

Método dinamométrico para avaliação da escora em barcos tipo Catamaran

CDD. 20.ed. 796.023
797.14

Gustavo Ricardo SCHÜTZ*
Alessandro HAUPENTHAL*
Marcel HUBERT*
Suzana Matheus PEREIRA*
Helio ROESLER*

*Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos, Universidade do Estado de Santa Catarina.

Resumo

Este estudo tem como objetivo propor e validar um método de medição da distância de escora ("De") e do momento de escora ("Me"), através do uso de plataformas de força para barcos tipo Catamaran. O novo método propõe a medição por dinamometria, com o posicionamento de plataformas de força abaixo de cada casco, e a mensuração das Forças de Reação do Solo (FRS). Com base nas equações clássicas da estática são determinadas as variáveis "De" e "Me". Para validar o método proposto, foi utilizada a validação concorrente, através da comparação com os valores obtidos por cinemetria através do sistema "Peak Motus". Para correlação entre os dois métodos optou-se pelo coeficiente de correlação intraclasse (ICC). Foram analisadas diferentes posturas em duas diferentes inclinações do barco, simulando o adernamento do barco. Os resultados encontrados apontaram alta correlação (ICC > 0,99) e pequeno erro médio (1,00% para "De" e 0,96% para "Me") entre os métodos. Com isto, o método proposto se mostrou válido e eficiente, pois mensurou as variáveis de maneira rápida e precisa e se torna importante à medida que facilita a análise e auxilia a velejadores e técnicos na tomada de decisões.

UNITERMOS: Biomecânica; Dinamometria; Vela; Escora.

Introdução

Quando se veleja no contravento principalmente em ventos de médios a fortes, surge um par de forças, uma força no velame e outra na bolina gerando um momento que faz o barco adernar (LEGG, MACKIE & SMITH, 1999; SCHMIDT, 1990). Para evitar que o barco aderne excessivamente, o velejador cria um momento no sentido inverso ao citado utilizando para tal, seu peso a uma certa distância do centro de gravidade do barco. Esta ação do velejador é denominada "escora", a distância do centro de gravidade (CG) do velejador ao CG do barco é definida como distância de escora ("De"), e o momento gerado pelo velejador é definido como "momento de escora" ("Me"), sendo este o produto da "De" pela força peso do atleta (MACKIE, 2003; ROESLER, HAUPENTHAL & FAQUIN, 2003; TAN AZIZ, SPURWAY, TOH, MACKIE, WEI, WONG, FUSS & TEH, 2006). Segundo MAISETTI, GUÉVEL, IANCHKINE, LEGROS e BRISWALTER (2002), especialistas consideram que a capacidade de manter certa posição de escora

pode ser fator determinante do desempenho, pois contribui para manter a velocidade do barco durante a prova e ainda, um grande fator a ser obtido em treinamentos é aumentar a tolerância à posição de escora (NIINIMMA, WRIGHT, SHEPHARD & CLARKE, 1977; WRIGHT, CLARKE, NIINIMMA & SHEPHARD, 1976). A escora ocorre, em barcos tipo Catamaran, com o auxílio de um cabo preso ao mastro e ligado próximo a cintura do velejador, definindo o trapézio.

Os barcos tipo Catamaran são caracterizados pela existência de dois cascos e dois velejadores, denominados proeiro e timoneiro, com diferentes funções, mas podendo os dois executar o trapézio. As classes "Hobie Cat 16" e a Olímpica Tornado são as mais importantes classes deste tipo de barco.

No Tornado (FIGURA 1), assim como em outros barcos, o cabo de trapézio é posicionado do mastro até um gancho fixo na "fralda" (FIGURA 1, no detalhe), na altura da cintura do atleta. O trapézio possibilita

ao velejador, quando necessário, manter todo o corpo fora do barco, com apoio dos pés na lateral do casco, o que possibilita um maior “Me”. DESHORS (1998)

cita a necessidade de uma postura o mais alongada possível no prolongamento do barco, possibilitando progredir mais rapidamente.

No detalhe a “fralda” (“trapeze harness”) em que é ligado o cabo do trapézio.

Foto: dos Autores.



FIGURA 1 - Velejadores realizando a escora com auxílio do trapézio.

Estudos biomecânicos podem contribuir para responder tecnicamente dúvidas dos velejadores, referentes aos gestos motores durante o velejar, possibilitando aos técnicos e atletas escolher posturas confortáveis e eficientes para atingir maior rendimento. Métodos biomecânicos foram utilizados em estudos descrevendo e analisando as posições utilizadas pelos velejadores em situações laboratoriais, sendo que estas investigações ocorreram principalmente em barcos do tipo monocasco, como os da classe Laser (BEILLOT, ROHCONGAR, BRIEND, MAZER & LEBARS, 1979; BEILLOT, ROHCONGAR, GOUARD, SIMONET, BRIEND & LEBARS, 1981; DE VITO, DI FILIPPO & MARCHETTI, 1993; DUMORTIER & IANCHKINE, 2001; LE DEROFF & IANCHKINE, 2001; PUTNAM, 1979). Poucos estudos (MARCHETTI, FIGURA & RICCI, 1980; ROESLER, HAUPENTHAL & FAQUIN, 2003) se preocuparam em analisar as posturas adotadas por velejadores em barcos Catamaran. MARCHETTI, FIGURA e RICCI (1980) citam que a exigência fisiológica das posturas com suporte do trapézio no “Hobie Cat” 16 como um exercício muito leve quando comparado à escora na classe Laser, podendo ser isto uma explicação a menor preocupação dos gestos nesta classe. Em contrapartida, ROESLER, HAUPENTHAL e FAQUIN (2003) citam a necessidade do conhecimento da eficiência mecânica e do conforto de cada postura para junto aos atletas determinar qual a melhor escolha para as situações de competição.

Ao realizar escora, independentemente da classe, o velejador pode assumir diversas posturas, algumas mais confortáveis que outras, e cada uma dependendo da posição corporal e das características antropométricas do atleta gera uma “De” e um “Me” diferentes.

A mensuração da “De” e do “Me” pode ser feita por diferentes métodos. Um deles é através da cinemetria (BEILLOT et al., 1979, 1981; DUMORTIER & IANCHKINE, 2001; LE DEROFF & IANCHKINE, 2001; MAÏSETTI, GUÉVEL, IANCHKINE, LEGROS & BRISWALTER, 2002; PUTNAM, 1979) onde o atleta é filmado (ou fotografado) em determinada posição, são calculadas as posições dos centros articulares, com estas posições é calculado seu centro de gravidade (CG), a “De” e o “Me”. Somente MARCHETTI, FIGURA e RICCI (1980) realizaram esta análise em um barco tipo Catamaran, mais precisamente, um “Hobie Cat” 16. Em alguns casos esta técnica pode ser realizada com uma única câmera se a filmagem ocorrer no plano perpendicular ao atleta e se não houver movimentos fora deste plano. Se estas condições não forem satisfeitas, duas ou mais câmeras deverão ser utilizadas.

Outro método é o de dinamometria, com a mensuração das forças atuantes no movimento ou na posição estudada. Comumente medições dinamométricas são realizadas em barcos tipo monocasco (exemplo: o barco da classe Laser), onde a cinta de escora é instrumentalizada com sensores os quais mensuram a força exercida pelos pés na cinta

em diferentes posições adotadas. Os valores obtidos desta maneira são por vezes associados a variáveis fisiológicas, ao desempenho em regatas, a valores expressos pela máxima contração voluntária dos músculos extensores e flexores da perna, a prevenção de lesões e também a definições de quais posturas e ajustes se tornam mais eficientes (AGAARD, BEYER, SIMONSEN, LARSSON, MAGNUSSUN & KJAER, 1998; BLACKBURN, 1994; FELICI, RODIO, MADAFFARI, ERCOLANI & MARCHETTI, 1999; LARSSON, BEYER, BAY, BLOND, AAGAARD & KJAER, 1996; MACKIE & LEGG, 1999; MACKIE, SANDERS & LEGG, 1999; MAÏSETTI et al., 2002; RIECKERT, 1993; TAN et al., 2006; VOGIATZIS, SPURWAY, JENNETT, WILSON

& SINCLAIR, 1996). Este valor de força é multiplicado pela “De” resultando no “Me”, sendo que o CG do velejador é determinado por percentagem de sua altura e o CG do barco é referenciado no meio do barco.

Entretanto estes métodos não apresentam definições quanto sua fidedignidade, acurácia e erro na mensuração, além de não levar em consideração pontos similares a situação real. Tendo isto, este trabalho objetivou propor e validar um método de mensuração da distância e momento de escora por dinamometria, para barcos do tipo Catamaran, de forma fácil, precisa e fidedigna.

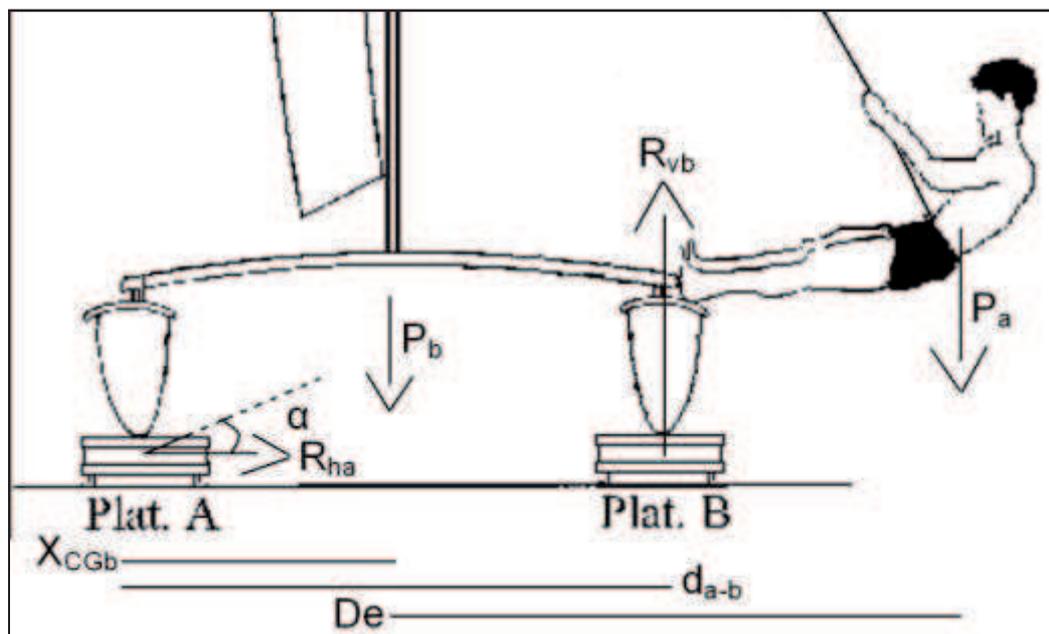
Método

Dinamometria

Os instrumentos utilizados foram plataformas de força desenvolvidas por ROESLER (1997). O sistema é composto por duas plataformas extensométricas de 0,5 x 0,5 m. Sensibilidade de 2 N, erro inferior a 1% e frequência natural de 60 Hz. Como os esforços mecânicos gerados a partir do posicionamento do atleta no barco foram relativamente lentos, para o tratamento dos dados foi utilizado um filtro passa baixa tipo Butterworth de 0 a 25 Hz. Foi utilizada a placa CIO-EXP-BR11IDGE de 16 canais como ponte de Wheatstone e condicionamento de sinais, e conversor A/D CIO-DAS-16Jr com capacidade

para 16 canais e limite máximo de aquisição de 60 kHz, ambos da empresa Computer Boards. O processamento e leitura de valores obtidos se deram através do programa SAD32 (SILVA & ZARO, 2001). A frequência de aquisição adotada foi de 600 pontos por canal por segundo.

Durante a coleta de dados, as plataformas de força foram dispostas uma embaixo de cada casco, em duas situações. Na primeira o velejador realizou as posturas de escora sem que houvesse inclinação do barco (plano: 0°), e em seguida um dos lados era elevado, simulando o adernamento do barco, gerando a situação inclinada (Inclinado: 5°). A representação das forças sobre o sistema é apresentada na FIGURA 2.



Onde:
 P_b = Peso do barco;
 X_{CGb} = distância do CG do barco;
 R_{vb} = componente vertical da FRS na plataforma B;
 d_{a-b} = distância entre as plataformas A e B;
 $\cos \alpha$ = cosseno do ângulo formado com a elevação;
 R_{ha} = componente horizontal da FRS na plataforma A;
 h_{inc} = altura da elevação;
 P_a = peso do atleta.

FIGURA 2 - Representação das forças sobre o sistema (barco + velejador), visto de frente.

Com os valores das forças de reação do solo (FRS) foram calculados o CG do barco (a); a “De” (b); e o

“Me” (c), com base nas equações clássicas da estática (BEER & JOHNSTON JUNIOR, 1977):

Onde:

P_b = Peso do barco;

X_{CGb} = distância do CG do barco;

R_{vb} = componente vertical da FRS na plataforma B;

d_{a-b} = distância entre as plataformas A e B;

$\cos \alpha$ = cosseno do ângulo formado com a elevação;

R_{ha} = componente horizontal da FRS na plataforma A;

h_{inc} = altura da elevação;

P_a = peso do atleta;

“De” = distância de escora;

“Me” = Momento de escora.

(a)

$$\begin{aligned} \sum Ma &= 0 \\ -(P_b \cdot X_{CGb}) + (R_{vb} \cdot d_{a-b} \cdot \cos \alpha) &= 0 \\ X_{CGb} &= \frac{(R_{vb} \cdot d_{a-b} \cdot \cos \alpha)}{P_b} \end{aligned}$$

(b)

$$\begin{aligned} \sum Ma &= 0 \\ -(P_b \cdot X_{CGb}) + (R_{vb} \cdot d_{a-b} \cdot \cos \alpha) - (R_{ha} \cdot h_{inc}) - (P_a \cdot De) &= 0 \\ De &= \frac{(P_b \cdot X_{CGb}) - (R_{vb} \cdot d_{a-b} \cdot \cos \alpha) + (R_{ha} \cdot h_{inc})}{P_a} \end{aligned}$$

(c)

$$Me = De \cdot P_a$$

Cinemetria

Para a cinemetria utilizou-se uma filmadora SVHS, com frequência de aquisição de 60 Hz, ocorrendo a aquisição de forma simultânea a dinamometria. A análise foi realizada no “software” do sistema “Peak Motus” (PEAK PERFORMANCE TECHNOLOGY, 1998). Para a determinação do centro de gravidade do atleta foi utilizado o modelo proposto por CLAUSER, MCCONVILLE e YOUNG (1969) para a definição das massas e das propriedades geométricas e inerciais de cada segmento.

Utilizou-se um modelo anatômico com a determinação dos seguintes pontos para o atleta: articulação-têmporo-mandibular, acrômio, epicôndilo lateral do úmero, processo estilóide lateral da ulna, crista ilíaca, epicôndilo lateral do fêmur, maléolo lateral da fíbula, V metatarso distal.

Nas situações propostas foi feita a análise bidimensional, com os devidos calibradores para cada eixo de coordenadas. A posição da câmera de vídeo foi perpendicular ao plano longitudinal do barco à frente do seu CG, anteriormente calculado por dinamometria, tanto para o barco plano quanto na situação inclinada. Foi utilizado como referência o CG do barco ao invés de utilizar como referência o meio do barco, como utilizado em outros trabalhos (BEILLOT et al., 1979, 1981; DE VITO, DI FILIPPO & MARCHETTI, 1993; DUMORTIER & IANCHKINE, 2001; LE DEROFF & IANCHKINE, 2001; MACKIE, 2003; MAÏSETTI et al., 2002; MARCHETTI, FIGURA & RICCI, 1980; PUTNAM, 1979; TAN et al., 2006).

Sujeitos

Participou desta pesquisa um sujeito do gênero masculino, 30 anos, 76,0 kg de massa, 1,86 m de estatura, velejador da classe e participante de regatas internacionais.

Desenvolvimento/Procedimentos

As plataformas foram dispostas embaixo de um barco da classe “Hobie Cat” 16. Nesta etapa pode-se mensurar o peso do barco e a localização do CG.

Foram então simuladas diversas posturas em dois diferentes comprimentos de trapézio (Alto e Baixo) e duas inclinações do barco (plano e inclinado), totalizando 36 posições. As posturas diferenciavam quanto à flexão/extensão dos joelhos (1200 a 1800), quadril em flexão/extensão (60° a 1550) e posicionamento dos braços (juntos ao corpo a estendidos acima da cabeça). Em trapézio Alto o cabo de trapézio permanece no comprimento mínimo (5,83 ± 0,05 m) e em trapézio Baixo o cabo permanece no comprimento máximo (6,03 ± 0,05 m).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Santa Catarina, sob o número de referência 46/2007.

Tratamento estatístico

Os dados foram analisados através do pacote estatístico SPSS versão 13.0. Estatística descritiva (média e desvio padrão) e inferencial (índice de correlação intraclasse - ICC, do inglês “Intraclass correlation coefficient”; dados normais pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk) foram utilizadas. O nível de significância foi de 5% ($p < 0,05$). Para interpretação dos valores do ICC, foi utilizada a escala de valores sugerida por SZKLO e NIETO (2000), onde valores acima de 0,75 indicam repetibilidade excelente; valores entre 0,40 - 0,75, repetibilidade satisfatória e valores abaixo de 0,40 repetibilidade pobre.

A mensuração por cinemetria foi considerada como o “real” valor, sendo o erro entre os métodos expressos em

percentagem (valor mensurado por dinamometria - valor “real” por cinemetria / 100), determinando o erro médio e máximo.

Resultados

A massa e o CG do barco para as duas situações são apresentados na TABELA 1.

Determinado o CG do barco, foi determinado o CG do velejador, por dinamometria e cinemetria, e então calculados “De” e “Me”. Os resultados são apresentados na TABELA 2.

Considerando a cinemetria com o valor “real”, foi determinada a correlação entre os métodos pelo coeficiente de correlação intraclasse (ICC) apresentado

na TABELA 3. Juntamente são apresentados o erro médio e o erro máximo verificados.

Os valores do ICC representam correlação muito alta e repetibilidade excelente entre os métodos utilizados. O erro médio foi de aproximadamente 1%, sendo que este erro possa ser resultado do erro existente do sistema de dinamometria (<1%) (ROESLER, 1997) e/ou da cinemetria (<1%) (PEAK PERFORMANCE TECHNOLOGY, 1998), que é próximo do valor encontrado.

TABELA 1 - Valores para determinação do centro de gravidade do barco.

Massa do barco (kg)	145,0	
Distância entre os vértices do barco (m)	2,17	
	Plano	Inclinado
Elevação de um dos lados (m)	0,00	0,20
Ângulo de inclinação (°)	0	5
Centro de Gravidade do barco (m)	1,07	0,98

TABELA 2 - Valores da distância de escora e momento de escora para as posturas (n = 36).

	“De” (Distância de escora) (m)		“Me” (Momento de escora) (N.m)		*Média ± desvio padrão.
	Cinemetria	Dinamometria	Cinemetria	Dinamometria	
Barco plano					
Trapézio alto (n = 9)	2,17 ± 0,27	2,15 ± 0,27	1615 ± 202	1599 ± 201	
Trapézio baixo (n = 9)	2,27 ± 0,26	2,24 ± 0,25	1693 ± 192	1699 ± 188	
Barco inclinado					
Trapézio alto (n = 9)	2,28 ± 0,23	2,30 ± 0,24	1702 ± 172	1713 ± 175	
Trapézio baixo (n = 9)	2,36 ± 0,16	2,37 ± 0,19	1762 ± 120	1768 ± 138	

TABELA 3 - Correlação e erro entre os métodos.

	ICC	Erro médio	Erro máximo
“De” Distância de escora	0,99	1,00%	1,65%
“Me” Momento de escora	0,99	0,96%	1,55%

Discussão

Um corpo rígido livre aprecia um máximo seis graus de liberdade: três rotações e três translações. Matematicamente, todo o movimento que o corpo executar pode ser descrito como uma combinação destes. Enquanto a sustentação e a estabilidade na terra podem ser obtidas à custa de um ou mais grau de liberdade, um barco mostra componentes de todos os seis (BOJSEN-MØLLER & BOJSEN-MØLLER, 1999). Uma terminologia náutica comum tem nomes próprios para todos os seis, sendo os movimentos de rotação chamados adernamento (do inglês, “rolling or heel”), arfagem (“pitching”) e guinada (“yawing”); e as translações de submersão (“heaving”), deslocamento (“swaying”) e aceleração (“surging”), definidos HEIMBERG (1994) e SJØGAARD (1999), adaptados para o português por SCHÜTZ (2006).

Em barcos nos quais o peso da tripulação, relativo ao peso do barco, é grande, a posição adotada pela tripulação é importante para o contrapeso e alinhamento longitudinal do barco e desse modo, fazer com o barco plane. Para contrapor o adernamento do barco, para maximizar o contrapeso e o alinhamento horizontal, a tripulação adota uma posição denominada de escora, alvo de diversos estudos (AAGAARD et al., 1998; BEILLOT et al., 1979, 1981; BLACKBURN, 1994; DE VITO, DI FILIPPO & MARCHETTI, 1993; DUMORTIER & IANCHKINE, 2001; FELICI et al., 1999; LARSSON et al., 1996; LE DEROFF & IANCHKINE, 2001; MACKIE, 2003; MACKIE & LEGG, 1999; MACKIE, SANDERS & LEGG, 1999; MENEZES, SCHÜTZ, CERUTTI, CARNEIRO, FONTANA & ROESLER, 2007; PUTNAM, 1979; RIECKERT, 1993; ROESLER, HAUPENTHAL & FAQUIN, 2003; TAN et al., 2006; VOGIATZIS et al., 1996).

A tripulação constitui um tipo de balastro que desloca o CG do sistema total (barco e tripulação) para preservar o alinhamento longitudinal. A força do vento que age no centro da vela (centro vélico) e a força de arrasto resistindo da superfície da água e na bolina (centro de carena) criam um momento que deve ser balanceado pelo par de vetores do centro de flutuabilidade e do CG (BOJSEN-MØLLER & BOJSEN-MØLLER, 1999).

Movendo-se longitudinalmente a tripulação pode mudar a distância entre os centros e assim ajustar o momento de contrapeso perfeito (“Me”) evitando o adernamento excessivo do barco. Com o adernamento em excesso o barco desenvolve um componente dirigido descendente que faz a passagem através da água cada vez mais pesada, difícil. Para planar o barco deve ser mantido alinhado longitudinalmente, não adernando mais que de 0-10° (BLACKBURN, 1994) ou 10-20° (BOJSEN-MØLLER & BOJSEN-MØLLER, 1999).

A posição do CG em relação ao centro de carena é fator determinante da estabilidade e flutuabilidade da embarcação. O centro de gravidade situa-se próximo à mesma vertical que o centro de carena, movendo-se ao longo desta linha, segundo a variação do peso da embarcação e de sua carga, e segundo a distribuição desse peso (CIVITA, 1975), sendo neste caso, a ação de escora. Foi observado que quando adernamos (inclinamos) o barco, ocorre a variação do CG do barco (TABELA 1), e esta variação deve ser considerada para a exata determinação de “De” e “Me”. BOJSEN-MØLLER e BOJSEN-MØLLER (1999) relatam a dependência do grau de adernamento para a obtenção do “Me”. Exposta a importância e função da localização do CG do barco, ao contrário do uso do meio do barco como referência, como verificados em estudos sobre a escora (BEILLOT et al., 1979, 1981; DE VITO, DI FILIPPO & MARCHETTI, 1993; DUMORTIER & IANCHKINE, 2001; LE DEROFF & IANCHKINE, 2001; MACKIE, 2003; MAISETTI et al., 2002; MARCHETTI, FIGURA & RICCI, 1980; PUTNAM, 1979; TAN et al., 2006), o novo método apresentado com o uso de plataformas de força possibilita a localização do CG do barco, tornando mais preciso a determinação da “De” e, conseqüentemente, do “Me” produzido pelo velejador.

Entre os métodos, o novo método proposto proporciona uma coleta relativamente rápida e fácil, podendo gerar respostas rápidas das variáveis devido ao menor processo de análise que a cinemetria. No novo método é possível analisar posturas com variações além de somente um plano dimensional, sendo que no mesmo processo por cinemetria seria necessário o uso de uma análise tridimensional, com duas ou mais câmeras, maior tempo e também maior custo. Determinada a eficiência do novo método, este se apresenta de grande valor e aplicabilidade quando comparado à cinemetria, levando em conta os processos metodológicos de instrumentação, procedimentos, coleta e análise de dados.

A análise da variação angular não é possível com o novo método, mas esta é considerada fator de menor importância para o desempenho do velejador (MACKIE, 2003). “De” e “Me” são considerados melhores indicadores e apresentam correlação com melhores resultados (MACKIE, 2003; MAISETTI et al., 2002; ROESLER, HAUPENTHAL & FAQUIN, 2003; TAN et al., 2006). Achando-se necessária a análise da variação angular, uma alternativa válida e mais prática que a cinemetria seria a utilização de eletrogoniômetros, aparelhos que possibilitam a mensuração da variação

angular de articulações em um plano (NIGG & HERZOG, 1999), sendo relevante a análise da variação angular de joelho e quadril realizada apenas no plano sagital (BEILLOT et al., 1979; DUMORTIER & IANCKINE, 2001; MAISETTI et al., 2002).

Convém notar que, mesmo com as vantagens apresentadas no novo método, ainda não representa a situação real da Vela, onde não são reproduzidas as condições do vento e da água, pontos que influem no desempenho do barco e velejador (SHEPHARD, 1997). No entanto, quando não seja possível a avaliação na

água, é recomendada a utilização de bancos de escora (“hiking bench”), um ergômetro, o qual permite a reprodução das posturas de escora, como demonstrado por TILLMAN (2005), ou de forma mais específica com o uso do próprio barco, como desenvolvido no método proposto. As condições de água e vento são possíveis de serem simuladas no futuro com base no novo método proposto.

É possível utilizar o novo método no desenvolvimento de diversas pesquisas, associadas ou não a variáveis de outra natureza, como fisiológicas, por exemplo.

Conclusão

O método desenvolvido mostrou-se eficiente para o fim proposto. Nas diversas posições do velejador e do barco, o centro de gravidade do velejador, a distância de escora e o momento de escora foram mensurados de forma relativamente fácil, precisa e eficiente. Os valores encontrados por dinamometria

apresentaram alta correlação com os obtidos por cinemática e baixo erro, o que afere precisão ao novo método. E por fim, a possibilidade de definição do centro de gravidade do barco garante maior confiabilidade para a determinação das demais variáveis.

Abstract

Dynamometric method for the evaluation of hiking in Catamaran boats

This study aimed to propose and to validate a method for the measurement of hiking distance (Hd) and hiking moment (Hm) in Catamaran boats, through the use of force plates. This new method proposes the measurement by dynamometry, with the positioning of a force plate below each boat hoof to measure the Ground Reaction Forces (GRF). Based on the classic static equations Hd and Hm were determined. In order to validate the method a validation of competing was carried out through the comparison with kinematic values measured through the Peak Motus system. Intraclass correlation coefficient was used. Different positions in two different inclinations of the boat, simulating the boat heeling, had been analyzed. The results showed a high correlation (ICC > 0.99) and a small average error (1.00% for Hd and 0.96% for Hm) between the methods. Thus, the new method seems to be valid and efficient since it measured the variables in a fast and precise way, facilitating the analysis and assisting sailors and coaches on decision taking.

UNITERMS: Biomechanics; Dynamometry; Sailing; Hiking.

Referências

- AAGAARD, P.; BEYER, N.; SIMONSEN, E.B.; LARSSON, B.; MAGNUSSUN, S.P.; KJAER, M. Isokinetic muscle strength and hiking performance in elite sailors. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Copenhagen, v.8, n.3, p.138-44, 1998.
- BEER, F.P.; JOHNSTON JUNIOR, E.R. *Vector mechanics for engineers: statics*. New York: McGraw-Hill, 1977.

- BEILLOT, J.; ROBHCONGAR, P.; BRIEND, G.; MAZER, J.; LEBARS, R. Approche biomecanique de la position de rappel. **Lyon Méditerranée Medical**, Paris, v.5, p.1279-83, 1979.
- BEILLOT, J.; ROCHCONGAR, P.; GOUARD, P.; SIMONET, J.; BRIEND, G.; LE BARS, R. Le rappel sur Finn: Approche biomecanique. **Cinésiologie**, Paris, v.80, p.179-91, 1981.
- BLACKBURN, M. Physiological responses to 90 min of simulated dinghy sailing. **Journal of Sports Sciences**, London, v.12, n.4, p.383-90, 1994.
- BOJSEN-MØLLER, F.; BOJSEN-MØLLER, J. Biomechanics of sailing. In: SJØGAARD, G. **Sailing & science: in an interdisciplinary perspective**. Copenhagen: Institute of Exercise and Sports Science/University of Copenhagen, 1999.
- CIVITA, V. **Dicionário ilustrado de navegação a vela**. São Paulo: Abril Cultural, 1975.
- CLAUSER, C.E.; McCONVILLE, J.T.; YOUNG, J.W. **Weight, volume, centre of mass segments of the human body**. AMRL Technical Report (TR 69 – 70). Local: Wright-Patterson Air Force Base, 1969.
- DE VITO, G.L.; DI FILIPPO, F.; MARCHETTI, M. Hiking mechanics in Laser athletes. **Medical Science Research**, Barking, v.10, n.23, p.859-61, 1993.
- DESHORS, M. **O grande livro da vela: aventura e prática da navegação**. Lisboa: Chaves Ferreira, 1998.
- DUMORTIER, B.; IANCHKINE, P. **Mesure du couple de rappel en 470. 2001**. Disponível em: <<http://www.env.jeunesse-sports.fr>>. Acesso em: 26 jul. 2004.
- FELICI, F.; RODIO, A.; MADAFFARI, A.; ERCOLANI, L.; MARCHETTI, M. The cardiovascular work of competitive dinghy sailing. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.39, n.4, p.309-14, 1999.
- HEIMBERG, F. **Untersuchungen zum operationellen Einsatz des Differential GPS**. Doktor dissertation, Universität Hannover, 1994.
- LARSSON, B.; BEYER, P.; BAY, P.; BLOND, L.; AAGAARD, P.; KJAER, M. Exercise performance in elite male and female sailors. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.17, p.504-8, 1996.
- LE DEROFF, J.Y.; IANCHKINE, P. **Mesure du couple de rappel en laser. 2001**. Disponível em: <<http://www.env.jeunesse-sports.fr>>. Acesso em: 26 jul. 2004.
- LEGG, S.; MACKIE, H.; SMITH, P. Temporal patterns of physical activity in Olympic dinghy racing. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.39, n.4, p.315-20, 1999.
- MACKIE, H. Useful biomechanics for sailing: development of technique analysis protocol for Europe and laser sailors. In: HUMAN PERFORMANCE IN SAILING CONFERENCE, 2003, Auckland. **Proceedings...** Auckland: [s.ed.], 2003. p. 71-5.
- MACKIE, H.; LEGG, S. Preliminary assessment of force demands in laser racing. **The Australian Journal of Science and Medicine in Sports**, Pennant Hills, v.2, n.1, p.78-85, 1999.
- MACKIE, H.; SANDERS, R.; LEGG, S. The physical demands of Olympic yacht racing. **The Australian Journal of Science and Medicine in Sports**, Pennant Hills, v.2, n.4, p.375-88, 1999.
- MAÏSETTI, O.; GUÉVEL, A.; IANCHKINE, P.; LEGROS, P.; BRISWALTER, J. Le maintien de la position de rappel en dériveur solitaire. Aspects théoriques et propositions méthodologiques d'évaluation de la fatigue musculaire. **Science & Sports**, Paris, v.17, p.234-46, 2002.
- MARCHETTI, M.; FIGURA, F.; RICCI, B. Biomechanics of two Fundamentals sailing potures. **Journal of Sports Medicine**, Baltimore, v.20, p.325-32, 1980.
- MENEZES, F.S.; SCHÜTZ, G.R.; CERUTTI, P.R.; CARNEIRO, L.C.; FONTANA, H.B.; ROESLER, H. Analysis of spine movements in hiking on sailing: a preliminary study In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 25., 2007, Ouro Preto. **Proceedings...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. p.125-28.
- NIGG, B.M.; HERZOG, W. **Biomechanics of the muscle-skeletal system**. 2nd. ed. Local, John Wiley, 1999.
- NIINIMMA, V.; WRIGHT, G.; SHEPHARD, R.J.; CLARKE, J. Characteristics of the successful dinghy sailor. **Journal of Sports Medicine**, Baltimore, v.17, p.83-96, 1977.
- PEAK PERFORMANCE TECHNOLOGY. **Peak start manual**. Local: editora, 998.
- PUTNAM, C.A. A mathematical model of hiking positions in a sailing dinghy. **Medicine and Science in Sport**, Madison, v.11, n.3, p.288-92, 1979.
- RIECKERT, H. Sports medical aspects of sailing and windsurf. **Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin**, Köln, v.44, p.301-3, 1993.
- ROESLER, H. **Desenvolvimento de plataforma subaquática para medições de forças e momentos nos três eixos coordenados para utilização em biomecânica**. 1997. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; FAQUIN, A. Desenvolvimento de técnica dinamométrica para mensuração do momento de espora em veleiros do tipo Catamaran. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 10., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SBB, 2003. v1, p.399-402.

- SCHMIDT, J.G. **Do optimist ao iate de oceano**: tudo sobre vela. Rio de Janeiro: Edições Marítimas, 1990.
- SCHÜTZ, G.R. **Desenvolvimento e validação de sistema de aquisição de imagens na vela**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- SHEPHARD, R.J. Biology and medicine of sailing: an update. **Sports Medicine**, Auckland, v.23, n.6, p.350-6, 1997.
- SILVA L.; ZARO, M.A. **SAD versão 3.2**: sistema de aquisição de dados, manual de operação. Porto Alegre: UFRGS, 2001. (Caderno Técnico de Engenharia Mecânica CT07 - DEMEC).
- SJØGAARD, G. **Sailing & science**: in an interdisciplinary perspective. Copenhagen: Institute of Exercise and Sports Science, 1999.
- SZKLO, M.; NIETO, F. J. **Epidemiology, beyond the basics**. Gaithersburg: Aspen, 2000.
- TAN, B.; AZIZ, A.R.; SPURWAY, N.C.; TOH, C.; MACKIE, H.; WEI, X.; WONG, J.; FUSS, F.K.; TEH, K.C. Indictors of maximal hiking performance in laser sailors. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.98, p.160-76, 2006.
- TILLMAN, D. **The complete book of laser sailing**. New York: McGraw-Hill, 2005.
- VOGIATZIS, I.; SPURWAY, N.C.; JENNETT, S.; WILSON, J.; SINCLAIR, J. Changes in ventilation related to changes in electromyography activity during repetitive bouts exercise in simulated dinghy. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.72, p.195-203, 1996.
- WRIGHT, G.; CLARKE, J.; NIINIMAA, V.; SHEPHARD, R.J. Some reactions to a dry-land training programme for dinghy sailors. **British Journal of Sports Medicine**, Loughbough, v.10, n.1, p.4-10, 1976.

ENDEREÇO

Gustavo Ricardo Schütz
Laboratório de Pesquisas em Biomecânica Aquática
CEFID/UFES
R. Pascoal Simone, 358 - Coqueiros
88080-350 - Florianópolis - SC - BRASIL
e-mail: gugaschutz@hotmail.com

Recebido para publicação: 10/12/2008

Revisado em: 14/09/2009

Aceito: 14/09/2009