pedaleiras na posição usual foi melhor, o que não foi encontrado nas demais potências. Na fase de recuperação, entretanto, a potência de 200W e a potência máxima foram as que apresentaram diferença significativa entre as posições, favorecendo novamente a posição usual.

As Figuras 4.18 e 4.19 apresentam a comparação entre as duas posições das pedaleiras obtidas através do cálculo do impulso vertical. Da mesma forma que o impulso horizontal, os valores são apresentados na fase de propulsão.

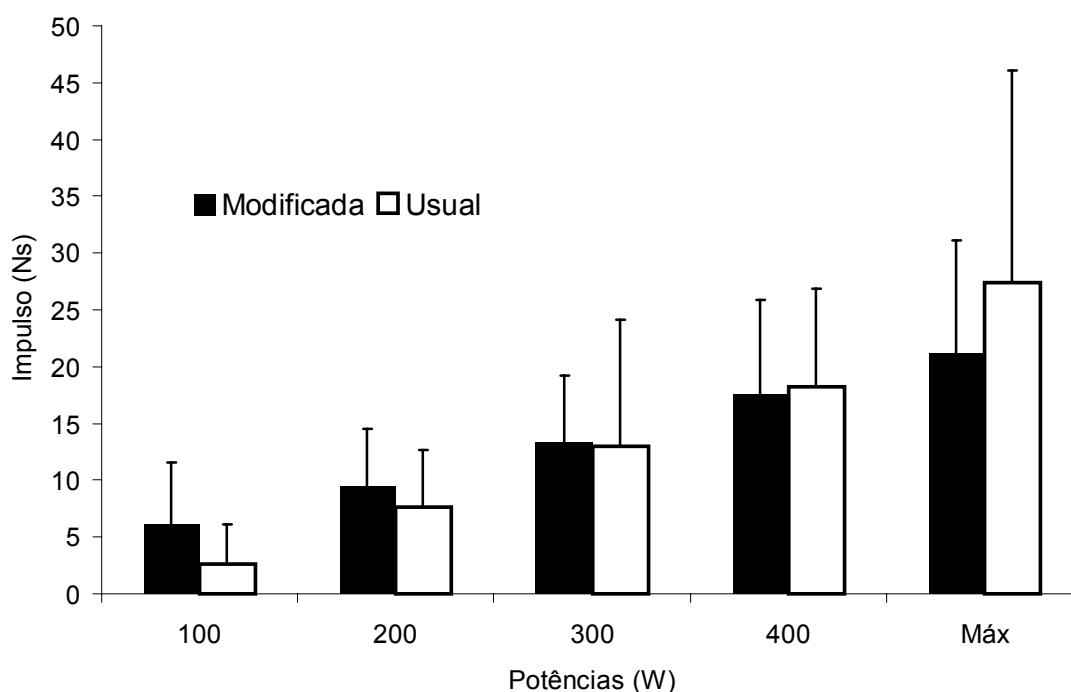


Figura 4.18 Comparações dos impulsos verticais positivos nas pedaleiras na fase de

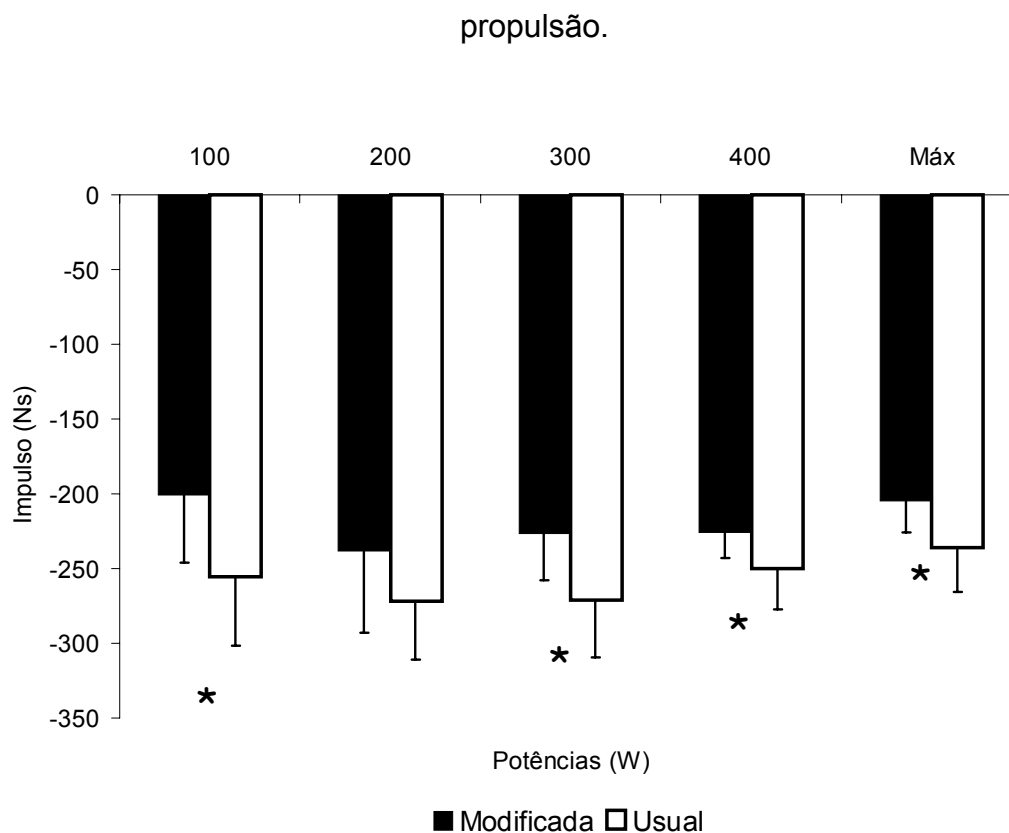


Figura 4.19 Comparações dos impulsos verticais negativos nas pedaleiras na fase de propulsão.

Para a direção vertical, uma melhor estabilidade pode ser alcançada com valores mais próximos a zero. Qualquer força nesta direção pode ocasionar oscilações que prejudicam o movimento do barco. O impulso vertical deve, portanto ser minimizado, independentemente da fase considerada (propulsão ou recuperação).

Analisando-se os valores de impulso positivo, apenas a potência de 400W apresentou diferença significativa entre as posições consideradas. Com relação ao impulso negativo, a potência de 200W, na fase de propulsão, e a potência de 400W, na fase de recuperação, foram as únicas onde não houve diferenças significativas. Nas demais situações os resultados indicaram que o uso das pedaleiras na posição modificada foi melhor.

4.4 Considerações finais

Os resultados encontrados para a potência máxima confirmaram a primeira hipótese, para cinco dos oito atletas, onde a modificação na posição das pedaleiras facilitaria a obtenção de maiores valores de potência na manopla. Esse aumento parece ser devido a um melhor aproveitamento e transferência da força aplicada pelos membros inferiores, considerando-se que a velocidade de execução foi controlada (através de uma voga constante para cada potência nominal). Assim, a alteração na configuração das pedaleiras parece vantajosa para os remadores, embora não tenham sido considerados eventuais problemas relacionados ao equilíbrio do barco, inexistentes na situação do remo ergômetro.

Segundo MCGINNIS (2002), o impulso produzido pode causar uma modificação na quantidade de movimento, que é o produto da massa e da velocidade, neste caso linear. Portanto, uma mudança no impulso pode implicar numa mudança de velocidade. No remo, como em outros esportes, aumentar a velocidade desenvolvida é o objetivo para se obter um melhor desempenho. Assim, enquanto o impulso negativo horizontal, por exemplo, representa uma compressão das pedaleiras e conseqüente aumento de velocidade na direção do movimento, o impulso positivo no mesmo sentido causa redução da velocidade do barco.

Observando os dados de impulso vertical é possível dizer que, a modificação realizada nas pedaleiras diminuiu os valores, os quais devem ser os mais próximos de zero. Transpondo estes resultados para o barco, o impulso nessa direção provoca oscilações indesejadas como um movimento periódico chamado *dipping* que é gerado pelo movimento do tronco do remador, ou pelo *pitching* que é causada por uma oscilação relativa do centro de gravidade do sistema (barco-remos-remador) ao centro de gravidade do barco (WAGNER *et al*, 1993).

Apesar dos resultados não serem capazes de confirmar estatisticamente a segunda hipótese, que para uma mesma potência média, esperava-se um aumento do impulso horizontal e uma diminuição do impulso vertical nas pedaleiras, o impulso pareceu seguir a tendência esperada nessa proposição. Dessa forma, o comportamento da variável mostra que há perspectiva de alteração da velocidade do barco ao modificar o posicionamento das pedaleiras, através de um melhor direcionamento da força aplicada.

É importante ressaltar que os indivíduos não tiveram um período de adaptação à nova posição das pedaleiras, fazendo apenas um breve aquecimento. Neste sentido, os resultados são altamente promissores, sugerindo que após um período de ambientação e treinamento na nova posição, respostas ainda mais positivas possam ser obtidas.

5 CONCLUSÃO

O objetivo do estudo foi verificar se o posicionamento das pedaleiras interfere nas variáveis dependentes das relações entre força X tempo (potência e impulso).

Do ponto de vista da potência, dos oito atletas analisados cinco atingiram maiores valores de potência máxima na posição modificada, apenas um obteve menores valores na posição modificada, e dois não tiveram diferenças entre os posicionamentos.

Considerando a fase propulsiva da remada, o impulso na direção horizontal, apresentou diferença apenas quando positivo, e nas potências 100 e 200W, favorável na posição usual. O impulso na direção vertical diferiu, quando negativo, nas potências de 100, 300, 400 W e máx, favorável na posição modificada.

Tendo em vista a mudança realizada, sem tempo de ambientação, e os resultados de potência máxima atingidos, pode-se inferir que a posição modificada apresenta-se como promissora, e testes envolvendo modificações no barco são indicados para uma avaliação mais definitiva.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAMI, T., ADACHI, N., YAMAMOTO, K., IKUTA, K., TAKAHASHI, K. Biomechanics Analysis Of Rowing Skills. In A. Morecki et al. (Eds.), Biomechanics VII-B (Pp442-446). Baltimore:University Park Press., 1981.

AFFELD, K., SCHICHL, K., ZIEMANN, A. Assessment of Rowing Efficiency.. Int. J. Sports Medic.; v.14, s. 1, p.s39-s41, 1993.

BAUDOQUIN, A. & HAWINKS, D. A Biomechanical review of factors affecting rowing performance. British Journal of Sports Medicine; v.36, n.6, p.396-402, Dec 2002.

BAUDOQUIN, A. & HAWINKS, D. Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. J. Biomechanics. v.37, p.969-976, 2004.

BERNSTEIN, I. A., WEBBER, O., WOLEDGE, R. An ergonomic comparison of rowing machine designs: possible implications for safety. Br. J. Sports Med.; 36:108–112, 2002.

BOUCKAERT J., PANNIER, J.L. & VRIJENS J. Cardiorespiratory response to bicycle and rowing ergometer in oarsmen. Eur J. Appl. Physiol. pp 51-59, 1983.

CABRERA, D., RUINA, A., KLESHNEV, V. A Simple 1+ Dimensional Model of Rowing Mimics Observed Forces and Motions. Human Movement Science.in press,2006.

CAREY P., STENSLAND M., HARTLEY L.H. Comparison Of Oxygen Uptake During Maximal Work On The Treadmill And The Rowing Ergometer. Med Sci Sports.6(2):101-3,1974.

CONCEPT II. Disponível em: <http://www.concept2.com>. Último acesso em: novembro, 2005.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE REMO. Disponível em: <http://www.cbr-remo.com.br>. Último acesso em dezembro, 2005.

COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. Exerc. Sport Sci. Rev. 23: 25-63, 1995.

COSGROVE, M.J., WILSON, J., WATT, D., GRANT, S. F. The Relationship Between Select Physiological Variables Of Rowers And Rowing Performance As Determinates By A 2000 M Ergometer Test. *Journal of Sports Sciences*, v. 17, p.845-852, 1999.

CUNNINGHAM D.A., GOODE, P.B. & CRITZ J.B. Cardiorespiratory response to exercise on a rowing and bicycle ergometer. *Medicine and Science in Sports*. Vol 7, (1), pp 37-43, 1975.

DAL MONTE, A. & KOMOR, A. Rowing and sculling mechanics. *Biomechanics of sport*. Ed .Christopher Vaughan, CRC Press, Inc. 1989.

di PRAMPERO P.E. CORTILLI, G. & CERRETELLI. Physiological aspects of rowing. *Journal of Applied Physiology*. Vol 31, (6), pp 853-857, 1971.

FUKUNAGA, T., MATSU, A . , YAMAMOTO, K., ASAMI, T. Mechanical efficiency in rowing. *Eur. J. Appl. Physiol*, 55, 471-475, 1986.

GERBER, H., JENNY, H., SUDAN, J. & STUESSI, E. Biomechanics performance analysis in rowing with a new measuring system. ISB, 1987.

HAGERMAN, F. C. Physiology of competitive rowing. Em: GARRET J.R., W. E., KIRKENDALL, D. T., eds. *Exercise and sport science*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p. 843-873, 2000.

HALLIDAY,S., ZAVATSKY,A. & HASE,K. Can Functional Electric Stimulation– Assisted Rowing Reproduce a Race-Winning Rowing Stroke? *Arch Phys Med Rehabil*; 85:1265-72, 2004.

HARTMANN, U. & MADER, A. Comparative Classification Of Rowing Ergometry Findings. *Fisa Coach V.6.N17*, 1995.

HARTMANN, U., MADER, A, WASSER, K. & KLAUER, I. Peak Force, Velocity, And Power During Five And Ten Maximal Rowing Ergometer Strokes By World Class Female And Male Rowers. *Int. J. Sports Med.*, Vol. 14, Sup 1,Pp S42-S45, 1993

HASE, K., ANDREWS, B., ZAVATSKY,A., HALLIDAY,S. Biomechanics of Rowing (I. A Model Analysis of Musculo- Skeletal Loads in Rowing for fitness). *JSME Int. Journal*. v.45, p.1073-1081, 2002.

HASE,K., ANDREWS,B., ZAVATSKY,A., HALLIDAY,S. Biomechanics of rowing (II. A control model for the simulation study of rowing and other human movement.) JSME Int. Journal, 2002.

HASE,K. & YAMAZAK,N. Development of three-dimensional whole-body musculoskeletal model for various motion analyses. JSME Int. Journal, 1997.

HAWKINS, D. A new instrumentation system for training rowers. J. Biomechanics. v.33, p.241-245, 2000.

HILL, H. Dynamics of coordination within elite rowing crews: evidence from force pattern analysis. Journal of Sports Sciences, v. 20, p.101-117, 2002.

HODGES, P. W. & BUI, B. H. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. Electroencephalography and clinical Neurophysiology (101): 511-519, 1996.

HOLT, P.J., BULL, A.M., CASHMAN, P.M., MCGREGOR, A.H.. Kinematics Of Spinal Motion During Prolonged Rowing. Int J Sports Med. Nov;24(8):597-602, 2003.

ISHIKO,T. Biomechanics of rowing. Medicine and Sport, vol. 6: Biomechanics II.pp. 249-252 (Karger, Basel,1971).

INGHAM, S.A., WHYTE, G.P., JONES, K., NEVILL, A.M. Determinants of 2000 m Rowing Ergometer Performance in Elite Rowers. Eur J Appl Physiol. 2002;88, 243-246.

JENSEN, R.L., FREEDSON, P.S., HAMILL, J. The Prediction Of Power And Efficiency During Near-Maximal Rowing. Eur J Appl Physiol. 1996;73(1-2):98-104

JENSEN, R.L., KATCH, F.I. A New Approach To Rowing Ergometry: Establishing Exercise Intensity Relative To Maximum Force Output. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1991;62(1):44-8

KENNEDY, M., BELL, G. A Comparison Of Critical Velocity Estimates To Actual Velocities In Predicting Simulated Rowing Performance. Can.J.Appl.Pysiol.25(4):223-235.2002.

KOUTEDAKIS, Y., PACY, P.J., QUEVEDO, R.M., MILLWARD, D.J., HESP, R., BOREHAM, C., SHARP, N.C. The Effects Of Two Different Periods Of Weight-Reduction On Selected Performance Parameters In Elite Lightweight Oarswomen. *Int J Sports Med.* Nov;15(8):472-7, 1994.

KRAMER, J.F., MORROW, A., LEGER, A. Changes In Rowing Ergometer, Weight Lifting, Vertical Jump And Isokinetic Performance In Response To Standard And Standard Plus Plyometric Training Programs. *Int J Sports Med.* Nov;14(8):449-54, 1993.

LAMB, D. H. A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *Am. J. Sports Med.* 17:367-373, 1989.

LAKOMY, H. K. A., LAKOMY, J. Estimation of Maximum Oxygen Uptake from Submaximal Exercise on a Concept II Rowing Ergometer, *J. of Sport. Sci.* v.11,p. 227-232,1993.

LIANG, XIN DING. Dynamic Analysis of rowing in model of multi-body System. *Proceedings XIV International Symposium on biomechanics in sports*, 1996

LORMES, W., BUCKWITZ, R., REHBEIN, H. & STEINACKER, J.M. Physiological Aspects of Training in Rowing. *Int. J. Sports Med.* v.14, p. S3-S10, 1993.

LOSS, J. F. SILVA, L. M. R., ZARO, M. GUIMARÃES, A. C. Sincronismo entre cinemetria e eletromiografia. *Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica*, p. 453-456, 1997.

LUSA, I. F., ZARO, M. A. Desenvolvimento de uma Célula de Carga para Medir Força na Pega em Forma de Pinça. In: *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Florianópolis: UDESC, P. 393 – 396, 1999.

MAHONY, N., DONNE, B., O'BRIEN, M. A comparison of physiological responses to rowing on friction-loaded and air-braked ergometers. *J. Sports Sci.* V.17 n.2, p.143-149, 1999.

MARTINDALE, W., ROBERTSON, D.G.E. Mechanical Energy In Sculling And In Rowing Na Ergometer. *Can J.Appl.Sports Sci* 9:3 153-163,1983.

MARTIN, T. P. & BERNFIELD, J. S. Effect of stroke rate on velocity of a rowing shell.*Med. Sci. Sports Exerc.* 12:250-256, 1980.

MARRIOTT, H.E, LAMB, K.L. The Use Of Ratings Of Perceived Exertion For Regulating Exercise Levels In Rowing Ergometry. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*.72(3):267-71, 1996.

MAZZONE, T. Kinesiology of the rowing stroke. *NSCA Journal*, 20(2) 4-11, 1988.

MCGREGOR, BULL, MADDICK. A Comparison Of Rowing Technique At Different Stroke Rates: A Description Of Sequencing, Force Production And Kinematics. *Int J Sports Med*. 2004 Aug;25(6):465-70.

MORRIS, F.L, SMITH, R.M, PAYNE, W,R, GALLOWAY, M.A, WARK, J.D. Compressive And Shear Force Generated In The Lumbar Spine Of Female Rowers. *Int J Sports Med*. Oct;21(7):518-23, 2000.

NELSON, W.N, WIDULE, C.J. Kinematic analysis and efficiency estimate of intercollegiate female rowers. *Med Sci Sports Exerc*.15(6):535-41, 1983.

NOWICK, A. V., BURDETT, R., HORNE, S. The Impact Of Ergometer Design On Hip And Trunk Muscle Activity Patterns In Elite Rowers: An Electromyographic Assessment. *J. Sports Scie Med*, 4, p.18-28, 2005.

OLIVEIRA, L. G.; BAPTISTA, R. R., SOARES, D. P., CONTIERI, J. R., LOSS, J. F. Análise biomecânica no remoergômetro através de parâmetros cinéticos e cinemáticos. *Anais do X Congresso Brasileiro de Biomecânica*. 1:327-330, 2003.

OLIVEIRA, L. G.; VELLADO, D. M., TARTARUGA, L.A.P. GERTZ, L.C., LOSS, J. F. Plataforma de força desenvolvida para coleta de dados no remo ergômetro através de parâmetros cinéticos e cinemáticos. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Biomecânica*, 2005.

PAGE, P. N. & HAWKINS, D.A. A real-time biomechanical feedback system for training rowers. *Sports Engineering*, 2002.

PELTONEN, J., RUSKO, H. Interrelation between power, force production and energy metabolism in maximal leg work using a modified rowing ergometer. *Journal of sports sciences*.11, 233-240, 1993.

RODRIGUEZ, R.J, ROGRIGUEZ, R.P, COOK, S.D, SANDBORN, P.M. Electromyographic analysis of rowing stroke biomechanics. J Sports Med Phys Fitness. V.30,n.1, p.103-108. marc, 1990.

ROTH,W. Physiological-Biomechanical aspects of the load development and force implementation in rowing. 19th FISA Coaches Conference. 49-65, 1991.

ROTH,W., SCHWANITZ, P., BAUER, P. Force- time characteristics of the rowing stroke and corresponding physiological muscle adaptations. International Journal Sports Medicine.1993.

SANDERSON, B, MARTINDALE, W. Towards optimizing rowing technique. Med Sci Sports Exerc. Vol.18(4):454-68, 1986.

SCHWANITZ, P. Applying biomechanics to improve rowing performance. 19th FISA Coaches Conference held in Athens, Greece, p. 9-13 January, 1991.

SECHER, N.H. Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. Med Sci Sports.vol.7(4):280-283, 1975.

SECHER, N. H. Physiological and biomechanics aspects of rowing: implications for training. Sports Med. v.15, n. 1, p. 24-42, 1983.

SEILER, K. S., W. W. SPIRDUSO, and J. C. MARTIN. Gender differences in rowing performance and power with aging. Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 30, No. 1, pp. 121-127, 1998.

SMITH, R. M., LOSCHNER, C. Biomechanics feedback for rowing. . J. Sports Sci. v.20, p. 783-791, 2002.

SMITH, R. M., SPINKS, W. L. Discriminant analysis of biomechanical differences between novice, good and elite rowers. J. Sports Sci. v.13, p. 377-385, 1995.

SMITH, R.M, SPINKS, W. L. A system for the biomechanical assessment of rowing performance (ROWSYS). J. of Human Movement Stud 34 (4): 141-157 1998.

SMITH, R. M., SPINKS, W. L. Prediction of on-water rowing performance using skill-based, ergometer-derived variables. Sports, Med & Health. p.807-814, 1990.

SMITH, R.M & SPINKS, W.L. Gender Differences In Biomechanical Performance Variables During Maximal Rowing, Sports, Medicine And Health, 1990.

SOPER, C. & HUME, P. A. Reliability of power output during rowing changes with ergometer type and race distance. Sports Biomech.; 3(2):237- 48. Jul, 2004

SPARROW, W., HUGHES, K., RUSSELL, A., ROSSIGNOL, P. Effects of practice and preferred rate on perceived exertion, metabolic variables movement control. Human Movement Science 18(1999)137-153.

SPINKS, W.L. Force-Angle Profile Analysis In Rowing. J Hum Movement Stud 31 (5): 211-233 1996. Review

STEINACKER, J. M. Physiological Aspects of Training in Rowing. Int. J. Sports Med. v.14, p. S3-S10, 1993.

STEINACKER, J.M. & SECHER, N.H. Advances in physiology and biomechanics of rowing. Intenational Journal Sports Medicine, sup 1 vol.14 pag. S1-S2, 1993.

STEINACKER, J.M., LORMES, W., LEHMANN, M., ALTENBURG, D. Training of rowers before world championships. Med.Sci.Sports Exerc., vol.30, n7, 1158-1163,1998.

TOIGO, A. M.; BEATRICI, A.; SCHULZ, R. Comparação entre a força resultante em barco "single skiff" na utilização de remo tipo "Standard" e cutelo. Rev. Bras. de Biomecânica, ano 3, n.5, p. 49-56, novembro de 2002.

TORRES-MORENO, R., TANAKA, C., PENNEY, K. L. Joint excursion, handle velocity, and applied force: a biomechanical analysis of ergonomic rowing. Int. J. Sports Med. v.21, p.41-44, 2000.

van INGEN SCHENAU, G. J., CAVANAGH, P. R. Power equations in endurance sports. J. Biomechanics. 23(9): 865-881, 1990.

VERMULST, L.J, VERVOORN, C., BOELEN-QUIST, A.M., KOPPESCHAAR, H.P., ERICH, W.B., THIJSSSEN, J.H., de VRIES, W.R. Analysis of seasonal training volume and working capacity in elite female rowers. Int J Sports Med. 1991 Dec;12(6):567-72.

WAGNER, J., BARTMUS, U. MARÉES.H DE. Three-Axes Gyro System Quantifying the Specific Balance of Rowing, *Int. J. Sports Med.* v.14, s.1, p.s35-s38, 1993.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA,T.; UDO,M.;HARADA,T.; MORITANI,T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA,M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur.J. Appl. Physiol.*, v. 66., p.90-95, 1993.

WILMORE, J. H., COSTILL, D. L. *Physiology of sports and exercise.* 2. ed. Champaign(IL): Human Kinetics, 1999.

WINTER, D. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement.* 3. ed. John Wiley & Sons, 2005.

WHITMORE, H., TURPIN, S. *Designing Exercise Gear for Zero Gravity.* *Mechanical Engineering*, n. 70, 1992.

ZATSIORSKY, V. M., YAKUNIN, N. *Mechanics and Biomechanics of Rowing: A Review.* *Int. J. of Sport Biomec.*, v.7, p.229-281, 1991.

ANEXO I

Termo de Consentimento Informado

Você está sendo convidado a participar de um projeto de pesquisa científica em nível de mestrado, com o objetivo de investigar como ocorre a transferência das forças aplicadas nas pedaleiras com a força aplicada na manopla durante testes em um remo ergômetro.

Esta pesquisa não proporcionará em um primeiro momento nenhum benefício direto aos atletas e treinadores. Entretanto espera-se entender melhor o processo de transferência das forças dos membros inferiores para os membros superiores, e a partir deste entendimento poder-se-á contribuir para um melhor desempenho no esporte.

Caso você aceite participar, serão realizadas também mensurações de massa corporal total, estatura e comprimento dos membros inferiores. Após posicionado no remo ergômetro deverá realizar um breve aquecimento, para adaptar-se à modificação do ergômetro antes do início dos testes. A plataforma será fixada em duas posições cuja ordem será determinada aleatoriamente, você irá remar com voga livre, durante 1 a 2 minutos em diferentes potências: 100, 200, 300, 400 watts e máxima subjetiva, as potências também serão previamente aleatorizadas. Será observado um tempo de repouso entre cada teste. Após a realização dos testes em uma posição as plataformas serão recolocadas em outra posição e os testes serão realizados novamente.

Esta pesquisa é orientada e de responsabilidade do Prof. Jefferson Fagundes Loss, que pode ser contatado pelo fone (051) 92839841. O contato também pode

ser feito com a orientanda Letícia Gandolfi de Oliveira pelo telefone (051) 3316 5822 ou (051) 8123 7258.

É dada a garantia de que todas as informações serão utilizadas apenas para fins científicos e que sua identidade será preservada.

Você é livre para autorizar ou não a sua participação e para se retirar do projeto a qualquer momento sem necessidade de justificativa.

Este termo de consentimento será entregue em duas vias para que uma delas fique com o colaborador e que a outra fique com o pesquisador.

Eu declaro que autorizo espontaneamente a minha participação neste projeto, bem como a utilização dos dados coletados em relatórios científicos.

.....

Assinatura do Colaborador

.....

Assinatura do Pesquisador

Porto Alegre, de de 2005.

ANEXO II

PLATAFORMA DE FORÇA DESENVOLVIDA PARA COLETA DE DADOS NO REMO ERGÔMETRO

Leticia Gandolfi de Oliveira¹, Diego Machado Vellado², Leonardo Tartaruga¹, Luís Carlos Gertz³, Jefferson Fagundes Loss¹

¹ LAPEX - Escola de Educação Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

² Escola de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

³ Laboratório de Medições Mecânicas – Universidade Luterana do Brasil

Abstract: The main objective of this study was to construct a force-platform which measures the applied force on the footstretchers in rowing ergometer. The force-platform was designed and constructed in order to measure two forces components (F_z , F_y) and one moment (M_x). The calibration data and the results of an analysis were showed through the proposed instrument. The platforms of force made possible the acquisition of the data of force applied in the rowing ergometer, and it will also allow the determination of the center of the rowers pressure, as well as several analyses.

Key-words: force-platform, rowing ergometer, forces

Introdução

O estudo do movimento humano e as constantes cargas impostas as articulações tem sido foco de pesquisas em biomecânica. Várias áreas trabalham em conjunto para suprir a necessidade de se conhecer as forças que atuam no corpo humano em diversas situações.

Têm-se analisado a produção de força em diversas situações e esportes, também no remo esta é variável mais importante, pois grandes são as magnitudes das forças envolvidas durante uma competição [1]. A literatura mostra uma produção de força na ordem de 1000 a 1500 N nos momentos iniciais da regata, e entre 500 a 700 N no decorrer da mesma.

De acordo com o movimento da remada [2,3], os membros inferiores são os primeiros atuantes, seguidos pelo tronco e membros superiores. Portanto é necessário avaliar as forças externas nos membros inferiores para assim, poder calcular as forças internas e conhecer o comportamento da transferência dessa força ao longo das articulações, possibilitando a prevenção de lesões em praticantes desta modalidade e a otimização do movimento técnico no treinamento de atletas.

Para mensuração destas forças é necessário o uso de instrumentos específicos, como as células de carga ou as plataforma de força. Estas podem ser projetadas para mensurar apenas forças ou forças e momentos permitindo a localização do centro de pressão. Este tipo de instrumento vem sendo, ao longo dos anos, projetado para específicas situações como no movimento de mastigação[4], nas atividades de vida diária como marcha [5], marcha de protetizados [6], durante a digitação em

computador [7] e nos esportes como voleibol [8] e ciclismo [9,10].

Dessa forma o objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de duas plataformas de força com a finalidade de avaliar duas componentes de força (vertical e horizontal) e um componente de momento (dorsiflexão) para avaliação dos esforços empregados durante a remada em um remo ergômetro.

Matérias e Métodos

O projeto foi concebido a partir do modelo desenvolvido por Roesler, 1997 que é uma adaptação da plataforma de Lywood, 1987.

Foi realizado o projeto e ensaio do modelo no software ANSYS, que possibilitou também visualizar o desenho do modelo (Figura 1).

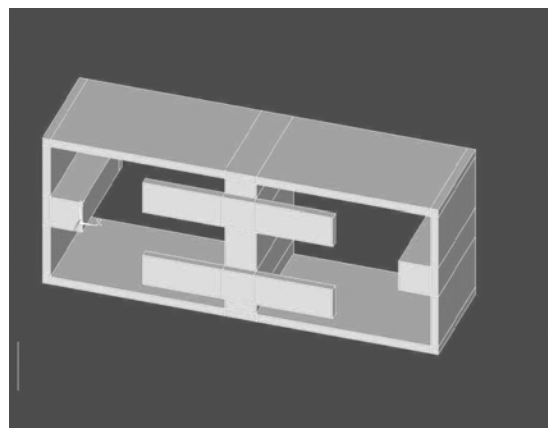


Figura 1: Plataforma vista no software ANSYS.

As dimensões utilizadas no projeto das plataformas foram calculados com base na força vertical máxima que a plataforma deveria suportar, pois geralmente esta componente é a mais crítica. O valor foi determinado através da força máxima total atingida em uma competição (1500 N), o valor crítico usado foi 1000 N.

Cada plataforma mede 25 cm de comprimento, 10 cm de largura, e 7 cm de altura. Após definida as

dimensões, foi necessário determinar como a estrutura do instrumento deveria ser confeccionado. Como a estrutura é basicamente formada por vigas, inicialmente seriam realizadas junções soldadas. Porém esta hipótese foi descartada devido as mudanças na qual as propriedades do material sofriam durante o processo de soldagem. Com isso a opção adotada foi a usinagem. Apesar de ser uma opção com maior custo, este se faz necessário para garantir que resultados obtidos pelo instrumento de medição deveriam contribuir para a repetibilidade dos dados precisos e exatos.

A estrutura da plataforma foi formada por quatro vigas em balanço. As forças e os momentos serão obtidos através da medição das deformações que a estrutura da plataforma sofre quando submetida a algum esforço externo. As deformações são medidas através do uso de extensômetros de resistência elétrica, também conhecidos por *strain gauges*. Esse tipo de sensor possui boa sensibilidade à temperatura, que é um dos fatores que mais interferem para realizações de medições corretas. Desta forma, o circuito em configuração de ponte de Wheatstone opera como um controlador deste fator.

A principal vantagem desse tipo de plataforma é o fato de que cada componente de força ou momento é medido por uma ponte de Wheatstone completa e independente, minimizando interferências de uma força em outra.

O material utilizado para a confecção da plataforma foi o alumínio (Al 2024), pois este tem uma tensão de escoamento semelhante a do aço de alta liga e possui um densidade aproximadamente três vezes menor, o que resulta em uma redução de massa, que entre outros fatores tem como principal objetivo aumentar a frequência natural da plataforma, pois a frequência natural das vigas é inversamente proporcional a sua massa.

Para a avaliação dos pontos onde deveriam ser colados os extensômetros, foi utilizado o método dos elementos finitos, assim foram obtidos os pontos onde ocorrem as maiores deformações e conseqüentemente a maior sensibilidade de medição. Além de definir os pontos de maior deformação, também foi avaliada a espessura na qual o material utilizado poderia resistir às cargas impostas.

Para a colagem dos extensômetros cuidados na preparação foram observados como a assepsia do local, realização de uma marca para indicar a posição exata e só então colados diretamente sobre a estrutura com uma cola à base de cianoacrilato por possuir uma cura rápida e ser apropriada para colagem de metais. Os extensômetros utilizados foram da marca Kyowa Electronic Instruments.

Calibração da Plataforma: A calibração foi realizada com a utilização de um condicionador de sinais, marca Computer Boards, modelo CIO-EXP-GP de oito canais, um conversor A/D (CIO-DAS-16-100kHz/12bits) e um software de aquisição de dados – SAD 32, desenvolvido pelo Laboratório de Medições Mecânicas (LMM – UFRGS). Foi montada uma estrutura para realização da calibração dos componentes de força e momento. Para calibração da força vertical (Fz) foram colocadas cargas conhecidas para construção da curva de calibração. Para calibração da força horizontal (Fy) a plataforma teve de ser fixada em uma estrutura que possibilitasse a colocação das cargas. Para calibração do momento (Mx) foi

necessário construir um sistema de roldanas que possibilitaram a aplicação de mesma carga a uma mesma distância adquirindo assim sinal de momento. As calibrações foram feitas individualmente para cada componente de força e momento, de maneira que quando uma carga é aplicada numa direção não exista componente em outra evitando assim o acoplamento mecânico.

Testagem do Sistema: As plataformas foram fixadas nas pedaleiras de um remo ergômetro (Concept II, modelo C). Os dados que serão apresentados são de dois indivíduos, um atleta e um não-atleta. Para melhor visualização das curvas serão apresentados os dados obtidos por uma plataforma na regulagem mais inferior.

A Figura 2 apresenta o referencial adotado nas plataformas.

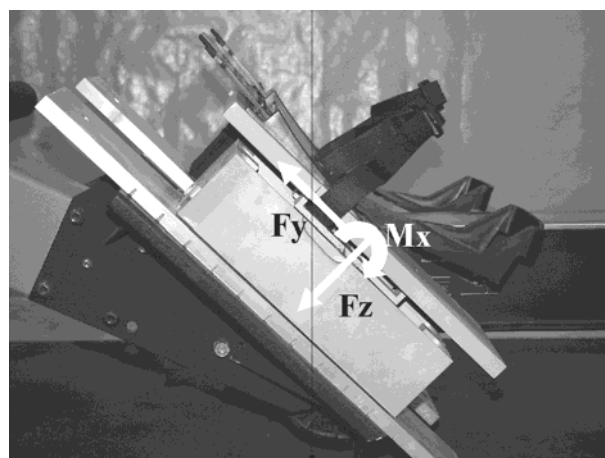


Figura 2: Referencial da plataforma de força

Resultados

A Figura 3 apresenta o gráfico de correlação com equação e o índice de correlação da calibração da força vertical direita (Fz).

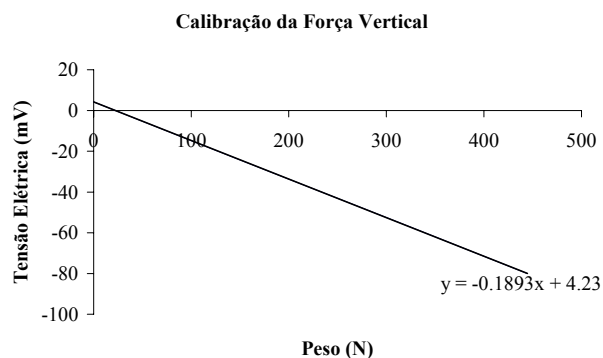


Figura 3: Resultados da calibração da força vertical

A Figura 4 apresenta o gráfico de correlação com equação e o índice de correlação da calibração da força horizontal direita (Fy).

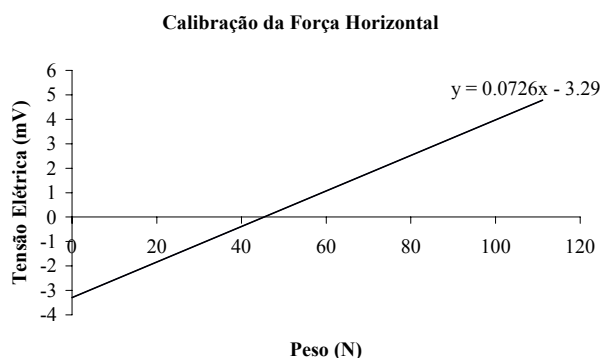


Figura 4: Resultados da calibração da força horizontal

A Figura 5 apresenta o gráfico de correlação com equação e o índice de correlação da calibração do momento direto (Mx).

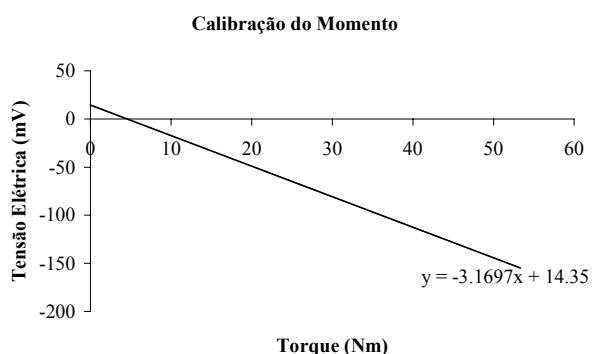


Figura 5: Resultados da calibração do momento

A Figura 6 apresenta o gráfico das componentes de força vertical e horizontal para o atleta de remo.

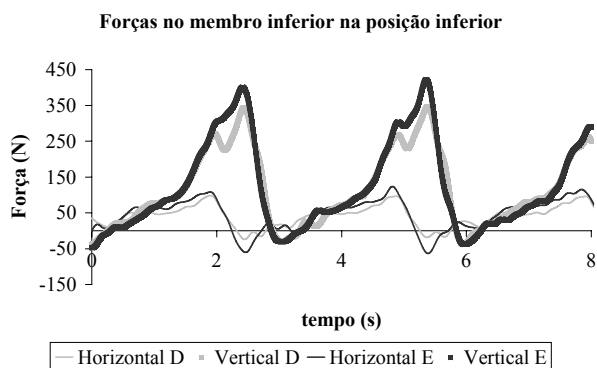


Figura 6: Resultados das forças obtidas pela plataforma de um atleta.

A Figura 7 apresenta o gráfico das componentes de força vertical e horizontal para um não-atleta.

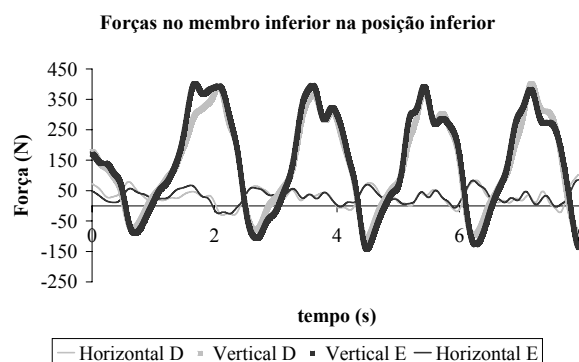


Figura 7: Resultados das forças obtidas pela plataforma de um não-atleta.

Discussão

As calibrações possibilitaram observar a relação entre a tensão elétrica gerada nas pontes de Wheatstone e as forças e momento aplicados sobre as plataformas.

A altura final da plataforma colocada no ergômetro (10 cm) tornou-se um problema para as coletas com remadores pois quando fixadas nas pedaleiras houve uma redução da amplitude útil de movimento. Desta forma, coletas com remadores altos (com mais de 2 metros de altura), com longos membros inferiores, que se utilizam da amplitude total de movimentação do carrinho sobre o trilho do ergômetro, ficaram inviabilizadas.

Neste estudo optou-se por exemplificar as possibilidades do equipamento com um remador de estatura média e um não-remador para que os dados de força e a técnica utilizada pudessem ser melhor explicitados. Portanto as plataformas de força permitiram a análise das forças aplicadas durante a remada, possibilitando a comparação do comportamento das curvas de forças e suas magnitudes, além de possibilitar a localização do centro de pressão.

Os dados mostram valores de força vertical em torno de 400 N tanto para o atleta como para o não-atleta. Esses valores foram semelhantes também aos encontrados na literatura [11]. Os valores positivos indicam a força de reação da plataforma no pé do sujeito, é quando os sujeitos realizam uma compressão na plataforma na fase de propulsão da remada. Os valores negativos ocorreram na recuperação, quando o remador realiza um movimento de tração na plataforma.

Os resultados da força horizontal mostram valores de força em torno de 50 N para ambos sujeitos. Os valores positivos indicam uma força no sentido ântero-posterior sobre a plataforma na fase de propulsão da remada. Os valores negativos representaram uma força no sentido pôsterio-anterior sobre a plataforma ocorreram na recuperação.

Ambos sujeitos realizaram o teste em uma potência de 150 W, para o remador essa potência é

inferior a desenvolvida em provas [1], esta pode ser a resposta das diferenças encontradas na aplicação da força em relação ao membro direito e esquerdo, já o não-remador apresentou similaridade entre os membros.

Conclusões

A plataforma de força poderá fornecer dados que possibilitarão a análise das forças aplicadas no remo ergômetro, e também permitirá a determinação da linha de ação da força no plano sagital. Além disso o mesmo projeto poderá ser adaptado para utilização em outras situações que envolvam forças de reação com o solo sem movimentação dos pés, como por exemplo em equipamentos de musculação como o *leg press* e *transport*.

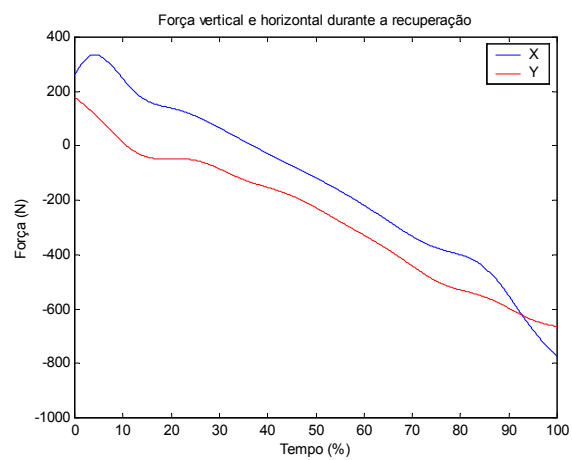
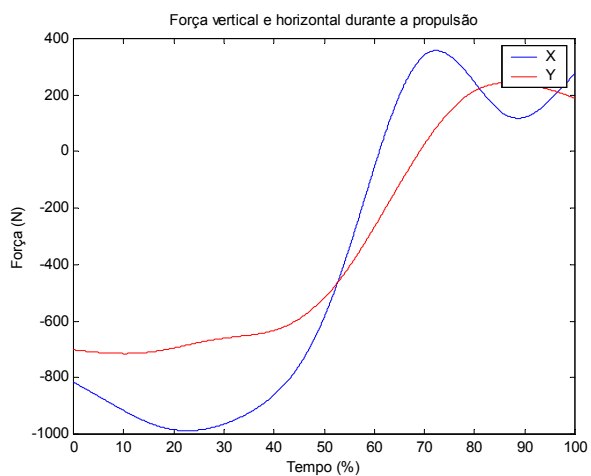
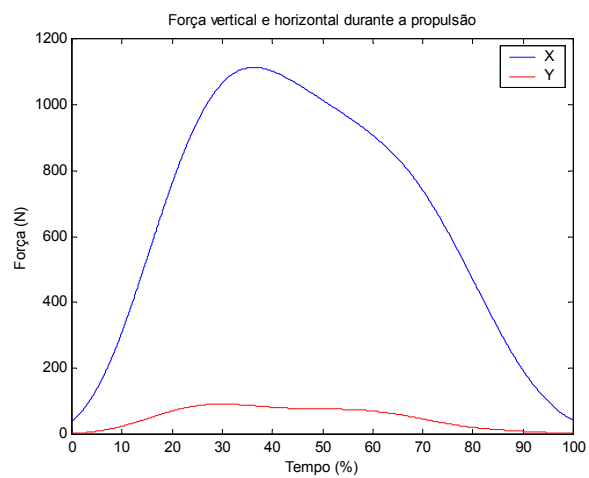
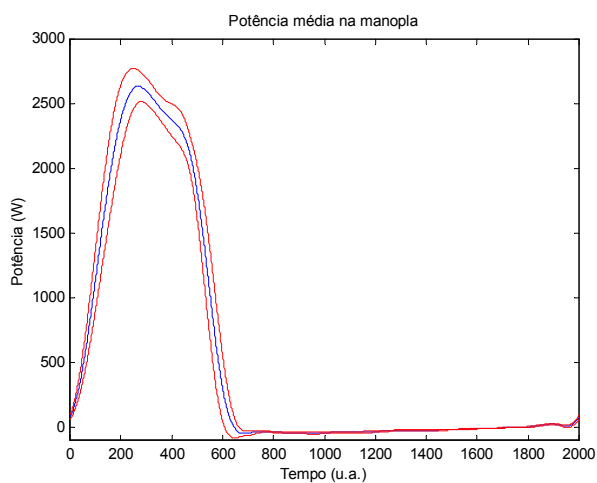
Referências

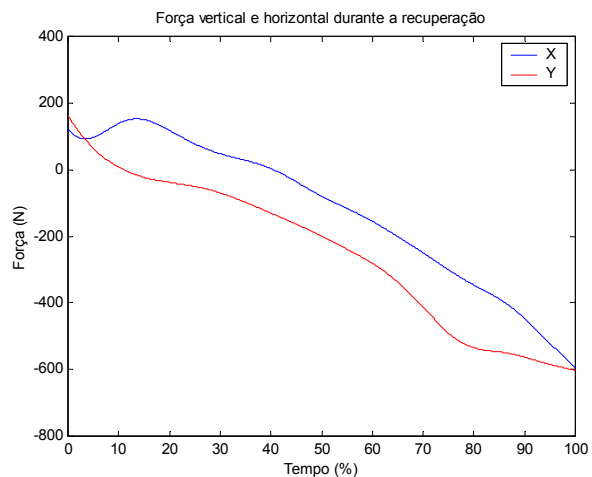
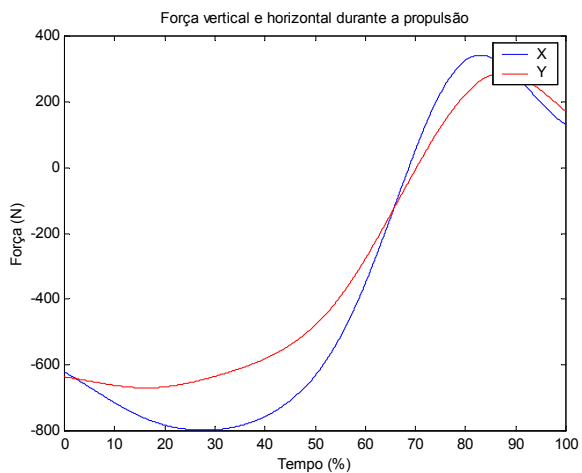
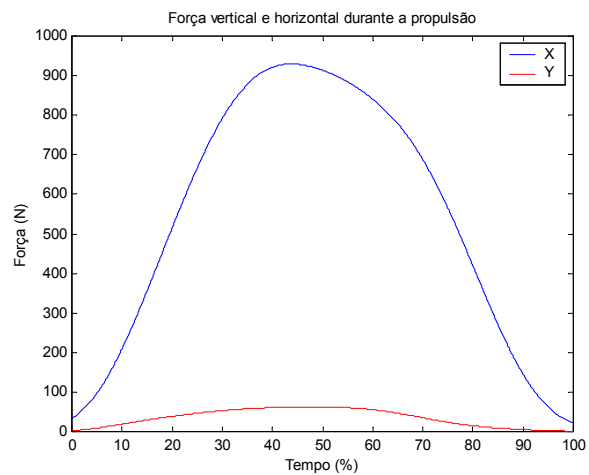
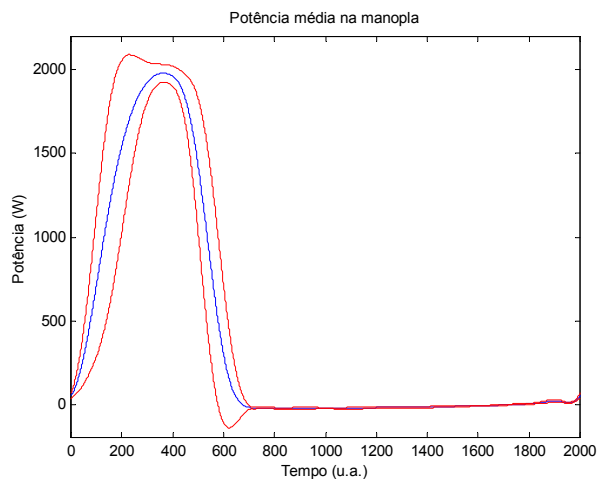
- [1] STEINACKER JM. “Physiological Aspects of Training in Rowing”, *Int. J. Sports Med.* 14:S3-S10, 1993.
- [2] MAZZONE T. “Kinesiology of the rowing stroke”. *NCSA Journal*, 20(2) 4-11, 1988.
- [3] RODRIGUEZ RJ, ROGRIGUEZ RP, COOK SD, SANDBORN PM. “Electromyographic analysis of rowing stroke biomechanics”. *J Sports Med Phys Fitness.* V.30,n.1, p.103-108. marc, 1990.
- [4] LOSS JF. Correlação entre a força de mordida e o sinal eletromiográfico dos músculos mastigatórios. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- [5] SILVEIRA FILHO ED. et al. Plataforma de força montada para instrumentação de esteira ergométrica para avaliação de marcha humana. Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica. pp. 216 – 21, Campinas, 1997.
- [6] AMORIM HJ, CERVIERI A, ZARO MA. Projeto de célula de carga para medição de força, em uma direção, e um momento, sobre dois eixos, em uma prótese de membro inferior. Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica pp. 149 – 54. Gramado, 2001.
- [7] GERTZ LC, THOMAS CA, ZARO MA. Célula de carga para medir força aplicada sobre tecla. Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica. pp. 268 – 72, Campinas, 1997.
- [8] CANDOTTI CT, GUIMARÃES ACS, CARDOSO MFS. Detection of low-back pain in volleyball players and non-athletes using EMG. *Brazilian Journal of Biomechanics*, v.1, n.1, pp. 15-9, 2000.
- [9] MADERS A & ZARO MA. Desenvolvimento de plataforma de força em duas direções da pedalada. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica. pp. 397 – 400, Florianópolis, 1999.
- [10] NABINGER E & ZARO MA. Medição de ângulos e força durante a pedalada de um ciclista. Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica. pp. 43 – 8, Campinas, 1997.
- [11] HASE K. et al. “Biomechanics of Rowing (I. A Model Analysis of Musculo-Skeletal Loads in Rowing for Fitness)”, *JSME International Journal.* V.45,n.4, p.1073-1081,2002.

e-mail dos autores:
letgol@terra.com.br

ANEXO III

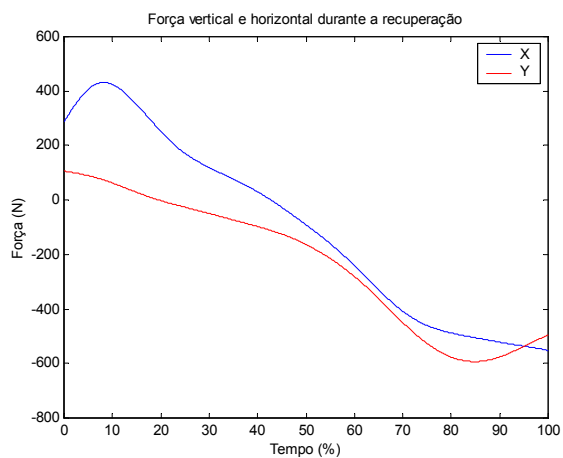
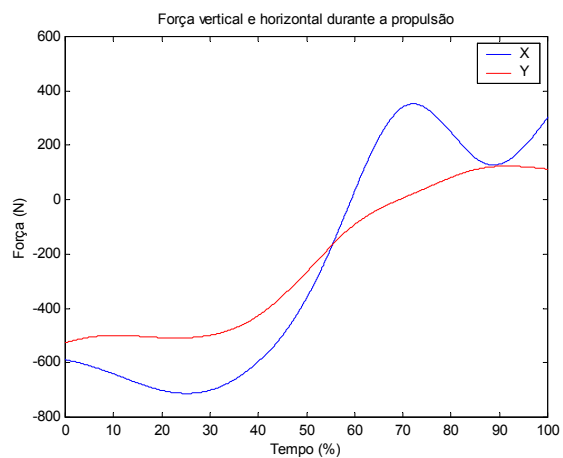
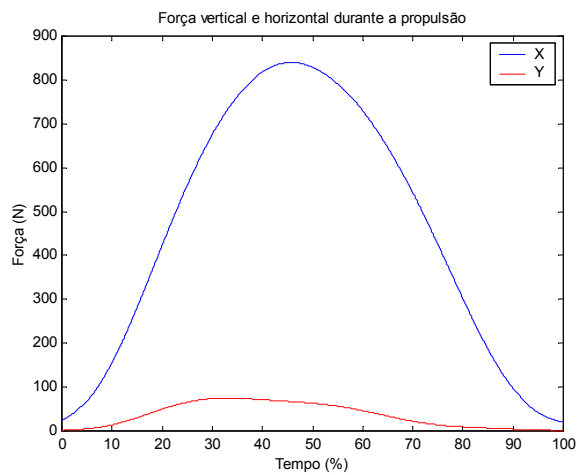
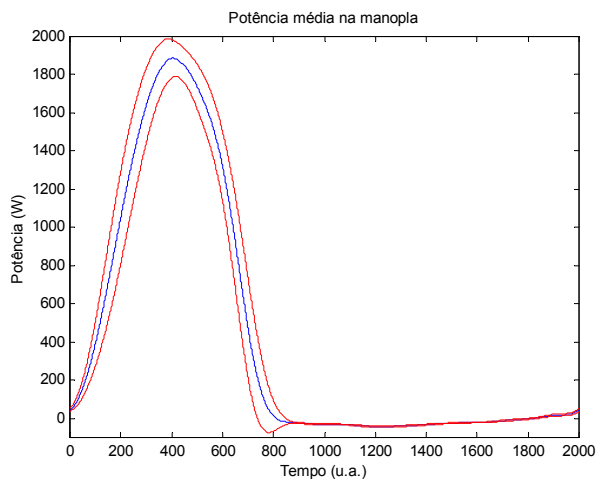
GRÁFICOS

Resultados de impulso do atleta A na potência máxima, na posição**modificada:**

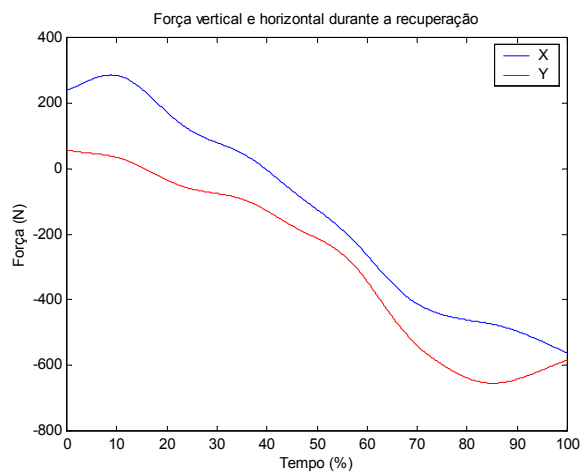
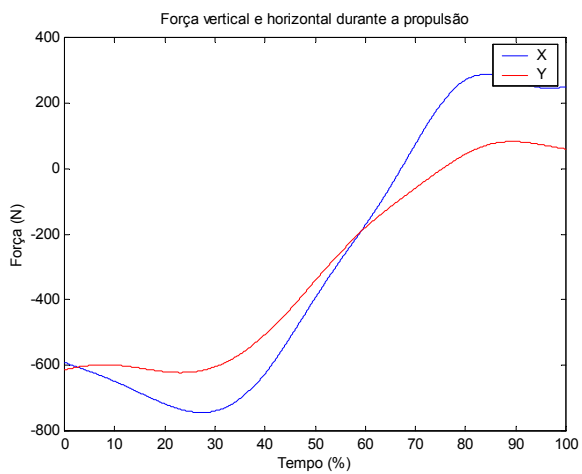
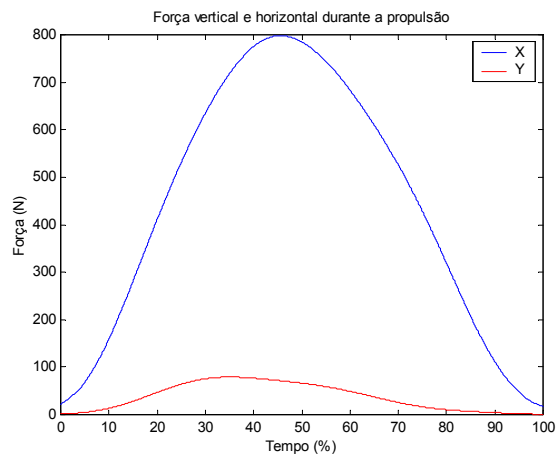
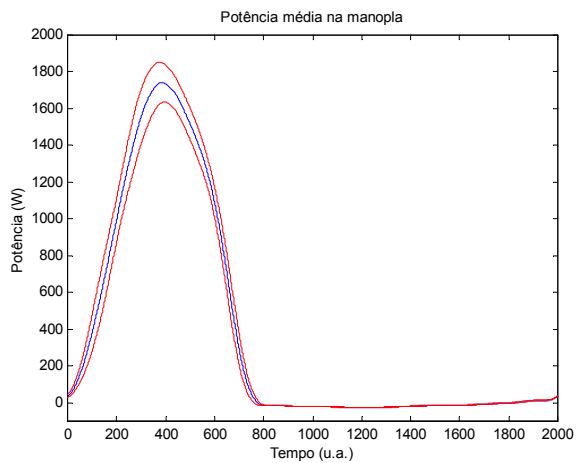
Resultados de impulso do atleta A na potência máxima, na posição usual:

Resultados de impulso do atleta B na potência máxima, na posição

modificada:

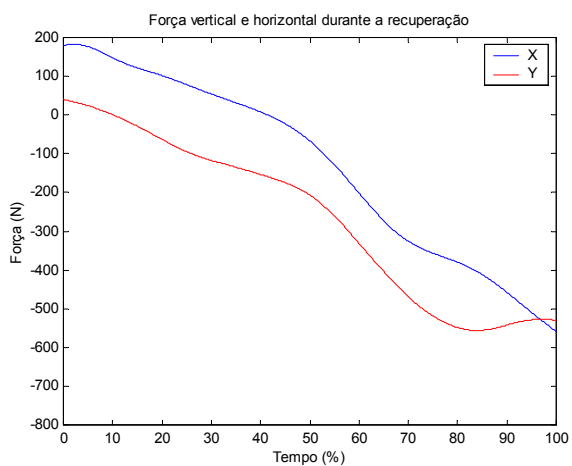
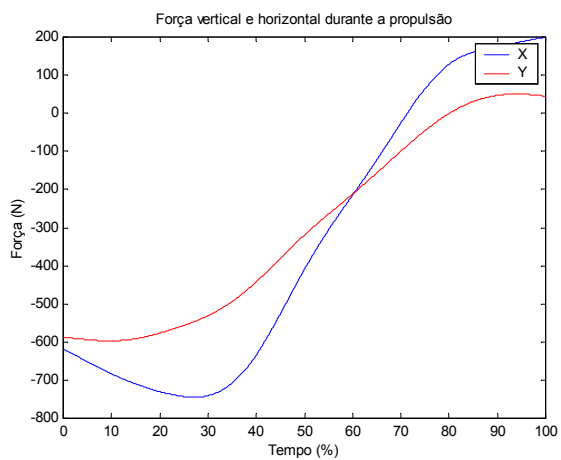
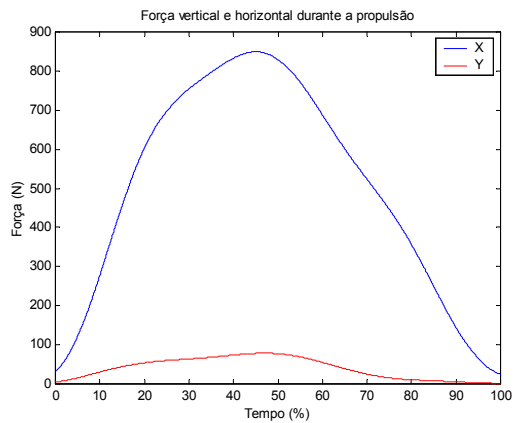
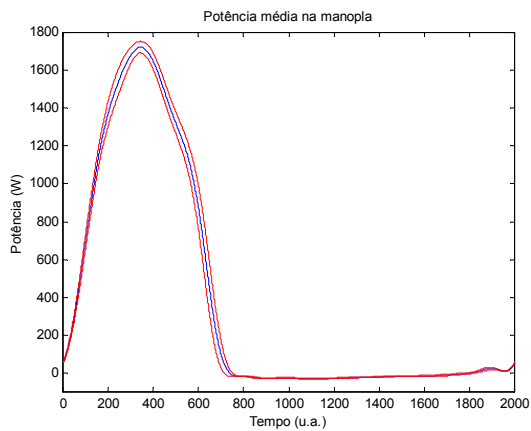


Resultados de impulso do atleta B na potência máxima, na posição usual:

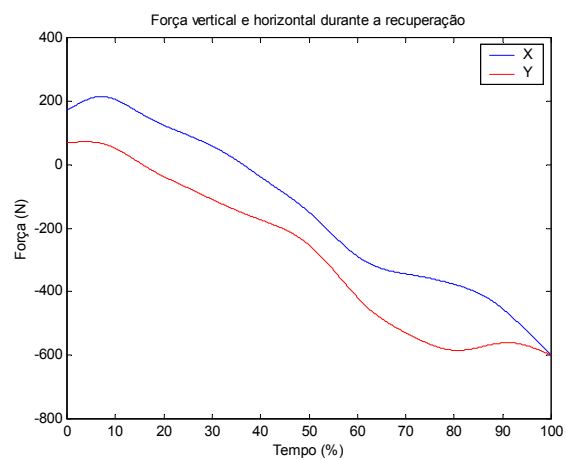
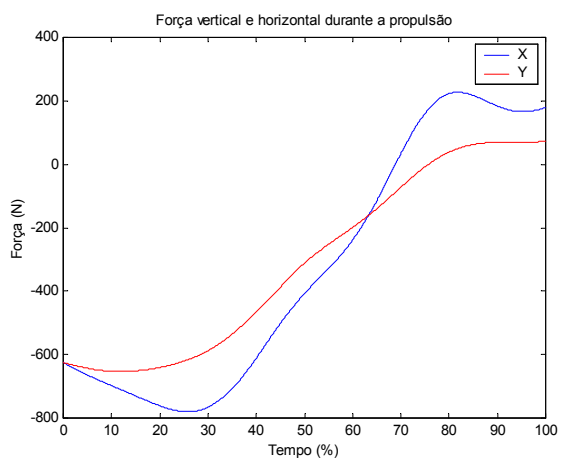
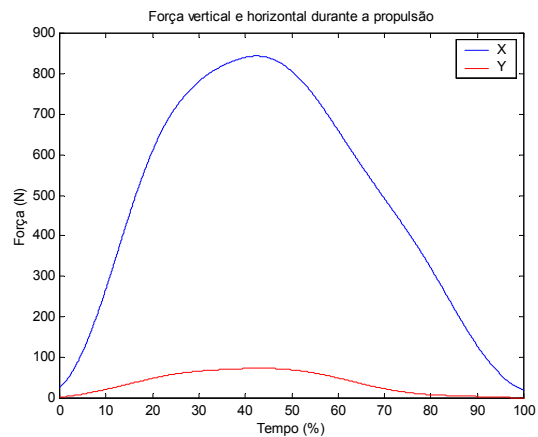
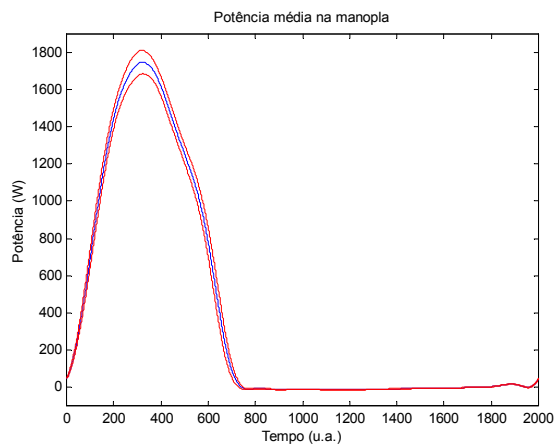


Resultados de impulso do atleta C na potência máxima, na posição

modificada:

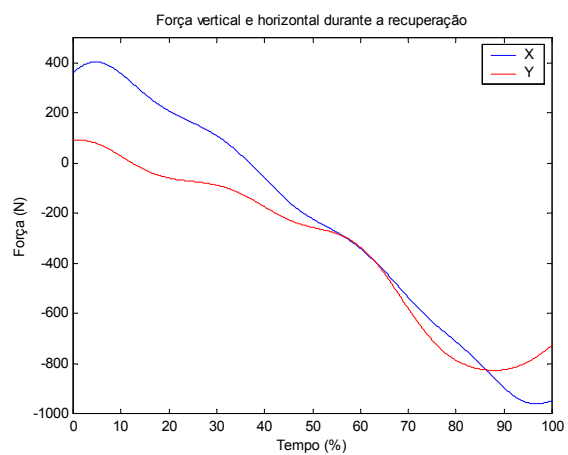
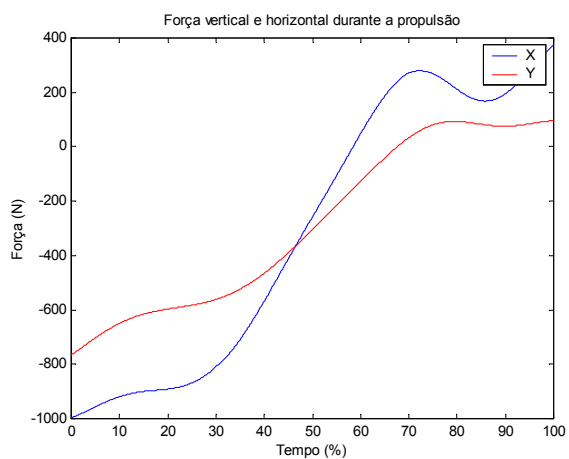
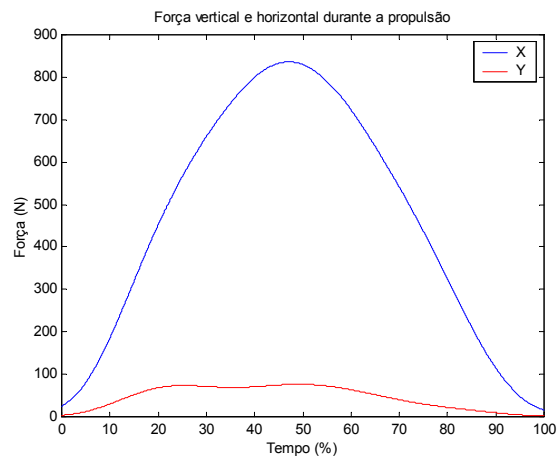
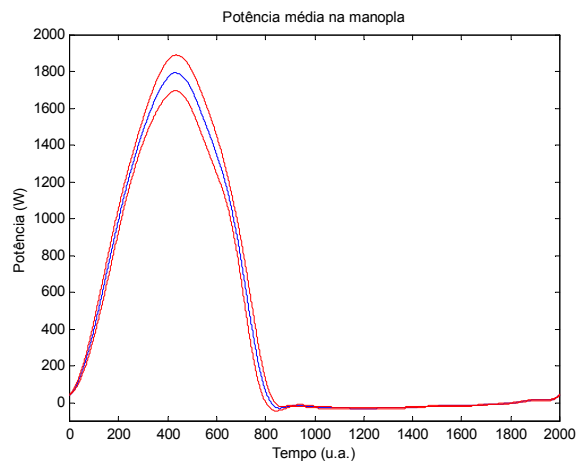


Resultados de impulso do atleta C na potência máxima, na posição usual:

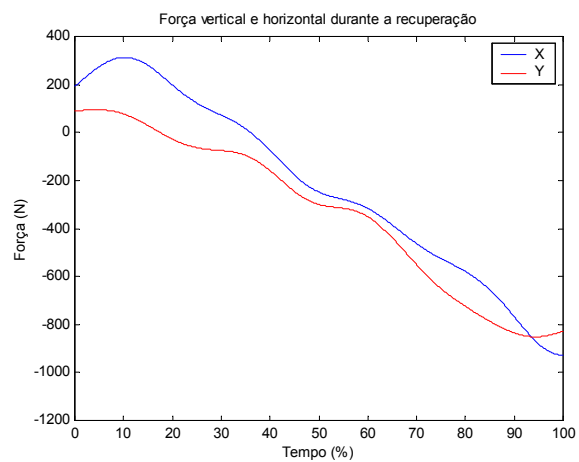
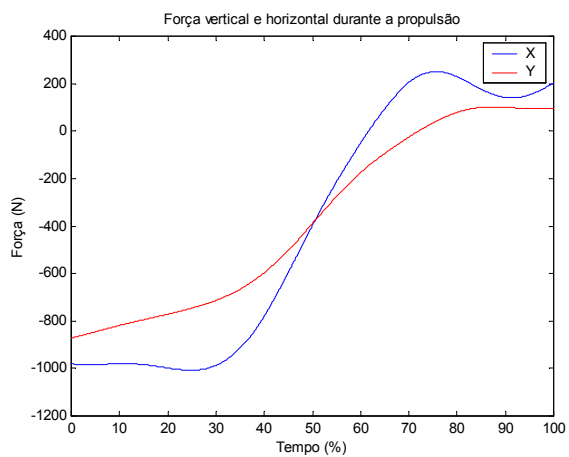
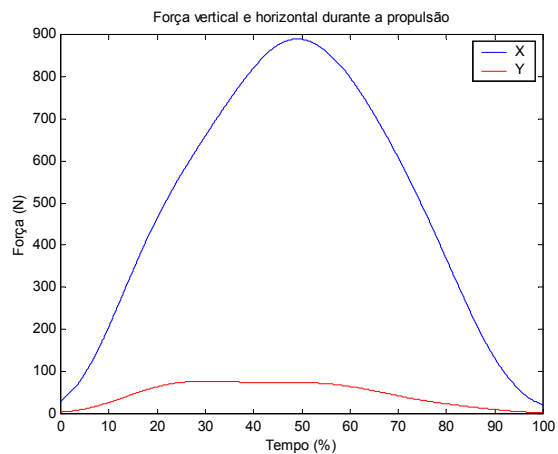
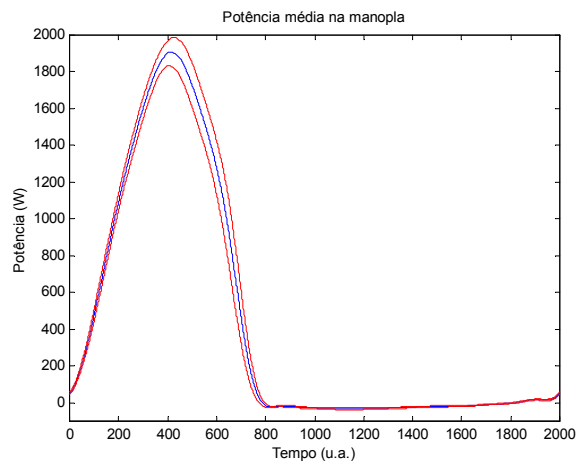


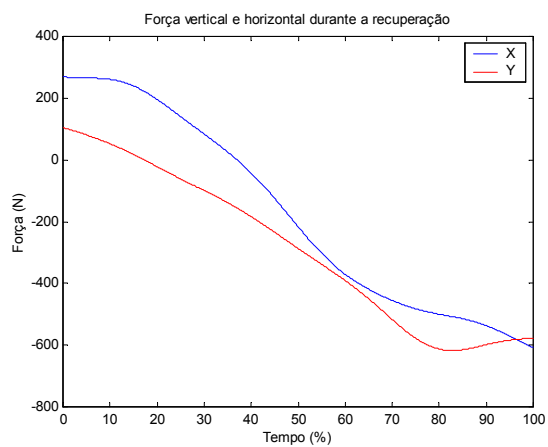
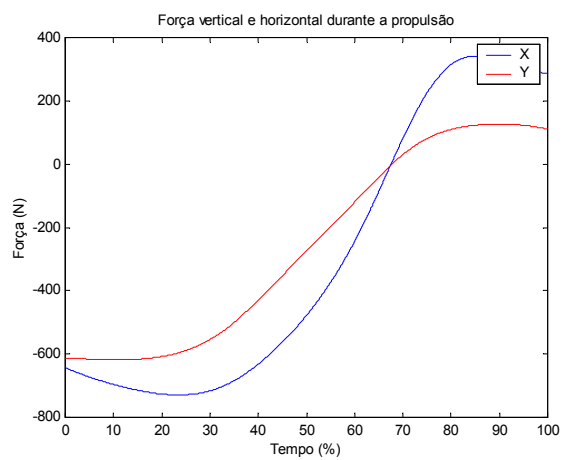
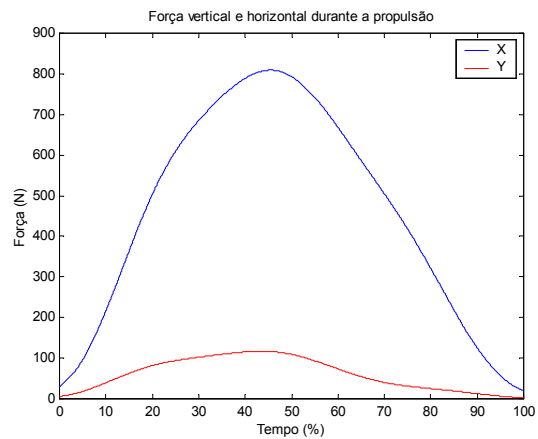
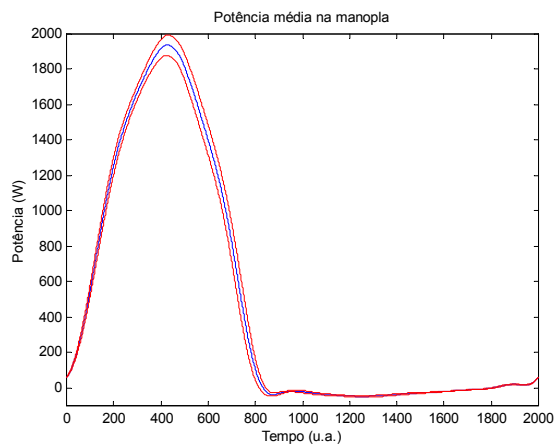
Resultados de impulso do atleta D na potência máxima, na posição

modificada:

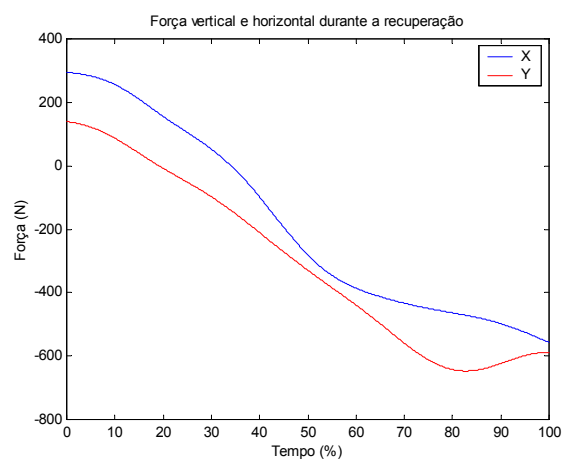
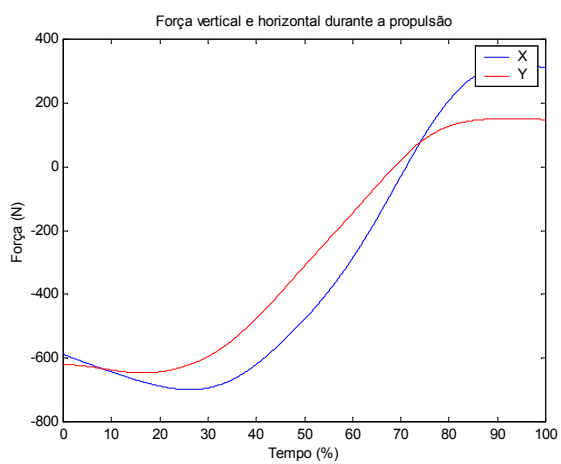
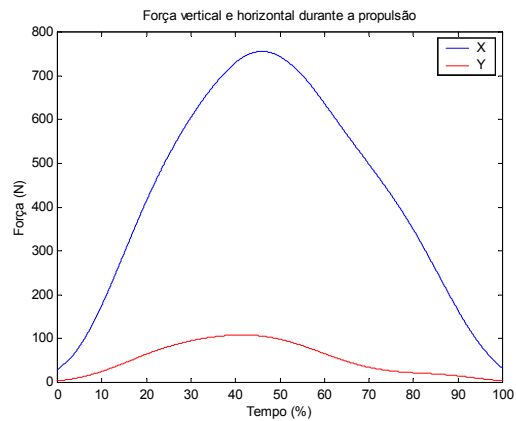
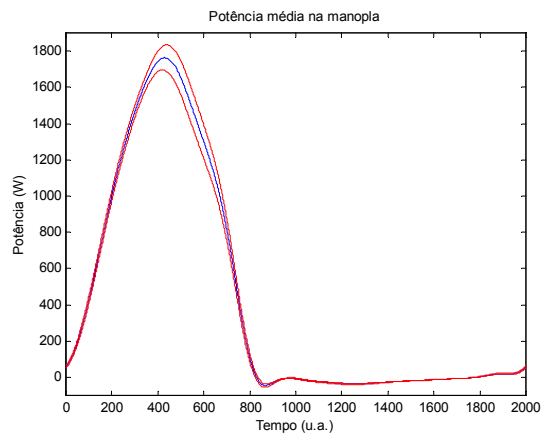


Resultados de impulso do atleta D na potência máxima, na posição usual:

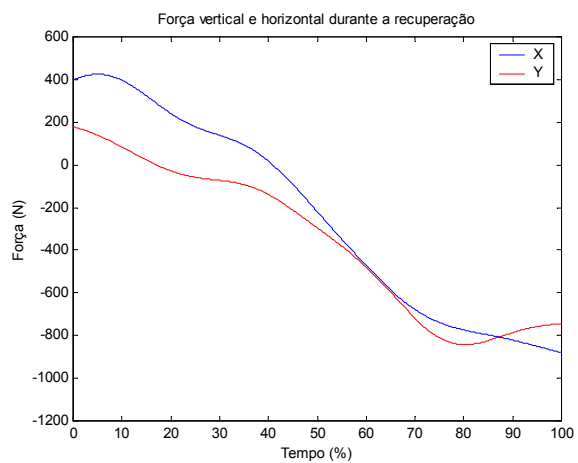
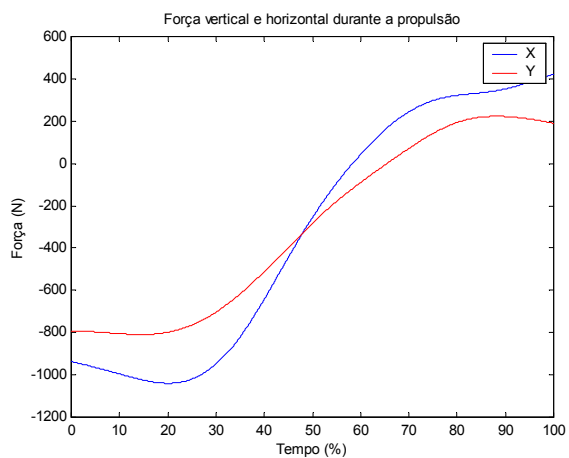
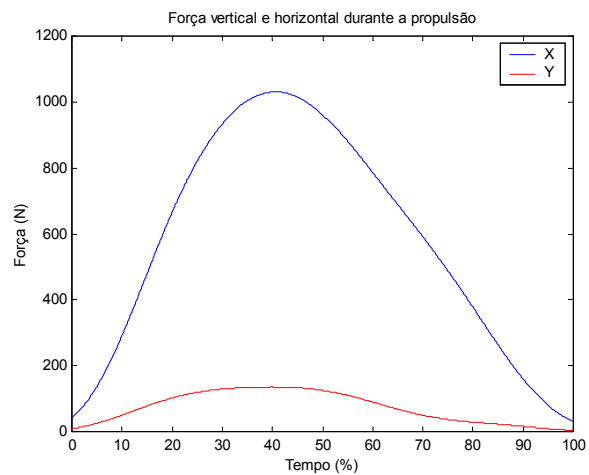
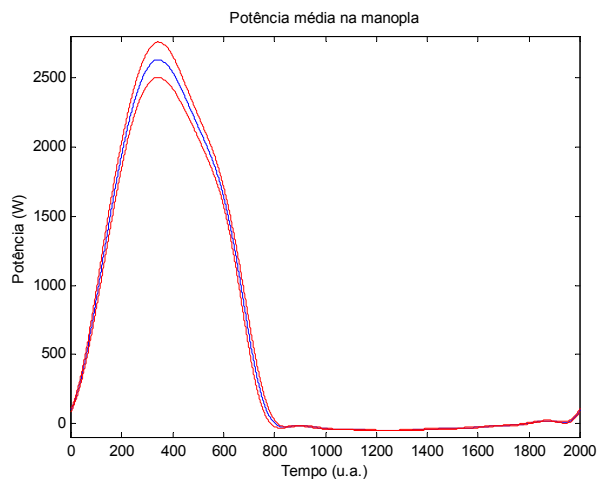


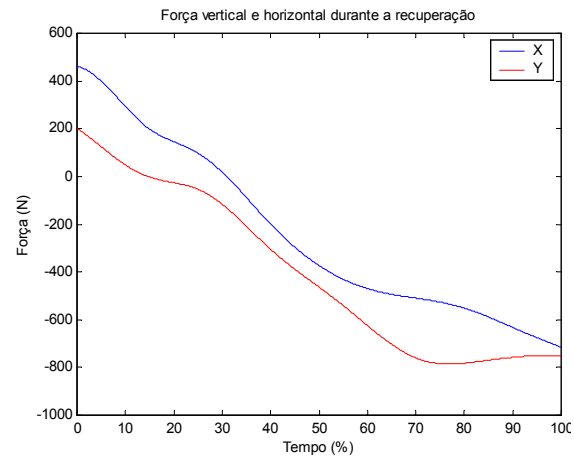
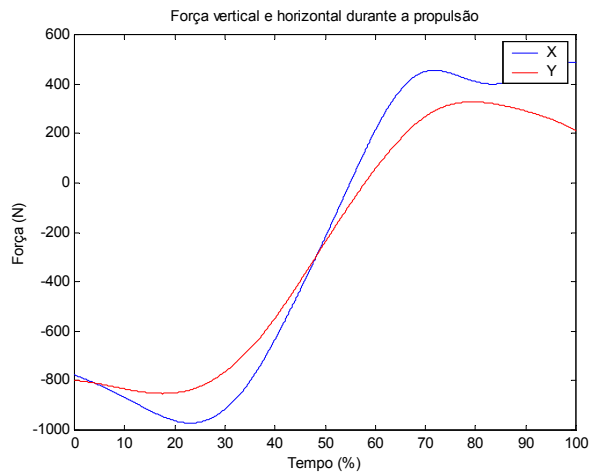
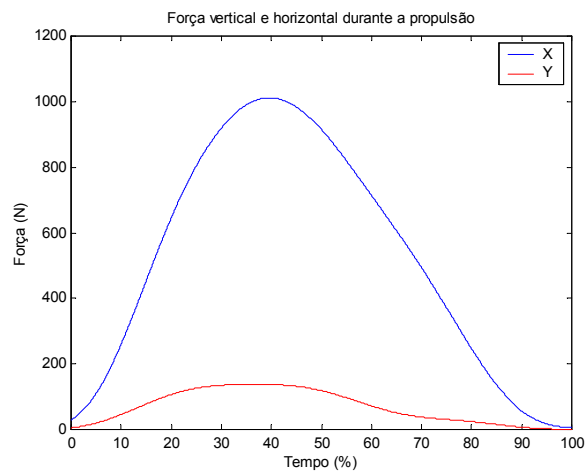
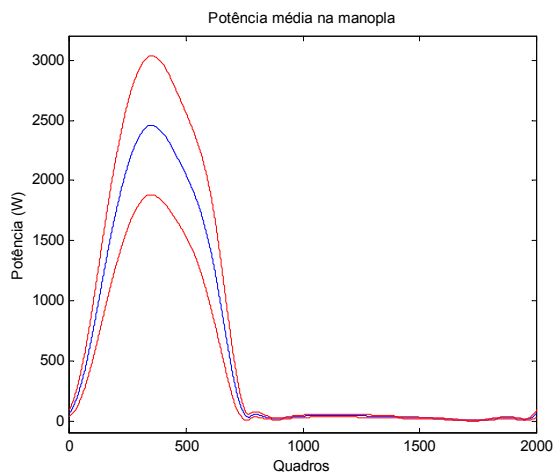
Resultados de impulso do atleta E na potência máxima, na posição modificada:

Resultados de impulso do atleta E na potência máxima, na posição usual:

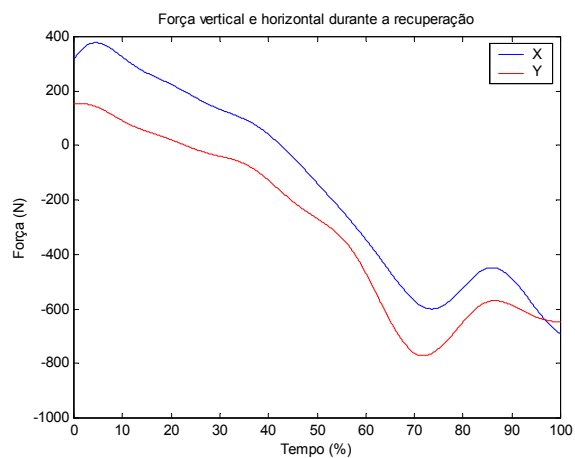
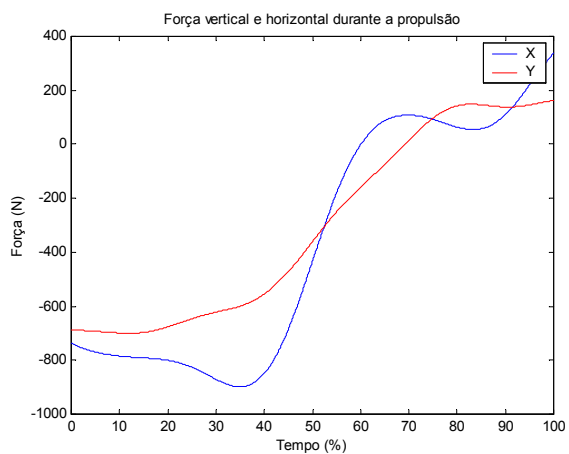
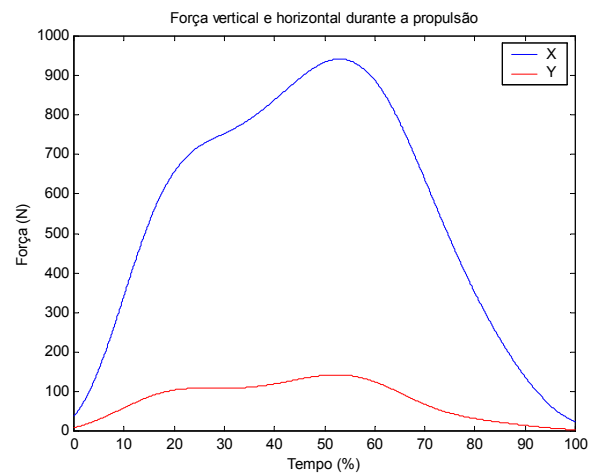
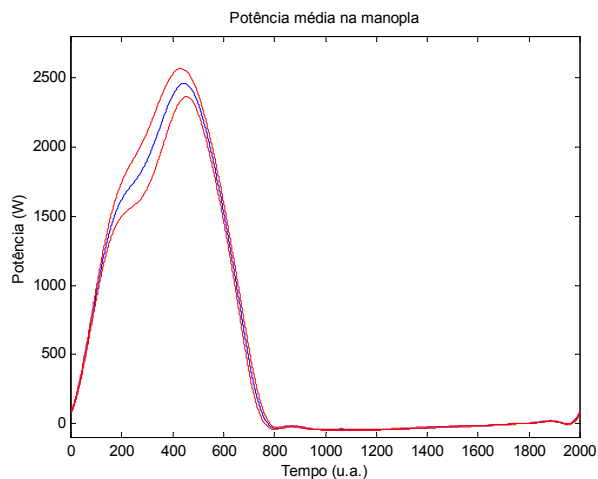


Resultados de impulso do atleta F na potência máxima, na potência modificada:

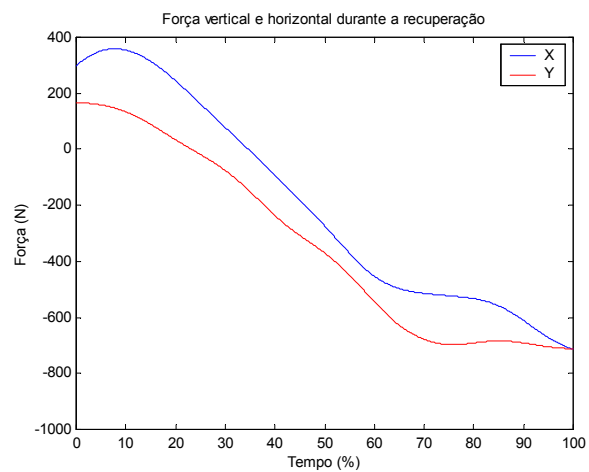
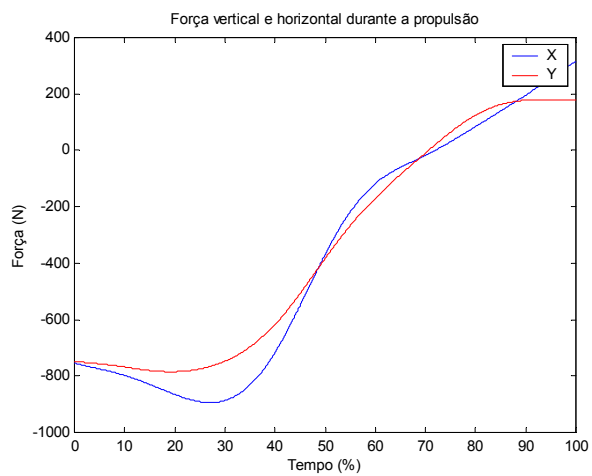
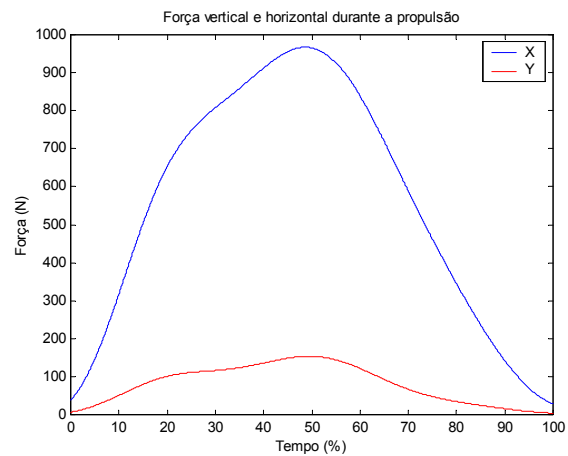
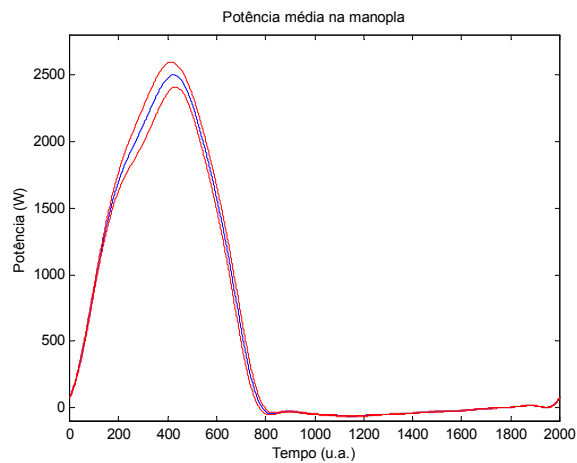


Resultados de impulso do atleta F na potência máxima, na potência usual:

Resultados de impulso do atleta G na potência máxima, na potência modificada:

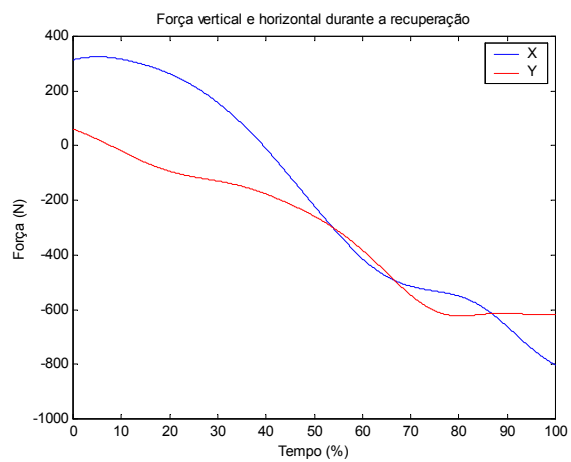
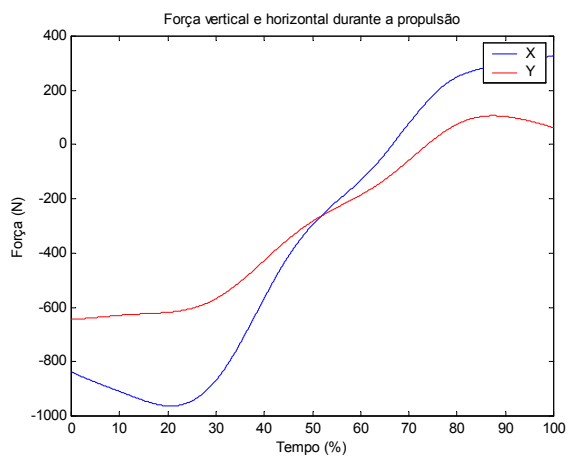
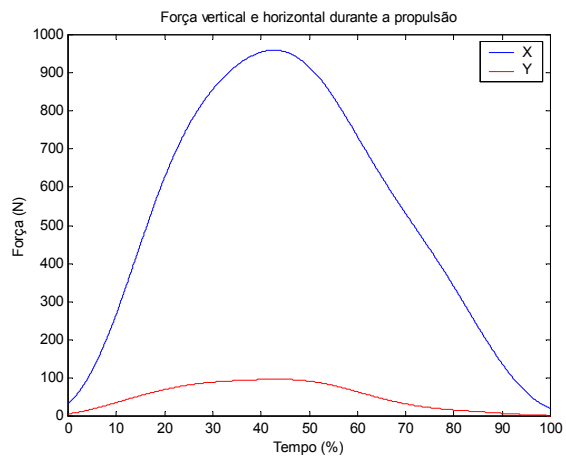
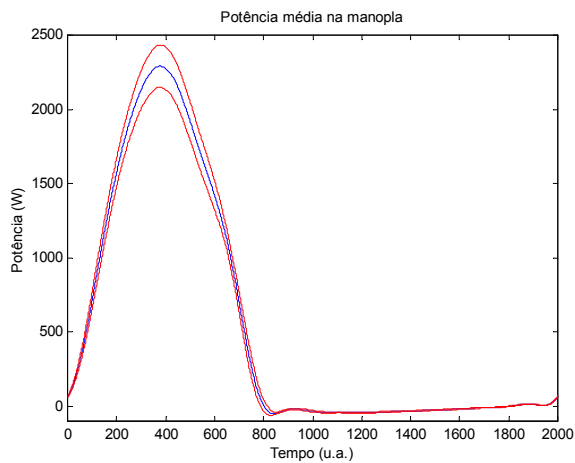


Resultados de impulso do atleta G na potência máxima, na potência usual:



Resultados de impulso do atleta H na potência máxima, na posição

modificada:



Resultados de impulso do atleta H na potência máxima, na posição usual: