

Disciplina: EST-1

Professor: Quintana

TÓPICO 05: Estabilidade Transversal - Pontos Notáveis - Condições de Equilíbrio de uma Embarcação – Efeito de Superfície Livre

I- CONCEITO DE ESTABILIDADE

1) Estabilidade

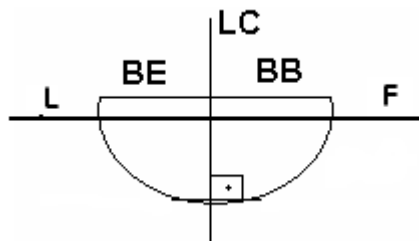
- É a propriedade que tem a embarcação de retornar a sua posição inicial de equilíbrio, depois que as forças perturbadoras cessam seus efeitos.
- Essas forças perturbadoras podem ser as ondas, o vento, a movimentação de pesos, etc.

2) A estabilidade é estudada sob vários aspectos:

- **Estabilidade estática** – são levados em consideração somente os efeitos provocados pelos embarques e desembarques ou remoções de pesos a bordo.
- **Estabilidade dinâmica** – são levados em consideração os efeitos das vagas e influências externas.

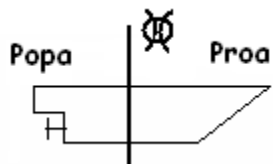
3) Estabilidade transversal

- Estuda o comportamento da embarcação no sentido transversal, isto é, de bordo a bordo.



4) Estabilidade longitudinal

- Estuda o comportamento da embarcação no sentido longitudinal, no sentido proa a popa.



Nota:



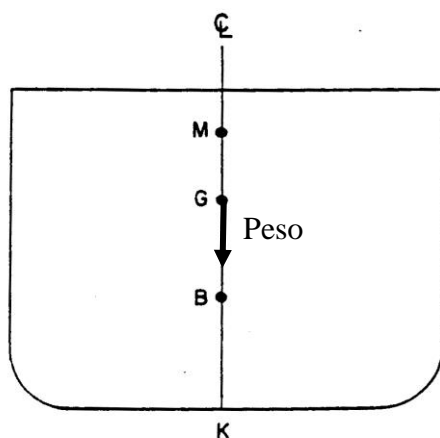
II- ESTABILIDADE TRANSVERSAL

1) Pontos notáveis

- Na estabilidade transversal, utilizamos o plano da seção transversal para definir os pontos notáveis.

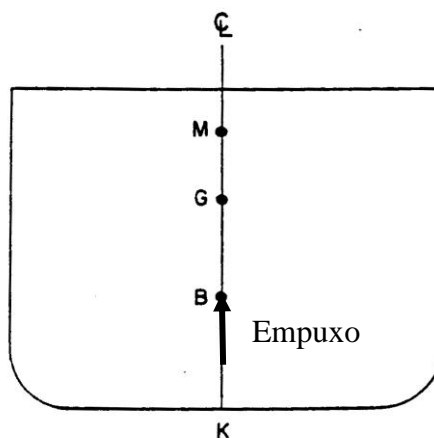
1.1) Centro de gravidade (G)

- É o ponto de aplicação da resultante das forças gravitacionais que atuam na embarcação.



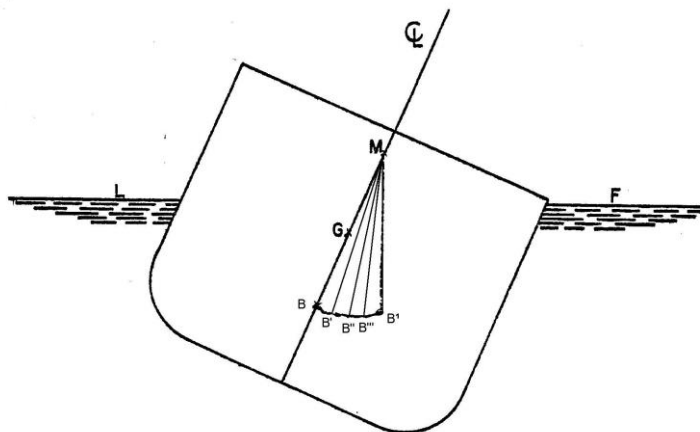
1.2) Centro de carena (B)

- É o ponto de aplicação da força de empuxo.

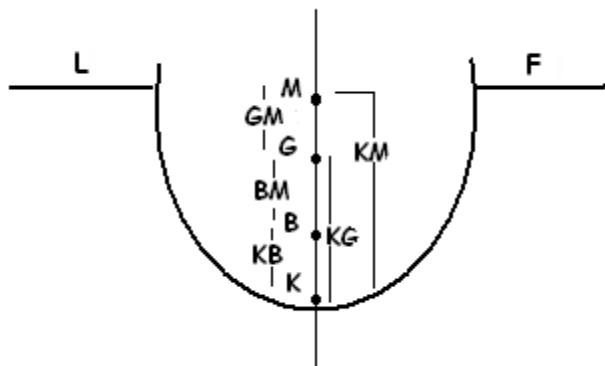


1.3) Metacentro (M) até 12°

- É o ponto de encontro de dois raios de uma curva infinitamente pequena, formada pelas sucessivas posições do centro de carena de uma embarcação que oscila em flutuações isocarenas.



2) Denominação para as Distâncias Verticais entre os Pontos Notáveis



KG = COTA DO CENTRO DE GARVIDADE
 KB = COTA DO CENTRO DE CARENA
 KM = COTA DO METACENTRO

GM = ALTURA METACENTRICA
 BM = RAIOS METACENTRICO

Relações importantes

$$GM = KM - KG$$

$$KM = KG + GM$$

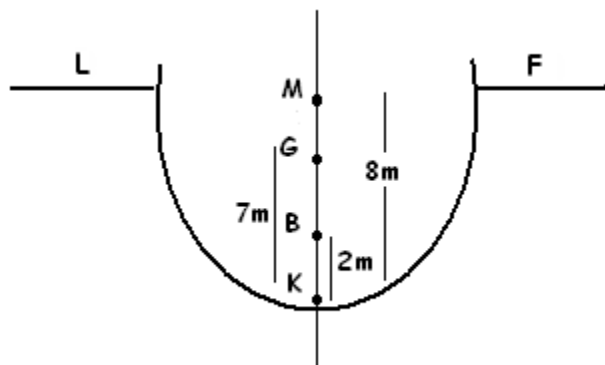
$$KM = KB + BM$$

IMPORTANTE:

$$GM = KM - KG$$

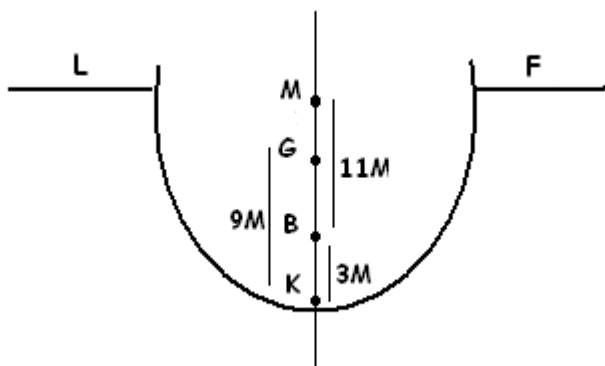
Exemplo 01: Tendo como base a figura1, determine KG, KB, KM e a altura metacêntrica.

Figura 1:



$$\begin{aligned} KG &= 7M \\ KB &= 2M \\ KM &= 8M \\ GM &= KM - KG \\ GM &= 8M - 7M \\ GM &= 1M \end{aligned}$$

Exemplo 02: Determine a altura metacêntrica de uma embarcação, sabendo-se que o raio metacêntrico vale 11m, a cota do centro de carena é de 3m e cota do centro de gravidade vale 9m.



$$\begin{aligned} BM &= 11M \\ KG &= 9M \\ KB &= 3M \end{aligned}$$

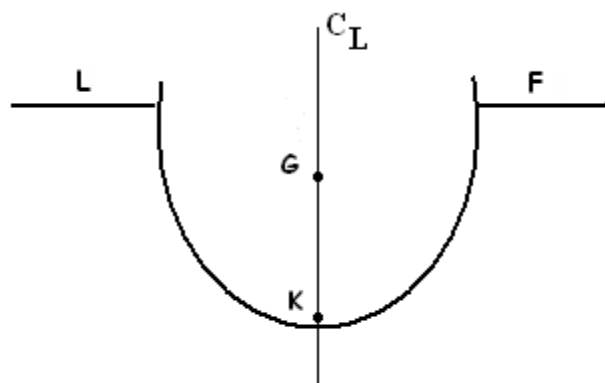
$$\begin{aligned} GM &= BM - BG \\ BG &= KG - KB \\ \text{LOGO} \\ GM &= BM - (KG - KB) \\ GM &= 11M - (9M - 3M) \\ GM &= 11M - 6M \\ \boxed{GM} &= 5M \end{aligned}$$

Lista de Exercícios 10

- 01) Determine a altura metacêntrica de uma embarcação, sabendo-se que apresenta a cota do metacentro igual a 8,2 m e a cota do centro de gravidade de 7,6 m.
- 02) Determine a altura metacêntrica de uma embarcação, sabendo-se que apresenta a cota do metacentro igual a 9,78 m e a cota do centro de gravidade de 8,23 m.
- 03) Determine o raio metacêntrico de uma embarcação, sabendo-se que a altura metacêntrica vale 1,2m, a cota de centro de carena 1,5m e a cota do centro de gravidade 7,8 m.
- 04) Determine o raio metacêntrico de uma embarcação, sabendo-se que a altura metacêntrica vale 1,38m, a cota de centro de carena 1,12m e a cota do centro de gravidade 8,16 m.
- 05) Determine a cota do centro de gravidade de uma embarcação, sabendo-se que a altura metacêntrica vale 1,38m e cota do metacentro 8,78 m.
- 06) Determine a cota do centro de gravidade de uma embarcação, sabendo-se que a altura metacêntrica vale 1,27 m e cota do metacentro 9,28 m.

3) Cálculo da posição do centro de gravidade

- Distribuindo-se igualmente os pesos em relação ao plano longitudinal, a quantidade de pesos a bombordo será igual à quantidade a boreste. Conseqüentemente, o centro de gravidade ficará sobre o plano longitudinal.



$$KG = \frac{\sum Mv}{\sum p}$$

$$\sum p = \blacktriangle \text{Atual}$$

$\sum Mv$ = Somatório dos momentos verticais

$\sum p$ = Somatório dos pesos

Exemplo 03: Calcular o KG da embarcação com base no quadro abaixo:

Descrição dos pesos	Peso (toneladas)	KG (metros)	Momentos verticais
Navio leve	3100	6,50	20150
Tanque N° 01	100	0,70	70
Tanque N° 02	50	0,70	35
Porão N° 01	800	1,20	960

$$\sum p = 4050$$

$$\sum Mv = 21515$$

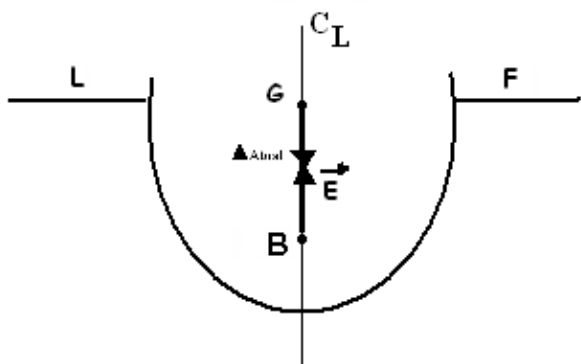
$$KG = \frac{\sum Mv}{\sum p} = \frac{21215}{4050}$$

$$KG = 5,24m$$

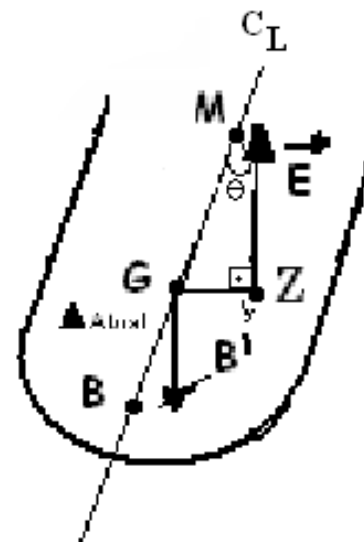
4) Braço de estabilidade (GZ)

- Quando o navio aderna, o centro de carena (B) movimenta-se para B' as duas forças formam um binário cujo braço é GZ. A força peso aplicada em G e a força de empuxo aplicada em B'.
- Esta distância GZ denomina-se braço de estabilidade.

Inicial

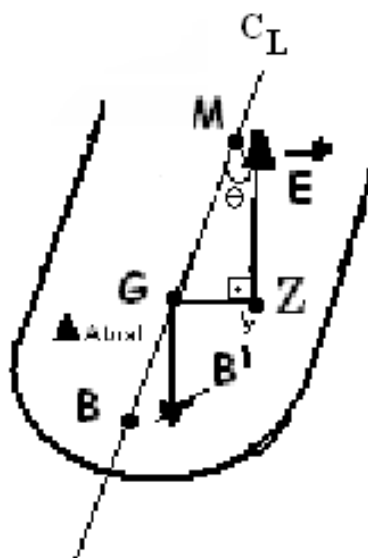


Depois



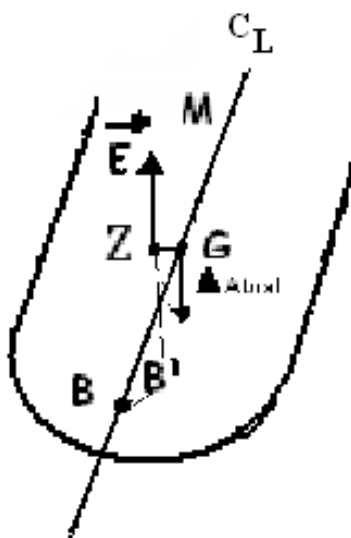
4.1) Braço de adricamento, estabilidade ou de restabelecimento

- É quando o braço de estabilidade for positivo.



4.2) Braço de emborcamento

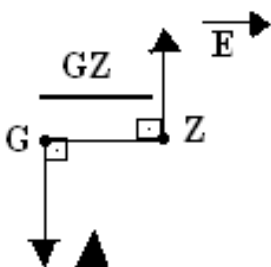
- Quando o **braço de estabilidade for negativo**.
- O braço de emborcamento tende a emborcar o navio.



5) Momento de estabilidade

$M_e =$ momento de estabilidade

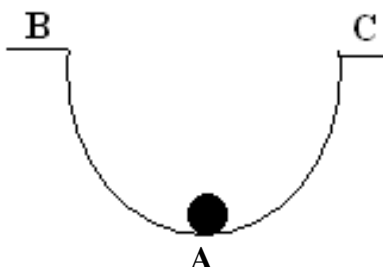
$$M_e = GZ \cdot \blacktriangle$$



6) Condições de Equilíbrio de uma Embarcação

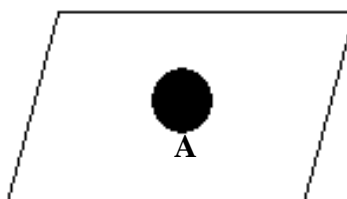
- Estável

$$GM > 0; GZ \neq 0; Me > 0$$



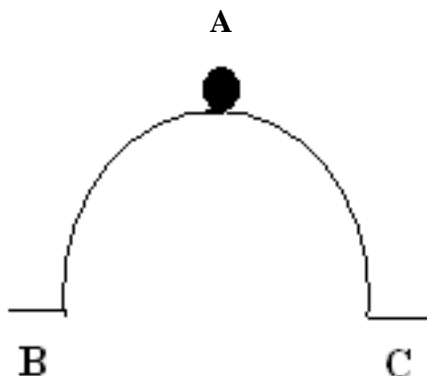
- Indiferente

$$GM = 0; GZ = 0; Me = 0$$



- Instável

$$GM < 0; GZ < 0; Me < 0$$



Exemplo 04: Classifique a condição de equilíbrio de uma embarcação, sabendo-se que apresenta a cota do metacentro igual a 6,89 e a cota do centro de gravidade de 5,58 m.

Lista de Exercícios 11

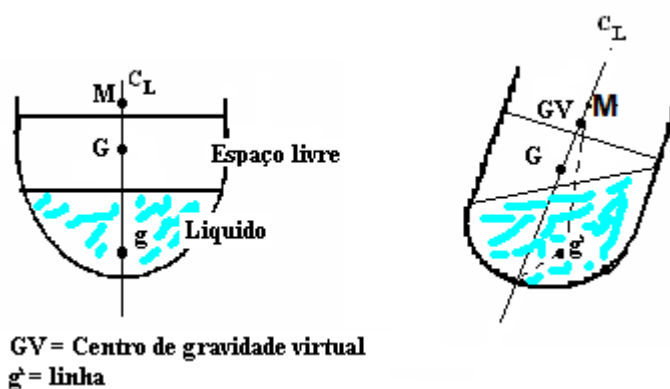
01) Determine a altura metacêntrica e classifique a condição de equilíbrio de uma embarcação, sabendo-se que apresenta a cota do metacentro igual a 8,96 e a cota do centro de gravidade de 7,85 m.

02) Determine a altura metacêntrica e classifique a condição de equilíbrio de uma embarcação, quando apresenta:

- a) cota do metacentro = 10,23 m e cota do centro de gravidade = 9,23 m
- b) cota do metacentro = 10,23 m e cota do centro de gravidade = 11,25 m
- c) cota do metacentro = 10,23 m e cota do centro de gravidade = 10,23 m
- d) cota do metacentro = 9,56 m e cota do centro de gravidade = 8,25 m
- e) cota do metacentro = 8,79 m e cota do centro de gravidade = 7,23 m

7) Efeito da Superfície livre

- Quando os tanques estiverem incompletos, devido ao balanço da embarcação, os líquidos irão se expandir para o bordo que houve a inclinação, por existir espaços para expansão, ou seja, existir superfície livre.



- Haverá uma elevação virtual do centro de gravidade da embarcação, ou seja, $\overline{GvZv} < \overline{GZ}$