

STUDY OF CATAMARAN RESISTANCE WITH VARIATIONS IN HULL DISTANCE, DRAUGHT AND TRIM

Geovana Girardelo Folle, Ricardo Bedin, Thiago Pontin Tancredi

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Departamento de Engenharias da Mobilidade, Campus Joinville - SC

geofolle@hotmail.com ricardobedin.naval@gmail.com thiago.tancredi@ufsc.br

Abstract The resistance of catamaran vessels is compound by plots that represent viscous and wave interference effects due to the positioning of the hulls, causing them to interact with each other. These plots, if neglected, will provide unreliable results on ship resistance calculations, since its effects must be added to the total resistance of the demihull. In order to obtain a better resistance of a competition catamaran, this work was based on computer analysis of ship resistance with variation of the hull distance, draught and trim. For the development, the software Rhinoceros was used to model the ship, while the software Maxsurf was used to realize the computational simulation, through the Slender Body Method, for all variations proposed. For analysis and results, it is graphically demonstrated the behavior of the total resistance with the variations proposed, highlighting that, for the hull distance variation, the 2,4 meters beam, which was the highest hull distance studied, resulted in lower wave resistance coefficients. Also, the draught value has showed to be strongly related to the catamaran resistance, indicating that lower draughts have lower resistance values. For the trim variation, all the studied variations resulted in improvements in the catamaran resistance, and an angle of 1° of trim showed the lowest values.

Keywords: Catamaran, resistance, parametric analysis, draught, trim.

1. INTRODUÇÃO

O Desafio Solar Brasil é uma competição brasileira onde os participantes

devem construir um barco movido a energia solar. Para participar, as equipes recebem uma embarcação catamarã, com geometria de cascos definida pelo regulamento, a qual não pode ser modificada. Porém, a equipe fica livre para trabalhar o *layout* da embarcação e realizar a distribuição de peso como achar conveniente.

Embarcações multicascos possuem uma vantagem em relação aos monocascos que é a possibilidade de modificação de *layout*, ou seja, variações de posicionamento dos cascos, um em relação ao outro. No caso do catamaran em questão, esse posicionamento está diretamente relacionado com a resistência ao avanço da embarcação e pode ser explorado por meio de variações da distância transversal entre os dois cascos. [1]

Ainda, em competições, o peso da embarcação é tido como um importante requisito, onde alguns quilogramas podem variar significativamente a resistência ao avanço. Aliado ao peso dos componentes está a distribuição dos mesmos, que pode ter como resultado a variação de ângulo de trim da embarcação, modificando também sua resistência. [1]

As variações dos parâmetros mencionados podem trazer modificações positivas ou negativas na resistência ao avanço, e por isso a investigação por meio de um método computacional se torna importante. [1]

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Insel & Mollhand [1], a resistência de embarcações catamarã representa um problema complexo devido a presença de efeitos de interferência entre os cascos, e esses efeitos diferenciam à resistência daquela calculada para um casco

isoladamente. Dois tipos de interferência de resistência podem ser identificadas:

- Interferência viscosa: causada pelo escoamento assimétrico em torno de cada casco e o efeito do escoamento viscoso na formação de camada limite, podendo desenvolver vórtices.
- Interferência de resistência de ondas: que é originada da interação entre o sistema de ondas e os cascos.

De acordo com a formulação proposta por Insel & Molland [1], o coeficiente de resistência total de um catamarã pode ser expresso por:

$$C_{Tcat} = (1 + \phi k) \sigma C_F + \tau C_W \quad (1)$$

Onde:

C_F é o coeficiente friccional proveniente da correlação ITTC 1975;

C_W é o coeficiente de resistência de onda para um dos cascos em isolamento;

$(1 + k)$ é o fator de forma para um dos cascos em isolamento;

ϕ compreende a mudança do campo de pressão em torno do casco em isolamento;

σ compreende o aumento da velocidade entre os cascos e é calculado pela integração da resistência friccional local sobre a área molhada.

τ é o fator de interferência da resistência de onda.

Ainda, por questões praticas, ϕ e σ podem ser combinados em um fator de interferência de resistência viscosa representado por β , ou seja:

$$C_{Tcat} = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W \quad (2)$$

Onde o fator de resistência de onda pode ser definido por:

$$\tau = \frac{C_{Wcatamaran}}{C_{Wcasco\ isolado}} \quad (3)$$

Sendo que o fator de interferência viscosa pode ser obtido comparando o fator de forma calculado para um dos cascos do

catamarã em isolamento, e para o catamarã, respectivamente, de acordo com as seguintes formulações propostas por Molland [2]:

$$(1 + K) = 2,76 \left(\frac{L_S}{\nabla^{1/3}} \right)^{-0,4} \quad (4)$$

$$(1 + \beta K) = 3,03 \left(\frac{L_S}{\nabla^{1/3}} \right)^{-0,4} \quad (5)$$

3. A EMBARCAÇÃO ESTUDADA

A embarcação analisada é composta por dois cascos idênticos e suas propriedades geométricas foram mantidas constantes durante as análises e podem ser vistas na tabela 1.

Tabela 1. Características da embarcação

Característica	Unidade	Valor
Comprimento Total	m	6.00
Boca de cada casco	m	0.47
Calado	m	0.148
Deslocamento Total	Kg	312
Volume deslocado	m ³	0.304
Área Molhada Total	m ²	4.96
Coeficiente de Bloco		0.417
Coeficiente Prismático		0.587

O plano de linhas para um casco do catamaran foi fornecido pela competição e pode ser visto na figura 1.

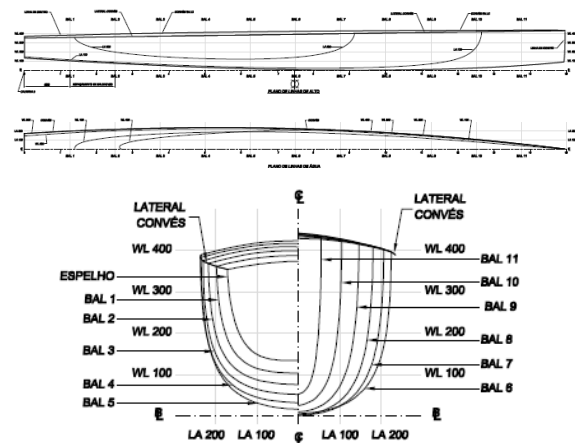


Figura 1. Plano de linhas da embarcação

4. MÉTODO COMPUTACIONAL

A partir do plano de linhas, a embarcação foi modelada no software

Rhinoceros, versão 5.0 e foi simulada no programa *Maxsurf*, versão 20.00, incluindo os pacotes *Modeler*, para ajuste do casco, como pode ser visto na figura 2, e *Resistance*, para análise de resistência. [3]

O método utilizado para análise de resistência foi o *Slender Body*, o qual pode ser aplicado para diferentes formas de casco esbeltos, incluindo multicascos. É importante considerar que o método se ajusta melhor quando o casco individual é esguio, ou seja, uma relação L/B alta, B/T alta, e também quando o casco é simétrico em torno da sua linha de centro, o que acontece com o catamaran estudado. O método ainda prevê apenas a resistência formada pelo padrão de onda. Para calcular a resistência total, o *Maxsurf Resistance* adiciona a componente de resistência friccional utilizando o método ITTC'57 e o fator de forma para catamarã proposto por Molland (2011). [3]

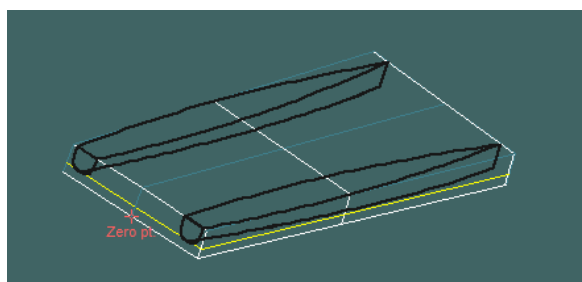


Figura 2. Modelagem da embarcação

5. VARIAÇÕES PARAMÉTRICAS

Para a avaliação da resistência ao avanço do catamaran com a variação de distância entre cascos, calado e trim, a tabela de simulações a seguir foi proposta. Observa-se que a variação da distância entre cascos é representada pelo valor de boca máxima da embarcação comportando os dois cascos.

Tabela 2. Variações dos parâmetros estudados

Boca [m]	Calado [m]	Trim [°]
2.4	0.15	-1
2.3	0.14	-0,5
2.2	0.13	0
2.0	0.12	0,5
	0,11	1
	0.10	

A primeira configuração de boca foi realizada pois corresponde à boca máxima permitida pelo regulamento da competição, ou seja, 2.4 metros. As demais configurações foram sugeridas para que tendência do comportamento com a mudança da distância entre cascos pudesse ser visualizada.

No caso de embarcações de competição, a diminuição de peso na embarcação é uma das maiores preocupações, para que, com menor deslocamento, a embarcação seja possivelmente mais veloz. Para visualizar o comportamento dessa variação de peso, foram sugeridas variações de calado, que através da resistência ao avanço mostrariam quão efetiva seria essa diminuição de peso.

Para que o trim da embarcação pudesse ser modificado, a localização das placas solares da embarcações poderiam ser realocadas. Mas o limite da mobilidade das mesmas resultou em trim máximo de 1 grau a vante ou de 1 grau a ré. Ainda, para as análises, a boca utilizada foi a máxima permitida, ou seja, 2.4 metros. As demais variações de trim foram realizadas para visualizar uma possível tendência na mudança de resistência com a variação de trim.

6. RESULTADOS

6.1 Variação de Boca

A figura 3 representa curvas de resistência ao avanço da embarcação para as configurações de comprimento de boca propostas, onde foi notada uma fraca influência.

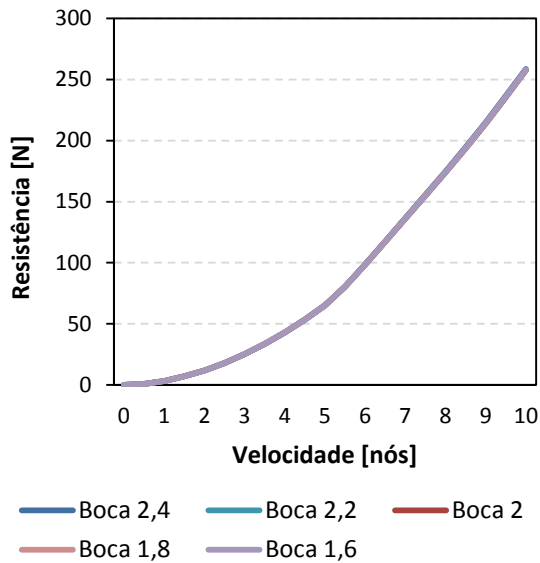


Figura 3. Gráfico da variação de resistência ao avanço com a modificação da boca total.

Como a modificação de boca da embarcação mantém constante o coeficiente de resistência friccional, devido ao comprimento da embarcação ser constante, e também mantém o fator de forma constante, pois este depende do comprimento, e do volume deslocado da embarcação, a única componente de resistência que sofreria modificação, com a modificação de boca, seria o coeficiente de resistência de onda. Para isso, então, foram obtidos os coeficientes de onda para todas as variações de boca propostas, podendo ser vistos no gráfico da figura 4, sendo que a variação que apresentasse menores coeficientes de onda, apresentaria menor resistência ao avanço.

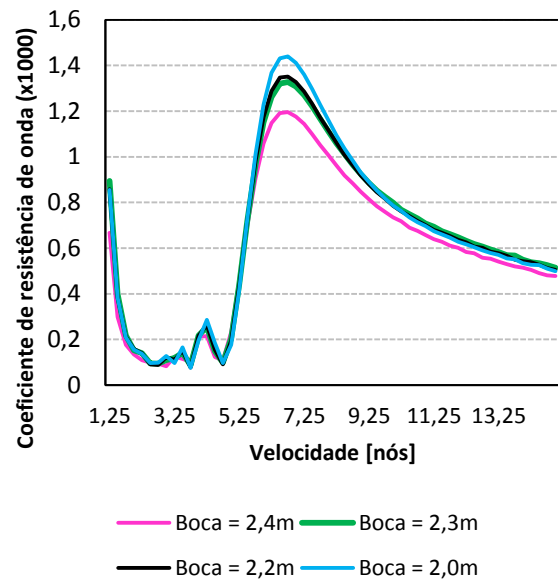


Figura 4. Gráfico do coeficiente de resistência de onda com a variação de boca

O gráfico de coeficientes de resistência de onda mostrou que, para praticamente todas as velocidades avaliadas, a boca de 2,4 metros resultou nos menores valores de coeficiente de onda, logo, essa boca deve ser utilizada para a embarcação em questão.

6.2 Variação de Calado

A variação de calado foi feita para a condição de menor resistência encontrada dentre as condições de distanciamento testadas, ou seja, com boca igual a 2.4m. Na figura 5 pode-se observar que de acordo com o aumento de calado, a resistência ao avanço para uma dada velocidade também aumenta. Então, idealmente, o calado deve ser mantido o mais baixo possível.

Um motivo importante para a variação de resistência com calado pode ser observado na figura 6, onde a área molhada da embarcação claramente aumenta com o aumento do calado.

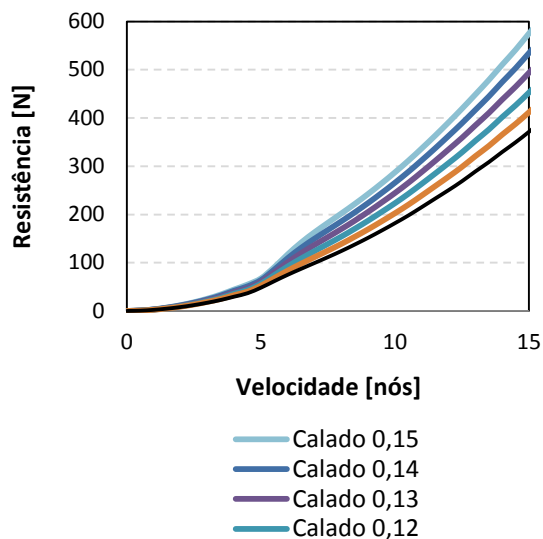


Figura 5. Gráfico da variação da resistência ao avanço com a mudança de calado.

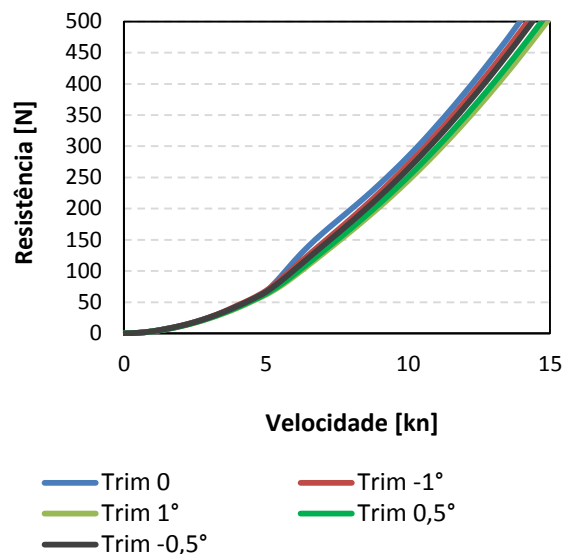


Figura 7. Gráfico da variação da resistência ao avanço com a mudança de trim.

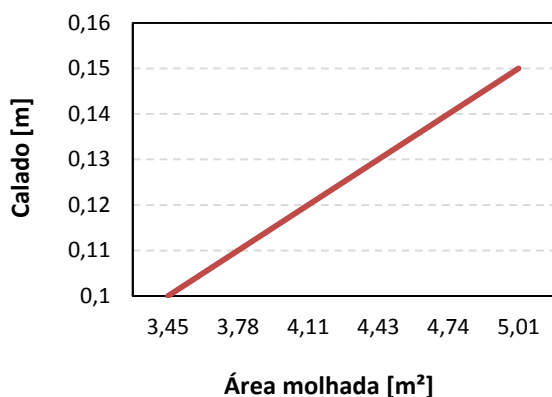


Figura 6. Gráfico da variação da área molhada com a mudança de calado.

6.3 Variação de Trim

As variações de trim foram executadas diretamente no modelo, usando o programa *Rhinoceros*. O modelo então foi importado para o software *Maxsurf* e seu calado foi ajustado para que a condição de deslocamento permanecesse constante. A figura 7 mostra os resultados da resistência ao avanço para as variações de trim analisadas.

A figura 8 mostra a mudança nos valores de resistência ao avanço para as diferentes condições de trim estudadas. É possível observar que, a partir de 5 nós, todas as variações demonstram melhora de resistência em relação a embarcação não trimada.

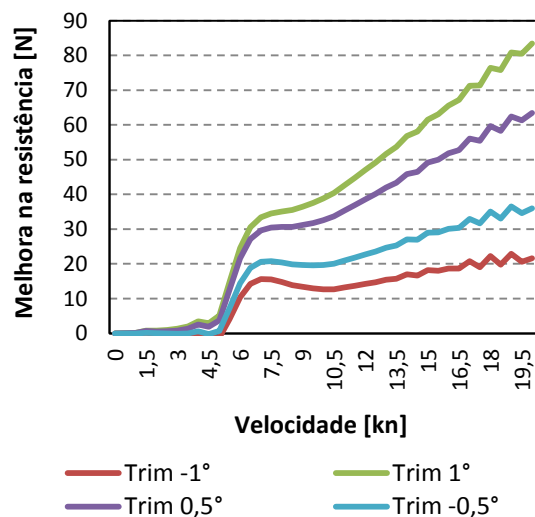


Figura 8. Gráfico da melhora da resistência ao avanço com a variação de trim.

7. CONCLUSÃO

A análise avaliou diversas configurações de distância entre cascos, calado e trim para uma embarcação catamaran de competição. Os resultados encontrados sugerem as seguintes recomendações:

- A interferência de onda aumenta suavemente com o aumento da distância entre cascos.

- Para todas as configurações de boca estudadas, a resistência de interferência é negativa para velocidades entre 6 e 9 nós, ou seja, são estas boas velocidades de cruzeiro.

- A resistência ao avanço da embarcação aumenta com o aumento do calado.

- A resistência ao avanço da embarcação diminui quando trimada em até 1° para todas as velocidades estudadas.

- A resistência ao avanço da embarcação diminui quando trimada negativamente em até 1° para velocidades variando de 5 nós até a velocidade máxima estudada, ou seja, 20 nós.

REFERÊNCIAS

- [1] MOLLAND, A.F. e INSEL, M. An investigation into the resistance components of high speed displacement catamarans. London meeting of the Royal Institution of Naval Architects, 1991.
- [2] MOLLAND, A. F.; TURNOCK, S.R.; HUDSON, D. A. Ship Resistance and Propulsion. University of Southampton. Cambridge University Press. Cambridge, 2011.
- [2] MUSCAT-DENECH, C. M e LA ROSA, A.M.. Resistance Analysis for a Trimaran. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, Vol 8, No 1, 2014.
- [3] SYSTEMS, BENTLEY. Maxsurf Resistance User Manual, Version 20, 2013.