

Dimensionamento da capacidade sistêmica

STT 403 – Aeroportos, Portos e Vias navegáveis

Lucas Assirati

assirati@usp.br

beth.stt.eesc.usp.br/~la

O que é um porto ?

O que é um porto ?



O que é um porto ?



- Espaço físico → ligação entre demandas e soluções hidroviárias e terrestres

O que é um porto ?



- Espaço físico → ligação entre demandas e soluções hidroviárias e terrestres
- Objetivo: Transferência de mercadorias e passageiros

A embarcação



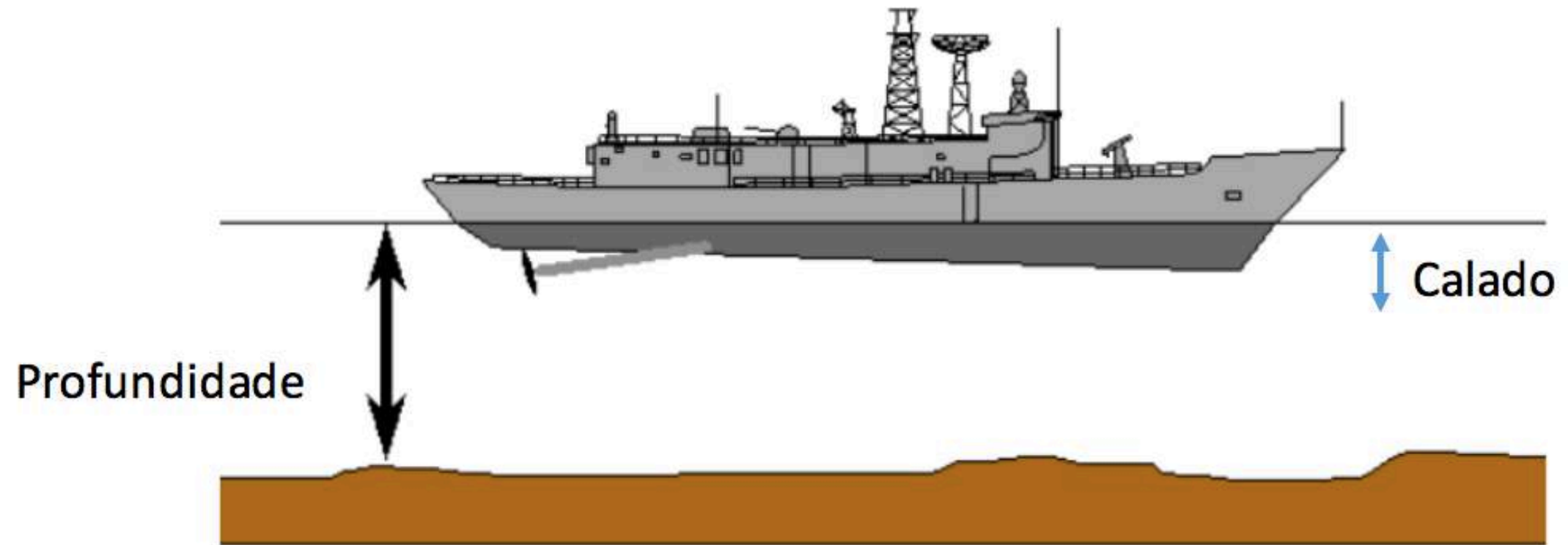
A embarcação



A embarcação



A embarcação



Interfaces

1 – Lado aquático



2 – Interface água-terra



3 – Lado terra



Dimensionamento temporal básico



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

$T_p \rightarrow$ Tempo no porto

$T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)

$T_m \rightarrow$ Tempo de manobra

$T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Porto de Santos



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

$T_p \rightarrow$ Tempo no porto

$T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)

$T_m \rightarrow$ Tempo de manobra

$T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Porto de Santos

Naturalmente protegido



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

$T_p \rightarrow$ Tempo no porto

$T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)

$T_m \rightarrow$ Tempo de manobra

$T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Porto de Santos

Naturalmente protegido



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

$T_p \rightarrow$ Tempo no porto

$T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)

$T_m \rightarrow$ Tempo de manobra

$T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Porto de Santos

Naturalmente protegido

Berços de serviço



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

}	$T_p \rightarrow$	Tempo no porto
	$T_w \rightarrow$	Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
	$T_m \rightarrow$	Tempo de manobra
	$T_s \rightarrow$	Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalente:

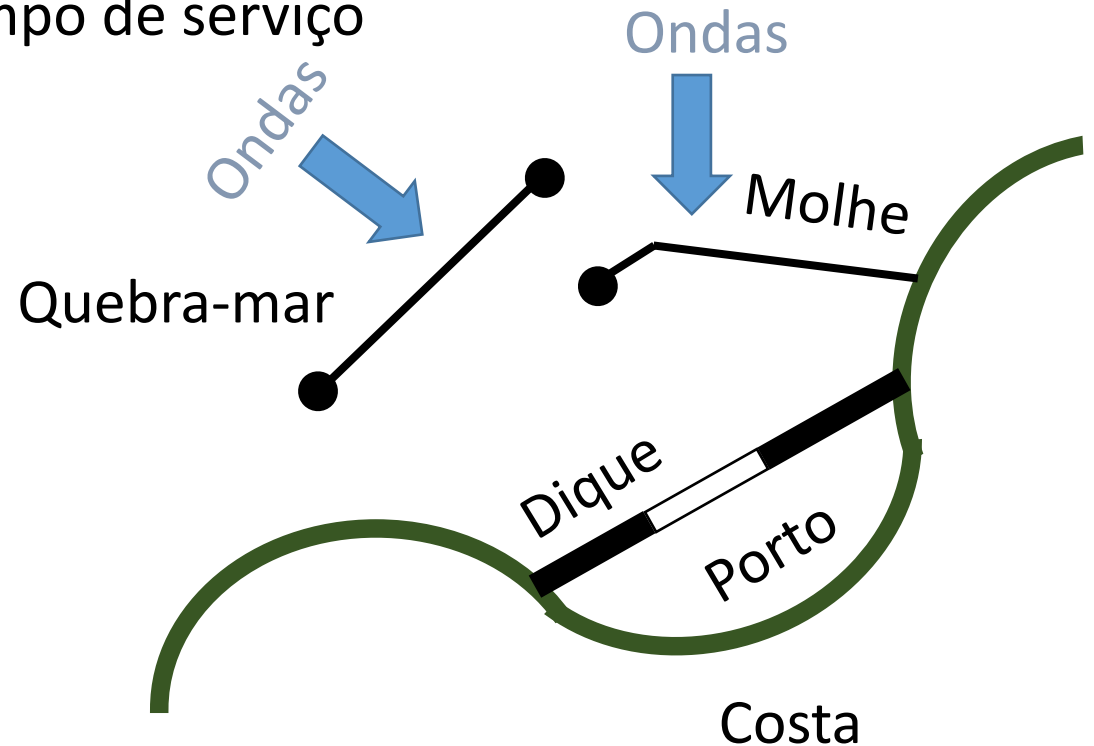
Obras de proteção

Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalente:
Obras de proteção



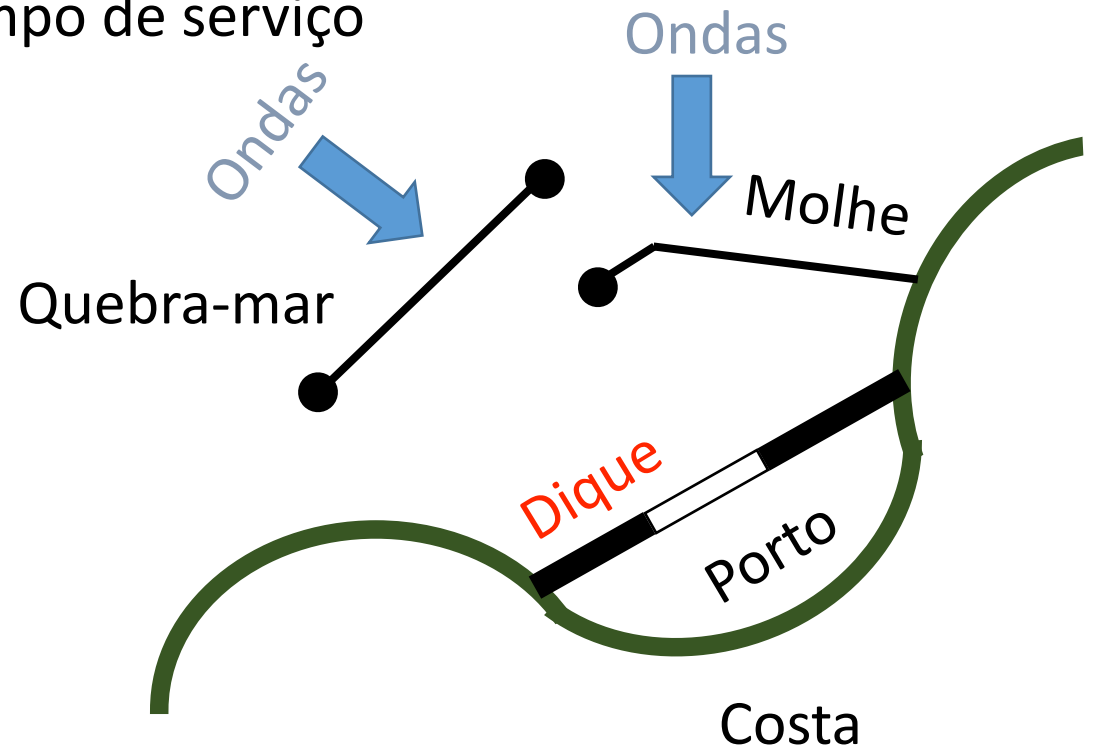
Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalente:

Obras de proteção



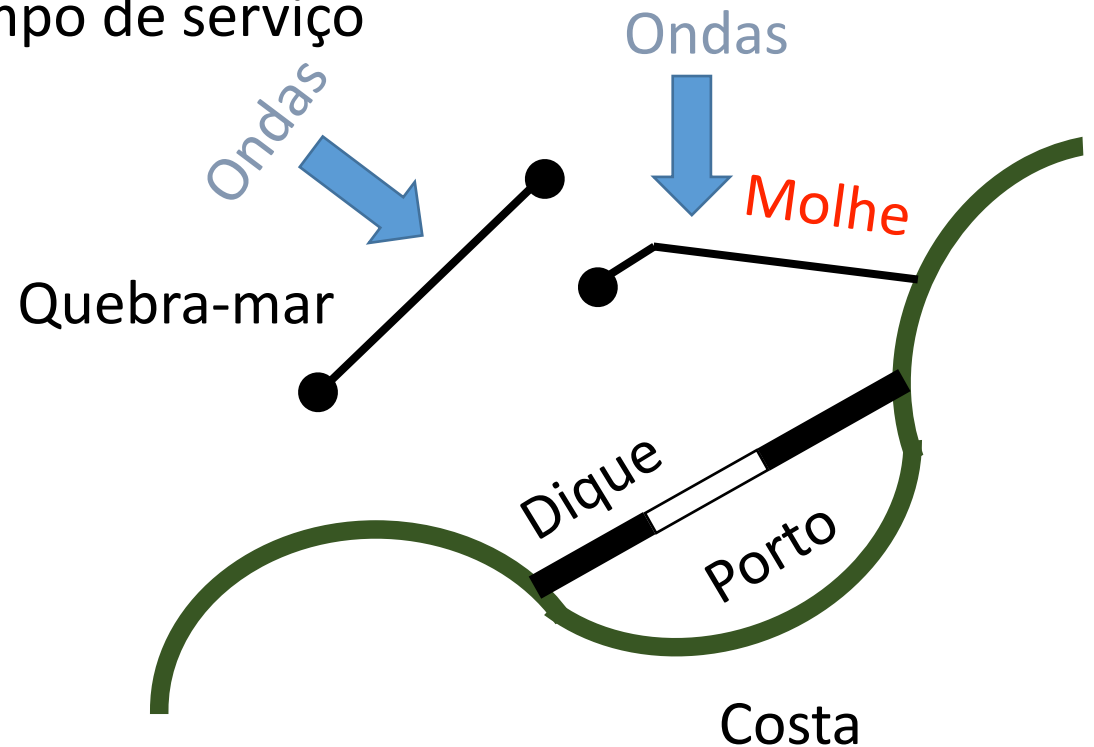
Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalmente:

Obras de proteção

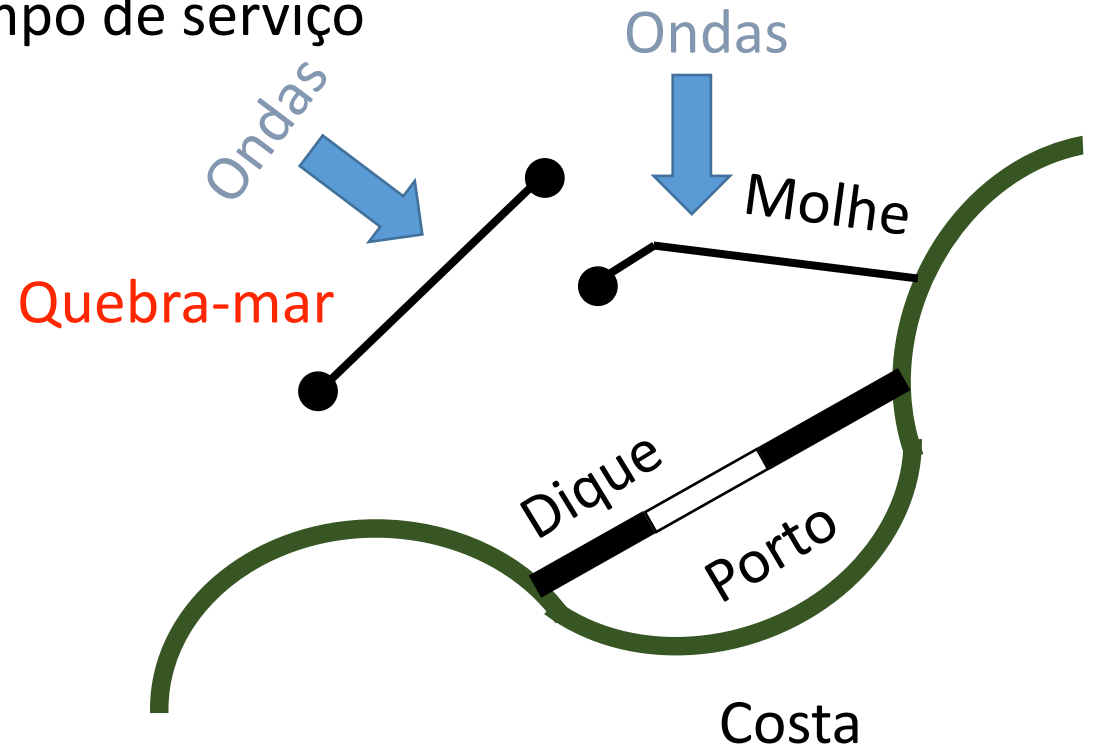


Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalente:
Obras de proteção



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalente:

Obras de proteção



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalente:

Obras de proteção



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalmente:
Obras de proteção



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalmente:

Obras de proteção

Auxílio ao processo de atracação



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

- $T_p \rightarrow$ Tempo no porto
- $T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
- $T_m \rightarrow$ Tempo de manobra
- $T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

Quando não-protegido naturalente:

Obras de proteção

Combate à inundação



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

}	$T_p \rightarrow$	Tempo no porto
	$T_w \rightarrow$	Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
	$T_m \rightarrow$	Tempo de manobra
	$T_s \rightarrow$	Tempo de serviço

- Deve atender um determinado nível de serviço

Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

}	$T_p \rightarrow$	Tempo no porto
	$T_w \rightarrow$	Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
	$T_m \rightarrow$	Tempo de manobra
	$T_s \rightarrow$	Tempo de serviço

- Deve atender um determinado nível de serviço
- Nível Técnico / Nível Social associados

Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

}	$T_p \rightarrow$	Tempo no porto
	$T_w \rightarrow$	Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
	$T_m \rightarrow$	Tempo de manobra
	$T_s \rightarrow$	Tempo de serviço

- Deve atender um determinado nível de serviço
- Nível Técnico / Nível Social associados

Especialização

Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

$T_p \rightarrow$ Tempo no porto

$T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)

$T_m \rightarrow$ Tempo de manobra

$T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

- Deve atender um determinado nível de serviço
- Nível Técnico / Nível Social associados

Especialização

Terminal de contêineres \rightarrow



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

}	$T_p \rightarrow$	Tempo no porto
	$T_w \rightarrow$	Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
	$T_m \rightarrow$	Tempo de manobra
	$T_s \rightarrow$	Tempo de serviço

- Deve atender um determinado nível de serviço
- Nível Técnico / Nível Social associados

Especialização

(Roll-on/roll-off)
Terminal ro-ro →



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

$T_p \rightarrow$ Tempo no porto

$T_w \rightarrow$ Tempo de espera (tempo para atracação no berço)

$T_m \rightarrow$ Tempo de manobra

$T_s \rightarrow$ Tempo de serviço

- Deve atender um determinado nível de serviço
- Nível Técnico / Nível Social associados

Especialização

Terminal de granéis \rightarrow



Dimensionamento temporal básico

$$T_p = T_w + T_m + T_s$$

}	$T_p \rightarrow$	Tempo no porto
	$T_w \rightarrow$	Tempo de espera (tempo para atracação no berço)
	$T_m \rightarrow$	Tempo de manobra
	$T_s \rightarrow$	Tempo de serviço

- Deve atender um determinado nível de serviço
- Nível Técnico / Nível Social associados
 - Qual o tempo máximo aceitável de espera ?
 - Quantas embarcações o porto irá comportar ?
 - Quantos contêineres serão deslocados no porto ?

Interfaces

1 – Lado aquático



2 – Interface água-terra



3 – Lado terra



Interfaces

1 – Lado aquático



2 – Interface água-terra



3 – Lado terra



1 – Lado aquático

- a) Alinhamento e largura de canais
- b) Profundidade do canal

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Canais:

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Canais:

Navegação fluvial



1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Canais:

Navegação fluvial



Canais de aproximação



1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para alinhamentos retos:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

- W → Largura do canal
- W_{BM} → Largura de manobras
- W_i → Largura referente à questões ambientais, tipo de carga, auxílio a navegação
- W_{Br} e W_{Bg} → Largura relativa à taludes

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para alinhamentos retos:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

- W → Largura do canal
- W_{BM} → Largura de manobras
- W_i → Largura referente à questões ambientais, tipo de carga, auxílio a navegação
- W_{Br} e W_{Bg} → Largura relativa à taludes

PIANC - Permanent International Association of Navigation Congresses
(Associação Internacional Permanente de Congressos de Navegação)

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para alinhamentos retos:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

W → Largura do canal

W_{BM} → Largura de manobras

W_i → Largura referente à questões ambientais, tipo de carga, auxílio a navegação

W_{Br} e W_{Bg} → Largura relativa à taludes

TABELA 11.2
Notação utilizada

TABELA 11.2 Notação utilizada	
B	Boca da embarcação
L	Comprimento da embarcação
T	Calado da embarcação

TABELA 11.3
Fator manobrabilidade

TABELA 11.3 Fator manobrabilidade			
Manobrabilidade da embarcação	Boa	Moderada	Ruim
Largura adicional	1,3 B	1,5 B	1,8 B

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para alinhamentos retos:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

(Uma via de circulação)

- W → Largura do canal
- W_{BM} → Largura de manobras
- W_i → Largura referente à questões ambientais, tipo de carga, auxílio a navegação
- W_{Br} e W_{Bg} → Largura relativa à taludes

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para alinhamentos retos:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

(Uma via de circulação)

W → Largura do canal

W_{BM} → Largura de manobras

W_i → Largura referente à questões ambientais, tipo de carga, auxílio a navegação

W_{Br} e W_{Bg} → Largura relativa à taludes

$$W = 2W_{BM} + 2 \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg} + \sum W_p$$

(Duas vias de circulação)

W_p → Largura Associada à distância de passagem

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para alinhamentos retos:

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

(Uma via de circulação)

W → Largura do canal

W_{BM} → Largura de manobras

W_i → Largura referente à questões ambientais, tipo de carga, auxílio a navegação

W_{Br} e W_{Bg} → Largura relativa à taludes

$$W = 2W_{BM} + 2 \sum_{i=1}^n W_i + W_{Br} + W_{Bg} + \sum W_p$$

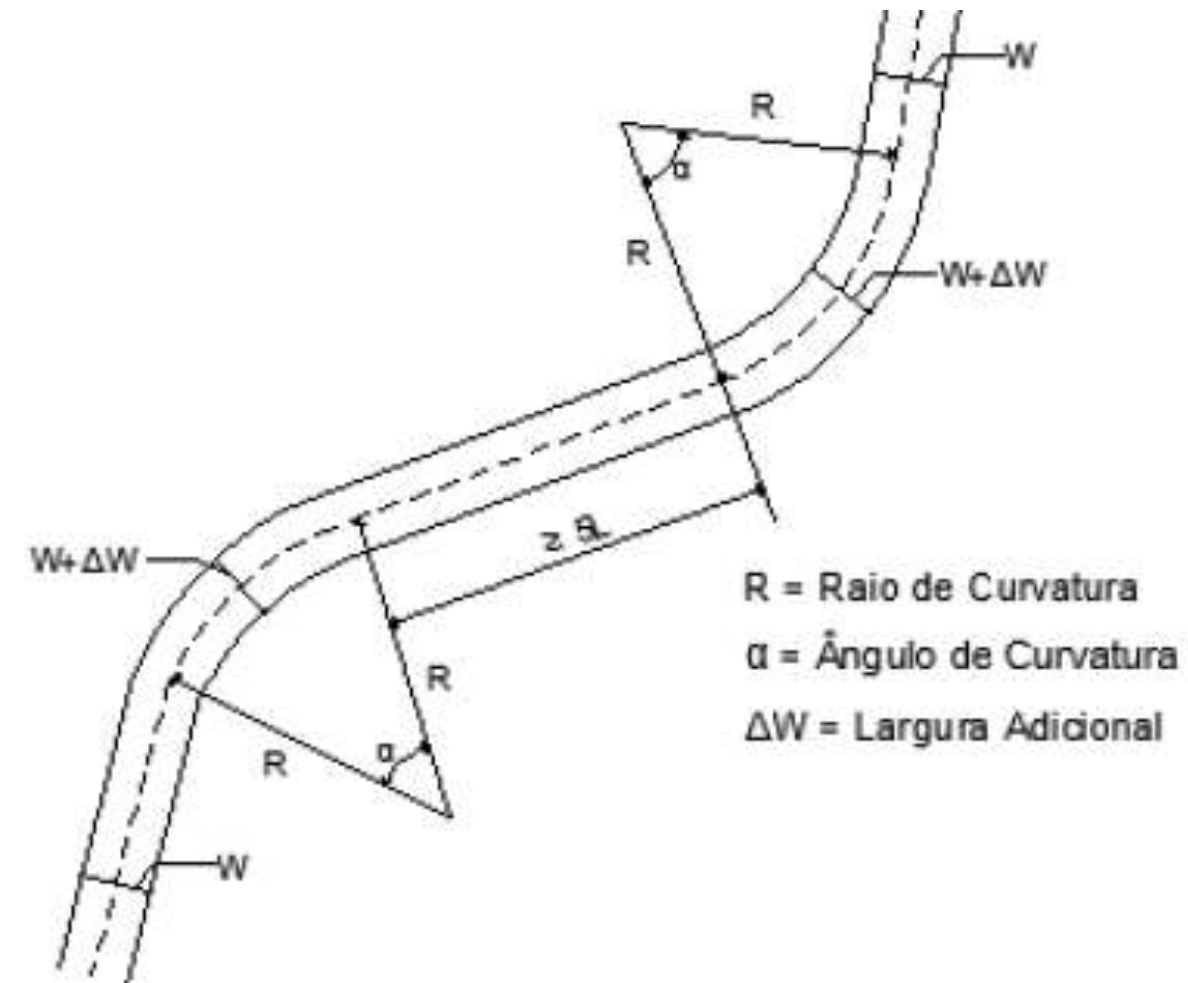
(Duas vias de circulação)

W_p → Largura Associada à distância de passagem

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

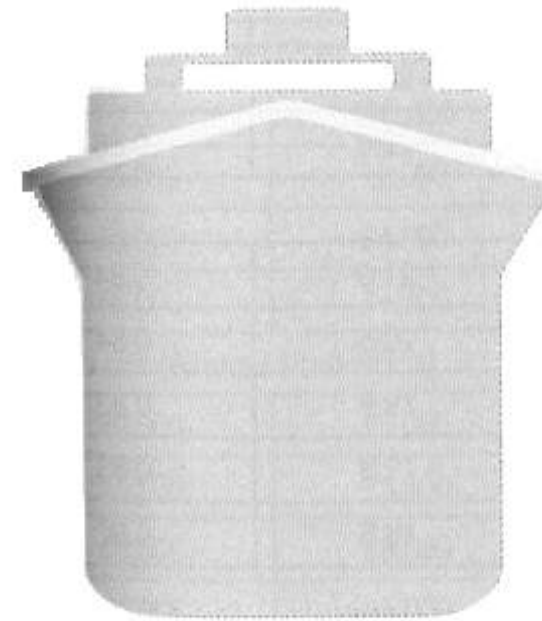
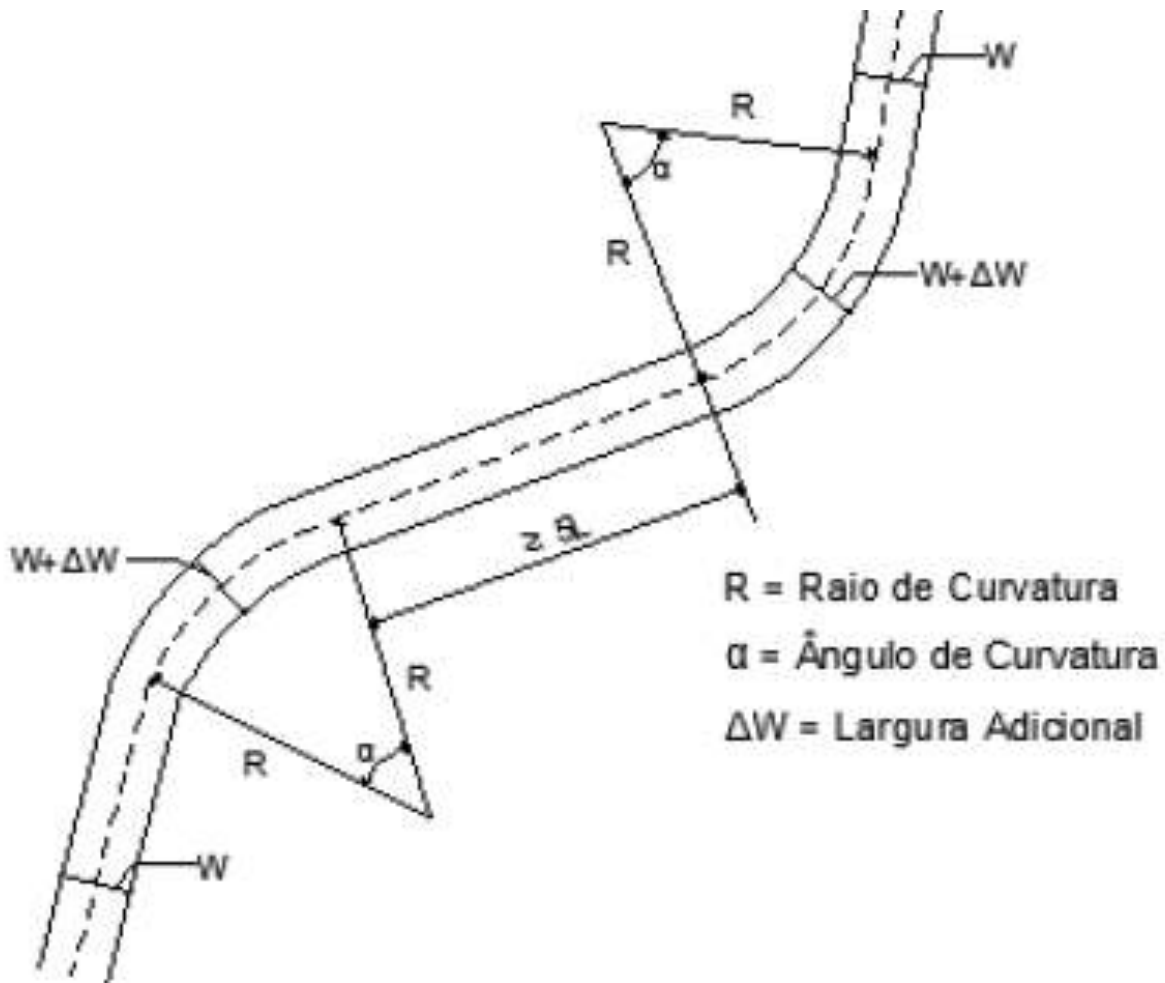
Largura para trechos curvos:



1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:



Boca

Largura requerida

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevaescentes
Fator 4	Correntes transversais prevaescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevaescentes
Fator 6	Altura significativa (H_s) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

Largura requerida

Manobrabilidade
Velocidade do navio
Ventos transversais prevalescentes
Correntes transversais prevalescentes
Correntes longitudinais prevalescentes
Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Auxílios à navegação
Superfície de fundo
Profundidade da via navegável
Nível de periculosidade da carga
Intensidade de tráfego
Largura adicional devido à folga com a margem
Largura de passagem para canais de mão dupla

1 – Lado aquático

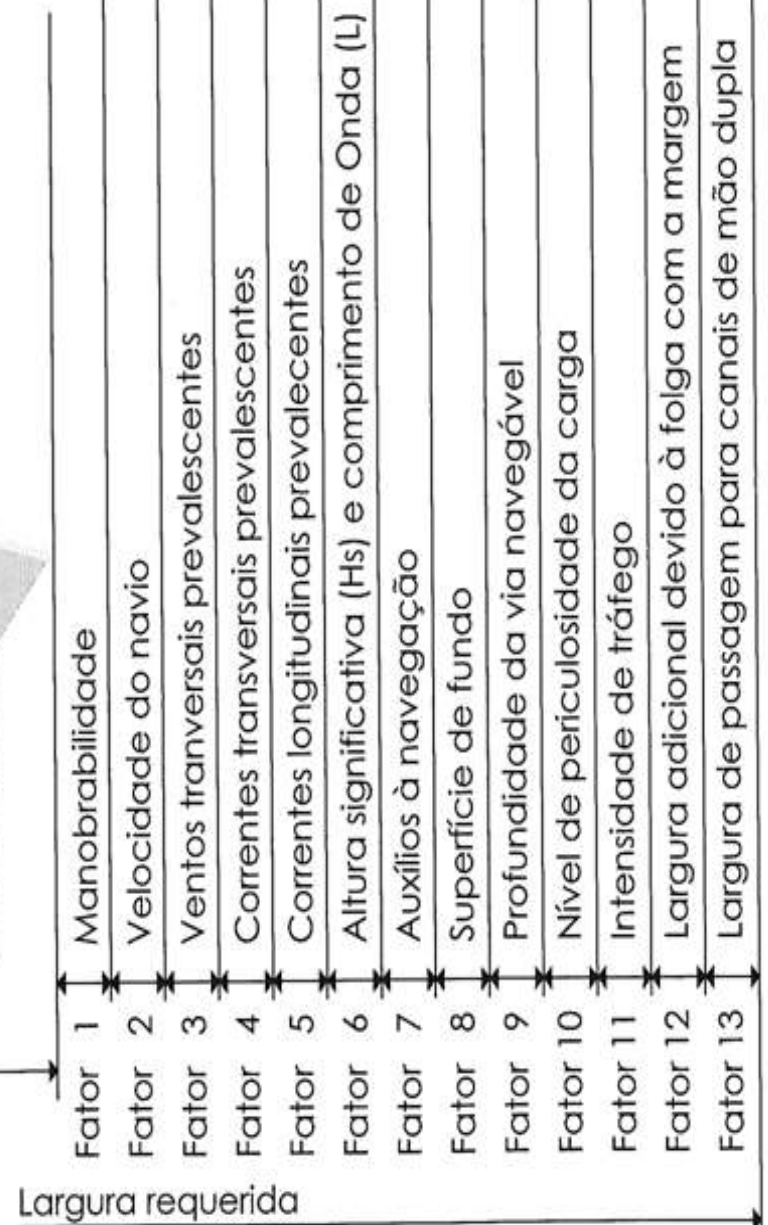
a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

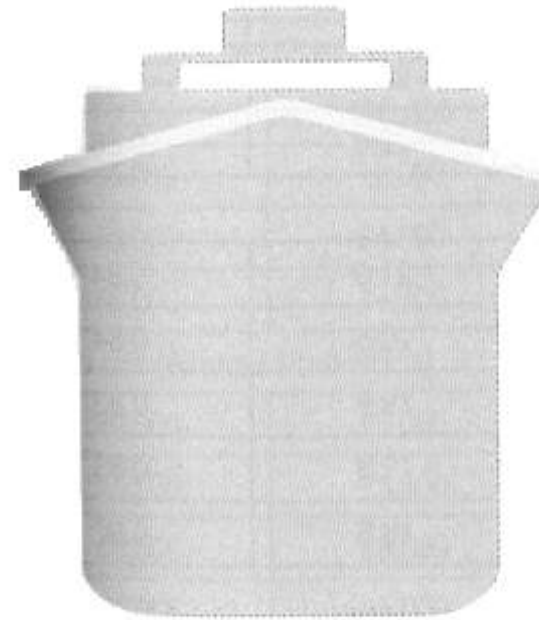


1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Manobrabilidade	Velocidade do navio	Ventos transversais prevalescentes	Correntes transversais prevalescentes	Correntes longitudinais prevalescentes	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)	Auxílios à navegação	Superfície de fundo	Profundidade da via navegável	Nível de periculosidade da carga	Intensidade de tráfego	Largura adicional devido à folga com a margem	Largura de passagem para canais de mão dupla
Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8	Fator 9	Fator 10	Fator 11	Fator 12	Fator 13

Largura requerida

1 – Lado aquático

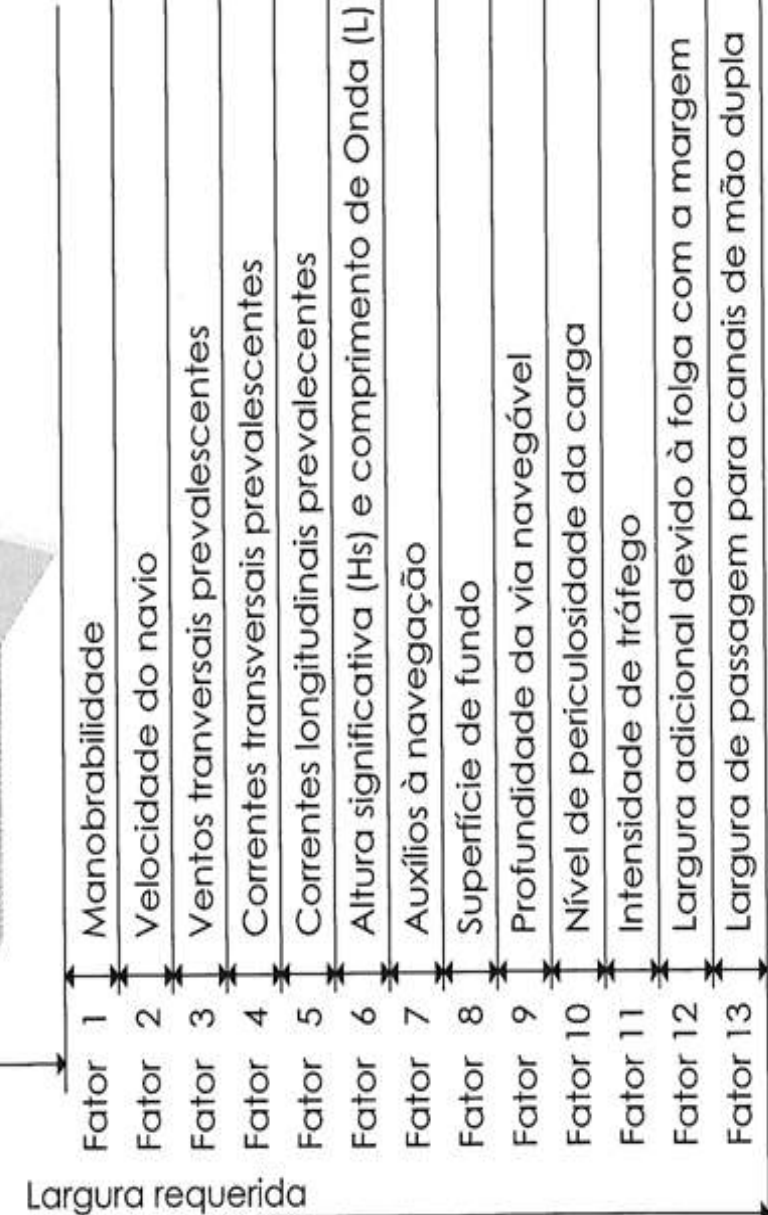
a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevaescentes ←
Fator 4	Correntes transversais prevaescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevaescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca



1 – Lado aquático

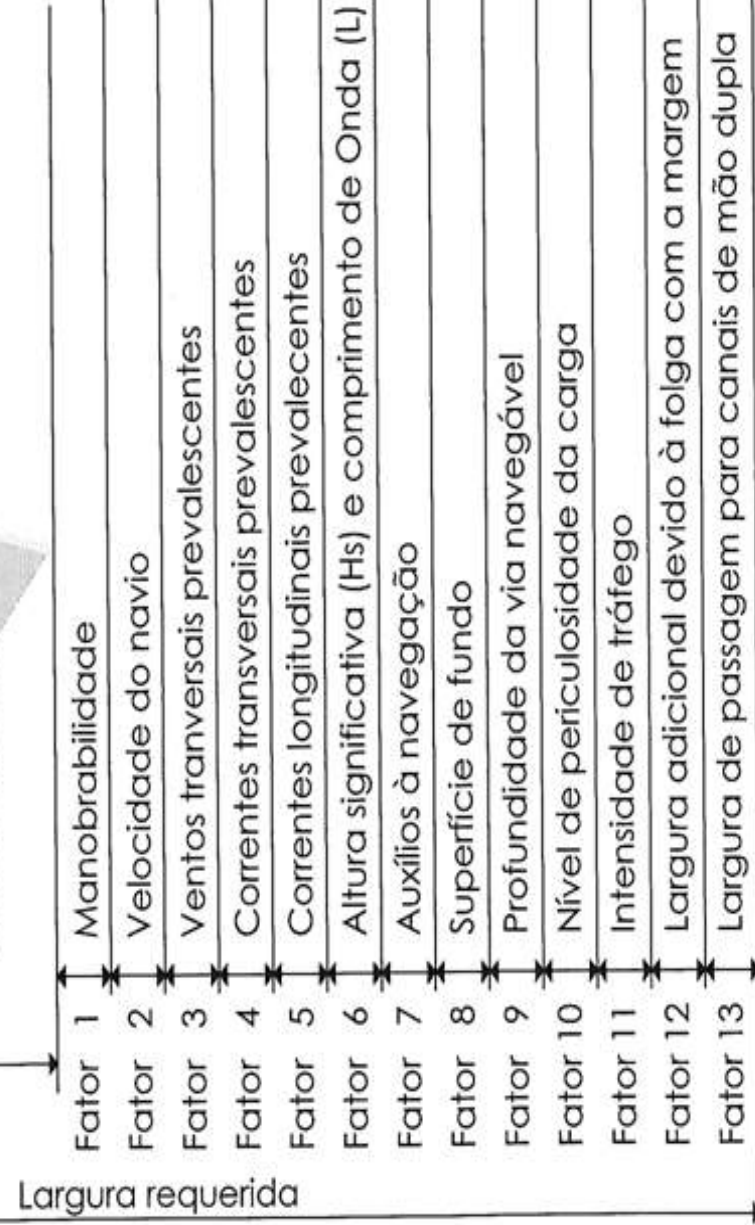
a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca



1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

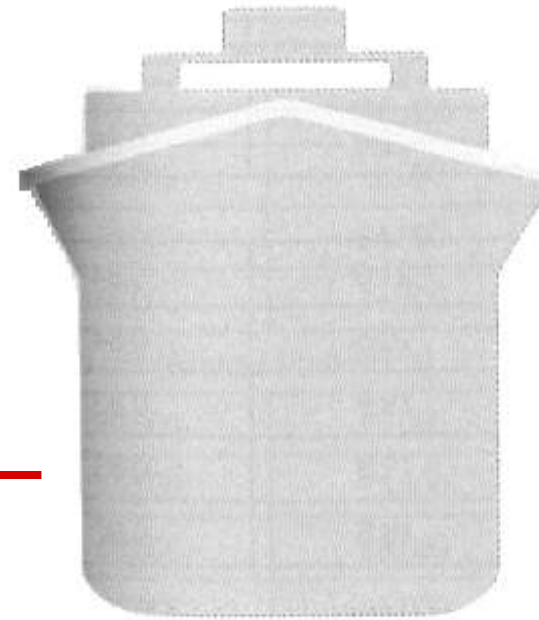


1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

Largura requerida

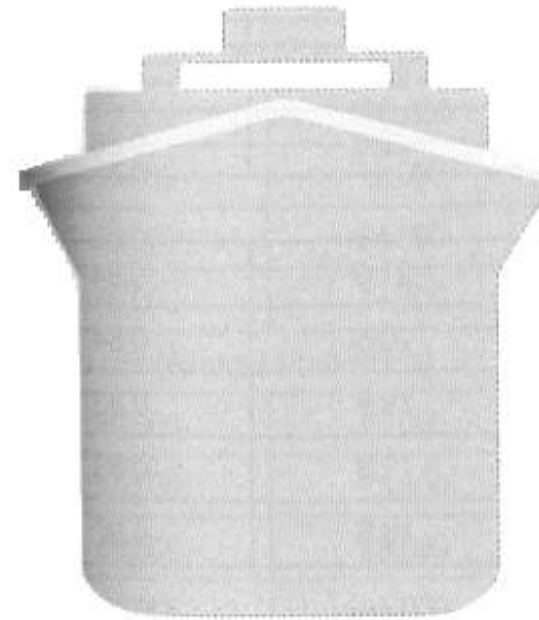
Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação ←
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

Largura requerida

Manobrabilidade	Velocidade do navio	Ventos transversais prevalescentes	Correntes transversais prevalescentes	Correntes longitudinais prevalescentes	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)	Auxílios à navegação	Superfície de fundo	Profundidade da via navegável	Nível de periculosidade da carga	Intensidade de tráfego	Largura adicional devido à folga com a margem	Largura de passagem para canais de mão dupla
Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8	Fator 9	Fator 10	Fator 11	Fator 12	Fator 13

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevaescentes
Fator 4	Correntes transversais prevaescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevaescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo ←
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

Largura requerida

Manobrabilidade
Velocidade do navio
Ventos transversais prevaescentes
Correntes transversais prevaescentes
Correntes longitudinais prevaescentes
Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Auxílios à navegação
Superfície de fundo
Profundidade da via navegável
Nível de periculosidade da carga
Intensidade de tráfego
Largura adicional devido à folga com a margem
Largura de passagem para canais de mão dupla

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável ←
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

Largura requerida

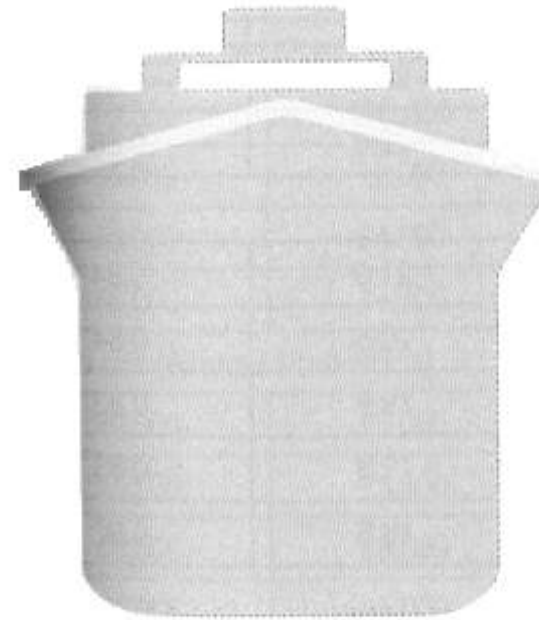
Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

Largura requerida

Manobrabilidade
Velocidade do navio
Ventos transversais prevalescentes
Correntes transversais prevalescentes
Correntes longitudinais prevalescentes
Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Auxílios à navegação
Superfície de fundo
Profundidade da via navegável
Nível de periculosidade da carga
Intensidade de tráfego
Largura adicional devido à folga com a margem
Largura de passagem para canais de mão dupla

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego ←
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

Largura requerida

Manobrabilidade
Velocidade do navio
Ventos transversais prevalescentes
Correntes transversais prevalescentes
Correntes longitudinais prevalescentes
Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Auxílios à navegação
Superfície de fundo
Profundidade da via navegável
Nível de periculosidade da carga
Intensidade de tráfego
Largura adicional devido à folga com a margem
Largura de passagem para canais de mão dupla

1 – Lado aquático

a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla



Boca

Largura requerida

Manobrabilidade	Velocidade do navio	Ventos transversais prevalescentes	Correntes transversais prevalescentes	Correntes longitudinais prevalescentes	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)	Auxílios à navegação	Superfície de fundo	Profundidade da via navegável	Nível de periculosidade da carga	Intensidade de tráfego	Largura adicional devido à folga com a margem	Largura de passagem para canais de mão dupla
Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8	Fator 9	Fator 10	Fator 11	Fator 12	Fator 13

1 – Lado aquático

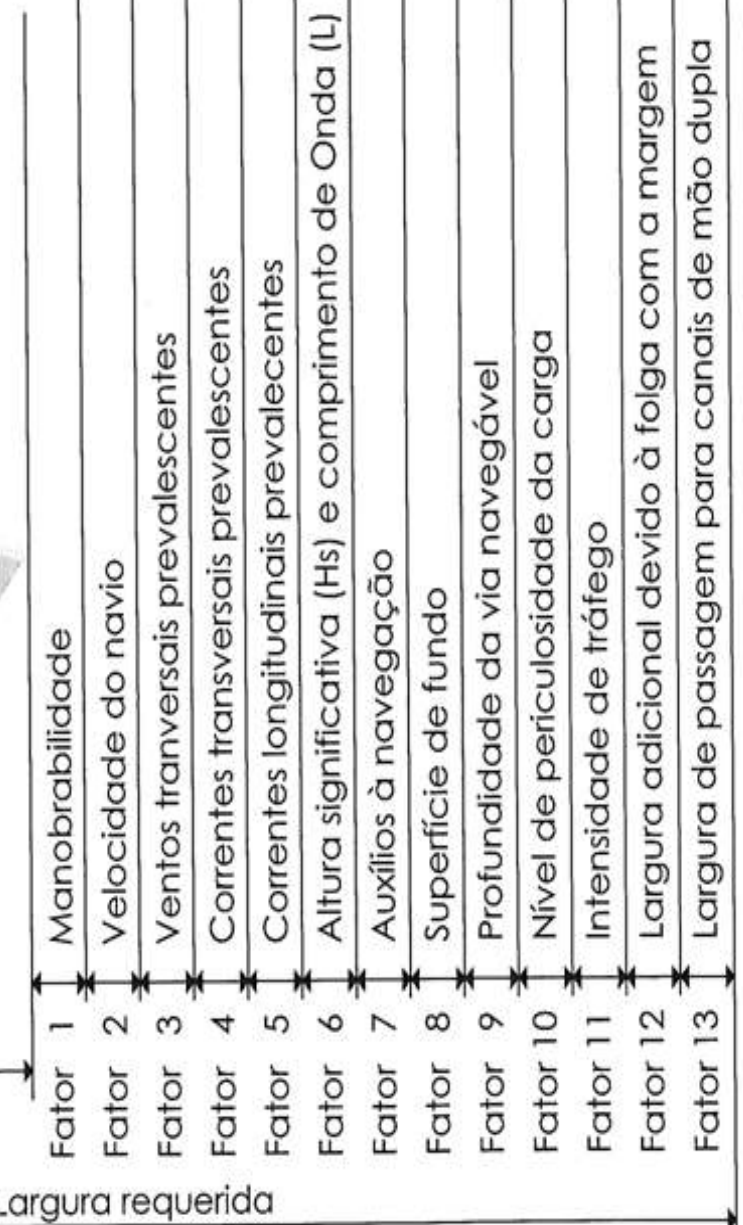
a) Alinhamento e largura de canais

Largura para trechos curvos:

Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do navio
Fator 3	Ventos transversais prevalescentes
Fator 4	Correntes transversais prevalescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevalescentes
Fator 6	Altura significativa (Hs) e comprimento de Onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade de tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla

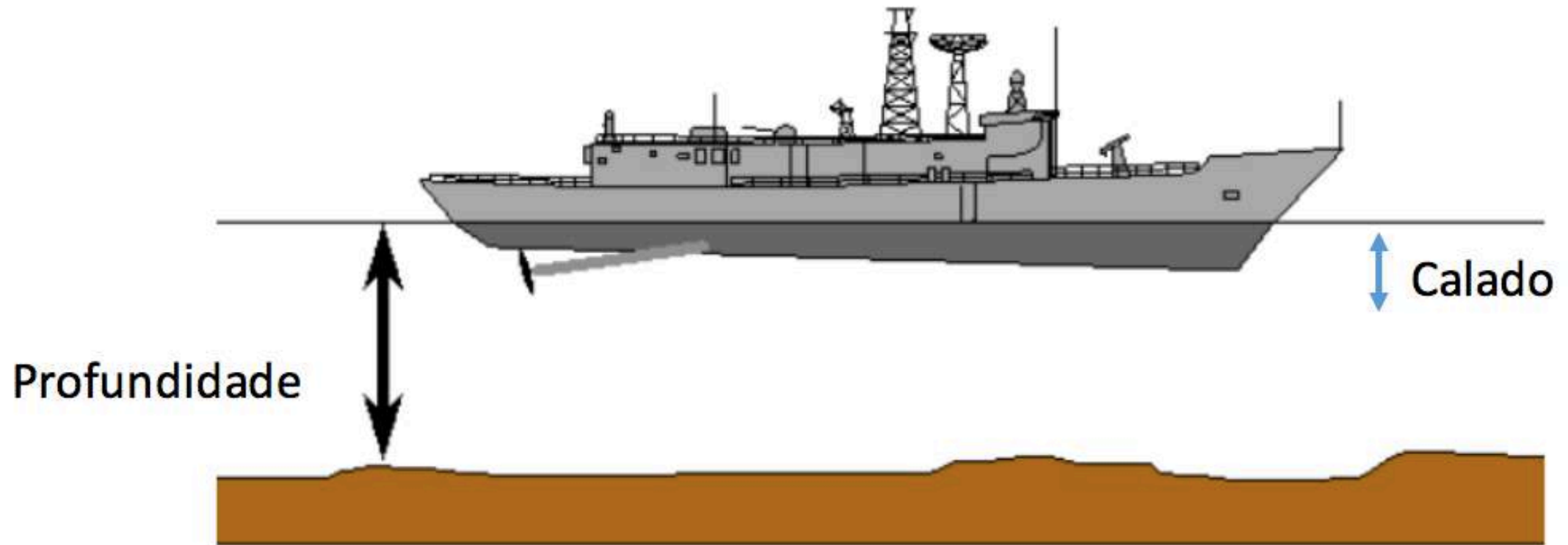


Boca



1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal



1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal

Dragagem



1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal

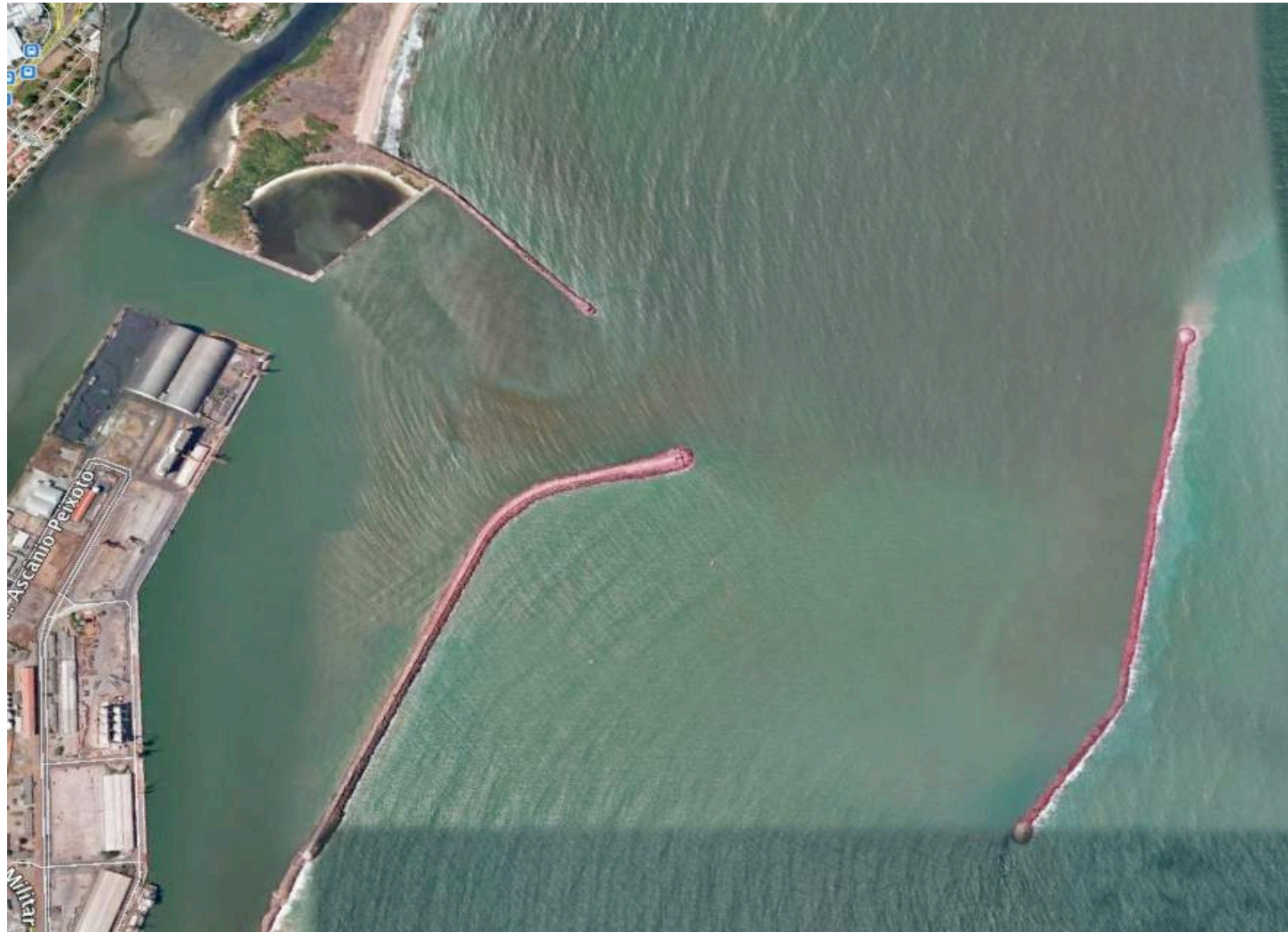
Dragagem



1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal

- Estabelece-se na fase de implantação



1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal

- Estabelece-se na fase de implantação
- Demanda manutenção



1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal

Número de Froude – Relação entre a velocidade e a profundidade do canal

$$F_{nh} = V / \sqrt{gh}$$

F_{nh} - Número de Froude [-];

V – Velocidade de movimentação do navio na água [m/s];

g – Aceleração da gravidade [9,81 m/s²];

h - Altura de água disponível [m].

1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal

Número de Froude – Relação entre a velocidade e a profundidade do canal

$$F_{nh} = V / \sqrt{gh}$$

{ Canal mais profundo → Velocidades maiores
Canal mais raso → Velocidades menores

F_{nh} - Número de Froude [-];

V – Velocidade de movimentação do navio na água [m/s];

g – Aceleração da gravidade [9,81 m/s²];

h - Altura de água disponível [m].

1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal

Afundamento (Squat)

$$Squat (m) = 2.4 \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{(1 - F_{nh}^2)}}$$

- ∇ - Volume de água deslocado [m³] - $C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T$;
- C_B - Coeficiente de bloco [-];
- L_{pp} - Comprimento do navio [m];
- B - Largura do navio [m];
- T - Calado do navio [m];
- F_{nh} - Número de Froude [-].

1 – Lado aquático

b) Profundidade do canal

Afundamento (Squat)

$$Squat (m) = 2.4 \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{(1 - F_{nh}^2)}}$$

- ∇ - Volume de água deslocado [m³] - $C_B \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T$;
- C_B - Coeficiente de bloco [-];
- L_{pp} - Comprimento do navio [m];
- B - Largura do navio [m];
- T - Calado do navio [m];
- F_{nh} - Número de Froude [-].

- A resistência de uma embarcação em uma certa velocidade é fortemente modificada quando a navegação se dá em águas rasas, ou seja, quando há restrição de profundidade.

- Maior velocidade leva a menos pressão e a acréscimos de afundamento

Interfaces

1 – Lado aquático



2 – Interface água-terra



3 – Lado terra



2 – Interface água-terra

- a) Quantificação de berços
- b) Quantificação de frota

2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

Teoria das filas

2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

Teoria das filas

- Modelos simplificados

2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

Teoria das filas

- Modelos simplificados

Chegadas $\rightarrow \lambda = \# \text{ solicitantes/tempo}$

Atendimento/partidas $\rightarrow \mu = \# \text{ solicitantes atendidos/tempo}$

Chegada: $\lambda = 5$ embarcações/hora

2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

Atendimento:

Das 06:00 - 9:00

$\mu = 3$ embarcações/hora

Das 09:00 – 12:00

$\mu = 7$ embarcações/hora

Teoria das filas

- Modelos simplificados

Chegadas $\rightarrow \lambda = \#$ solicitantes/tempo

Atendimento/partidas $\rightarrow \mu = \#$ solicitantes atendidos/tempo

2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

Teoria das filas

- Modelos simplificados

Chegadas $\rightarrow \lambda = \# \text{ solicitantes/tempo}$

Atendimento/partidas $\rightarrow \mu = \# \text{ solicitantes atendidos/tempo}$

Chegada: $\lambda = 5$ embarcações/hora

Atendimento:

Das 06:00 - 9:00

$\mu = 3$ embarcações/hora

Das 09:00 – 12:00

$\mu = 7$ embarcações/hora

Tempo	Chegada	Partida	fila
0	0	0	0
1	5	3	2
2	10	6	4
3	15	9	6
4	20	16	4
5	25	23	2
6	30	30	0

2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

Teoria das filas

- Modelos simplificados

Chegadas $\rightarrow \lambda = \# \text{ solicitantes/tempo}$

Atendimento/partidas $\rightarrow \mu = \# \text{ solicitantes atendidos/tempo}$

Chegada: $\lambda = 5$ embarcações/hora

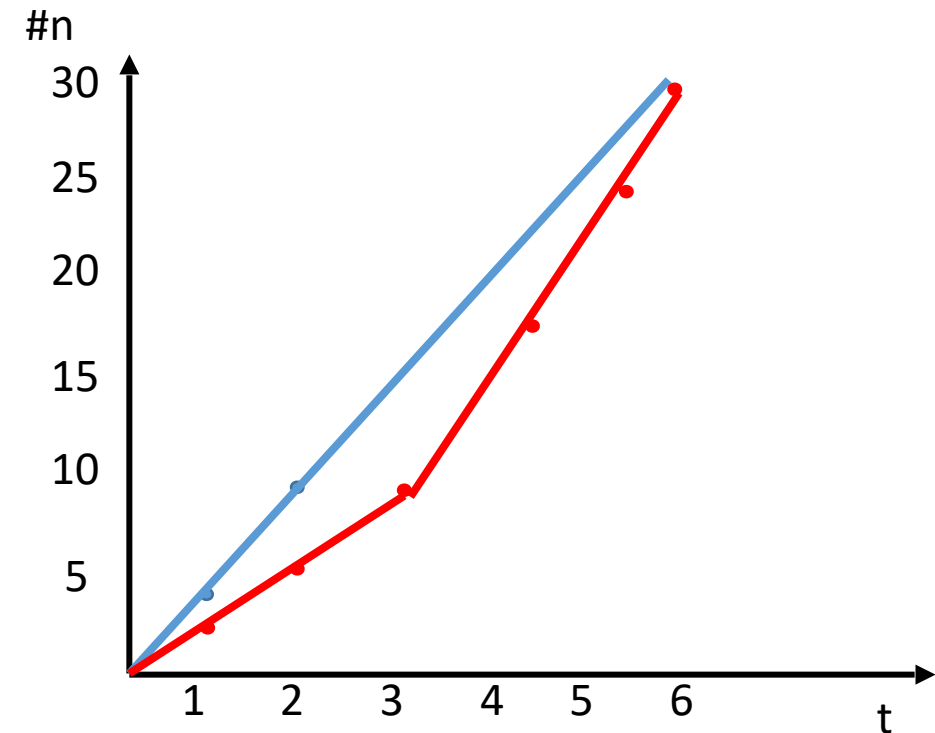
Atendimento:

Das 06:00 - 9:00

$\mu = 3$ embarcações/hora

Das 09:00 – 12:00

$\mu = 7$ embarcações/hora



2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

Teoria das filas

- Modelos mais elaborados

2 – Interface água-terra

a) Quantificação de berços

Teoria das filas

- Modelos mais elaborados
 - Probabilidade de chegada dada pela distribuição de Poisson

$$P_n = \frac{y^n}{n!} e^{-y}$$

y : nº médio de berços

n : nº de navios chegando num dia

2 – Interface água-terra

b) Quantificação de frota

2 – Interface água-terra

b) Quantificação de frota

Número (n) de embarcações

$$n = \frac{t}{CT}$$

t → tonelagem produzida num intervalo de tempo t' (tempo de ciclo)

CT → capacidade de tráfego de um comboio operando no tempo t' (tempo de comboio)

Interfaces

1 – Lado aquático



2 – Interface água-terra



3 – Lado terra



3 – Lado terra

- a) Capacidade de movimentação de carga
- b) Capacidade de armazenamento de carga

3 – Lado terra

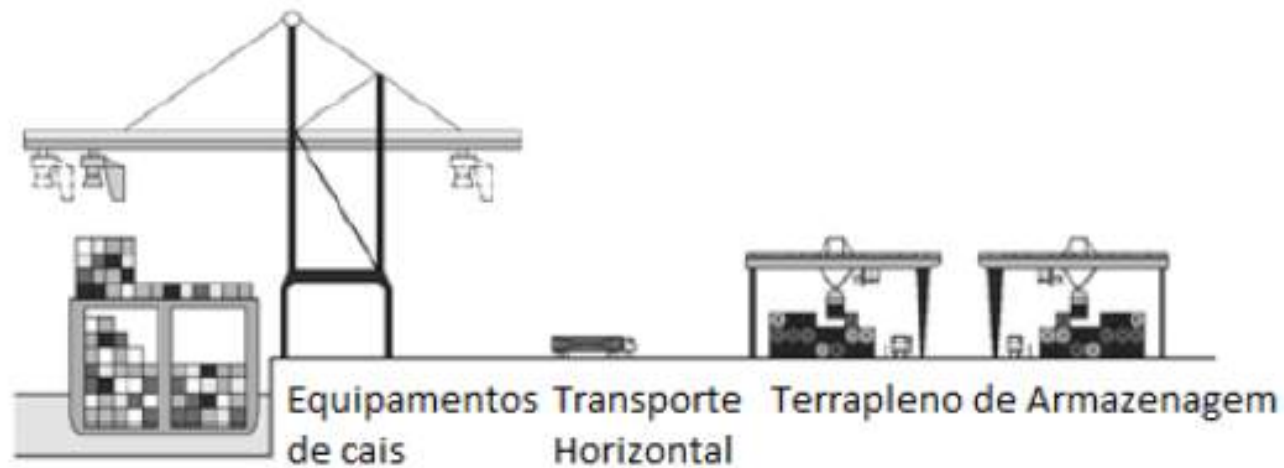
a) Capacidade de movimentação de carga

Equipamentos de movimentação de cargas

3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

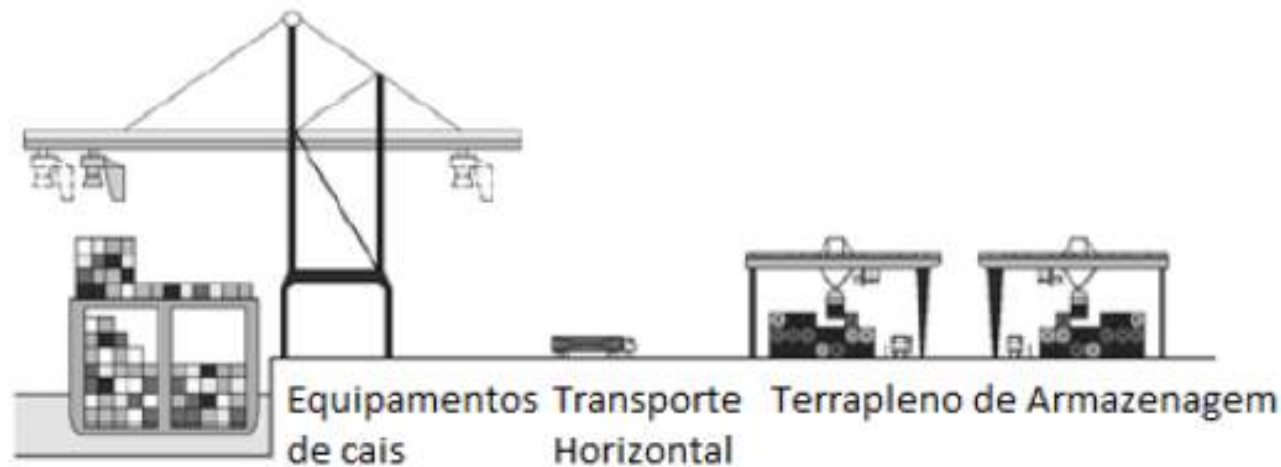
Equipamentos de movimentação de cargas



3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Equipamentos de movimentação de cargas



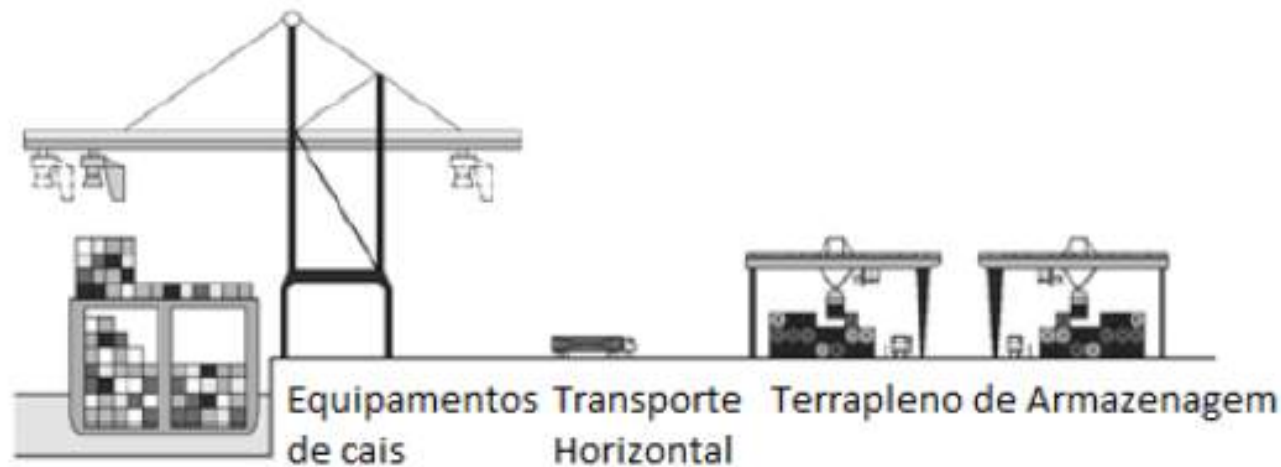
Aplicação: *ship / ship-to-shore / shore services*

(Embarcação / Embarcação e costa / Costa)

3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Equipamentos de movimentação de cargas



Avaliação:

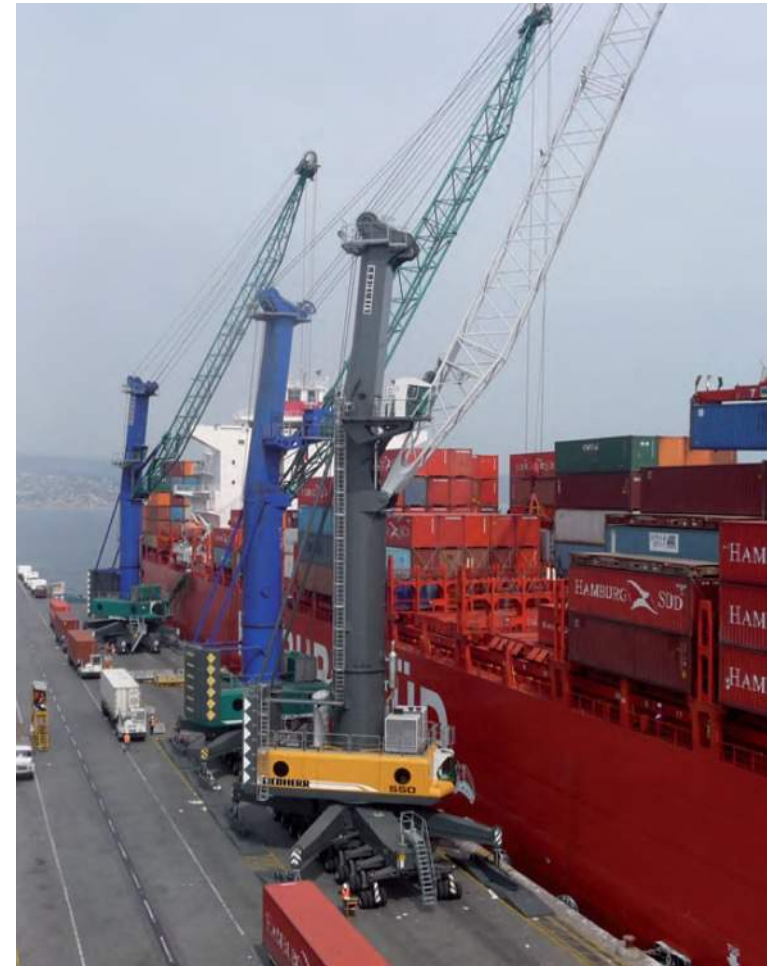
- Capacidade de carga
- Mobilidade
- Alcance

Aplicação: *ship / ship-to-shore / shore services*
(Embarcação / Embarcação e costa / Costa)

3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Mobile harbour crane (Guindaste móvel)



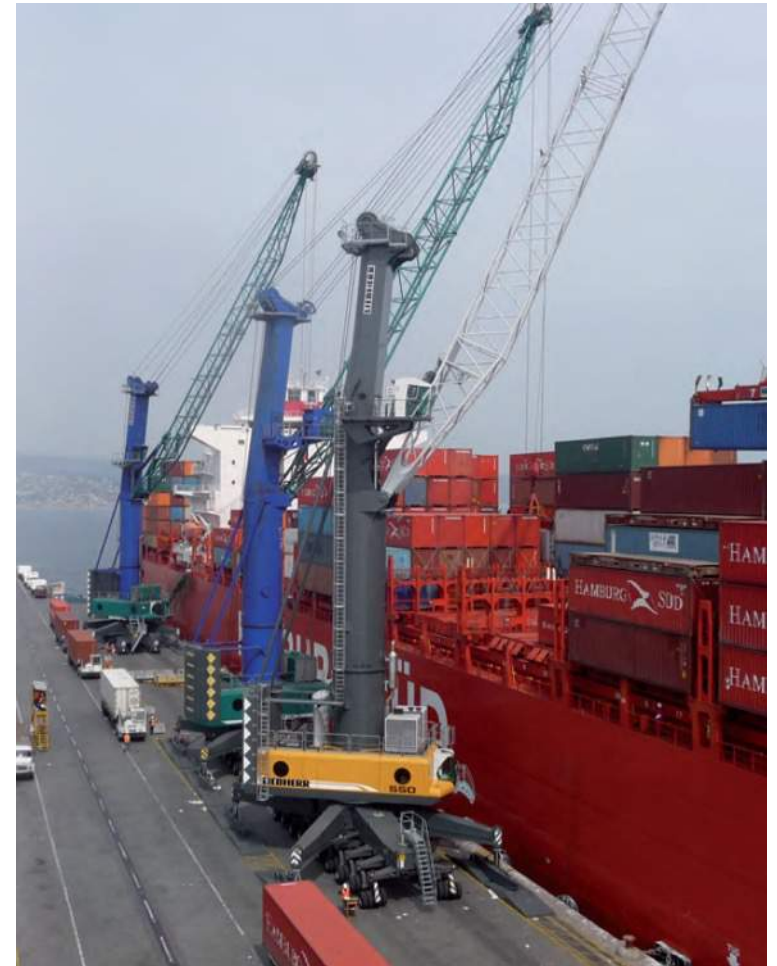
3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Mobile harbour crane (Guindaste móvel)

Rendimento técnico:
25-28 contêineres / h

Capacidade de elevação:
40-208 toneladas



3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Stacking crane (Guindaste pórtico)

– *rubber tyre*

– *rail*



3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Stacking crane (Guindaste pórtico)

– *rubber tyre*

– *rail*



3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Stacking crane (Guindaste pórtico)

– *rubber tyre*

– *rail*



3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Stacking crane (Guindaste pórtico)

– *rubber tyre*

– *rail*



Velocidade de subida/descida

Velocidade de deslizamento

Velocidade do operador

3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Straddle carrier crane (Grua transportadora)



3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Straddle carrier crane (Grua transportadora)



Elevam contêineres até um máximo de 3 ou 4 unidades de altura

Empilhamento em faixas suficientemente largas para circulação das rodas

Velocidade máxima ~ 20km/h

3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Automated-guided vehicle (AGV)
(Veículo com orientação automática)



3 – Lado terra

a) Capacidade de movimentação de carga

Automated-guided vehicle (AGV)
(Veículo com orientação automática)



Levam contêineres de 20ft, 40ft, 45ft

Capacidade máxima: 60T

Baixos custos laborais:
ausência de operadores

Altos custos de implantação

Demanda manutenção regular

3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal de contêineres



3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal de contêineres



- Área do pátio
- Empilhamento máximo
- Vias de movimentação

3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal graneleiro



3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal graneleiro



- Aberto / Fechado ?

3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal graneleiro



- Aberto / Fechado ?

3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal graneleiro



- Aberto / Fechado ?
- Fator de acondicionamento /
ângulo de repouso

3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal graneleiro



- Aberto / Fechado ?
- Fator de acondicionamento /
ângulo de repouso

- Mesmo peso e diferentes áreas ?
- Diferentes volumes e mesma área ?

3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal graneleiro



- Mesmo peso e diferentes áreas ?
- Diferentes volumes e mesma área ?

- Aberto / Fechado ?
- Fator de acondicionamento /
ângulo de repouso

Mercadoria	Fator de Acondicionamento (m ³ /ton.)	Ângulo de Repouso (°)
Bauxite	0,74-0,91	28-49
Cimento	0,65	-
Carvão	0,8-1,4	30-45
Farinha de Peixe	1,25	-
Milho	1,33-1,42	30-40
Centeio	1,42	30
Soja	1,25	30
Trigo	1,33-1,39	25-30
Minério de Ferro	0,30-0,66	30-50
Fosfato	0,73-0,78	30-34
Açúcar	1,13-1,27	40

3 – Lado terra

b) Capacidade de armazenamento

Terminal graneleiro



- Aberto / Fechado ?
- Fator de acondicionamento /
ângulo de repouso
- Uso de Silos
 - Protegidos
 - Melhor utilização da área
 - Uso dedicado (atenção com
a especificidade)

Características típicas

- Métricas frequentemente não-lineares
- Nível de serviço, em seu caráter social, envolve aspectos subjetivos
- Utilização de conceitos de pesquisa-operacional
- Utilização de simulações avançadas