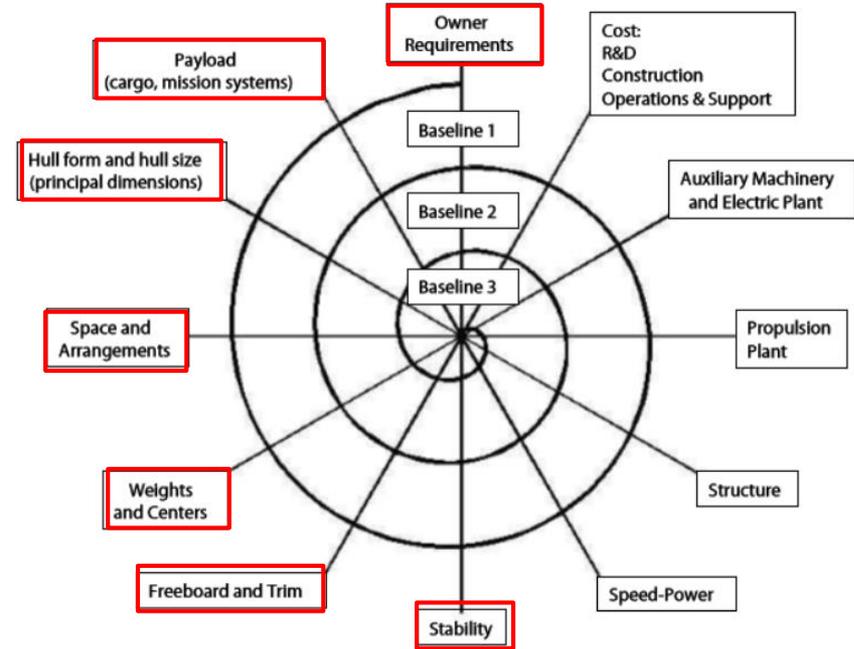

Projeto de Navios

Bruno Viselli
Mauro Barros
Romulo Segato

Agenda

1. Requisitos do Armador
2. Navios semelhantes
3. Sistemas da embarcação
4. Arranjo preliminar
5. Estimativa inicial das dimensões
6. Coeficientes de forma
7. Pesos e centros
8. Regras MARPOL
9. Arranjo aprimorado



Requisitos do Armador

- Produto: Derivados de Petróleo
- Velocidade de Serviço: 15,9 nós
- Deadweight de Projeto: 76.800 toneladas
- Rota: Golfo do México - Costa Oeste da América do Sul
- Autonomia: 14.000 milhas náuticas
- MCR: 85%

Rota - Restrições

- Porto de Louisiana (EUA):
 - Calado Máx. : 33m
- Canal do Panamá:
 - Calado Máx: 15,2m
 - Boca Máx: 49m
 - Comprimento Máx; 366m
- Porto de Arica (Chile):
 - Calado Máx: 13,0 m



Classificação do Navio & Características da Carga

Quanto ao Tamanho:

- Panamax (30.000 - 45.000 DWT)
 - Restrições Antigas: (L) 289m , (B) 33m , (D) 12m
- Aframax (70.000 - 120.000 DWT)



Post- Panamax

Quanto a Carga:

- Product Tanker:
 - Derivados do Petróleo: Diesel, Querosene, Óleo Lubrificante
 - Densidade da Carga: 0.8 ~ 1.0 (variando com o grau API)

Navios Semelhantes

Navios Semelhantes - Aramon

- Ano de Fabricação: 2009
- DWT (Scantling): 74.059 t
- Velocidade de Serviço: 16 nós
- Dimensões:
 - LBP: 219 m
 - Boca: 32,24 m
 - Calado (Projeto): 12,25 m



Navios Semelhantes - Mari Ugland

- Ano de Fabricação: 2007
- DWT (Scantling): 74.995 t
- Velocidade de Serviço: 15,7 nós
- Dimensões:
 - LBP: 220 m
 - Boca: 32,24 m
 - Calado (Projeto): 12,2 m



Navios Semelhantes - Miltiadis M

- Ano de Fabricação: 2003
- DWT (Scantling): 71.552 t
- Velocidade de Serviço: 15,2 nós
- Dimensões:
 - LBP: 219 m
 - Boca: 32,24 m
 - Calado (Projeto): 12,2 m



Sistemas da Embarcação

Sistemas da Embarcação - Energia

- Motor Principal e Propulsor:
 - Motor Diesel conectado diretamente a um único Hélice de passo fixo
- Alternadores:
 - Fornece energia elétrica para os sistemas
 - Normalmente 3 ou 4
- Caldeira:
 - Fornece energia por meio de queima de combustível
 - Aquecimento de óleo, acionamento de bombas e do incinerador, ...

Sistemas da Embarcação - Tanques

- Admissão e Tratamento de Água de Lastro:
 - Bombas de admissão na Sala de Bombas ou Submersas nos Tanques
- Bombas de Carga:
 - Product Tankers possuem bombas individualizadas
- Limpeza e Ventilação dos Tanques:
 - Crude Oil Washing e/ou Água aquecida
 - Escape de Vapor
- Sistema de Gás Inerte:
 - Bombeia uma mistura inerte nos tanques
 - Expulsa gases hidrocarbonetos

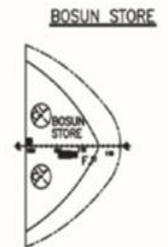
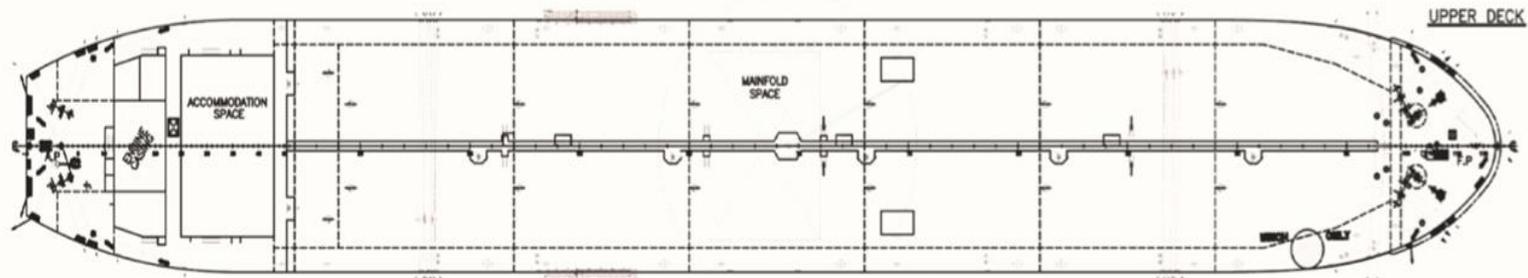
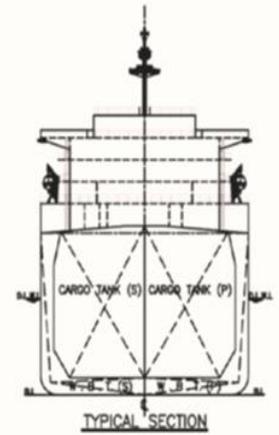
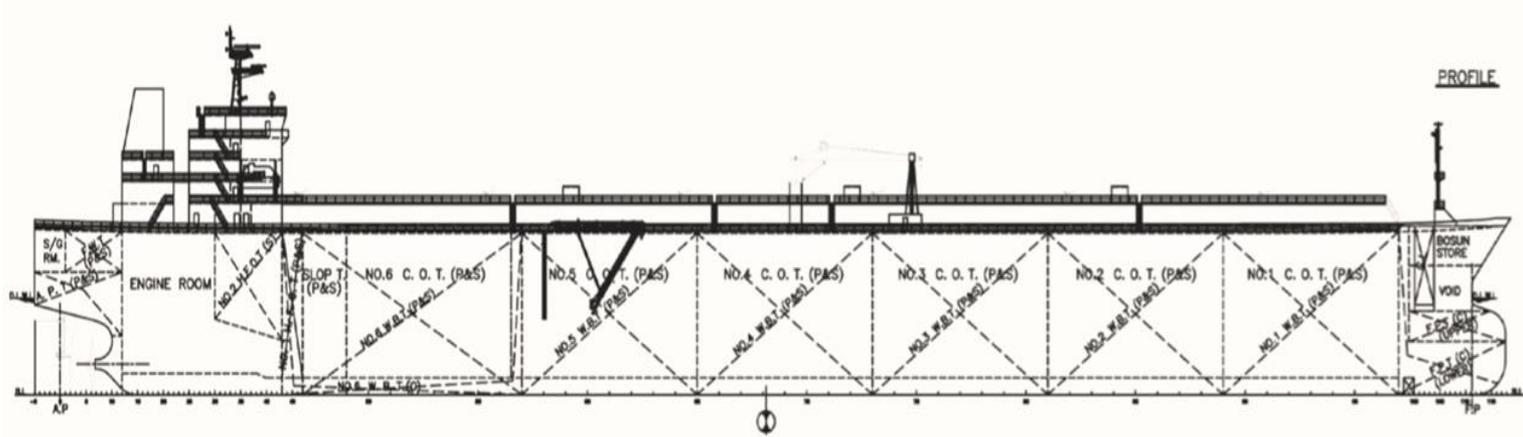
Sistemas da Embarcação - Outros

- Equipamentos de Amarração:
 - Fixação em segurança em terminais (SBM ou CBM)
- Equipamento Salva-Vidas:
 - Bote salva-vidas, bóias, coletes, alarmes,...
- Sistema de Controle de Carga:
 - Sensores medem nível e temperatura da carga, pressão do gás inerte,...
- Detecção e Extinção de Fogo (SOLAS) , Remoção de Lixo (MARPOL),

Radares

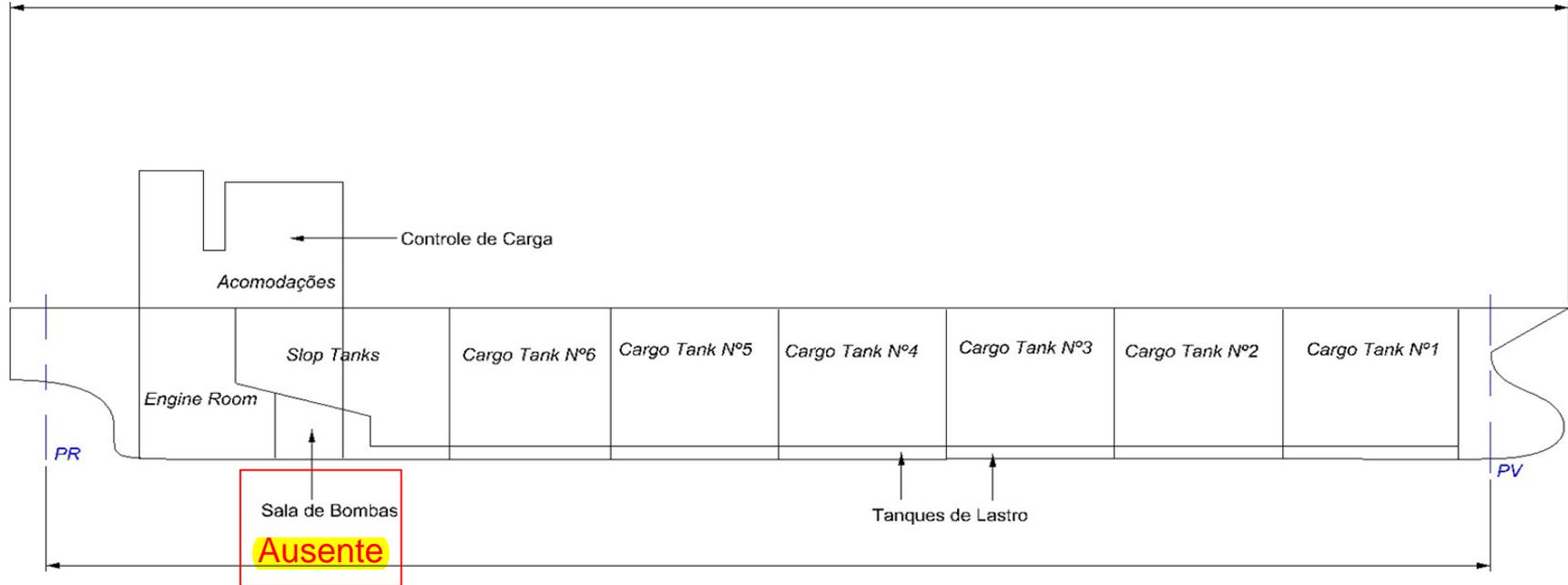
Arranjo preliminar

Arranjo de Semelhantes - Aramon



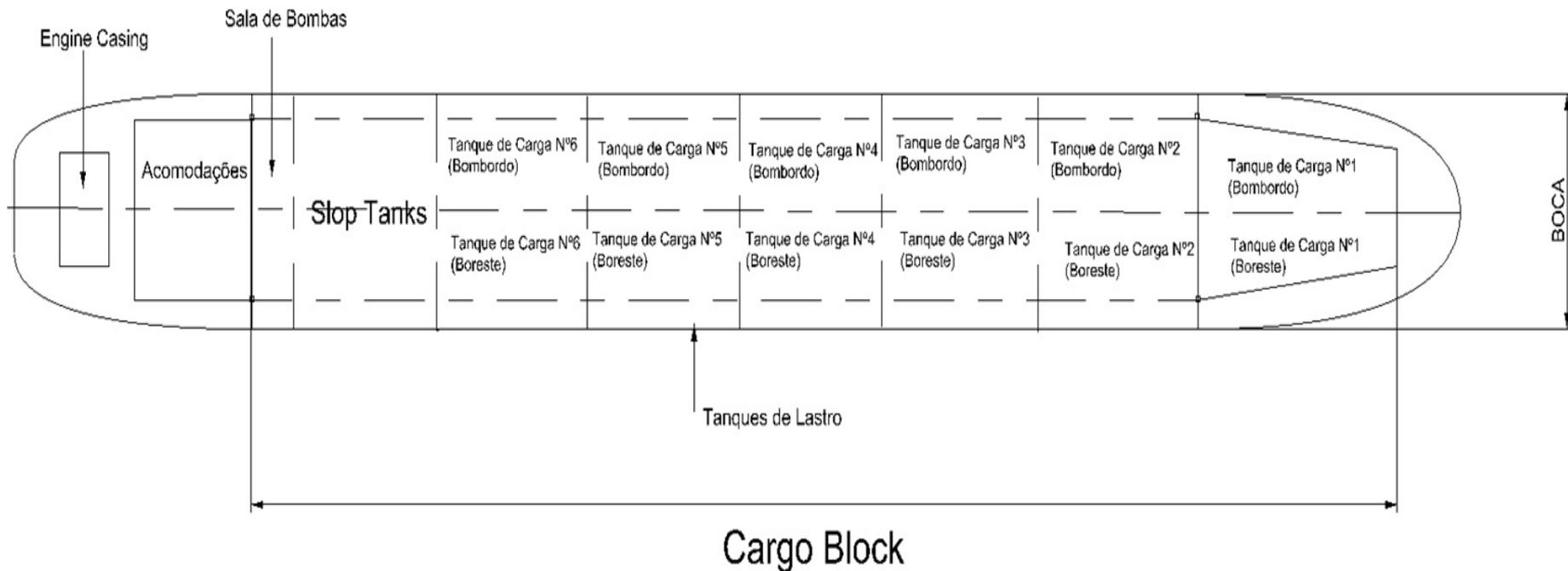
Arranjo Preliminar - Vista Lateral

LOA

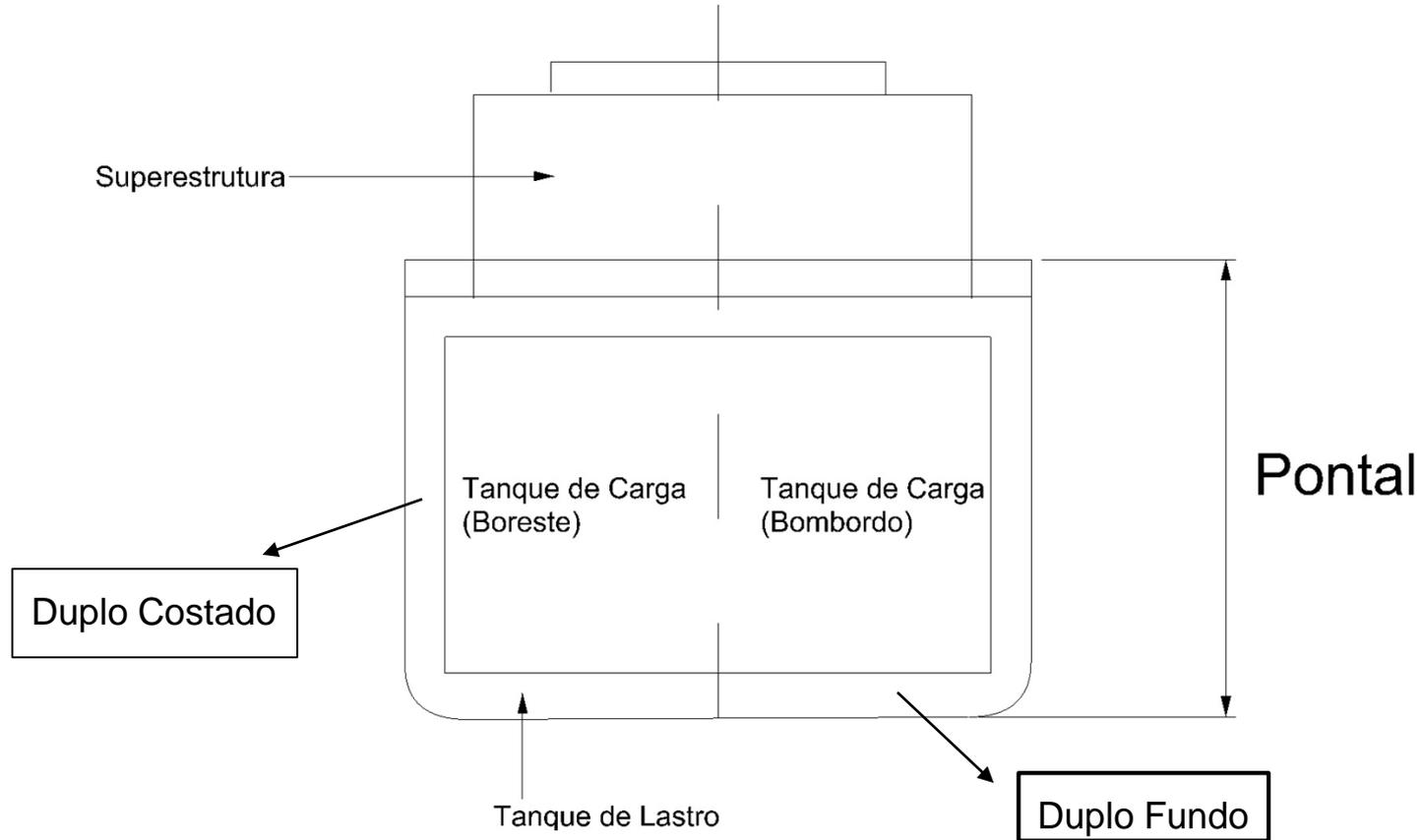


LBP

Arranjo Preliminar - Vista Superior

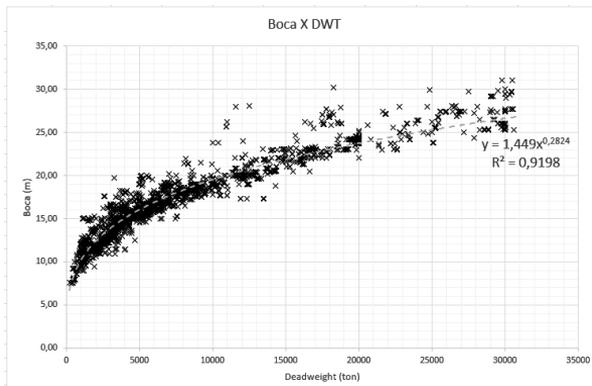


Arranjo Preliminar - Vista Frontal



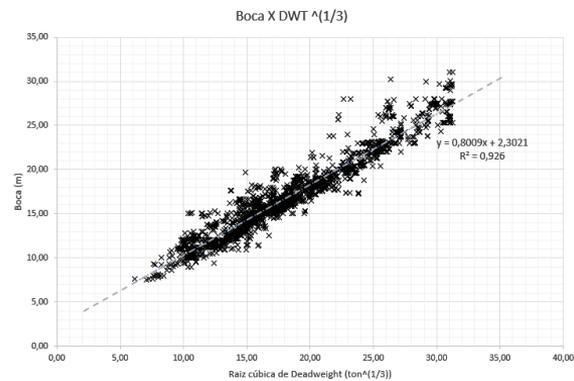
Estimativa inicial das dimensões

Boca - Semelhantes



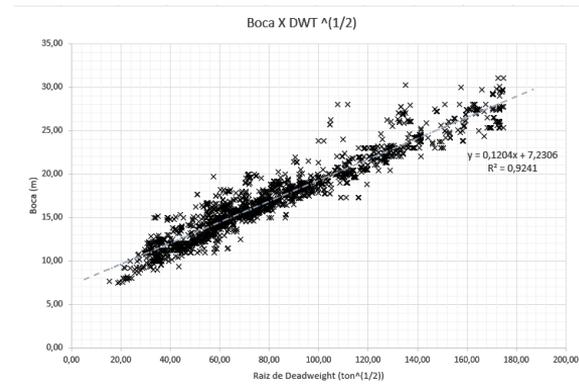
Boca X DWT

$R^2 = 0,9198$



Boca X DWT^(1/3)

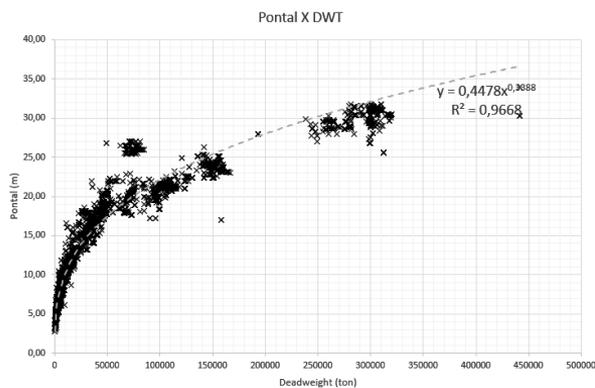
$R^2 = 0,926$



Boca X DWT^(1/2)

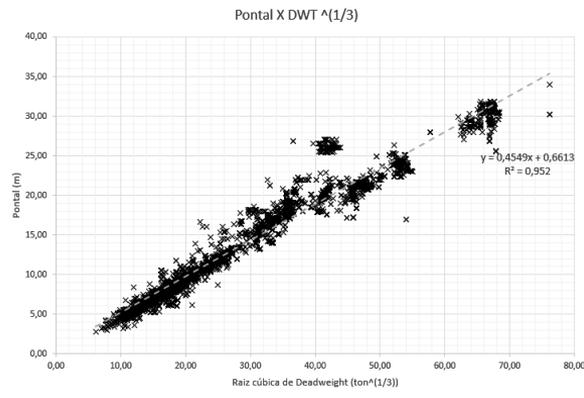
$R^2 = 0,9241$

~~LBP - Semelhantes~~



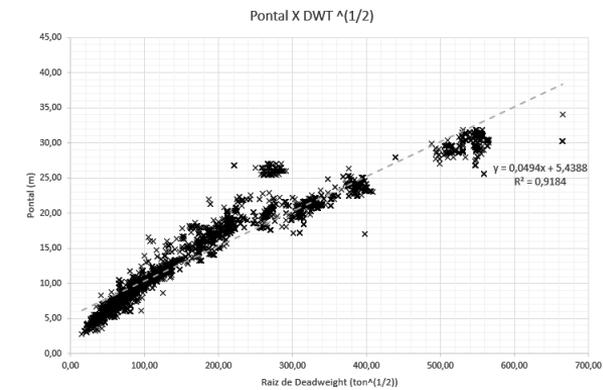
LBP X DWT

$R^2 = 0,9668$



LBP X DWT $^{(1/3)}$

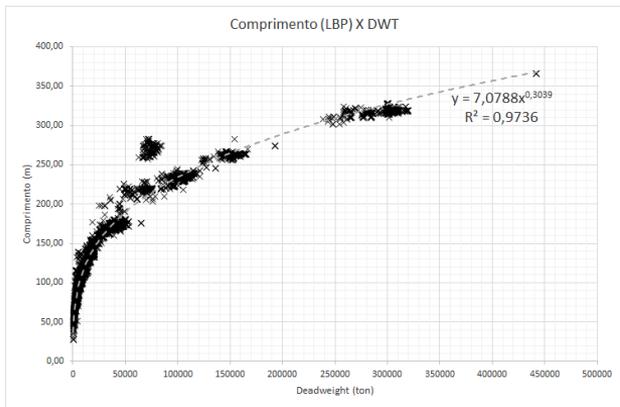
$R^2 = 0,952$



LBP X DWT $^{(1/2)}$

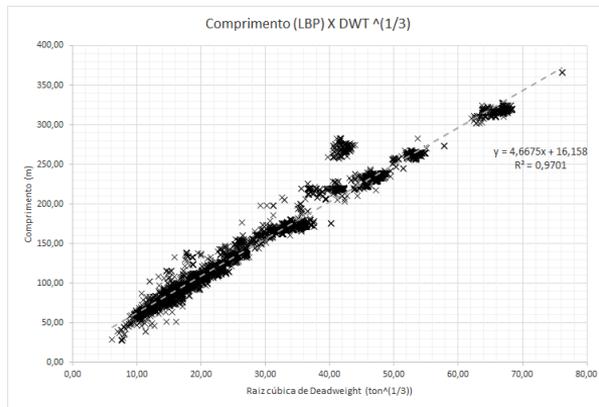
$R^2 = 0,9184$

Calado - Semelhantes



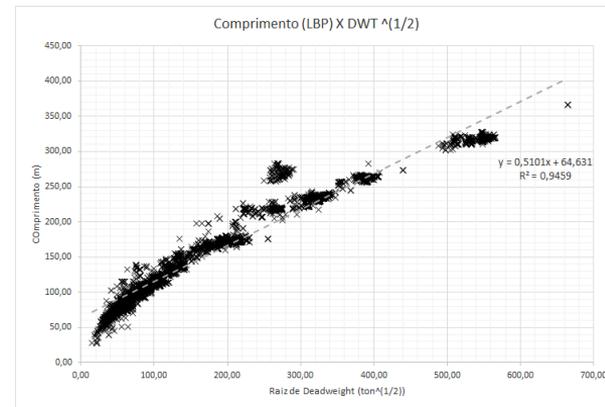
Comprimento X DWT

$$R^2 = 0,9736$$



Comprimento X DWT^(1/3)

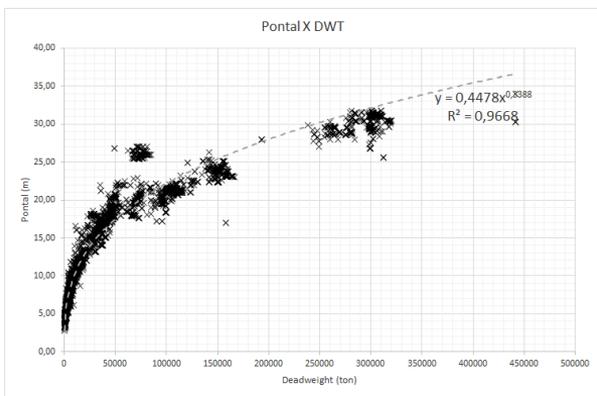
$$R^2 = 0,9701$$



Comprimento X DWT^(1/2)

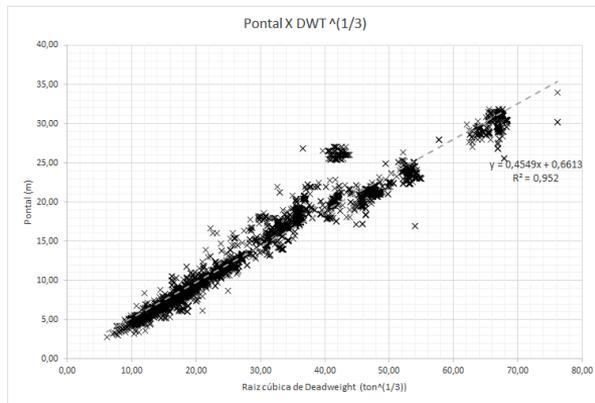
$$R^2 = 0,9459$$

Pontal - Semelhantes



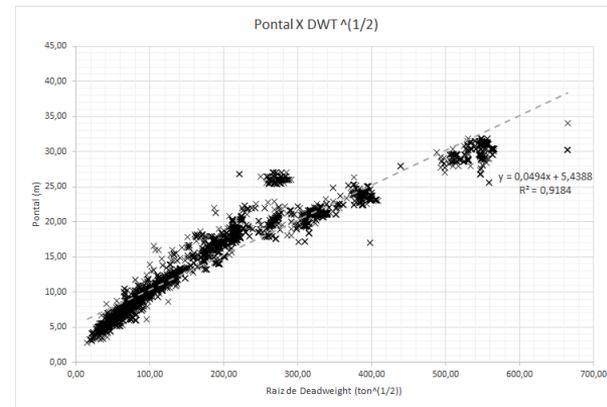
Pontal X DWT

$R^2 = 0,9668$



Pontal X DWT^(1/3)

$R^2 = 0,952$



Pontal X DWT^(1/2)

$R^2 = 0,9184$

Seleção inicial das Dimensões

Lloyds

	Cte	DWT	DWT2	DWT 1/3	DWT 1/2	V	V2	
Boca	17,5	0,0	0,0	0,4	0,0	-2,2	0,1	38,8
Pontal	8,5	0,0	0,0	-0,3	0,1	-1,2	0,1	19,6
Calado	-6,9	0,0	0,0	0,4	0,0	1,0	0,0	13,1
LBP	101,0	0,0	0,0	5,4	-0,2	-16,1	0,7	222,8

Hyundai Crude Oil Tankers

	Cte	DWT	DWT2	DWT 1/3	DWT 1/2	V	V2	
Boca	-1066,0	6,6	0,0	1077,0	-453,0	0,0	0,0	42,6
Pontal	-26,8	0,0	0,0	3,7	0,1	4,7	-0,2	19,4
Calado	34,0	0,0	0,0	-37,7	13,2	3,7	-0,1	12,7
LBP	-2193,0	22,5	0,0	2722,0	-1238,0	3,4	-0,1	224,8

Restrição
de
Calado



Hyundai Product Tankers

	Cte	DWT	DWT2	DWT 1/3	DWT 1/2	V	V2	
Boca	-697,0	11,1	0,0	823,0	-423,0	23,2	-0,8	34,0
Pontal	-135,0	3,5	0,0	348,0	-166,0	-17,3	0,6	15,6
Calado	-34,5	0,2	0,0	45,0	-17,0	-0,5	0,0	13,0
LBP	993,0	0,0	0,0	-282,0	128,0	-85,8	2,8	221,2

Adimensionais

O desempenho do navio em projeto pode ser analisado com base em alguns adimensionais advindos de suas dimensões principais

Adimensional	Resultado em projeto
L/B	5,28
B/D	2,20
L/D	11,59
B/T	3,35
T/D	0,65



Coeficientes de Forma

Deslocamento e Coeficiente de Bloco

- Estimativa inicial do deslocamento feita através do fator K (Inverso do

Coeficiente de Deadweight): $\Delta = K \cdot DWT$

- Para Navios de Peso: $K = 1,15$  DEFASADO
- Novo Valor (Período de 2006 - 2015, de [1]): $K = 1,23$
 - $\Delta = K \cdot DWT = 94.938 \text{ ton}$

- Coeficiente de Bloco: $C_b = \frac{\nabla}{LBT} = 0,78$

Coeficientes

$$C_{WL} = \frac{C_b}{0,471 + 0,551 \cdot C_b}$$

Coeficiente	Equação	Resultado
Coeficiente de bloco	$C_b = 1,2 - 0,5 \frac{V}{\sqrt{L}}$	0,827
Coeficiente de Seção Mestra	$C_M = 1,006 - 0,0056 \cdot C_b^{-3,56}$	0,995
Coeficiente Prismático	$C_P = \frac{C_b}{C_M}$	0,831
Coeficiente de linha d'água	$C_{WL} = \frac{C_b}{0,471 + 0,551 \cdot C_b}$	0,8926

Momento de inércia e raio metacêntrico

- Momento de inércia: $I_{Long} = k_R \cdot B \cdot L^3$; $I_{Long} = k_R \cdot L \cdot B^3$
- Onde, para um $C_{WL} = 0,8926$, $k_R = 0,0679$
- Raio metacêntrico: $BM_{Long} = \frac{I_{Long}}{\nabla}$; $BM_{Tran} = \frac{I_{Tran}}{\nabla}$

$I_{Longitudinal}$	$32,9 \times 10^6$ m^4
$BM_{Longitudinal}$	327 m
$I_{Transversal}$	$1,2 \times 10^6 m^4$
$BM_{Transversal}$	11,74 m

LCB

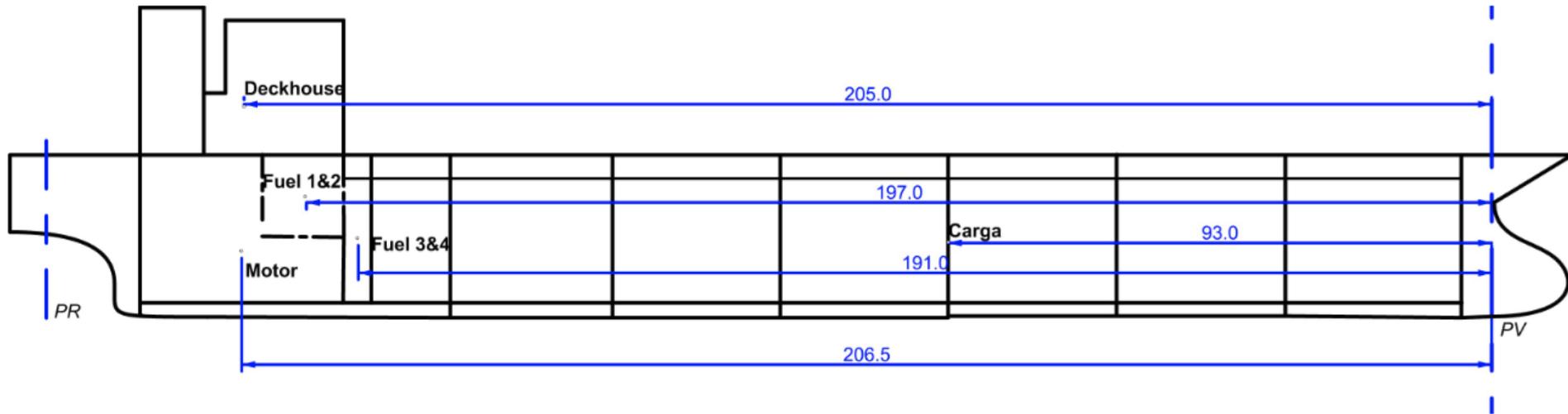
- Usando a fórmula de Schneekluth, determina o LCB a partir da perpendicular de vante:

$$LCB = -0,135 + 0,194 \cdot C_p$$

$$LCB = 106,5 \text{ m}$$

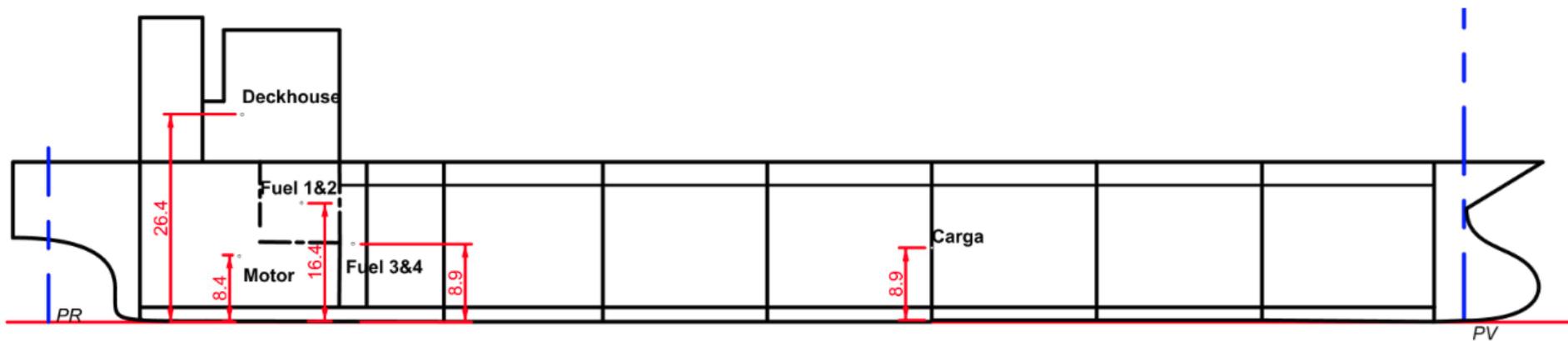
Pesos e Centros

LCG



Posições longitudinais dos centros de gravidade dos pesos

VCG



Posições verticais dos centros de gravidade dos pesos

Estimativa de Pesos e Centros

As estimativas iniciais das principais componentes do peso do navio (Peso leve e Deadweight), foram feitas com base em fórmulas derivadas de regressão e **navios existentes**. Podendo portanto estar um pouco afastadas da realidade atual

Categoria de Pesos	WT (ton)	VCG (m acima LB*)	LCG (m partir PV**)
Peso Total	96.685,57	8,19	107,87
Peso Leve do Navio	17.600,09	4,41	162,56
Estrutura do Casco	13.091,03	0,8433	157,0228
Superestrutura	36,19	21,15	101,16
Deck Houses	491,27	26,4	205
Outfit	2.154,71	19,4	157,36
Motor	853,77	8,4	206,5
Resto	628,02	3,85	206,5
Deadweight Total	79.085,48	9,01	95,94
Cargo Deadweight	76800,00	8,9	93
Óleo Combustível	2130,43	12,65	194
Diesel	138,55	13,58	205
Tripulantes e Bagagens	16,50	24,65	203,975
Deslocamento	99.199,40		
Cb	0,816		

Estimativa dos pesos

Sintetizando as fórmulas de aproximação inicial para fins de projeto utilizadas, foi elaborada a tabela ao lado.

Considerações e valores importantes:

- Ocupações dos tanques: 95%
- V_{DH} e V_{SE} parte da estimativa do nº de andares e largura, baseados em navios semelhantes
- N de tripulantes baseado em semelhantes
- Motor 13500 kW e 105 rpm

Peso	Fórmula de aproximação
Estrutura do Casco	$W_{sl} \cdot \{1 + 0,05 \cdot (C'_b - 0,7)\}$
Superestrutura	$C_{SE} \cdot V_{SE}$
Deck Houses	$C_{DH} \cdot V_{DH}$
Outfit	$K \cdot L \cdot B$
Motor	$12 \cdot \left(\frac{MCR}{RPM}\right)^{0,84}$
Resto	$C \cdot (MCR)^{0,7}$
Óleo Combustível	$\rho_{oleo} \cdot V_{tanque} \cdot \text{Ocupação}$
Diesel	$\rho_{diesel} \cdot V_{tanque} \cdot \text{Ocupação}$
Tripulantes e Bagagens	$N \cdot 500$

Estimativas de pesos

Com base nas estimativas realizadas foram obtidos os seguintes resultados:

- GMT: 10,21 m
- GML: 325,36 m
- Trim: -0,96 m
- KG: 8,19 m
- LCG: 107,87 m

Regras - MARPOL

Duplo Casco e Duplo Costado

- Todo o comprimento do navio deve ser protegido por tanques de lastro ou espaços que não contenham óleo.
- Largura do Duplo Costado (w):
 - $w = \min \left\{ \frac{DWT}{20.000}; 2 \right\} = 2 \text{ m}$
- Altura do Duplo Fundo (h):
 - $h = \min \left\{ \frac{B}{15}; 2 \right\} = 2 \text{ m}$

Slop Tanks

- A capacidade dos Slop tanks não deve ser menor do que 3% da capacidade de óleo do navio:
 - Capacidade de Óleo: 96.000 m³ (~ 8000 m³ / tanque)
 - Capacidade Slop Tanks: 1440 m³ / tanque
- O navio deve ter no mínimo dois Slop tanks

Oil Tanks - Tanques de Combustível

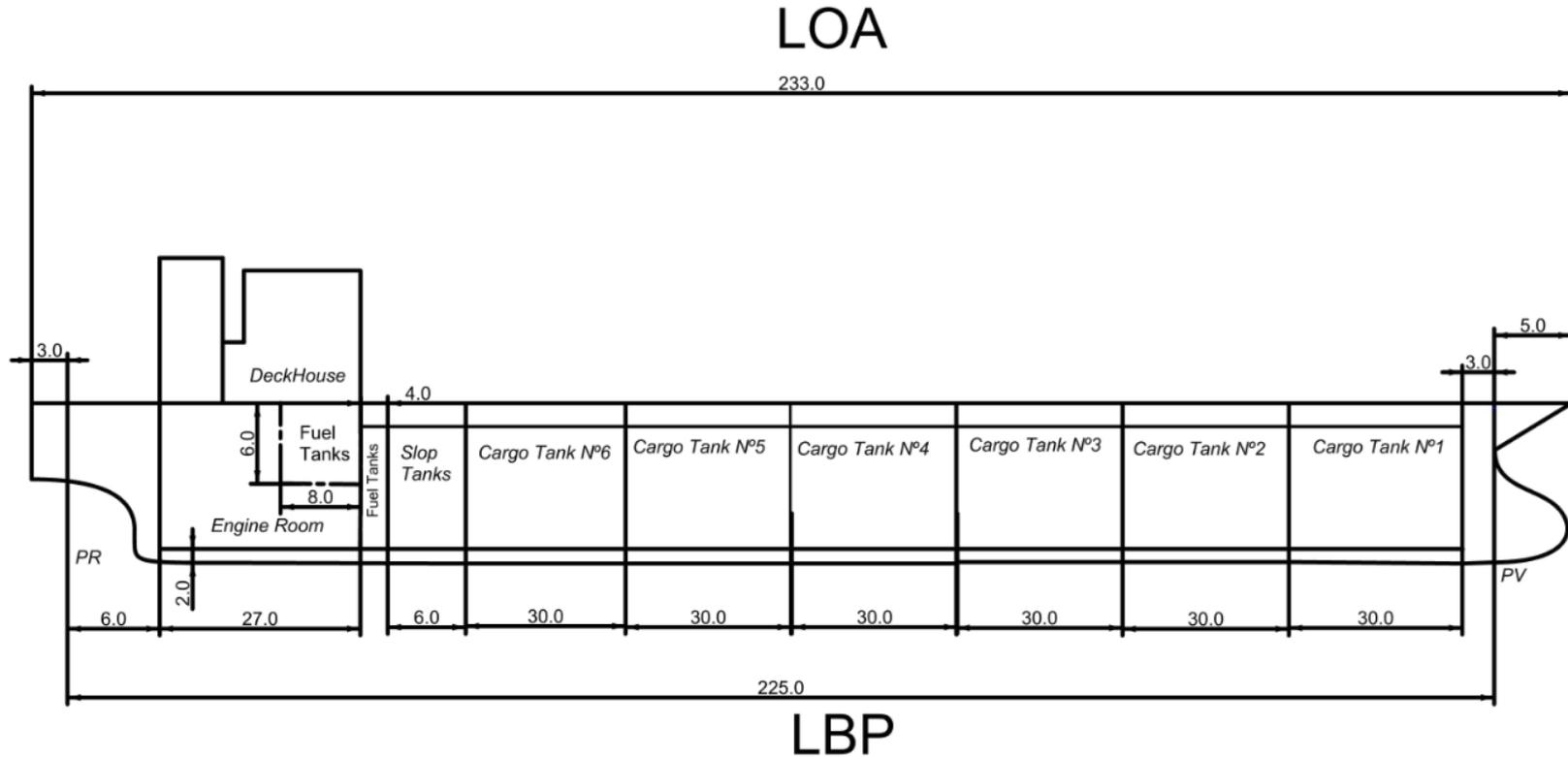
- Tanques individuais não podem ter capacidade maior que 2500 m³
- Devem estar localizados em uma altura superior a 'h' do fundo do navio
 - $h = \min \left\{ \frac{B}{20}; 2 \right\} = 2 \text{ m}$
- Devem estar localizados a uma distância mínima 'w' do costado
 - $w = \min \left\{ 0,4 + \frac{2,4C}{20.000}; 2 \right\} = 1 \text{ m}$
 - C = Volume total de combustível com 98% de preenchimento dos tanques
 - Capacidade de Bunker $\cong 2336 \text{ m}^3$

Tanques de Lastro

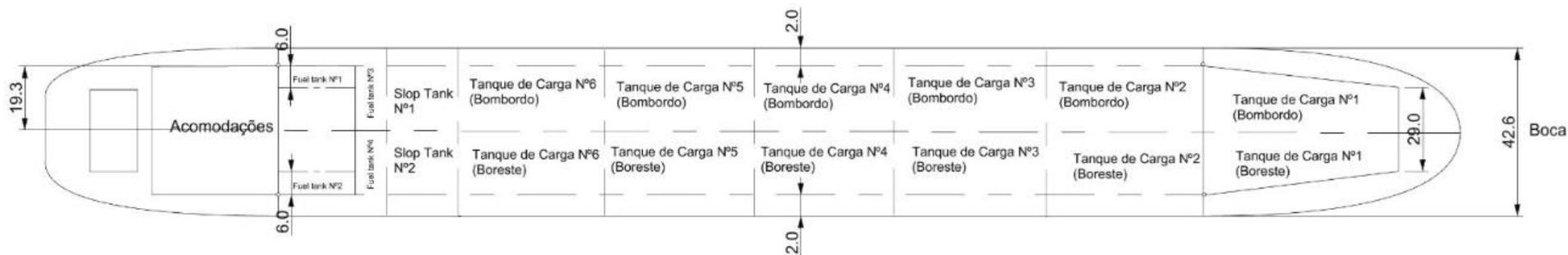
- A capacidade dos tanques de lastro segregados deve ser no mínimo tal que, em quaisquer condições de lastro em qualquer parte da viagem, incluindo a condição de ter somente o peso leve somado ao peso do lastro segregado, o calado e trim devem satisfazer:
 - Calado a meio navio (d): $d \geq 2 + 0,02 \cdot LBP = 6,5 \text{ m}$
 - $Trim \leq 0,015 \cdot LBP = 3,4 \text{ m}$
 - Propulsor deve-se manter submerso em calado mínimo ($D = 7200 \text{ mm}$)

Arranjo Aprimorado

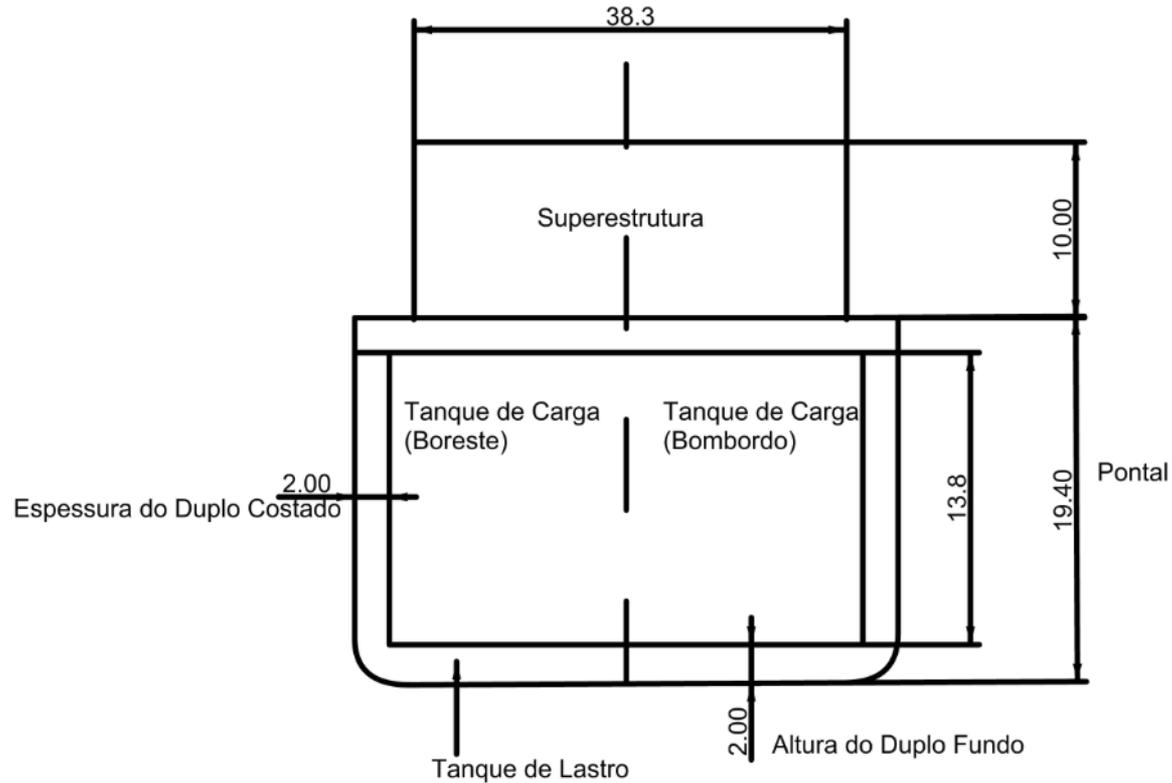
Arranjo do navio - Vista lateral



Arranjo do navio - Vista Superior



Arranjo do navio - Vista Frontal



Obrigado

