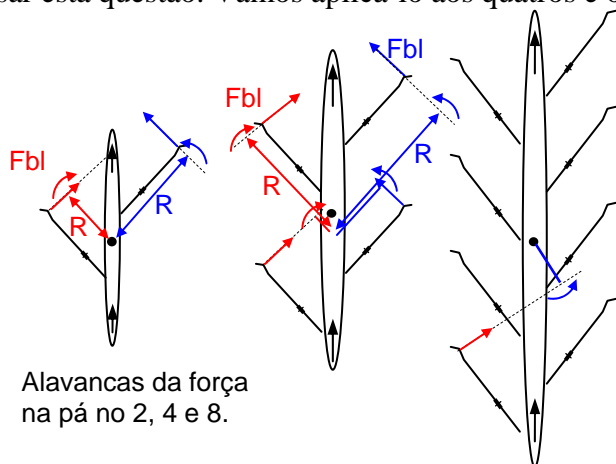


Recentemente, John Barrow da Universidade de Cambridge (1) publicou um estudo sobre o **posicionamento dos remadores** o qual obteve larga divulgação nos média. John escreveu: “*para evitar a oscilação no deslocamento dum barco de ponta, vamos considerar o óptimo posicionamento dos remadores no barco. Mostrámos que a armação tradicional (alternando voga e sota) possui sempre um momento transverso oscilatório diferente de zero e está associado à oscilação do deslocamento. ... Verificámos existir, para o 4, uma armação com momento zero e quatro armações possíveis para o 8 das quais, apenas duas (armação italiana e alemã) são conhecidas...*”

Discutimos a oscilação do deslocamento num 2- (RBN 2002/04, 2008/01-2) e verificámos que o modelo proposto por Einar Gjessing (no qual se considera o momento da força na pá) é o melhor método para analisar esta questão. Vamos aplicá-lo aos quatros e oitos.



Alavancas da força na pá no 2, 4 e 8.

Calculámos as alavancas da força na pá para a amplitude mais comum do ângulo do remo em ponta, -55° no ataque e 35° no final. Para o 4, na armação normal, a soma das alavancas é diferente de zero e igual a 0.47m (Fig. 1); faz com que a proa vire para o lado da sota. Na armação italiana, a soma é zero, e para igual aplicação de força, o barco segue a direito. No 8, com armação normal, a soma das alavancas é 0.93m; na armação italiana, alemã e nas outras duas armações propostas por Barrow, a soma é zero.

De referir que o voga no 8, em qualquer armação, do ataque ao ângulo do remo de -40°, tem uma alavanca negativa. Significa que **o voga, na zona do ataque, vira o 8 para o mesmo lado**. Tal acontece porque a linha da força na pá ultrapassa o centro do barco a partir do lado do voga e a força de reacção na pá empurra a popa na direcção contrária.

Com alavancas diferentes de zero, que tipo de oscilação no deslocamento do barco pode ser gerada? A força na pá, **Fbl**, foi modelada a partir duma curva típica, com carga sobre o ataque e uma magnitude

máxima de 350N (800N no punho). O torque rotacional, **T**, foi calculado para cada remador como:

$$T = Fbl * R \quad (1)$$

$$a = T / I \quad (2)$$

Este torque cria uma aceleração angular, **a** onde **I** é o momento de inércia da massa do barco com remadores e definido como a soma dos momentos da massa do barco e remadores modelado como o produto da massa dum remador de 90 kg pelo quadrado da distância entre o seu CM e o centro do barco (tabela 1). A aceleração angular, **a**, foi duas vezes integrada e verifica-se que **cada remada, numa armação normal e aplicação de força síncrona, cria um ângulo de deslocamento no barco de 0.37° no 2, 0.076° num 4 e 0.015° no 8**. Esta variação é compensada por uma força lateral aplicada pelo patilhão e leme o que cria a oscilação do barco. Nos barcos longos, pelo aumento do momento de massa de inércia ao quadrado, a oscilação é menor.

Como podem os remadores compensar esta oscilação? Na RBN 2008/01, vimos que o 2- vai a direito se o voga aplicar mais 5% da força média. Por facilidade, modelámos, em todas as posições, a mesma diferença entre o lado da voga e sota e, com surpresa, calculámos uma diferença similar para os barcos longos. Fig. 1c mostra o modelo das curvas de força que mantêm, com a armação normal, o barco a direito. Remadores do lado do voga (próximos da popa, independentemente do lado) no 4 e no 8 devem aplicar a força mais cedo de forma que o seu valor médio seja 5% superior. **É preferível colocar os remadores mais fortes, do lado do voga, mais próximos da proa** pois as posições têm alavancas maiores: 5% de força adicional (numa curva igual) no lugar 2 do 8+, reduz a oscilação em 10%, lugar 4, -7.5%, lugar 6, -5% e o voga -2,5%.

Variar o comprimento do remo, alavanca interna e entreixo produz um efeito reduzido, i.e, na armação tradicional, o lado do voga tem de ter remos com mais 55cm e, proporcionalmente, mais 18cm de alavanca interna e entreixo para, com a mesma força, compensar a oscilação.

Concluindo: **as armações italianas, alemã e as duas outras de momento zero são soluções óptimas se têm remadores de força semelhante. Barcos com armação tradicional podem ser mantidos se os remadores mais fortes são colocados no lado do voga e próximos da proa.**

Referências:

1. Barrow J.D. 2009. Rowing and the Same-Sum Problem Have Their Moments. DAMTP, Centre for Mathematical Sciences, Cambridge University. <http://arxiv.org/abs/0911.3551> (ver Anexos)

Contacto:

✉ ©2009: Dr. Valery Kleshnev,
klevel@btinternet.com , www.biorow.com

Apêndices

Tabela 1. Momento de massa de inércia em vários tipos de barcos (kg m²)

| | Barco | Remadores | Total |
|---------|-------|-----------|-------|
| Shell 2 | 15 | 88 | 103 |
| Shell 4 | 243 | 882 | 1125 |
| Oito | 3360 | 7400 | 10760 |

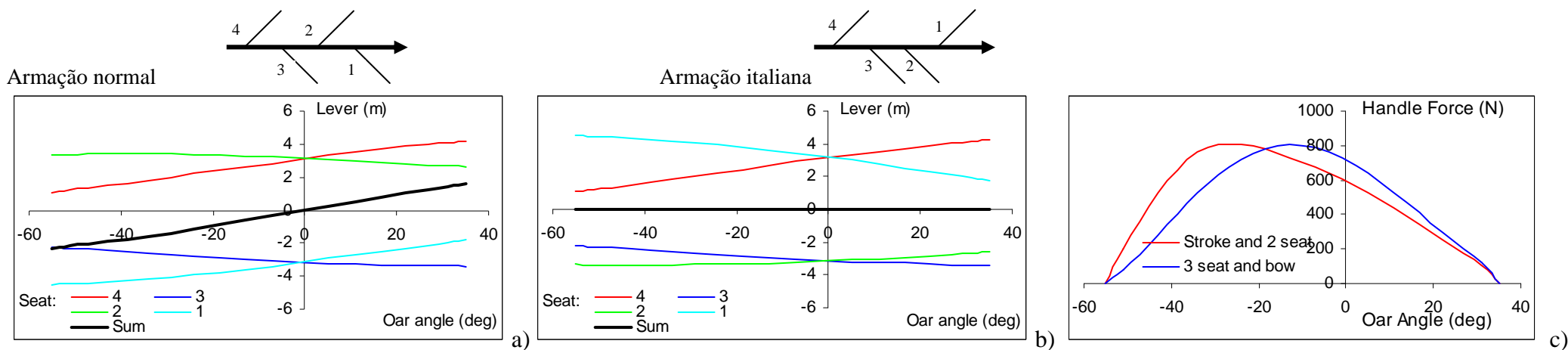


Fig. 1. Alavancas de força na pá na armação tradicional (a) e italiana (b) em quattros (alavanca positiva roda o barco na direcção do proa, sentido horário nas figuras e vice-versa). Modelo de forças que cria momentos equivalentes num 4 armado tradicionalmente (c).

Tabela 2. Média das alavancas nos quattros (m)

| Posição | Voga | 3 | 2 | Proa | Soma |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| Armação tradicional | 2.66 | -2.90 | 3.13 | -3.36 | -0.47 |
| Armação italiana | 2.66 | -2.90 | -3.13 | 3.36 | 0.00 |

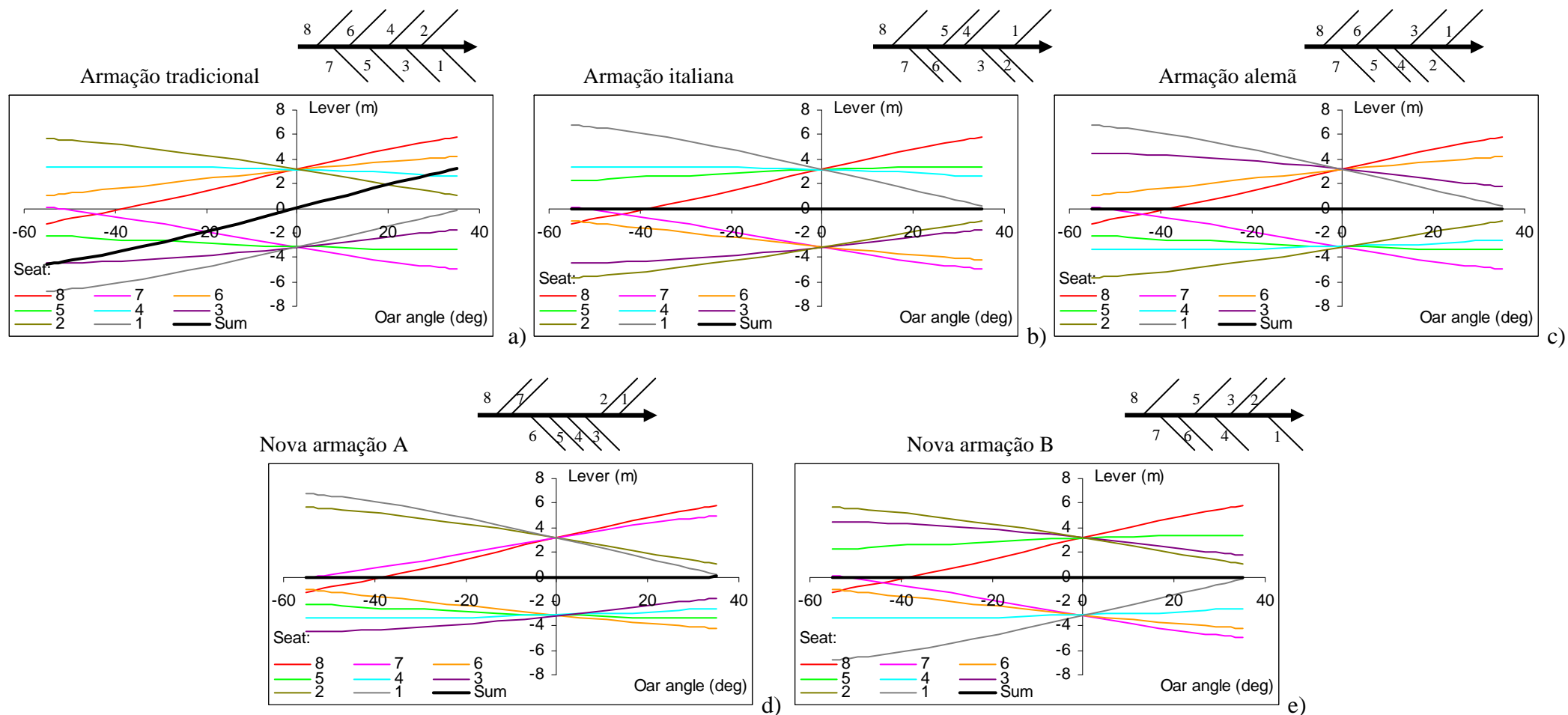


Fig. 2. Alavancas de força na pá em oitos com armação tradicional (a), italiana (b), alemã (c) e as novas armações (d, e)

Tabela 3. Alavancas médias nos oitos (m)

| Posição | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Soma |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Armação tradicional | 2.20 | -2.43 | 2.66 | -2.90 | 3.13 | -3.36 | 3.60 | -3.83 | -0.93 |
| Armação italiana | 2.20 | -2.43 | -2.66 | 2.90 | 3.13 | -3.36 | -3.60 | 3.83 | 0.00 |
| Armação alemã | 2.20 | -2.43 | 2.66 | -2.90 | -3.13 | 3.36 | -3.60 | 3.83 | 0.00 |
| Nova armação A | 2.20 | 2.43 | -2.66 | -2.90 | -3.13 | -3.36 | 3.60 | 3.83 | 0.00 |
| Nova armação B | 2.20 | -2.43 | -2.66 | 2.90 | -3.13 | 3.36 | 3.60 | -3.83 | 0.00 |