

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Disciplina: Operações com Embarcações
Professor: Marcus Gomes Medeiros de Macedo
Currículo Lattes: <<http://lattes.cnpq.br/9404362808998046>>

Determinação de Calado e Deslocamento de Embarcações

Definições:

CALADO (C)

Profundidade em que cada navio está submerso na água. Tecnicamente é a distância da lâmina d'água até a quilha do navio.

CALADO MÁXIMO

É o calado do navio medido quando este estiver na condição de deslocamento em plena carga ou deslocamento máximo.

DESLOCAMENTO (W OU Δ)

O deslocamento de uma embarcação corresponde à massa de água por si deslocada quando a flutuar, sendo geralmente expresso em toneladas. Este valor obtem-se através da multiplicação do volume imerso da embarcação pela densidade da água onde navega. Na prática, o deslocamento representa a massa da própria embarcação num determinado momento. O deslocamento também não deve ser confundido com o porte, uma vez que este - apesar de também ser uma medida de massa - representa apenas a capacidade de transporte do navio e não a sua massa total.

COEFICIENTE DE BLOCO (C_b)

O **coeficiente de bloco** é a relação entre o volume obtido através da multiplicação das dimensões máximas das obras vivas de um navio (LOA x boca x calado) - o volume do paralelepípedo que tem suas arestas com valores iguais ao LOA, à boca e ao calado - , e o volume deslocado pelas obras vivas. Representado por C_b . De acordo com o Arte Naval, Coeficiente de Bloco é a relação entre o volume deslocado V e o volume do paralelepípedo que tem para arestas respectivamente L, B e C:

$$C_b = V / L.B.C$$

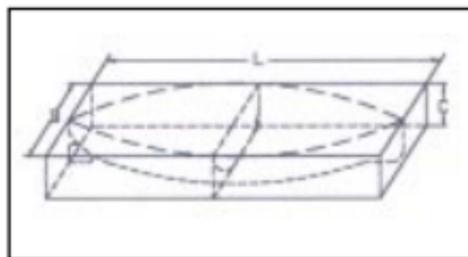
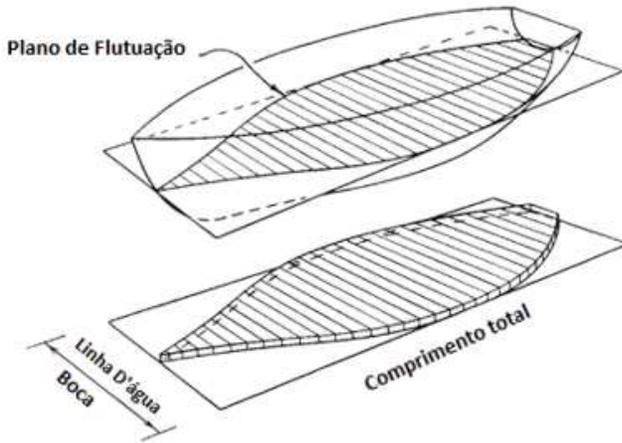


Fig. 2-17a – Determinação do coeficiente de bloco

COEFICIENTE DO PLANO DE FLUTUAÇÃO (C_F , C_W OU C_{WP})

Coeficiente da área de flutuação – é a relação entre a área de flutuação e a do retângulo que a circunscribe:

$$C_f = A_f / (L \times B).$$



TONELADAS POR CENTÍMETRO DE IMERSÃO (TPC)

Toneladas por centímetro de imersão – É muitas vezes necessário conhecer quanto um navio, flutuando num calado determinado, imergirá (ou emergirá) devido ao embarque (ou desembarque) de peso. O cálculo é facilitado, se conhecermos o peso que deve ser adicionado ou retirado do navio a fim de aumentar ou diminuir uniformemente o calado de uma unidade. Este peso chama-se toneladas por centímetro quando representa o número de toneladas métricas necessárias para fazer variar o calado de um centímetro.

Ao peso p acrescentado (ou retirado) corresponde um aumento (ou diminuição) v no volume da água deslocada pelo navio; esta variação de volume é igual ao produto do aumento de calado pela área do plano de flutuação, admitindo-se que esta área permanece constante.

$$\text{deslocamento} := \text{volumedeslocado} \cdot \text{densidadedaágua}$$

$$\text{deslocamento} := \text{volumedeslocado} \cdot \text{densidadedaágua}$$

(1.1)

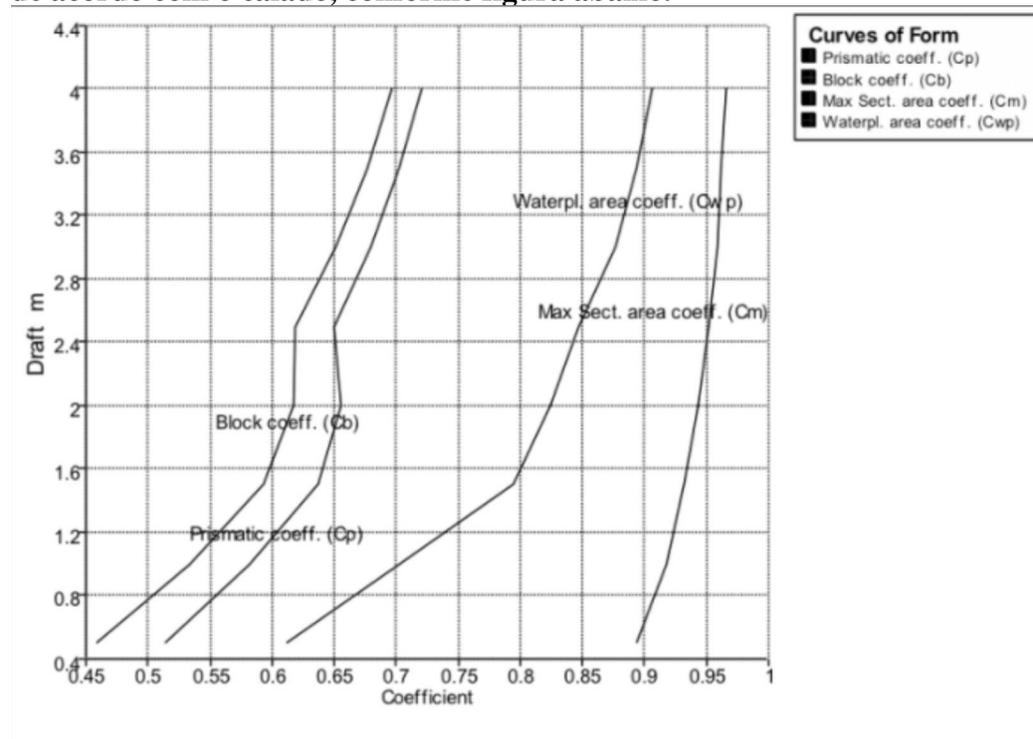
O primeiro passo, então, é definir o volume deslocado através do calado. Os navios com formas complexas possuem tabelas ou gráficos de deslocamento que, com a leitura da marca de calado, informam diretamente o deslocamento. Isso pode ser visto nas três primeiras colunas da tabela hidrostática a seguir (T=Calado, DISPV=Volume deslocado, DISPM=Massa Deslocada):

19 Hydrostatics

M/V „Dorthe Oldendorff“

T_{KC} (m)	DISPV (m ³)	DISPM (t)	TPC (t/cm)	M_{TM} (tm/m)	x_B (m)	x_F (m)	KM (m)	Hydrostatics	
								C_W	C_B
1,50	3836,24	3932,14	28,25	22075,38	78,63	78,49	31,47	0,7450	0,6907
1,52	3891,29	3988,58	28,28	22127,23	78,63	78,49	31,11	0,7457	0,6914
1,54	3946,43	4045,09	28,31	22178,20	78,63	78,48	30,76	0,7465	0,6921
1,56	4001,63	4101,67	28,34	22228,29	78,62	78,47	30,42	0,7472	0,6928
1,58	4056,91	4158,33	28,37	22277,54	78,62	78,46	30,08	0,7479	0,6935
1,60	4112,26	4215,06	28,39	22325,96	78,62	78,46	29,75	0,7487	0,6942
1,62	4167,67	4271,86	28,42	22373,57	78,62	78,45	29,43	0,7494	0,6949
1,64	4223,15	4328,73	28,45	22420,40	78,62	78,44	29,11	0,7501	0,6955
1,66	4278,70	4385,67	28,48	22466,48	78,61	78,44	28,80	0,7508	0,6962
1,68	4334,31	4442,67	28,50	22511,81	78,61	78,43	28,49	0,7515	0,6969
1,70	4389,98	4499,73	28,53	22556,42	78,61	78,43	28,20	0,7521	0,6975
1,72	4445,71	4556,85	28,56	22600,33	78,61	78,42	27,91	0,7528	0,6981

Também, esses navios possuem gráficos ou tabelas que permitem encontrar vários coeficientes de acordo com o calado, conforme figura abaixo.



Para os cálculos deste curso, determinaremos as condições de calado e de deslocamento para embarcações com dimensões regulares, obtendo os parâmetros através de conhecimentos de geometria plana e espacial.

Questão 1 - Ano: 2011 Banca: CESGRANRIO Órgão: Transpetro Prova: Engenheiro Júnior - Naval

O deslocamento em água salgada (densidade = 1,025 t/m³) de uma embarcação, obtido através de suas curvas hidrostáticas, utilizando-se como dado de entrada o calado correspondente, vale 8.200 toneladas. Com um densímetro, observa-se que a densidade real da água, onde flutua a embarcação, é 1,020 t/m³. Qual é, em toneladas, o deslocamento real da embarcação?

restart :

$deslocamento := 8200; densidadedaagua := 1.025;$

8200

1.025

(2.1)

$volumedeslocado := \frac{deslocamento}{densidadedaagua};$

8000.000000

(2.2)

Logo, o volume deslocado é de 8000 metros cúbicos (m³). Todavia, é necessário fazer a correção da densidade, sabendo o volume deslocado. Deste modo, teremos:

volumedeslocado=8000; densidadedaagua=1.020.

$volumedeslocado := 8000; novadensidadedaagua := 1.020;$

8000

1.020

(1)

$deslocamentocorrigido := volumedeslocado \cdot novadensidadedaagua;$

8160.000

(2)

Desta maneira, o deslocamento da embarcação é de 8160 toneladas.

Questão 2 - Ano: 2012 Banca: CESGRANRIO Órgão: Petrobras Prova: Técnico de Projetos, Construção e Montagem Júnior - Estruturas Navais

Uma embarcação possui comprimento entre perpendiculares e boca moldada, respectivamente, iguais a 120 m e 20 m.

Se o coeficiente de bloco é de 0,85 e o deslocamento em água doce igual a 10.200 toneladas, qual o valor do calado, em metros, da embarcação para essa condição?

Para resolvermos a questão, primeiramente necessitamos retomar o conceito de **COEFICIENTE DE BLOCO**.

O **coeficiente de bloco** é a relação entre o volume obtido através da multiplicação das dimensões máximas das obras vivas de um navio (LOA x boca x calado) - o volume do paralelepípedo que tem suas arestas com valores iguais ao LOA, à boca e ao calado -, e o volume deslocado pelas obras vivas. Representado por C_b. De acordo com o Arte Naval, Coeficiente de Bloco é a relação entre o volume deslocado V e o volume do paralelepípedo que tem para arestas respectivamente L, B e C:

$$C_b = V/L.B.C$$

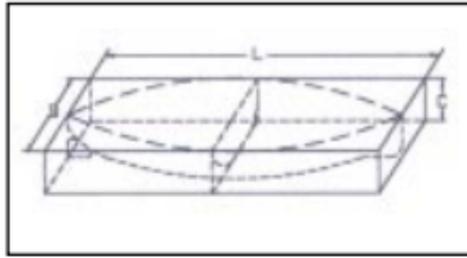


Fig. 2-17a – Determinação do coeficiente de bloco

restart :

$L := 120; B := 20; CB := 0.85;$

120

20

0.85

(3.1)

Se o deslocamento em água doce é de 10200 toneladas, o volume deslocado é de 10200 metros cúbicos, pois a densidade da água doce é de 1 tonelada por metro cúbico. Então $V=10200$. $C_b=V/L.B.$

C

$V := 10200;$

10200

(3.2)

(3.3)

Logo, o calado (C) é: $C=V/L*B*CB$

$C = V / (L * B * CB);$

$C = 5.000000000$

(3.4)

Questão 3 - Ano: 2009 Banca: CESPE Órgão: ANTAQ Prova: Especialista em Regulação - Engenharia Naval ou Engenharia Mecânica

Julgue os itens a seguir, relativos a arquitetura naval, estabilidade da embarcação em flutuação, avarias e reparo de embarcações.

O coeficiente de bloco pode ser obtido pela relação entre o volume de deslocamento da embarcação e o produto do comprimento entre perpendiculares, boca e calado a meio navio. O coeficiente de bloco de navios-tanque (tankers) está distante da unidade, enquanto o coeficiente de bloco de veleiros se aproxima da unidade.

Para responder certo ou errado a questão acima, analise as imagens:



Como se pode observar, as obras vivas de um navio tanque se aproximam de um bloco prismático, enquanto a de um veleiro não. Assim, a resposta acima está errada.

Questão 4 - Ano: 2014 Banca: FGV Órgão: SEDUC-AM Prova: Professor - Ciências

Uma embarcação se desloca de Fortaleza para Manaus. Quando já estava em águas fluviais, a linha de flutuação, marcada no casco da embarcação, estava mais baixa, em relação ao nível da água.

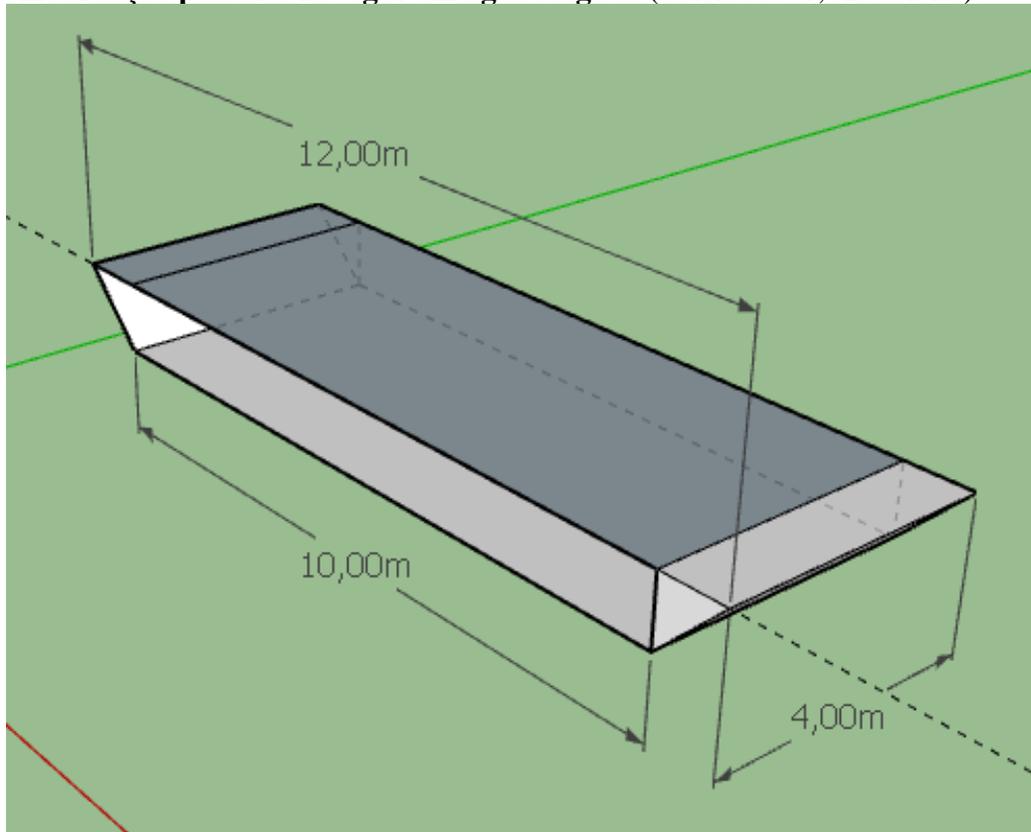
Essa modificação aconteceu porque, ao passar da água do mar para a água do rio,

- a) a massa da embarcação aumentou.

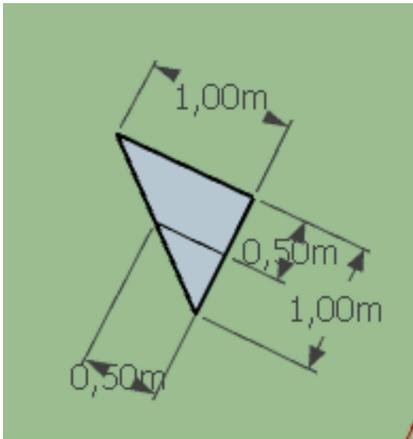
- b) o peso da embarcação aumentou.
- c) a embarcação recebeu um empuxo maior.
- d) o empuxo sobre a embarcação ficou menor.
- e) a força da gravidade ficou maior.

Questão 5 -

Calcule o deslocamento de uma balsa com as dimensões a seguir, quando estiver com um calado (C) de 0,5 m em água doce (densidade=1 ton/m³). Em seguida, **calcule o mesmo calado para quando a embarcação passar a navegar em água salgada** (densidade=1,025 ton/m³).



Quando a embarcação estiver com calado de 0,5 m em água doce, poderemos obter o volume deslocado através da semelhança de triângulos.



$$1\text{m}/1\text{m} = 0.5/x$$

$$x = \frac{1\text{ m} \cdot 0.5\text{ m}}{1\text{ m}}$$

$$x = 0.5\text{ m} \quad (3)$$

Então, temos um trapézio com base maior de 11 metros (10 m+2*0.5 m), base menor de 10 metros, altura 0.5 metros (altura do calado) e profundidade de 4 metros. Logo podemos calcular o volume.
basemaior := 11; basemenor := 10; altura := 0.5; profundidade := 4

$$\begin{array}{r} 11 \\ 10 \\ 0.5 \\ 4 \end{array} \quad (4)$$

$$\text{areatrapezio} := \frac{(\text{basemaior} + \text{basemenor}) \cdot \text{altura}}{2}$$

$$5.250000000 \quad (5)$$

$$\text{volumetrapezio} := \text{areatrapezio} \cdot \text{profundidade};$$

$$21.00000000 \quad (6)$$

O volume deslocado (volume submerso) é de 21 m³. Então podemos calcular o deslocamento na água doce.

$$\text{densidadedoce} := 1; \text{volumedeslocado} := \text{volumetrapezio};$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 21.00000000 \end{array} \quad (7)$$

$$\text{deslocamentodoce} := \text{volumedeslocado} \cdot \text{densidadedoce};$$

$$21.00000000 \quad (8)$$

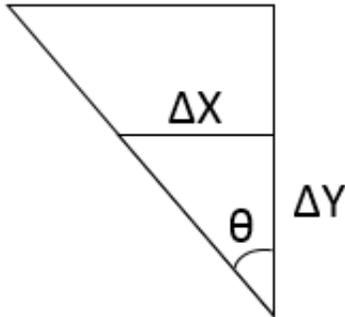
Assim, o deslocamento em água doce é de 21 toneladas com um calado de 0.5 metros. O deslocamento da balsa (sua massa) não muda quando sai de água doce para a salgada. Apenas o volume de carena (volume deslocado). Agora vamos calcular o volume deslocado para a água salgada.

$$\text{deslocamentosalgado} := \text{deslocamentodoce}; \text{densidadesalgada} := 1.025;$$

$$\begin{array}{r} 21.00000000 \\ 1.025 \end{array} \quad (9)$$

$$\text{volumedeslocado} := \frac{\text{deslocamentosalgado}}{\text{densidadesalgada}}$$

O volume deslocado foi de 20.4878 m³. De posse dessa informação, iremos trabalhar com as ferramentas da trigonometria e geometria para encontrar o calado.



Para a figura, é possível encontrar que a relação $\Delta X/\Delta Y$ é a tangente (cateto oposto/cateto adjacente) de θ . Logo: $\tan(\theta) = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$; Então, $\Delta Y = \frac{\Delta X}{\tan(\theta)}$. Vamos descobrir o ângulo θ de posse dos parâmetros da balsa (dimensões originais).

$catetoooposto := 1$; $catetoadjacente := 1$;

1

1

(11)

"tangente(θ)" = $\frac{catetoooposto}{catetoadjacente}$;

"tangente(θ)" = 1

(12)

$\theta := \arctan(1)$;

$\frac{1}{4} \pi$

(13)

Logo, o ângulo θ equivale a 45° ($\frac{1}{4} \pi$ radiano).

$\tan(\theta) = \frac{(\Delta X)}{(\Delta Y)}$;

$\tan(\theta) = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$

(14)

$\Delta Y = \frac{\Delta X}{\tan(\theta)}$

$\Delta Y = \Delta X$

(15)

Agora podemos jogar o volume deslocada, as variações ΔX e ΔY para encontrar o novo calado. Atente

que para este caso $\Delta Y = \Delta X$. Mas para outros casos use $\Delta Y = \frac{\Delta X}{\tan(\theta)}$.

$volumetrapezionovo := volumedeslocado$

$base\ maior := 11 - 2 \cdot \Delta X$; $base\ menor := 10$; $altura := 0.5 - \Delta X$; $profundidade := 4$;
 $volumetrapezionovo = \frac{(base\ maior + base\ menor) \cdot altura \cdot profundidade}{2}$;

$$20.48780488 = 2 (21 - 2 \Delta X) (0.5 - \Delta X)$$

$eq1 := \frac{(base\ maior + base\ menor) \cdot altura \cdot profundidade}{2} - volumetrapezionovo = 0$

$$2 (21 - 2 \Delta X) (0.5 - \Delta X) - 20.48780488 = 0 \quad (18)$$

$expand(eq1)$;

$$0.51219512 - 44.0 \Delta X + 4 \Delta X^2 = 0 \quad (19)$$

$solve(eq1)$;

$$10.98834686, 0.01165314325 \quad (20)$$

Logo, o novo calado é $0.5 \text{ m} - \Delta Y$, ou seja:

$calado\ \acute{a}\ guas\ algada = 0.5 - 0.01165314325$;

$$calado\ \acute{a}\ guas\ algada = 0.4883468568 \quad (21)$$

O novo calado é de aproximadamente 0.49 m.