



MANUAL PARA
PROJETO
DE DEFENSA

SHIBATA**FENDER****TEAM**

▶ | on the safe side

PROJETO DE DEFENSAS

BEM-VINDO AO MANUAL DE PROJETO DA SHIBATAFENDERTEAM

As defensas são a interface entre o navio e o ancoradouro. As mesmas são principalmente uma barreira para proteger pessoas, navios e estruturas. A maioria dos sistemas de defensas utiliza unidades elastoméricas (borracha), pneumáticas ou espumas especiais, que agem como molas para absorver a energia cinética do navio. A força aplicada pelo navio enquanto estiver atracando comprime a mola, absorvendo energia e transferindo tais forças para outras partes do sistema de defesa – painéis, ancoragem e correntes – e, em seguida, para estruturas de sustentação via um caminho definido de esforços.

Um projeto adequado de defensas engloba várias disciplinas. O conhecimento do livro deve complementar a experiência das operações de transporte marítimo e de manobras de atracação que ocorrem no mundo real. A maioria de códigos e normas de projeto exige do projetista um bom conhecimento operacional do assunto. A ShibataFenderTeam está enfrentando este desafio por mais de 50 anos, adquirindo experiência diversificada em todos os aspectos de projeto e aplicações de defensas.

Esta guia pretende ser um recurso preciso para auxiliar projetistas e especificadores com o objetivo de identificar os critérios-chave de entrada, calcular energias de atracação e selecionar os tipos mais adequados de defensas. Os especialistas da ShibataFenderTeam sempre se encontram disponíveis para prestar apoio neste processo e providenciar conselhos quanto a detalhes e especificações.

EXCEÇÕES Este manual é aplicável para a maioria dos navios convencionais e comerciais. Solicitamos-lhe gentileza conversar com a ShibataFenderTeam a respeito de aplicações e requisitos especiais para navios incomuns, tais como: catamarãs, navios da marinha, equipamentos e operações offshore.

A SHIBATAFENDERTEAM

A ShibataFenderTeam tem a sua sede na Alemanha com filiais nos EUA, Europa, Oriente Médio, Ásia e Austrália. A nossa rede de representantes locais bem estabelecidos abrange todos os seis continentes.

Nossa empresa-mãe japonesa, a Shibata Industrial Co. Ltd., tem desenvolvida e fabricada uma vasta gama de produtos de borracha projetada desde 1923, e foram pioneiros do projeto de defensas e fabricam as mesmas por mais de 50 anos. A ShibataFenderTeam possui e opera instalações de teste e de fabricação no Japão, Malásia e Alemanha, onde nós produzimos:

- ▶ muitos produtos especiais para aplicação marinha que exploram nosso conhecimento de borracha, aço, poliuretano e polietileno
- ▶ unidades de defensas de borracha extrudada e moldada até o peso unitário de 18.5 t
- ▶ defensas de borracha pneumática com diâmetros de até 3.3 m e comprimento de 9.0 m
- ▶ defensas de espuma com diâmetros de até 4.5 m e comprimento de 10 m
- ▶ defesa deslizante HD-PE até seção transversal de 300 mm x 300 mm e comprimento de 6 m
- ▶ estruturas metálicas com peso unitário de até 30 t
- ▶ boias para várias aplicações até diâmetro de 4.5 m

Além desta competência excepcional, a nossa equipe composta de parceiros, colaboradores, fornecedores bem conceituados e aprovados dispõe de décadas de conhecimento especializado na concepção de sistemas de defesa de segurança crítica, protegendo as pessoas, os navios e as infraestruturas portuárias.

A ShibataFenderTeam combina tais recursos e habilidades, sempre, para qualquer sistema de defesa de última geração. Nossas instalações internas de fabricação e nossos produtos de alta qualidade a preços competitivos proporcionaram à ShibataFenderTeam uma reputação de parceiro confiável nos mercados internacionais de portos, ancoradouros e vias navegáveis.

SEÇÃO 1

CÁLCULO DE ENERGIA DE ATRACAÇÃO

Símbolos e Recursos de Informações	04
Processos do Projeto	05
Navios.....	06
Dimensões dos Navios.....	07
Terminologia Marítima.....	08
Navios-Tanques.....	09
Graneleiros	10
Transportadores de Gás Natural	11
Navios Porta-Contêineres	12
Carga Geral (Cargueiros), RoRo e Barcos de Travessia.....	13
Transportadores de Automóveis, Navios de Cruzeiro e Barcos Rápidos de Travessia	14
Limites do Navio.....	15
Cargas do Navio.....	16
Aproximação do Navio.....	17
Coefficiente de Massa Agregada (C_M).....	18
Coefficiente de Excentricidade (C_E).....	19
Coefficiente de configuração do posto de Amarração (C_C) e Coefficiente de deformabilidade (C_S)	20
Velocidades de Atracação	21
Energia de Atracação	22

SEÇÃO 2

GUIA PARA SELEÇÃO DA DEFENSA

23

O processo completo para seleção de defesa, materiais, testes e informações relacionadas são abordados na PARTE 2.

SÍMBOLOS E RECURSOS

Símbolo	Descrição	Unidades	Códigos e padrões
B	Boca (largura) do navio, excluindo cinturões	m	Código de Prática para Projeto de Sistemas de Defesa e Amarras: BS 6349: Parte 4 (2014)
C	Distancia entre o casco do navio e a face da estrutura	m	
C _B	Coefficiente de bloqueio do casco do navio		PIANC WG33 Diretrizes para projetos de defensas (2002)
C _C	Coefficiente de configuração de atracação		
C _E	Coefficiente de excentricidade		
C _M	Coefficiente de massa (adicionada) hidrodinâmica		Recomendações do Committee for Waterfront Structures, Harbours and Waterways (EAU 2004)
C _S	Coefficiente de suavização		
D	Calado real do navio	m	
D _B	Calado do lastro do navio	m	Relatório PIANC para a comissão internacional de melhoria no projeto de sistemas de defensas: Suplemento do Boletim No.45 (1984)
D _L	Calado carregado ou em condições de verão do navio	m	
D _S	Calado do escantilhão do navio (máximo)	m	
D _U	Calado em vazio	m	Ações em projetos de trabalhos marítimos e portuários: ROM 2.0-11 (2012)
E _A	Energia cinética de atracação do navio anormal	kNm (kJ)	
E _F	Energia da defesa (corrigida ao ângulo, temperatura, etc).	kNm (kJ)	Recomendações para o projeto de configuração marítima de portos, Canais de aproximação e bacias de ancoradouros: ROM 3.1-99 (1999)
E _N	Energia cinética de atracação normal da embarcação	kNm (kJ)	
E _{RPD}	Energia da defesa (em datum de desempenho nominal)	kNm (kJ)	
E _{LET}	A energia da defesa à tolerância final baixa (à tolerância mínima de fabricação)	kNm (kJ)	Defensas para docas – Rosa 2000 Edição No.1
F	Força de impacto aplicada à face da defesa ou painel pelo casco do navio.	kN	Engenharia e projeto de portos militares: Critérios de facilidades unificados UFC 4-159-02 (2004)
F _B	Bordo livre do lastro do navio ao nível do convés	m	
F _L	Bordo livre do vau ou lastro do navio ao nível do convés	m	
F _S	Bordo livre (mínimo) do escantilhão do navio ao nível do convés	m	
H	Altura da defesa compressível excluindo o painel, etc.	m	Projetos de piers e cais: Critérios unificados de facilidades UFC 4-152-01 (2005)
H _M	Profundidade do casco	m	
HP	Pressão do casco	kN/m ² (kPa)	Diretrizes para o projeto de estruturas marítimas – Austrália: AS4997 (2005)
K	Raio de giro do navio	m	Padrões Técnicos e Comentários para as instalações dos Portos e Ancoradouros no Japão (2009)
K _C	Espaço entre a quilha e o solo oceânico	m	
L _L	Comprimento total do maior navio usando o ancoradouro	m	
L _{OA}	Comprimento total do navio	m	
L _{BP}	Comprimento do navio entre perpendiculares	m	
L _S	Comprimento total do menor navio usando o ancoradouro	m	
L _{WL}	Comprimento do casco do navio na linha d'água em calado carregado	m	Canais de acesso – Um guia para projeto: Suplemento PIANC ao boletim No.95 (1997)
M _B	Deslocamento do navio em condição de lastro	t	
M _D	Deslocamento do navio	t	
P	Espaçamento entre defensas	m	Manual para projetistas de portos – Recomendações e Instruções: Carl Thoresen (2003) ISBN 9780727732886
R	Distância do ponto de impacto ao centro de massa do navio	m	
R _B	Curva da proa	m	
R _F	Reação da defesa (corrigida ao ângulo, temperatura, etc)	kN	Planejamento e projeto de terminais portuários e da marinha: Editado por Hans Agerschou – 2a. Edição (2004) ISBN 0727732242
R _{RPD}	Reação da defesa (ao dado de desempenho nominal)	kN	
R _{HET}	Reação de defesa em tolerância avançada (na tolerância máxima do fabricante)	kN	Navios significativos: Royal Institute of Naval Architects (1992-2010) www.rina.org.uk
T	Força de cisalhamento	kN	
v	Velocidade do navio	m/s	
v _B	Velocidade do navio perpendicular à linha de atracação	m/s	Métodos de testes padrão para determinar e relatar energia de atracação e a reação das defensas marítimas: ASTM F2192-05 (2005)
v _L	Velocidade do navio paralelo à linha de atracação	m/s	
x	Distância da proa ao meio de corpo paralelo (extremidade da curva da proa)	m	
α	Ângulo de atracação (linha de centro do navio à linha de atracação)	deg.	
β	Ângulo de curvatura da proa (ângulo vertical do casco à face do painel da defesa)	deg.	Sistema de classificação padrão para os produtos de borracha em aplicações automotivas: ASTM F2192-05 (2012)
γ	Ângulo vetor de velocidade (entre R e v _B)	deg.	
Δ	Deflexão da defesa compressível	m	
θ	Ângulo horizontal com a defesa (permitido para curva de proa)	deg.	
η	Fator de segurança para energia de atracação anormal		
η _C	Fator de segurança das correntes		
μ	Fator de fricção		
ρ _{SW}	Densidade da água do mar	t/m ³	

PROCESSOS DO PROJETO

Os projetos de defensas trazem consigo muitas habilidades e disciplinas. O engenheiro deve considerar todos os fatores que determinarão o tamanho da defesa, detalhes dos acessórios, o quanto será confiável em condições marítimas extremas.

A melhor qualidade do projeto de defesa resultará em uma estrutura de longa duração, baixa manutenção e segurança que beneficia a eficiência dos portos e fornece os mais baixos custos durante a vida útil. Uma questão importante é quem será o responsável por fazer o pedido do sistema de defesa. O porto comparará o sistema que melhor corresponderá ao que ele precisa mas o contratante selecionará a defesa mais econômica que atenderá às suas necessidades. Isto significa que as propriedades e o desempenho da defesa devem ser escolhidos cuidadosamente ou as consequências podem ser onerosas ao operador.

NAVIOS



- ▶ Classes
- ▶ Carregado ou lastro
- ▶ Arcos
- ▶ Cinturões
- ▶ Pressão do casco

ESTRUTURA



- ▶ Vida útil
- ▶ Calados
- ▶ Construção
- ▶ Conexão
- ▶ Frequência

APROXIMAÇÃO



- ▶ Cais ou golfinho
- ▶ Rampa Ro-Ro
- ▶ Dique ou dique seco
- ▶ Assistência do rebocador

LOCAL



- ▶ Exposição
- ▶ Variação da maré
- ▶ Correntes e ondas
- ▶ Navios de passageiros
- ▶ Acessibilidade

AMBIENTE



- ▶ Temperatura
- ▶ Corrosividade
- ▶ Fluxo de gelo
- ▶ Eventos sísmicos
- ▶ Ozônio e UV

MATERIAIS



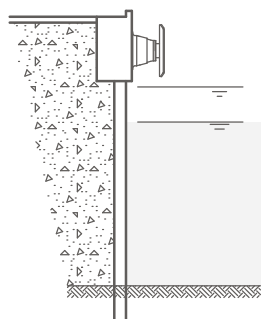
- ▶ Durabilidade
- ▶ Teste
- ▶ Revestimentos
- ▶ Escoriação
- ▶ Custos principais
- ▶ Manutenção

ESTRUTURAS

As defensas são montadas nas estruturas dos atracadouros – às vezes construções novas, às vezes melhoradas ou remodeladas. As estruturas se encaixam em duas principais categorias: estruturas de massa que podem suportar altas reações das defensas e estruturas de cargas críticas que podem resistir às forças da defesa limitadas.

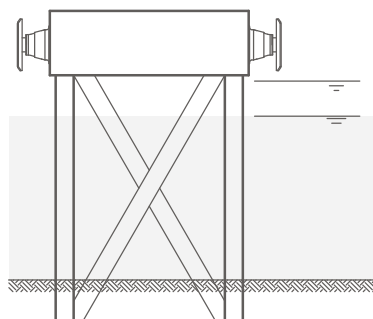
As estruturas de massa são tipicamente painéis empilhados, blocos de concreto ou caixas a prova d'água. Estes são materiais bem sólidos mas podem ser impraticáveis em águas profundas e locais expostos. Por isso os mesmos são mais instalados dentro dos portos e canais de água. As estruturas de cargas críticas incluem projetos de conveses suspensos e monoestacas onde as cargas da defesa e amarras são forças primárias do projeto. Os ancoradouros podem ser divididos em cais contínuo ou molhe, estruturas individuais (não contínua) normalmente conhecidas como golfinhos. Alguns golfinhos são projetos rígidos, com pilares inclinados ou outras amarrações. As monoestacas são uma categoria especial de estrutura de golfinho.

ESTRUTURAS DE MASSA



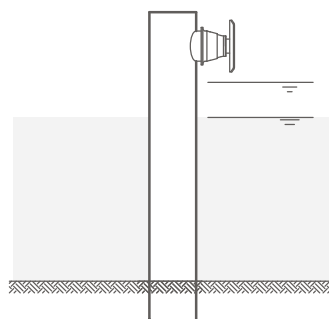
- ▶ Pode resistir a forças grandes de defesa
- ▶ Fácil acomodação para contenção de concreto
- ▶ Conexões de painéis empilhados precisam de detalhamento cuidadoso
- ▶ Evitam conexões que cruzam junções de expansão

ESTRUTURAS DE CARGAS CRÍTICAS



- ▶ Estrutura de carga sensível
- ▶ Área de 'footprint' limitada para fixar defensas e correntes
- ▶ Geralmente convés de concreto mas às vezes de aço

GOLFINHOS E MONOESTACAS



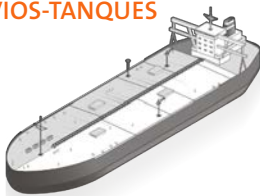
- ▶ Estrutura de carga sensível
- ▶ Monoestaca contribui para absorção total de energia
- ▶ Área de „footprint“ limitada para fixar defensas e correntes

NAVIOS

Existem navios de todas as formas e tamanhos. Os ancoradouros devem não somente acomodar os navios de grande porte, mas também os navios de médio e pequeno porte, particularmente se estas representarem a maioria das atracações. Em muitos ancoradouros de exportação os navios devem chegar à condição de, “em lastro” com calado e deslocamento reduzidos. Se esta for a prática padrão, o projeto deve considerar defensas para esta situação, também avaliando o risco que um navio poder precisar de retornar ao ancoradouro totalmente carregado.

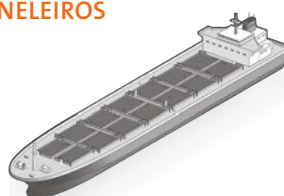
As características de um navio afetam a seleção e o projeto da defesa. Por exemplo, operadores de navios de cruzeiro não gostam de terem as marcas pretas causadas pelo contato com as defensas cilíndricas de borracha. Navios porta-contêineres e transportadores de automóveis podem ter grande curvatura de arco de forma que a defesa deva articular-se para encontrar o ângulo. Alguns navios possuem cinturões (às vezes chamados de, “Cintas”, vigas de atrito ou “Verdugo”) que podem pressionar a parte superior ou inferior dos painéis da defesa, dessa forma podem ser necessários chanfros maiores. Navio tanque com casco duplo, transportadores de gás e outros navios de casco macio resistem apenas a pressões de contato limitadas, o que significa que é necessária uma grande área de contato do painel da defesa. A forma do casco ou a curvatura da embarcação são importantes. A curva da proa influencia onde o navio faz o contato com a defesa em relação ao seu centro de massa, e também o número de defensas comprimidas dependendo de seu espaçamento. A torre da proa deve empurrar as pontas superiores da defesa para próximo à estrutura de forma que as pontas superiores do painel, suporte da corrente, etc, precisam ser verificados quanto a folgas. A seguir estão listadas as classes mais comuns de embarcações comerciais e as principais características que um projetista deve considerar:

NAVIOS-TANQUES



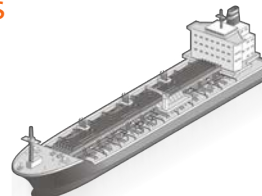
- ▶ Carga perigosa
- ▶ Grande mudança no calado
- ▶ Baixas pressões de casco
- ▶ A assistência do rebocador é padrão
- ▶ Pequenos navios-tanques podem ter verdugos
- ▶ A atracação ocorre geralmente em lugares expostos
- ▶ Muitos terminais usam o sistema a laser DAS*.

GRANELEIROS



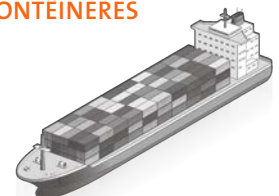
- ▶ Alguns navios são para diversas finalidades (OBO – combinado universal)
- ▶ Cargas podem ser perigosas
- ▶ Grande mudança no calado
- ▶ Baixas pressões de casco
- ▶ A assistência do rebocador é padrão
- ▶ A atracação ocorre geralmente em lugares expostos

GÁS



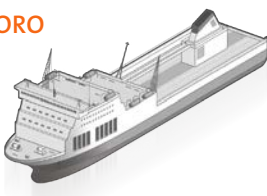
- ▶ Carga muito perigosa
- ▶ Classe simples de navios em terminais dedicados
- ▶ Baixas pressões de casco
- ▶ Assistência do rebocador na atracação é padrão
- ▶ Pequenos navios-tanques podem ter verdugos
- ▶ A atracação ocorre geralmente em lugares expostos
- ▶ Muitos terminais usam o sistema a laser DAS*

CONTÊINERES



- ▶ Grandes alargamentos do arco podem colocar os guindastes de contêineres em risco
- ▶ Uma boca larga limita o tamanho de defensas
- ▶ Baixas pressões de casco
- ▶ Assistência do rebocador na atracação é padrão exceto em rotas de alimentação
- ▶ Pequenos navios podem ter verdugos
- ▶ Defensas estáveis ajudam na produtividade

RORO



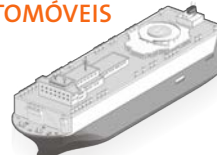
- ▶ A segurança dos passageiros é crítica
- ▶ Diversas formas e tamanhos de navios
- ▶ Atracação sem pilotos
- ▶ Atracação lateral e pela popa
- ▶ A maioria dos navios tem verdugos
- ▶ Tempo de retorno rápido e uso intensivo do berço
- ▶ Assistência do rebocador é raramente usada

CARGUEIRO



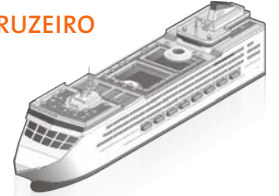
- ▶ Diversas formas e tamanhos de navios
- ▶ Preferível defensas menores para reduzir alcance da grua
- ▶ Grandes navios podem usar rebocador
- ▶ Podem ocupar os ancoradouros por longos períodos
- ▶ Grande mudança no calado
- ▶ Diversos tamanhos de navios usam o berço
- ▶ Assistência do rebocador somente para navios maiores

TRANSPORTADORES DE AUTOMÓVEIS



- ▶ Dificuldade de manobras em baixas velocidades devido a borda livre alta
- ▶ Lateral achatada grande com torre de proa grande
- ▶ Podem possuir verdugos e portas laterais
- ▶ Assistência do rebocador na atracação é padrão
- ▶ Atracação lateral e pela popa

CRUZEIRO



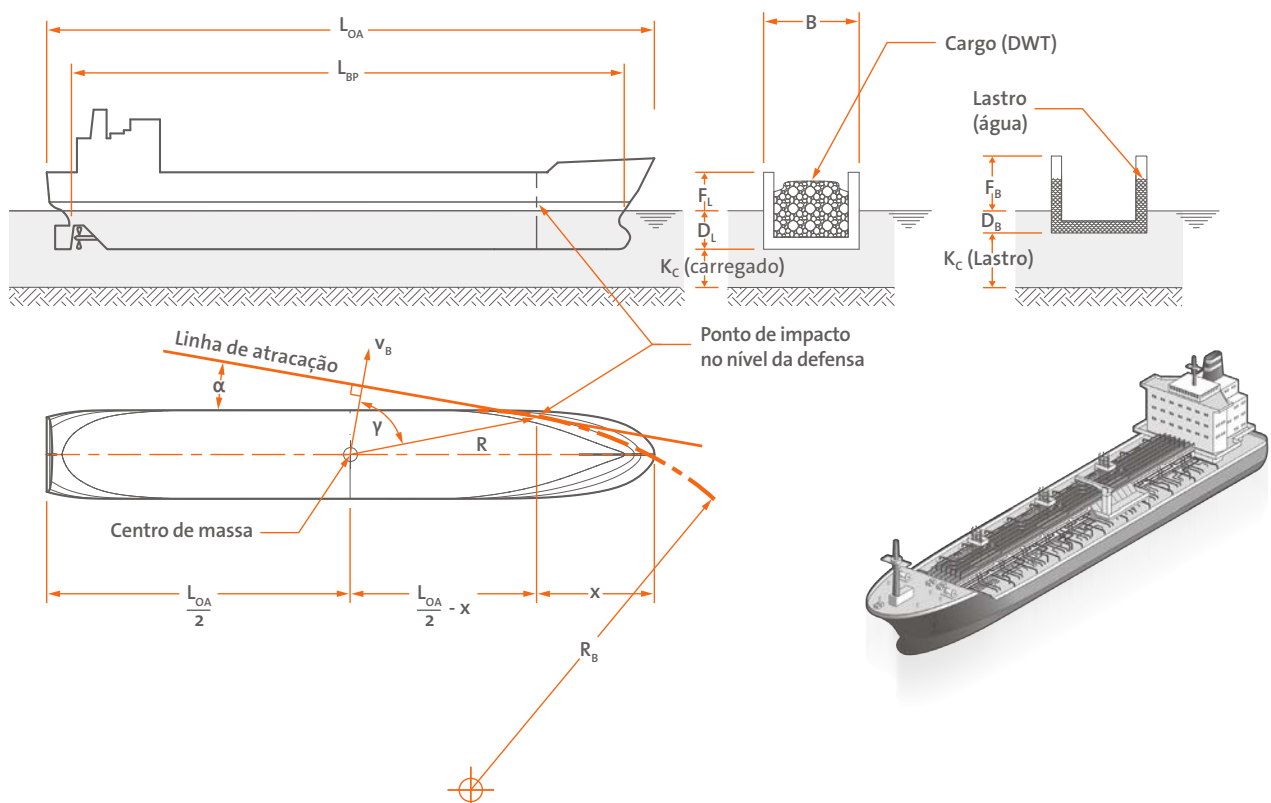
- ▶ A segurança dos passageiros é crítica
- ▶ Pequenas mudanças no calado
- ▶ Tamanhos de navios cada vez maiores para muitos portos
- ▶ Grandes curvaturas de proa comum
- ▶ Baixa pressão do casco a não ser acinturado
- ▶ Preferência para defensas sem marcação
- ▶ Diversos tamanhos de navios usam uma atracação

*Sistemas de Assistência para Acoplamento

DIMENSÕES DOS NAVIOS

Os projetistas devem considerar as dimensões de uma variedade de navios que utilizarão a atracação e as defensas. As características mais importantes para definir estão descritas a seguir:

Extensão geral	L_{OA}	Comprimento máximo do navio que define o tamanho do dique ou dique seco necessário. Às vezes referida como "L".
Extensão entre perpendiculares	L_{BP}	Comprimento entre o pivô do leme e a intersecção da proa com a linha d'água. Isto não é o mesmo que comprimento na linha d'água embora os dois sejam frequentemente confundidos.
Boca (ou largura)	B	A largura do navio, geralmente no centro do navio. Dimensões da boca de algumas fontes podem incluir as amarrações mas isto não é relevante para os cálculos de energia de atracação.
Calado carregado	D_L	O calado carregado é geralmente o calado máximo no vau para boas condições de operação. Navios operarão neste calado ou menos dependendo do total de carga carregada.
Calado em lastro	D_B	O calado de navegação mínimo quando o navio não está carregado e navegando em condição de lastro. Geralmente considerado apenas para navios-tanques, graneleiros, cargueiros e navios porta-contêineres. Lastro para navios-tanques, graneleiros e navios porta-contêineres é estimado em $D_B \approx 2 + 0.02 L_{OA}$.
Calado de escantilhão (não mostrado)	D_S	O calado máximo permitido para uma embarcação. Raramente utilizado em projetos de defensas.
Bordo livre carregado	F_L	O bordo livre no meio do navio correspondente ao calado carregado (D_L).
Bordo livre do lastro	F_B	O bordo livre no meio do navio correspondente ao calado em lastro (D_B).
Espaço abaixo da quilha	K_C	A profundidade da água abaixo do casco do navio (quilha). O efeito de deslocamento por lastro ou carga, maré alta ou baixa deve ser considerada para determinar os piores casos para projeto.
Curva da proa	R_B	O raio teórico da proa do navio em um plano horizontal aproximadamente coincidente com o nível da defesa. O raio é geralmente tomado como uma constante para projetos de defensas mas na prática pode variar de acordo com o calado do navio.
Distância para impacto da proa	x	Geralmente não é bem definido pois pode variar de acordo com o perfil do navio, ângulo de atracação, etc. A distância é comumente referida como quarto ponto ($x = 0.25 L_{OA}$), quinto ponto ($x = 0.2 L_{OA}$) etc. medidos a partir da proa (ou popa). Consulte 'Coeficiente de excentricidade' para mais detalhes.
Impacto ao centro da massa	R	Esta dimensão é usada ao determinar o coeficiente de Excentricidade (C_E). Por convenção é assumido como centro da massa o meio do navio ($L_{OA}/2$) mas efetivamente pode ser 5~10% após o meio de navio para navios-tanques, graneleiros e navios de carga em lastro e/ou com caimento na popa.



TERMINOLOGIA MARÍTIMA

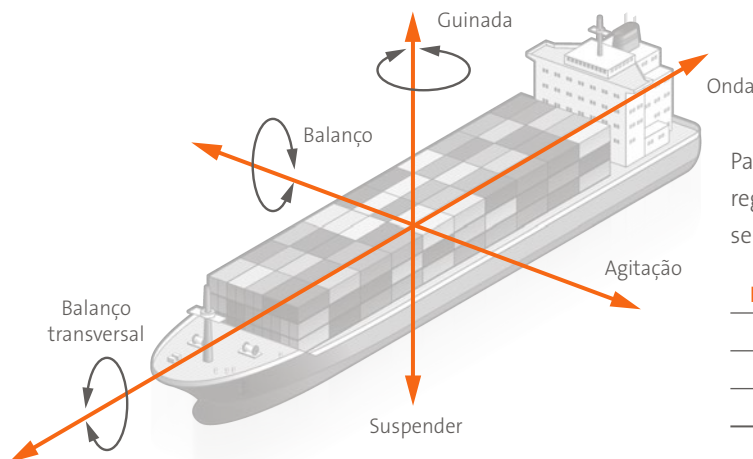
Deslocamento M_D	O peso do navio, o mesmo que o peso do volume de água deslocada pelo casco quando carregado a determinado calado.
Peso morto DWT	O peso em que um navio é projetado para transportar com segurança, incluindo cargas, combustíveis, água doce, e lastro de água.
Peso líquido LWT	O peso de um navio livre excluindo carga, combustível, etc.
Registro bruto Tonelagem GRT	Um tipo de medição obsoleta do volume interno do navio onde: 1 GRT = 100 ft ³ = 2.83 m ³ GRT não está relacionado ao deslocamento e é irrelevante ao projeto da defesa.
Tonelagem bruta GT	Um índice sem unidade de dimensionamento do volume interno do navio usado por IMO. Por vezes, erroneamente chamado de GRT que foi substituído em 1982. GRT não está relacionado ao deslocamento e é irrelevante ao projeto da defesa.
Unidade equivalente a vinte pés TEU	O tamanho de um contêiner individual padrão de 20 pés, usado como uma indicação de tamanho ou de capacidade de navio porta-contêineres.

MOVIMENTOS DO NAVIO

Bem como suas velocidades de atracação às defensas, os navios podem ter outros movimentos causados pelo vento, ondas e correntes, que geram movimentos angulares ou cisalhamento da defesa durante o contato inicial e enquanto amarrado. Em particular:

- Navios de passageiros:** Onda, agitação e guinada
- Vento:** Balanço, agitação e guinada
- Marés, correntes:** Ondulação e hasteamento
- Ondas, intumescer:** Onda e arfagem

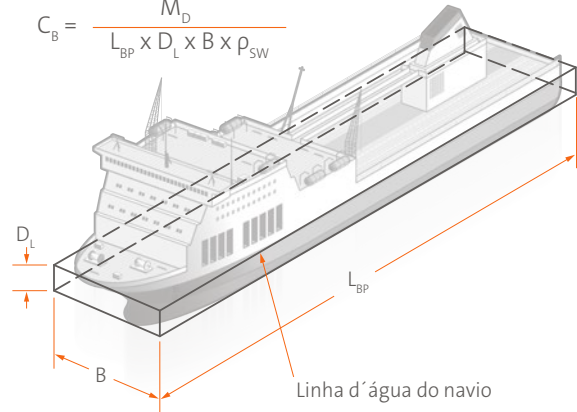
Os projetistas devem considerar estes movimentos e o efeito que têm nas defensas tais como forças de cisalhamento, fadiga, efeitos de abrasão e vibração nas fixações.



COEFICIENTE DE BLOCO (C_B)

O coeficiente de bloco (C_B) é a razão do volume real do casco ao volume da caixa do casco geralmente expressa como:

$$C_B = \frac{M_D}{L_{BP} \times D_L \times B \times \rho_{SW}}$$



Se conhecido, o C_B pode ser utilizado para estimar deslocamento:

$$M_D = C_B \times L_{BP} \times D_L \times B \times \rho_{SW}$$

Os padrões e códigos sugerem algumas variações típicas do coeficiente de bloco em várias classes de navios:

Classe do navio	ROM 3.1-99	BS 6349	PIANC 2002
Navios-tanques	0.72–0.85	0.72–0.85	0.85
Graneleiro (OBO)	0.78–0.87	0.72–0.85	0.72–0.85
Gás	0.68–0.54	—	—
Contêiner	0.63–0.71	0.65–0.70	0.60–0.80
RoRo	0.57–0.80	0.65–0.70	0.70–0.80
Cargueiro	0.56–0.77	—	0.72–0.85
Transportador de automóveis	0.56–0.66	—	—
Cruzeiro/Ferry	0.57–0.68	0.50–0.70	—
Monocasco rápido	0.45–0.49	—	—
Catamarã*	0.43–0.44	—	—

* Boca (B) é o total de dois cascos individuais

Para condições de carga diferentes de totalmente carregado (ex. $D < D_L$) então o Coeficiente de bloco pode ser estimado:

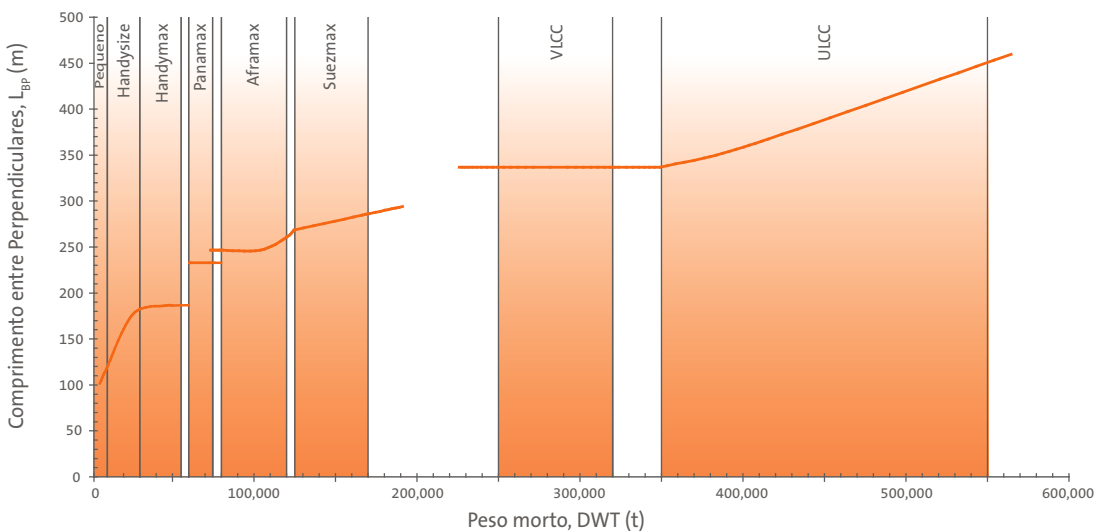
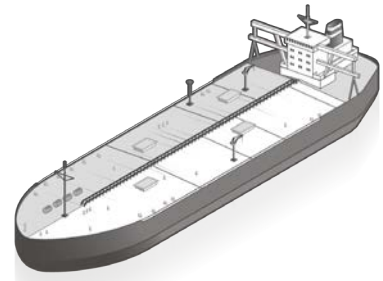
Forma do casco	Calado total, D	C_B (a $D < D_L$)
C_B (a D_L) ≥ 0.75	$D_B < D < D_L$	Constante
	$0.6 D_L < D < D_L$	Constante
C_B (a D_L) < 0.75	$D_B < D < 0.6 D_L$	$0.9 \times C_B$ (a D_L)

NAVIOS-TANQUES

DWT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	D _B [m]	C _B
500,000	590,000	415	392	73.0	30.5	24.0	10.3	0.838
441,585	528,460*	380	359	68.0	28.9	24.5	9.6	0.862
400,000	475,000	380	358	68.0	29.2	23.0	9.6	0.828
350,000	420,000	365	345	65.5	28.0	22.0	9.3	0.824
300,000	365,000	350	330	63.0	27.0	21.0	9.0	0.816
275,000	335,000	340	321	61.0	26.3	20.5	8.8	0.814
250,000	305,000	330	312	59.0	25.5	19.9	8.6	0.812
225,000	277,000	320	303	57.0	24.8	19.3	8.4	0.811
200,000	246,000	310	294	55.0	24.0	18.5	8.2	0.802
175,000	217,000	300	285	52.5	23.0	17.7	8.0	0.799
150,000	186,000	285	270	49.5	22.0	16.9	7.7	0.803
125,000	156,000	270	255	46.5	21.0	16.0	7.4	0.802
100,000	125,000	250	236	43.0	19.8	15.1	7.0	0.796
80,000	102,000	235	223	40.0	18.7	14.0	6.7	0.797
70,000	90,000	225	213	38.0	18.2	13.5	6.5	0.804
60,000	78,000	217	206	36.0	17.0	13.0	6.3	0.789
50,000	66,000	210	200	32.2	16.4	12.6	6.2	0.794
40,000	54,000	200	190	30.0	15.4	11.8	6.0	0.783
30,000	42,000	188	178	28.0	14.2	10.8	5.8	0.761
20,000	29,000	174	165	24.5	12.6	9.8	5.5	0.714
10,000	15,000	145	137	19.0	10.0	7.8	4.9	0.721
5,000	8,000	110	104	15.0	8.6	7.0	4.2	0.715
3,000	4,900	90	85	13.0	7.2	6.0	3.8	0.721

* Cargueiros classe V-plus (atualmente o maior do mundo em serviço – TI Europa e TI Oceana). Calado em lastro segue as regras da Marpol

Tipo	Dimensões	Tamanho do navio
Pequeno		≤ 10,000 DWT
Handysize	D _L ≤ 10 m	10,000 – 30,000 DWT
Handymax	L _{OA} ≤ 180 m	30,000 – 55,000 DWT
Panamax	B ≤ 32.3 m L _{OA} ≤ 289.6 m D _L ≤ 12.04 m	60,000 – 75,000 DWT
Aframax	41 ≤ B ≤ 44 m	80,000 – 120,000 DWT
Suezmax	D _L ≤ 21.3 m B ≤ 70 m L _{OA} ≤ 500 m	125,000 – 170,000 DWT
VLCC (superpetroleiro)	L _{OA} ≤ 300 m	250,000 – 320,000 DWT
ULCC (petroleiro gigante)		≥ 350,000 DWT



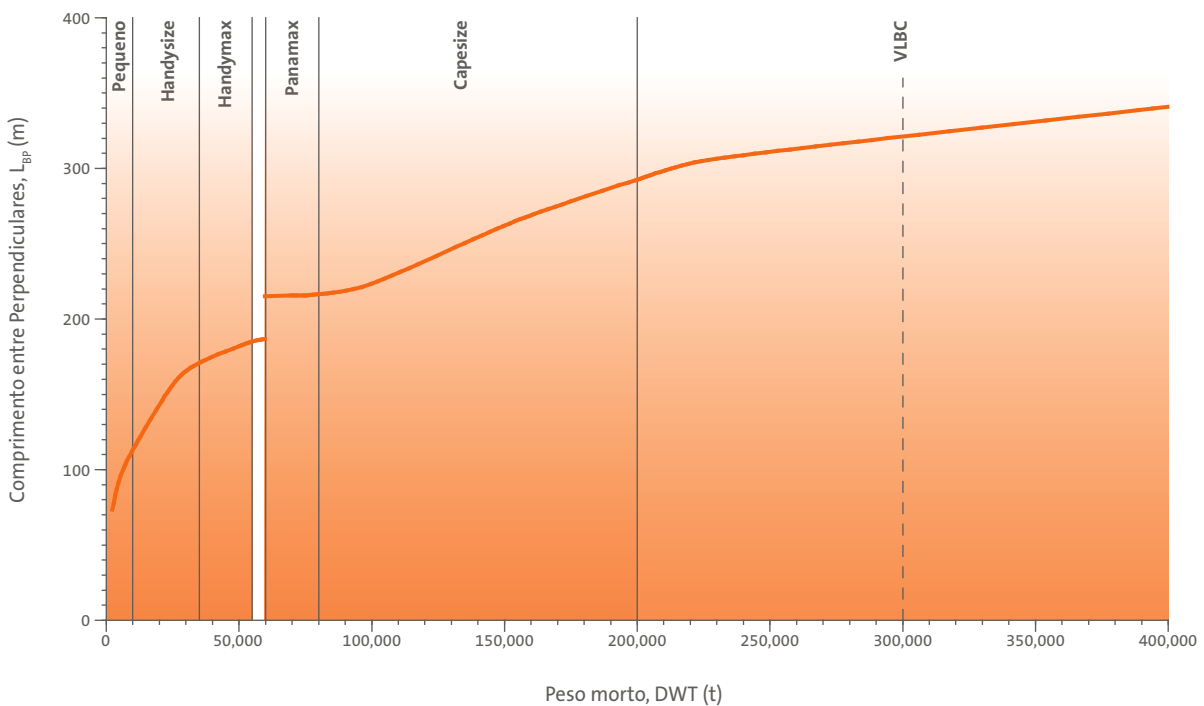
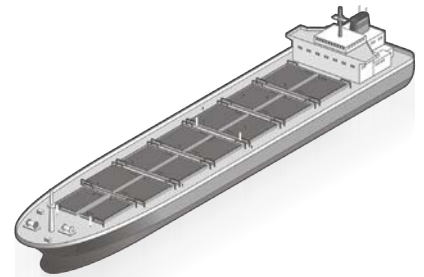
GRANELEIROS



DWT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	D _B [m]	C _B
402,347	454,000	362	350	65.0	30.4	23.0	9.2	0.846
400,000	464,000	375	356	62.5	30.6	24.0	9.5	0.848
350,000	406,000	362	344	59.0	29.3	23.0	9.2	0.849
300,000	350,000	350	333	56.0	28.1	21.8	9.0	0.840
250,000	292,000	335	318	52.5	26.5	20.5	8.7	0.832
200,000	236,000	315	300	48.5	25.0	19.0	8.3	0.833
150,000	179,000	290	276	44.0	23.3	17.5	7.8	0.822
125,000	150,000	275	262	41.5	22.1	16.5	7.5	0.816
100,000	121,000	255	242	39.0	20.8	15.3	7.1	0.818
80,000	98,000	240	228	36.5	19.4	14.0	6.8	0.821
60,000	74,000	220	210	33.5	18.2	12.8	6.4	0.802
40,000	50,000	195	185	29.0	16.3	11.5	5.9	0.791
20,000	26,000	160	152	23.5	12.6	9.3	5.2	0.764
10,000	13,000	130	124	18.0	10.0	7.5	4.6	0.758

Calado em lastro segue as regras da Marpol.

Tipo	Dimensões	Tamanho do navio
Pequeno	L _{OA} ≤ 115 m	≤ 10,000 DWT
Handysize	D _L ≤ 10 m	10,000 – 35,000 DWT
Handymax	L _{OA} ≤ 190 m	35,000 – 55,000 DWT
Panamax	B ≤ 32.3 m L _{OA} ≤ 289.6 m D _L ≤ 12.04 m	60,000 – 80,000 DWT
Capesize	41 ≤ B ≤ 44 m	80,000 – 200,000 DWT 90,000 – 180,000 DWT
Chinamax		≤ 300,000 DWT
VLBC (Graneleiro muito grande)	L _{OA} ≥ 300 m	≥ 200,000 DWT



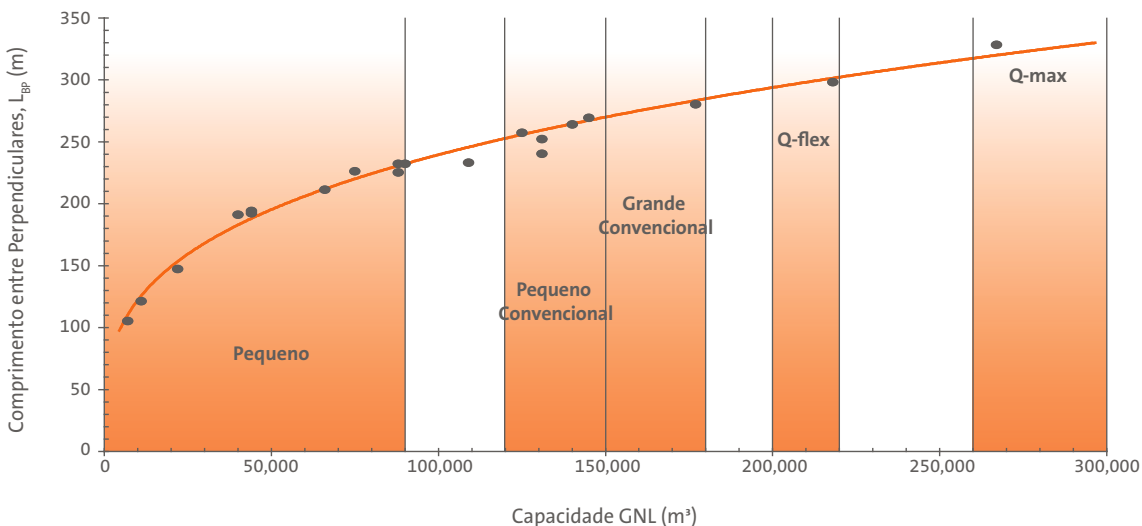
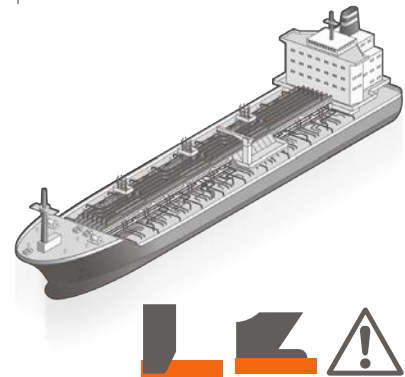
TRANSPORTADORES DE GÁS NATURAL



Capacidade [m ³]	DWT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	D _B [m]	C _B
Transportador GNL – PRISMATIC									
266,000	125,000*	175,000	345.0	333.0	53.8	27.6	12.0	8.9	0.794
210,000	97,000**	141,000	315.0	303.0	50.0	26.2	12.0	8.3	0.757
177,000	90,000	120,000	298.0	285.0	46.0	26.2	11.8	8.0	0.757
140,000	80,000	100,000	280.0	268.8	43.4	24.5	11.4	7.6	0.734
75,000	52,000	58,000	247.3	231.0	34.8	20.6	9.5	6.9	0.741
40,000	27,000	40,000	207.8	196.0	29.3	17.3	9.2	6.2	0.739
Transportador GNL – ESFÉRICO, MOSS									
145,000	75,000	117,000	288.0	274.0	49.0	24.7	11.5	7.8	0.739
125,000	58,000	99,000	274.0	262.0	42.0	23.7	11.3	7.5	0.777
90,000	51,000	71,000	249.5	237.0	40.0	21.7	10.6	7.0	0.689
Transportador GLP									
131,000	60,000	95,000	265.0	245.0	42.2	23.7	13.5	7.3	0.664
109,000	50,000	80,000	248.0	238.0	39.0	23.0	12.9	7.0	0.652
88,000	40,000	65,000	240.0	230.0	35.2	20.8	12.3	6.8	0.637
66,000	30,000	49,000	226.0	216.0	32.4	19.9	11.2	6.5	0.610
44,000	20,000	33,000	207.0	197.0	26.8	18.4	10.6	6.1	0.575
22,000	10,000	17,000	160.0	152.0	21.1	15.2	9.3	5.2	0.556
11,000	5,000	8,800	134.0	126.0	16.0	12.5	8.1	4.7	0.526
7,000	3,000	5,500	116.0	110.0	13.3	10.1	7.0	4.3	0.524
TRANSPORTADOR DE METANO									
131,000	60,000	88,000	290.0	257.0	44.5	26.1	11.3	7.8	0.664
88,000	40,000	59,000	252.0	237.0	38.2	22.3	10.5	7.0	0.606
44,000	20,000	31,000	209.0	199.0	30.0	17.8	9.7	6.2	0.522

*Navios transportadores de gases liquefeitos classe Q-max e **Q-flex. Calado em lastro segue as regras da Marpol.

Tipo	Dimensões	Tamanho do navio
Pequeno	L _{OA} ≤ 250 m B ≤ 40 m	≤ 90,000 m ³
Pequeno Convencional	L _{OA} 270–298 m B 41–49 m	120,000–150,000 m ³
Grande Convencional	L _{OA} 285–295 m B ≤ 43–46 m D _L ≤ 12 m	150,000–180,000 m ³
Q-flex	L _{OA} ≈ 315 m B ≈ 50 m D _L ≤ 12 m	200,000–220,000 m ³
Q-max	L _{OA} ≈ 345 m B ≈ 53–55 m D _L ≤ 12 m	≥ 260,000 m ³
Med-max		Aprox. 75,000 m ³
Atlantic-max		Aprox. 165,000 m ³



NAVIOS PORTA-CONTÊINERES

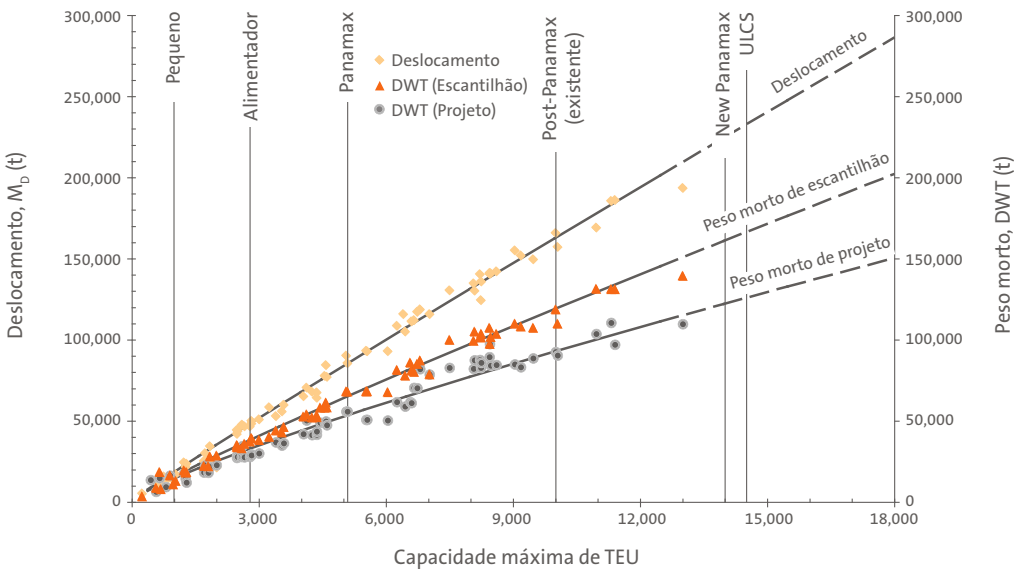
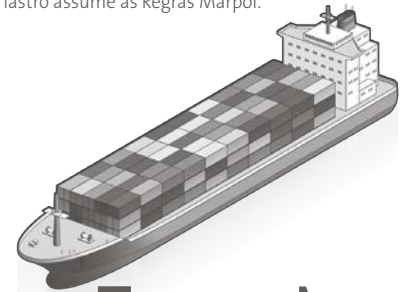


TEU	DWT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	D _B [m]	C _B
20,568	210,019**	270,224	399	380	58.6	33.2	16.0	10.7	0.740
20,170	192,672***	271,880	400	381	58.6	32.8	16.0	10.7	0.743
18,340	196,000**	272,089	399	380	59.0	33.2	16.0	10.7	0.741
18,000	195,000**	262,566	420	395	56.4	26.7	15.0	9.9	0.767
15,500	156,907*	222,627	397	375	56.4	25.3	14.0	9.4	0.734
14,000	157,000	190,828	366	350	48.4	24.8	15.0	9.0	0.733
12,500	143,000	171,745	366	350	48.4	24.5	13.5	9.0	0.733
10,000	101,000	145,535	349	334	45.6	23.6	13.0	8.7	0.717
8,000	81,000	120,894	323	308	42.8	22.7	13.0	8.2	0.688
6,500	67,000	100,893	300	286	40.0	21.7	13.0	7.7	0.662
5,500	58,000	85,565	276	263	40.0	20.9	12.5	7.3	0.635
5,100	54,000	74,399	294	283	32.2	20.4	12.0	7.7	0.664
4,500	48,600	70,545	286	271	32.2	19.8	12.0	7.4	0.657
4,000	43,200	65,006	269	256	32.2	19.0	11.8	7.1	0.652
3,500	38,100	54,885	246	232	32.2	18.2	11.3	6.6	0.634
2,800	30,800	42,389	211	196	32.2	17.0	10.7	5.9	0.612
2,800	30,800	43,166	222	210	30.0	17.0	10.6	6.2	0.631
2,500	27,700	37,879	209	197	30.0	16.4	10.0	5.9	0.625
2,000	22,400	32,208	202	190	28.0	15.3	9.2	5.8	0.642
1,600	18,200	26,762	182	170	28.0	14.4	8.6	5.4	0.638
1,200	13,800	19,219	160	149	25.0	13.4	8.0	5.0	0.629
1,000	11,600	15,719	150	140	23.0	12.9	7.6	4.8	0.627
800	9,300	13,702	140	130	21.8	12.3	7.4	4.6	0.637
600	7,000	10,390	122	115	19.8	11.7	7.0	4.3	0.636
400	4,800	7,472	107	100	17.2	11.1	6.5	4.0	0.652

Capacidades e dimensões são compiladas a partir de múltiplas fontes incluindo ROM MAN e PIANC. Calado em lastro assume as Regras Marpol.

* Classe E **Classe Triple-E ***Classe Pegasus

Tipo	Dimensões	Tamanho do navio
Pequeno	B ≤ 23.0 m (aprox.)	≤ 1,000 TEU
Alimentador	23.0 m < B ≤ 30.0 m	1,000–2,800 TEU
Panamax	B ≤ 32.3 m D _L ≤ 12.04 m L _{OA} ≤ 294.1 m	2,800–5,100 TEU
Post-Panamax (existente)	39.8 m ≤ B ≤ 45.6 m	5,500–10,000 TEU
New Panamax	B ≤ 49.0 m D _L ≤ 15.2 m L _{OA} ≤ 365.8 m	12,000–14,000 TEU
ULCS (Navio porta-contêineres ultralargo)	B > 49.0 m	> 14,500 TEU

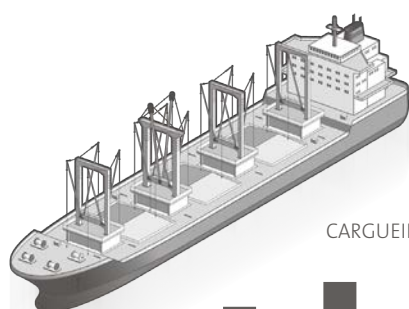


CARGA GERAL (CARGUEIROS)

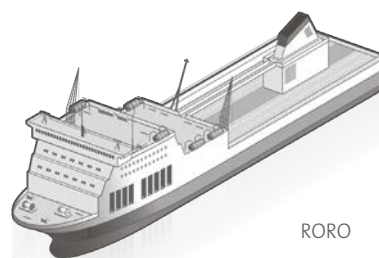


DWT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	D _B [m]	C _B
40,000	54,500	209	199	30.0	18	12.5	6.2	0.713
35,000	48,000	199	189	28.9	17	12.0	6.0	0.714
30,000	41,000	188	179	27.7	16	11.3	5.8	0.714
25,000	34,500	178	169	26.4	15.4	10.7	5.6	0.705
20,000	28,000	166	158	24.8	13.8	10.0	5.3	0.697
15,000	21,500	152	145	22.6	12.8	9.2	5.0	0.696
10,000	14,500	133	127	19.8	11.2	8.0	4.7	0.703
5,000	7,500	105	100	15.8	8.5	6.4	4.1	0.724
2,500	4,000	85	80	13.0	6.8	5.0	3.7	0.750

Calado em lastro seguem as regras da Marpol.



CARGUEIROS



RORO



RORO E BARCOS DE TRAVESSIA



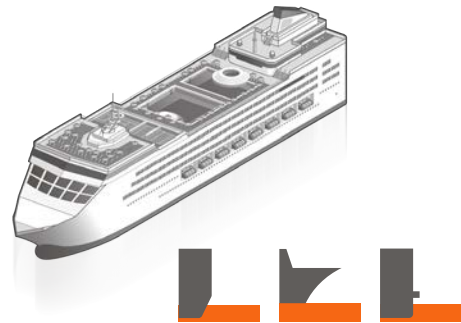
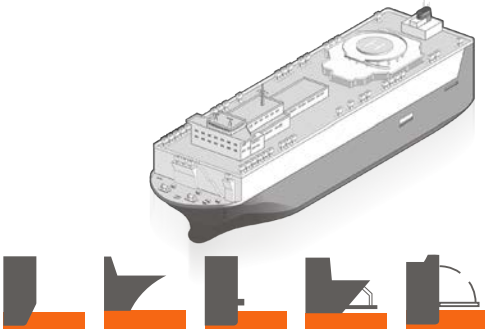
DWT	GT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	C _B
RORO DE CARGA								
–	50,000	87,500	287	273	32.2	28.5	12.4	0.783
–	45,000	81,500	275	261	32.2	27.6	12.0	0.788
–	40,000	72,000	260	247	32.2	26.2	11.4	0.775
–	35,000	63,000	245	233	32.2	24.8	10.8	0.759
–	30,000	54,000	231	219	32.0	23.5	10.2	0.737
–	25,000	45,000	216	205	31.0	22.0	9.6	0.720
–	20,000	36,000	197	187	28.6	21.0	9.1	0.722
–	15,000	27,500	177	168	26.2	19.2	8.4	0.726
–	10,000	18,400	153	145	23.4	17.0	7.4	0.715
–	5,000	9,500	121	115	19.3	13.8	6.0	0.696

DWT	GT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	C _B
RO-PAX (BARCO DE TRAVESSIA RORO)								
–	15,000	25,000	197	183	30.6	16.5	7.1	0.613
–	12,500	21,000	187	174	28.7	15.7	6.7	0.612
–	11,500	19,000	182	169	27.6	15.3	6.5	0.611
–	10,200	17,000	175	163	26.5	14.9	6.3	0.609
–	9,000	15,000	170	158	25.3	14.5	6.1	0.600
–	8,000	13,000	164	152	24.1	14.1	5.9	0.587
–	6,500	10,500	155	144	22.7	13.6	5.6	0.560

TRANSPORTADORES DE AUTOMÓVEIS



DWT	GT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	C _B
–	30,000	48,000	220	205	32.2	31.2	11.7	0.606
–	25,000	42,000	205	189	32.2	29.4	10.9	0.618
–	20,000	35,500	198	182	32.2	27.5	10.0	0.591
–	15,000	28,500	190	175	32.2	26.5	9.0	0.548



NAVIOS DE CRUZEIRO



DWT	GT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	C _B	NOME DO NAVIO
–	225,282	105,750	362	308	47.0	22.9	9.3	0.767	Allure of the Seas
–	155,873	74,126	329	280	40.0	22.1	8.7	0.742	Norwegian Epic
–	148,528	72,193	345	293	41.0	22.7	10.1	0.580	Queen Mary 2
–	110,000	50,253	291	247	35.4	20.4	8.2	0.684	Carnival Conquest
–	102,587	52,239	273	232	36.0	19.7	8.2	0.744	Costa Fortuna
–	80,000	44,000	272	231	35.0	20.0	8.0	0.664	Generic Post Panamax
–	70,000	38,000	265	225	32.2	19.3	7.8	0.656	Generic Panamax
–	60,000	34,000	252	214	32.2	18.8	7.6	0.633	Generic Panamax
–	50,000	29,000	234	199	32.2	18.0	7.1	0.622	Generic Panamax
–	40,000	24,000	212	180	32.2	17.3	6.5	0.622	Generic Panamax
–	35,000	21,000	192	164	32.2	17.0	6.3	0.616	Generic Panamax

NAVIOS RÁPIDOS DE TRAVESSIA – MONOCASCO



DWT	GT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [*] [m]	C _B
–	20,000	3,200	140	133	21	5.8	2.9	0.606
–	15,000	2,400	128	120	19.2	5.4	2.7	0.618
–	10,000	1,600	112	102	16.9	5.2	2.5	0.591
–	8,000	1,280	102	87.5	15.4	5.0	2.5	0.548

* Calado inclui hidroaviões e estabilizadores que podem aumentar em 80% no calado do navio se estendido. A boca da linha d'água e 0.8–0.9 x boca no nível do convés.

NAVIOS RÁPIDOS DE TRAVESSIA – CATAMARÃ



DWT	GT	M _D [t]	L _{OA} [m]	L _{BP} [m]	B [m]	H _M [m]	D _L [m]	C _B [*]
–	30,000	48,000	220	205	32.2	31.2	11.7	0.606
–	25,000	42,000	205	189	32.2	29.4	10.9	0.618
–	20,000	35,500	198	182	32.2	27.5	10.0	0.591
–	15,000	28,500	190	175	32.2	26.5	9.0	0.548

* Coeficiente de bloco é calculado usando a largura total de ambos os cascos, boca da linha d'água máxima de cada casco é aproximadamente 25% da boca no nível do convés (dado).

LIMITES DO NAVIO

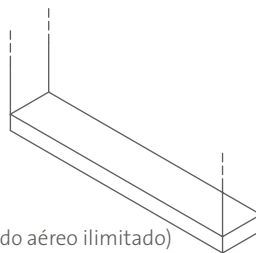
Em muitas partes do mundo, os tamanhos dos navios são limitados devido aos diques, canais e pontes. As dimensões de limitação comuns são a extensão, boca, calado e calado aéreo.

L_{OA}	Comprimento total do navio
B	Boca (ou largura)
D_L	Calado carregado
D_A	Calado aéreo



CHINAMAX

Chinamax se refere à capacidade portuária de múltiplos portos na China. A máxima é 380,000 – 400,000 DWT, mas a restrição de 380,000 DWT foi imposta aos navios.

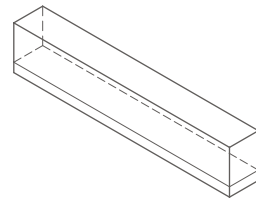


(calado aéreo ilimitado)

L_{OA}	≤ 360 m
B	≤ 65 m
D_L	≤ 24 m
D_A	Sem limite

NEW PANAMAX

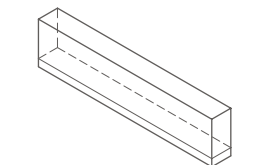
O novo dique (terceiro) no Canal do Panamá foi aberto em 2016. Alguns navios existentes são muito grandes para os diques atuais (Post-Panamax) e navios novos especificamente projetados estarão aptos a transitar.



L_{OA}	≤ 366 m
B	≤ 49 m
D_L	≤ 15.2 m
D_A	≤ 57.91 m

PANAMAX

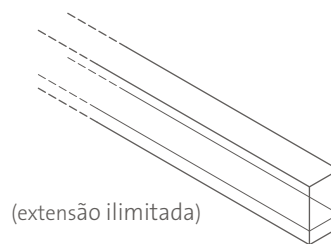
Os diques (segundo) do Canal do Panamá foram autorizados em 1914 e ditaram o projeto de muitos navios desde então.



L_{OA}	≤ 294.13 m
B	≤ 32.31 m
D_L	≤ 12.04 m
D_A	≤ 57.91 m

SUEZMAX

O Canal de Suez permite praticamente passagens ir-restritas, exceto para alguns navios-tanques completamente carregados.



(extensão ilimitada)

L_{OA}	Sem limite
B	≤ 50 m
D_L	≤ 20.1 m
D_A	≤ 68 m

Q-MAX

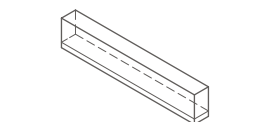
Q-max é um transportador GNL prismático de maior tamanho apto para atracar nos terminais de Qatar, em particular limitados pelo calado na região.



L_{OA}	≤ 345 m
B	≤ 53.8 m
D_L	≤ 12 m
D_A	≤ 34.7 m

SEAWAYMAX

Seawaymax são os maiores navios que podem transitar em diques localizados em St. Lawrence Seaway no Lago Ontário. Navios maiores operam dentro de lagos mas não podem passar pelos diques.



L_{OA}	≤ 225.6 m
B	≤ 23.8 m
D_L	≤ 7.92 m
D_A	≤ 35.5 m

CARGAS DO NAVIO

A maioria dos ancoradouros é projetada para cargas de importação ou exportação, por vezes ambas. O calado diferente e o deslocamento do navio nestes casos podem ser importantes ao projeto da defesa.

ANCORADOUROS PARA IMPORTAÇÃO

Nos ancoradouros para importação, na maioria das vezes, os navios chegarão completamente ou parcialmente carregados. Navios grandes demais poderiam usar atracadouros mas com restrição de calado.

ATRACADOUROS PARA EXPORTAÇÃO

Nos atracadouros para exportação os navios geralmente chegam em condição de lastro, com tanques especiais cheios de água para garantir que os navios estão adequadamente compassados, hélice e leme submersos, e o navio estável e manobrável. A água do lastro é descarregada conforme a carga é carregada.

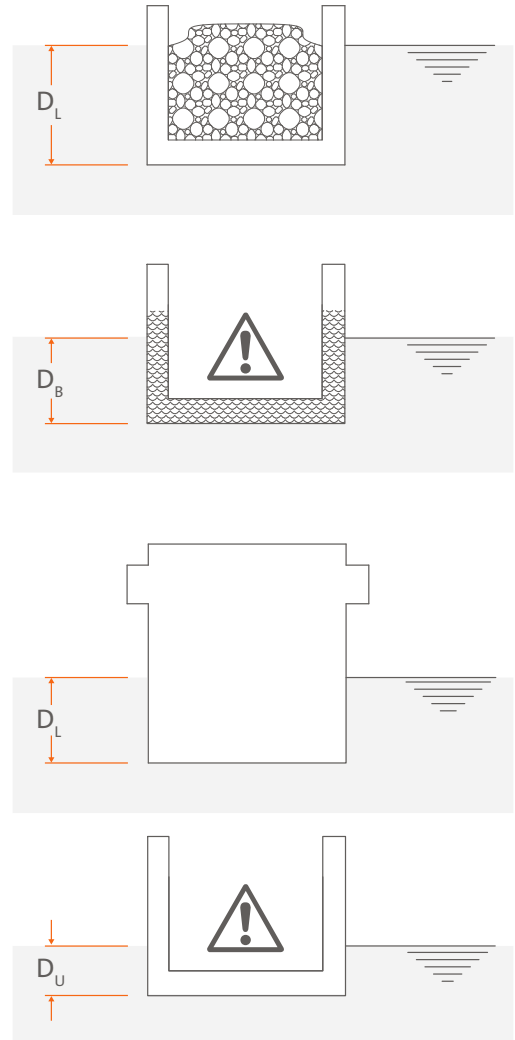


ATRACADOUROS PARA PASSAGEIROS, CRUZEIROS E RORO

Tais navios levam cargas muito pequenas de forma que o calado varia muito pouco entre as condições carregadas e descarregadas. Nestes casos os navios devem sempre ser considerados como totalmente carregados para o cálculo de energia de atracação. Geralmente, o calado mínimo é pelo menos 90% do calado a pleno carregamento.

ESTALEIROS

Apenas quando o navio está em construção ou em reparo é possível que eles estejam na condição vazio – sem carga ou lastro. São necessários cuidados especiais porque as características do casco, como os vergalhões podem assentar-se sobre as defensas, ou podem aparecer saliências abaixo d'água no nível da defesa.



No caso das defensas serem projetadas para navios com calados em lastro ou parcialmente carregados, é necessário cuidado no caso do navio partir completamente carregado mas precisar retornar devido a algum problema técnico. Em atracadouros para importação / exportação o navio não deve ser considerado como sendo vazio ou descarregado.

COEFICIENTE DE BLOCO EM LASTRO

Em navios na “forma completa”, particularmente nos navios-tanques ou graneleiros, é comum assumir que o Coeficiente de Bloco (C_B) não varia com o calado real (D) sob qualquer condição de carga. Em outros tipos de navios o Coeficiente de Bloco reduzirá levemente conforme a redução do calado.

Navios-Tanques e Graneleiros	$D_L \geq D \geq D_U$	$C_B = \frac{M_D}{L_{BP} \times B \times D_L \times \rho_{sw}}$
	$D_L \geq D \geq 0.6 D_L$	
Outros tipos de navios	$D < 0.6 D_L$	$C_B = 0.9 \times \frac{M_D}{L_{BP} \times B \times D_L \times \rho_{sw}}$

APROXIMAÇÃO DO NAVIO

Dependendo do tipo de navio e de atracadouro, os navios podem aproximar-se da estrutura de diferentes modos. Este tipo de aproximação deve ser cuidadosamente considerado para compreender o exato ponto de contato com o casco, a direção da velocidade (vetor) e outros fatores que podem causar a compressão da defesa em ângulos, cisalhamento sob fricção, balanço, etc. Os casos mais comuns são:

ATRAÇÃO LATERAL

- ▶ O navio está em paralelo ou em pequeno ângulo à linha de atracação.
- ▶ O vetor de velocidade está aproximadamente perpendicular à linha de atracação.
- ▶ O navio gira sobre o ponto de contato com a(s) defesa(s) que dissipa alguma energia cinética.
- ▶ O contato é feito tipicamente entre 20% e 35% da proa, dependendo da curvatura da proa e da geometria.
- ▶ O navio pode atingir uma, duas, três ou mais defensas dependendo de seus tamanhos e da curvatura da proa do navio.
- ▶ Se a velocidade não for exatamente perpendicular à linha de atracação poderá haver algum cisalhamento nas defensas devido à fricção.

ATRAÇÃO À RÉ

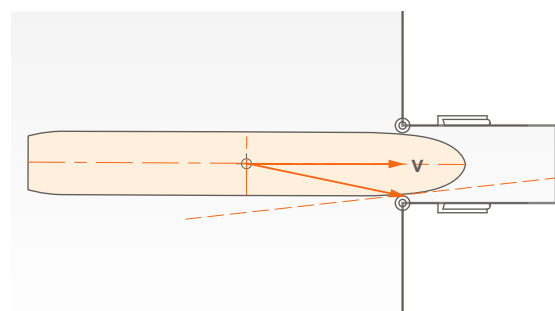
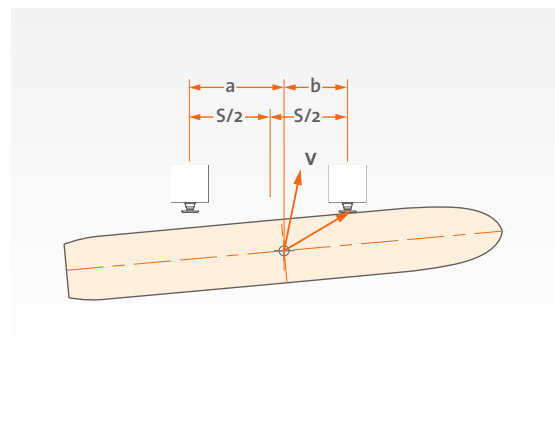
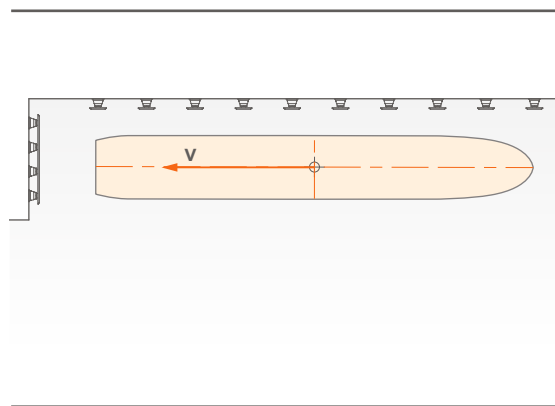
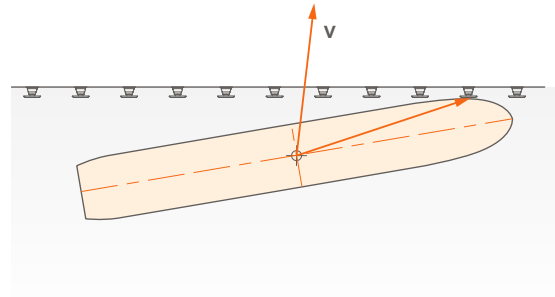
- ▶ O navio move-se para frente ou para trás da estrutura.
- ▶ Aproximação comum em rampa Ro-Ro e pontões mas algumas vezes aplicados para barcaças e navios de carga pesada.
- ▶ Ângulos de atracação são geralmente pequenos mas pode resultar em uma única defesa ou área muito pequena entrando em contato com a proa do navio ou verdugo da popa.
- ▶ As velocidades de atracação podem ser altas e há pouca ou qualquer rotação do navio sobre seu ponto de contato, dessa forma a defesa deve absorver toda energia cinética.
- ▶ Massa virtual (massa adicionada) de entrada de água é bem baixa devido ao perfil mais aerodinâmico do casco.

ATRAÇÃO GOLFINHO

- ▶ O navio está em paralelo ou em pequeno ângulo à linha de atracação.
- ▶ Método comum nos terminais de petróleo/gás, onde o vetor de velocidade, na maioria das vezes, é perpendicular à linha de atracação.
- ▶ Também comum para algumas atracções RoRo onde o vetor de velocidade pode incluir um componente à frente / à ré (no sentido da rampa), que pode produzir grandes forças de cisalhamento.
- ▶ O contato em terminais de petróleo/gás é geralmente entre 30% e 40% de extensão da proa ou popa, geralmente na sessão do meio da parte chata do casco.
- ▶ Contato em atracções RoRo é geralmente 25% a 35% de extensão da proa, mas às vezes a meia-nau em golfinhos externos.
- ▶ Se a velocidade não for exatamente perpendicular à linha de atracação poderá haver algum cisalhamento nas defensas devido à fricção.

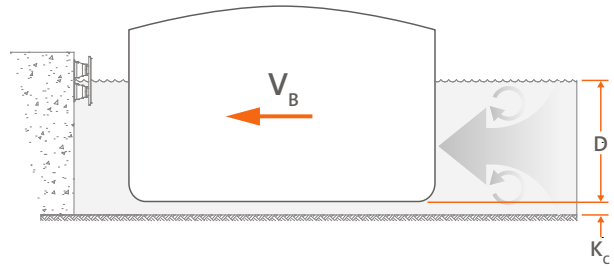
APROXIMAÇÃO DIQUE

- ▶ A aproximação do navio é geralmente coaxial com a linha de centro do dique.
- ▶ Se o navio estiver "fora de centro" a proa pode bater no canto do berço de forma que a linha de atracação é uma tangente do casco do navio.
- ▶ Vetor de velocidade tem um grande componente à frente, que criará grandes e sustentáveis forças de cisalhamento devido à fricção.
- ▶ O ponto de contato pode estar à frente de forma que a torre da proa deve ser considerada.
- ▶ O ponto de contato também pode estar a uma distância da parte traseira, 30% de extensão ou mais da proa de forma que uma pequena rotação dissipa a energia de atracação



COEFICIENTE DE MASSA AGREGADA (C_M)

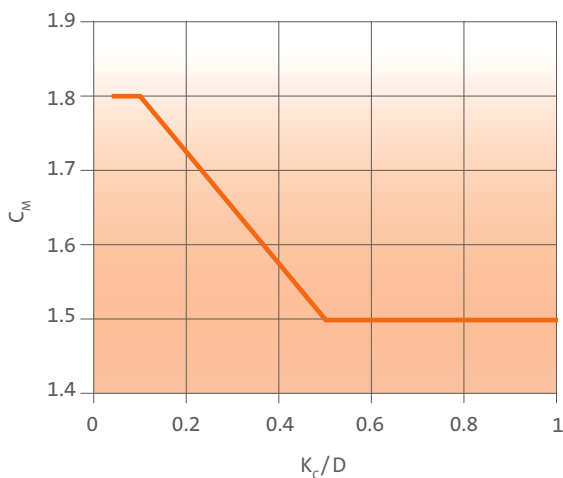
Quando um navio movimentado lateralmente em direção à atracação, o mesmo arrasta juntamente uma massa de água. Uma vez que o movimento do navio é reduzido pelas defensas, a energia da água empurra contra o casco do navio que aumenta a energia cinética total a ser absorvida. O coeficiente de massa agregada leva em consideração a massa atual (deslocamento) do navio e a massa virtual da água.



Existem várias estimativas sobre a massa virtual verdadeira de água em movimento junto com o navio, mas foi concordado que o efeito é menor em águas profundas e maior em águas de pouca profundidade. Isto ocorre devido ao espaço limitado debaixo da quilha (K_c) disponível para a água que empurra o navio para escapar. Algumas fórmulas para Coeficiente de Massa Agregada consideram este fato, outras contabilizam separadamente dentro do Coeficiente de Configuração de Atracação (C_c). As fórmulas comuns para o Coeficiente de Massa Agregada são:

MÉTODO PIANC (2002)

PIANC combina os métodos abaixo com o Coeficiente de Configuração de Atracação (C_c) no seu relatório 2002, considerando o efeito de massa agregada e o espaço debaixo da quilha no mesmo termo. Este método foi adotado agora pelo EAU-2004 e alguns outros códigos. Com este método $C_c=1$.



MÉTODO SHIGERU UEDA (1981)

Baseado em testes de modelo e observações de campo, este método é amplamente usado no Japão e fornece valores similares ou levemente menores comparado com o Método Vasco Costa.

MÉTODO VASCO COSTA (1964)

Inicialmente proposto na sua publicação „The Berthing Ship“ (1964), este método continua sendo o mais comumente usado por padrões internacionais incluindo BS6349 e outros códigos.

$$\frac{K_c}{D} \leq 0.1 \rightarrow C_M = 1.8$$

$$0.1 < \frac{K_c}{D} < 0.5 \rightarrow C_M = 1.875 - 0.75 \left(\frac{K_c}{D} \right)$$

$$\frac{K_c}{D} \geq 0.5 \rightarrow C_M = 1.5$$

$$\text{onde } D_B \leq D \leq D_L$$

$$C_M = 1 + \frac{\pi \times D}{2 \times B \times C_B}$$

$$C_M = 1 + \frac{2 \times D}{B}$$

COEFICIENTE DE EXCENTRICIDADE (C_E)

Se o vetor de velocidade (v) não passar através do ponto de contato com a defesa então o navio gira bem como comprime a defesa. A rotação dissipa parte da energia cinética do navio e a que permanece deve ser absorvida pela defesa.

Se a distância entre o vetor de velocidade e o ponto de contato da defesa aumenta (p.e.: está mais perto da proa) então C_E reduz e vice versa. Se o ponto de contato da defesa é diretamente oposto ao centro de massa do navio durante a atracação lateral ou à ré, então o navio não gira ($C_E \approx 1$).

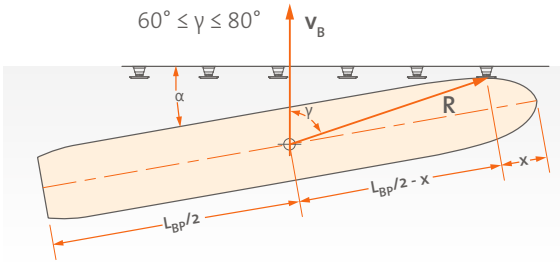
$$C_E = \frac{\text{Energia cinética transmitida à defesa}}{\text{Energia cinética total do navio}} \leq 1$$

ATRACAÇÃO LATERAL

Típicamente: $0.4 \leq C_E \leq 0.7$

$$0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$$

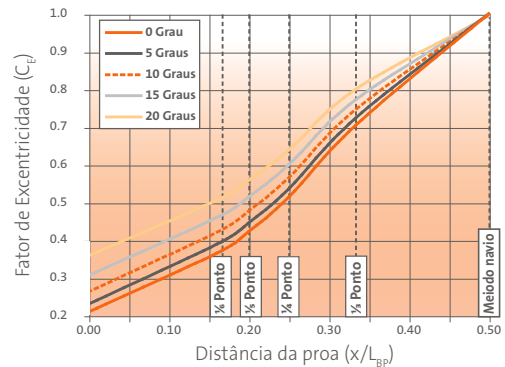
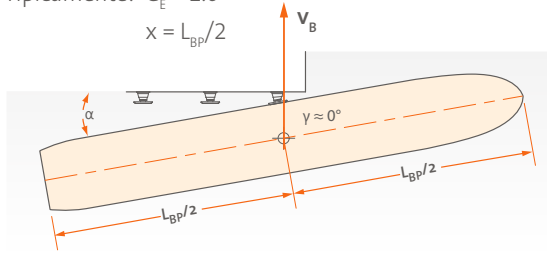
$$60^\circ \leq \gamma \leq 80^\circ$$



CONTATO DE MEIA-NAU

Típicamente: $C_E = 1.0$

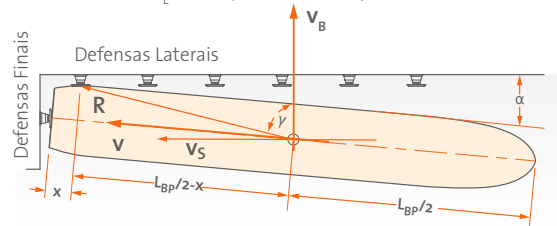
$$x = L_{BP}/2$$



ATRACAÇÕES RORO

Típicamente: $0.4 \leq C_E \leq 0.7$ (Lateral)

$$C_E = 1.0 \text{ (Extremidade)}$$



$$C_E = \frac{K^2 + (R^2 \cos^2(\gamma))}{K^2 + R^2}$$

$$K = (0.19 \times C_B + 0.11) \times L_{BP}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{L_{BP}}{2} - x\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$$

$$\gamma = 90 - \alpha - \text{asin}\left(\frac{B}{2R}\right)$$

Aproximações comuns do Fator de Excentricidade são feitas para o cálculo rápido da energia:

Quinto ponto de atracação: $C_E \approx 0.45$

Quarto ponto de atracação: $C_E \approx 0.50$

Terceiro ponto de atracação: $C_E \approx 0.70$

Atracação à meia-nau: $C_E \approx 1.00$

Atracação à ré (RoRo): $C_E \approx 1.00$



O caso especial $\gamma = 90^\circ$ deve ser usado com cuidado.

Exemplo para um petroleiro totalmente carregado 100.000 DWT (veja pag. 9), que assume um terceiro ponto de contato de atracação lateral (típico para golfinhos) e ângulo de atracação 5°:

$$M_D = 125,000 \text{ t}$$

$$B = 43.0 \text{ m}$$

$$L_{BP} = 236 \text{ m}$$

$$D_L = 15.1 \text{ m}$$

$$C_B = \frac{125,000}{1.025 \times 236 \times 43 \times 15.1} = 0.796$$

$$K = (0.19 \times 0.796 + 0.11) \times 236 = 61.7 \text{ m}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{236}{2} - \frac{236}{3}\right)^2 + \left(\frac{43}{2}\right)^2} = 44.8 \text{ m}$$

$$\gamma = 90^\circ - 5^\circ - \text{asin}\left(\frac{43}{2 \times 44.8}\right) = 56.3^\circ$$

$$C_E = \frac{61.7^2 + (44.8^2 \times \cos^2(56.3^\circ))}{61.7^2 + 44.8^2} = 0.761$$

COEFICIENTE DE CONFIGURAÇÃO DO POSTO DE AMARRAÇÃO (C_c)

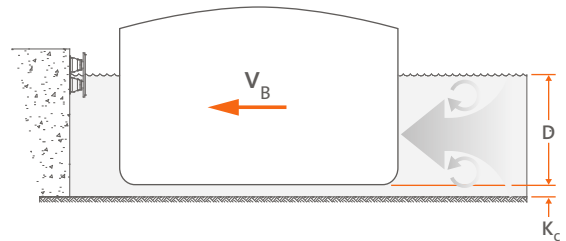
Durante o estágio final da atracação um navio empurra um volume de água em direção à estrutura. Dependendo do tipo de estrutura a água pode fluir livremente através dos pilares ou pode ficar presa entre o casco e o concreto. O efeito de amortecimento da água também dependerá do espaço abaixo da quilha (K_c) e o ângulo de atracação do navio (α). O grande espaço abaixo do casco do navio – talvez à maré alta ou quando atracando em condição de lastro – permitirá que água escape para baixo do navio. Quando o navio não atraca em paralelo a água pode escapar em direção a proa ou popa.

ESTRUTURA SÓLIDA

$$\frac{K_c}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_c \cong 0.8 (\alpha \leq 5^\circ)$$

$$\frac{K_c}{D} > 0.5 \rightarrow C_c \cong 0.9 (\alpha \leq 5^\circ)$$

quando $\alpha > 5^\circ \rightarrow C_c = 1.0$

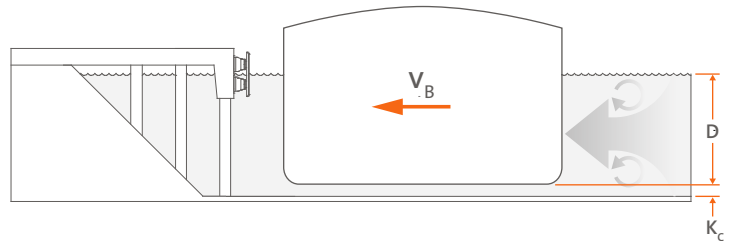


ESTRUTURA PARCIALMENTE FECHADA

$$\frac{K_c}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_c \cong 0.9 (\alpha \leq 5^\circ)$$

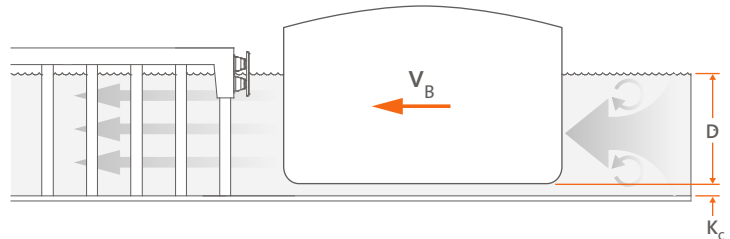
$$\frac{K_c}{D} > 0.5 \rightarrow C_c \cong 1.0 (\alpha \leq 5^\circ)$$

quando $\alpha > 5^\circ \rightarrow C_c = 1.0$



ESTRUTURA DE PILARES ABERTA

$C_c = 1.0$



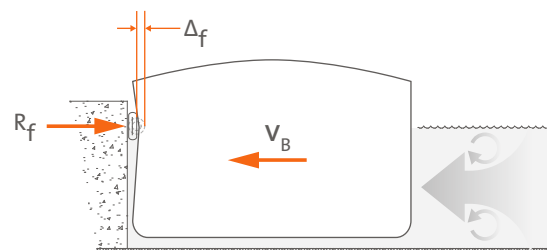
O método PIANC para o Coeficiente de Massa Agregada (C_M) leva em consideração o espaço abaixo da quilha de forma que nesse caso $C_c=1$. Se os métodos Vasco Costa ou Shigeru Ueda forem usados para Massa Agregada, então C_c pode ser considerado de acordo as linhas gerais acima.

COEFICIENTE DE DEFORMABILIDADE (C_s)

As defensas duras podem fazer com que o casco do navio desvie elasticamente o que absorverá uma pequena quantidade de energia. As defensas modernas, na maioria das vezes, são consideradas como „macias“, cujo efeito não absorve energia.

$$\Delta_f \leq 0.15 \text{ m} \rightarrow C_s \leq 0.9$$

$$\Delta_f \geq 0.15 \text{ m} \rightarrow C_s \leq 1.0$$



VELOCIDADES DE ATRACAÇÃO

As velocidades de atracação são as variáveis mais importantes no cálculo de energia. A velocidade é medida perpendicularmente à linha de atracação (v_B) e depende de vários fatores que o projetista deve considerar:

- ▶ Se a atracação do navio é auxiliada ou não por rebocadores.
- ▶ A dificuldade da manobra de aproximação na atracação.
- ▶ O quanto o ancoradouro pode estar exposto incluindo correntes e ventos que empurram o navio.
- ▶ O tamanho do navio e se a sua atracação ocorre totalmente carregada, parcialmente carregada ou em lastro.

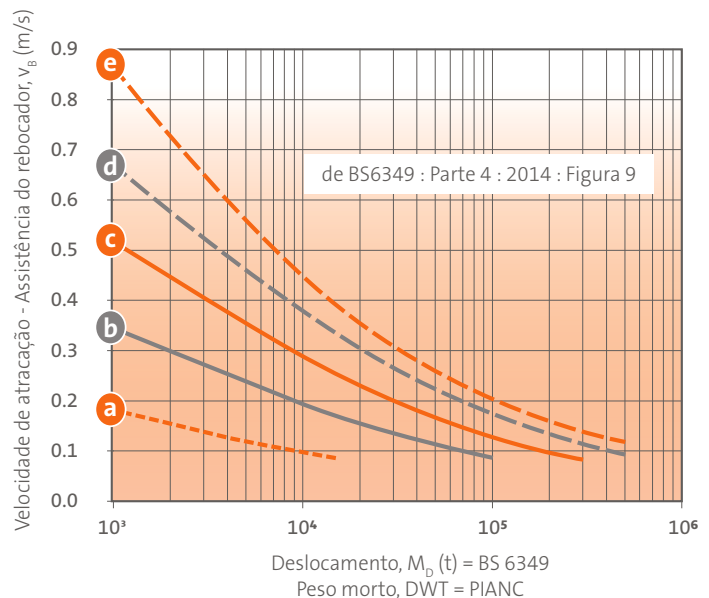
BS6349, PIANC e muitos outros padrões adotam o gráfico de velocidades de atracação Brolsma. Os valores selecionados das curvas também são fornecidos na tabela a seguir. As condições de atracação mais usadas são representadas pelas linhas 'b', 'c', 'd' e 'e'.

- a: Atracação fácil, coberta
- b: Atracação difícil, coberta
- c: Atracação fácil, exposta
- d: Atracação boa, exposta
- e: Atracação difícil, exposta

Deslocamento M_D [t]	a	b	c	d*	e**
1,000	0.179	0.343	0.517	0.669	0.865
3,000	0.136	0.269	0.404	0.524	0.649
5,000	0.117	0.236	0.352	0.459	0.558
10,000	0.094	0.192	0.287	0.377	0.448
15,000	0.082	0.169	0.252	0.332	0.391
20,000	*	0.153	0.228	0.303	0.355
30,000	*	0.133	0.198	0.264	0.308
40,000	*	0.119	0.178	0.239	0.279
50,000	*	0.110	0.164	0.221	0.258
75,000	*	0.094	0.141	0.190	0.223
100,000	*	0.083	0.126	0.171	0.201
150,000	*	*	0.107	0.146	0.174
200,000	*	*	0.095	0.131	0.158
250,000	*	*	0.086	0.120	0.146
300,000	*	*	0.080	0.111	0.137
400,000	*	*	*	0.099	0.124
500,000	*	*	*	0.090	0.115

*Projetos de velocidades de atracação abaixo de 0.08m/s não são recomendados.

**A PIANC estabelece que as curvas 'd' e 'e' podem ser altas e devem ser usadas com cuidado.



Atracação sem rebocador

Todas as velocidades no gráfico e tabela assumem atracação de navio convencional com a assistência do rebocador. Se os rebocadores não forem utilizados o projetista deverá consultar os gráficos fornecidos em:

- (i) EAU 2004 (Fig. R40-1) (ii) ROM 2.0-11 (Tabela 3.4.2.3.5.2)
- Estes códigos sugerem que as velocidades de atracação sem rebocadores podem ser de 2 – 3 vezes maiores em condições desfavoráveis, e 1.3 – 2.3 vezes maiores em condições favoráveis.

As velocidades de atracação são para navios comerciais convencionais. Para tipos de navios não convencionais incluindo os monocascos e catamarãs de alta velocidade, barcas, rebocadores e embarcações similares consulte a ShibataFenderTeam. Os projetistas de navios da marinha devem consultar as regras do US Department of Defense, 4-152-01 (figuras 5.3 e 5.4).

ENERGIA DE ATRACAÇÃO

A energia de atracação do navio é considerada em dois estágios:

ENERGIA NORMAL (E_N)

A energia normal ocorre rotineira e regularmente durante a vida útil do ancoradouro sem causar danos à defesa. Ela considerará:

- ▶ Todos os tipos de navios usando a atracação
- ▶ Deslocamentos prováveis na atracação (não necessariamente totalmente carregado)
- ▶ Frequência de atracação
- ▶ Facilidade ou dificuldade nas manobras de aproximação
- ▶ Condições de tempo local
- ▶ Força da maré ou das correntes
- ▶ Disponibilidade e potência dos rebocadores

ENERGIA ANORMAL (E_A)

A energia anormal aparece raramente durante a vida útil da defesa e não deve resultar em quaisquer danos significativos à defesa. Ela considerará:

- ▶ O efeito da falha da defesa nas operações da atracação
- ▶ Eventuais navios excepcionais
- ▶ Grandes navios com velocidades muito baixas que necessitam de habilidades excepcionais durante as manobras de atracação
- ▶ Cargas perigosas e com impacto ambiental
- ▶ Erro humano
- ▶ Falha no equipamento

ENERGIA NORMAL

A energia cinética de atracação (E_N) do navio é determinada como:

$$E_N = 0.5 \times M_D \times v_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S$$

FATOR DE SEGURANÇA (η)

O fator de segurança leva em consideração os eventos e circunstâncias que podem fazer com que a energia normal exceda os padrões PIANC que os „projetistas julgam ser de primordial importância ao determinar o fator apropriado“. Deve-se tomar cuidado para prevenir fatores de segurança excessivos que farão com que a defesa seja grande demais ou muito dura para navios menores, particularmente quando há uma grande variedade de tamanhos de navio que usam a atracação. Alguns fatores de segurança são sugeridos pela PIANC (adotados também por EAU-2004, e outros códigos e regras gerais):

CLASSE DE NAVIO	MAIORES	MENORES	COMENTÁRIOS E INTERPRETAÇÕES	
Navios-Tanques	1.25 ^A	1.75 ^B	A: Suezmax e acima	B: Handymax e menores
Graneleiros	1.25 ^A	1.75 ^B	A: Capesize e acima	B: Handymax e menores
Transportadores de gás natural	1.50 – 2.00		Nenhum padrão PIANC. Segurança crítica, portanto fator alto requerido.	
Navios Porta-Contêineres	1.50 ^A	2.00 ^B	A: Post-Panamax e acima	B: Panamax e menores
Carga geral, cargueiros	1.75		Utilize fatores mais altos e velocidades se os rebocadores estiverem disponíveis	
RoRo e Navios de Travessia	≥ 2.00		Fatores de segurança mais altos podem ser necessários na maioria das atracações expostas	
Transportadores de autômos	2.00		Nenhum padrão PIANC. Área com muito vento pode dificultar a atracação.	
Navios cruzeiros	2.00		Nenhum padrão PIANC. Área com muito vento pode dificultar a atracação.	
Navios de travessia rápidos	≥ 2.00		Nenhum padrão PIANC. Navios possuem velocidade baixa limitada de manobrabilidade.	
Rebocadores, utilitários	2.00		Existem em todas as formas e tamanhos. Muitos desconhecidos.	

Salvo disposição contrária, os valores sugeridos são da PIANC 2002 (Tabela 4.2.5).

ENERGIA ANORMAL

A energia cinética anormal de atracação (E_A) do navio é determinada como:

$$E_A = E_N \times \eta$$



A capacidade de energia da defesa (E_{RPD}) deve sempre ser maior que a energia anormal (E_A). A seleção da defesa deve considerar também a tolerância de fabricação, o ângulo de compressão, temperatura operacional e velocidades de compressão. Consulte a página 26.

$$E_{RPD} \geq \frac{E_A}{f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}}$$

SEÇÃO 2

GUIA PARA SELEÇÃO DA DEFENSA

Seleção da Defesa.....	24
Capacidade de Energia e Fatores Ambientais	26
Eficiência da Defesa.....	27
Aplicações da Defesa	28
Espaçamento entre Defensas	29
Contato Múltiplo com Defensas.....	30
Momentos de Angulação.....	31
Construção do Painel.....	32
Painéis de Defesa.....	33
Distribuição da pressão e Placas de baixa fricção	34
Placas de Baixa Fricção e Fixações.....	35
Projeto da Corrente.....	36
Inclinação da Corrente e Projeto de Suporte	37
Rodas e Rolos.....	38
Projeto de Defesa de Espuma.....	40
Compressão Angular	41
Instalação da Defesa de Espuma	42
Defensas Donut	44
Aplicações das Defensas Donut.....	45
Instalação da Defesa Pneumática	46
Defensas Hidropneumáticas.....	47
Meio Ambiente e Prevenção de Corrosão	48
Âodos, Revestimentos por Pintura e Aço Inoxidável	49
Teste de Performance	50
Certificados de Qualidade	53
Questionário do Projeto	54
Fatores de Conversão.....	56
Pós-Venda e Garantia.....	58

SELEÇÃO DA DEFENSA

Antes de escolher as defensas, o projetista deve rever todas as exigências e outras informações disponíveis incluindo códigos de referência do projeto e diretrizes. A lista abaixo serve como uma lista de verificação muito útil para identificar quais são as informações conhecidas das especificações e quais dados de entrada estão faltando, que requerem premissas ou pesquisa futura. Alguns dados do projeto são derivados de cálculos de forma que é importante destacar se estes cálculos foram baseados em informações conhecidas e/ou presumidas.



- Tamanhos dos navios
- Tipos ou classes dos navios
- Condição de carregado ou de lastro
- Espaços abaixo da quilha

- Modo de atracação
- Frequência de atracação
- Velocidade de aproximação
- Ângulos de atracação
- Pontos de impacto

- Ângulos da torre da proa
- Curva da proa
- Cinturões
- Portas laterais e saliências no casco
- Níveis do bordo livre

- Construção da atracação
- Nível de contenção e níveis de assoalho
- Largura disponível para "footprint" da defesa
- Nível do leito marinho
- Variação das marés do projeto
- Estrutura nova ou existente
- Construção ou juntas de expansão

- Variações de temperatura
- Fluxos de gelo
- Corrosão local

SELEÇÃO DA DEFENSA

Outros critérios de projetos para as defensas podem ser especificados ou presumidos de acordo com as melhores práticas, tipo de atracação e condições locais utilizando a experiência do projetista. Existem muitos aspectos a serem considerados no projeto da defesa e a seleção correta aumentará o desempenho, aperfeiçoará as operações e reduzirá a manutenção. Às vezes, o menor detalhe como utilizar plataformas com a face de fricção-baixa mais grossa ou adicionar uma tolerância contra corrosão para as correntes podem estender a vida útil por um custo adicional muito baixo.



- ☑ Tipo de defesa (fixa, flutuante, etc)
- ☑ Tamanho e grau da defesa
- ☑ Temperatura, fatores angulares e de velocidade
- ☑ Tolerância da fabricação
- ☑ Tipo de aprovação PIANC, ASTM ou ISO
- ☑ Testes, certificação e testemunho

- ☑ Pressões no casco
- ☑ Altura e largura do painel
- ☑ Pontas chanfradas ou angulares
- ☑ Momentos de angulação
- ☑ Projeto do painel caixa aberta ou fechada
- ☑ Grau de aço (escoamento, baixa temperatura, etc.)
- ☑ Tolerâncias contra corrosão

- ☑ Durabilidade da pintura (ISO12944 etc.)
- ☑ Espessura do filme seco
- ☑ Tipo de pintura
- ☑ Cores do revestimento final

- ☑ Material da placa de baixa-fricção
- ☑ Tolerância contra desgaste
- ☑ Cor
- ☑ Tamanho da placa frontal e peso
- ☑ Métodos de fixação e grau dos pinos

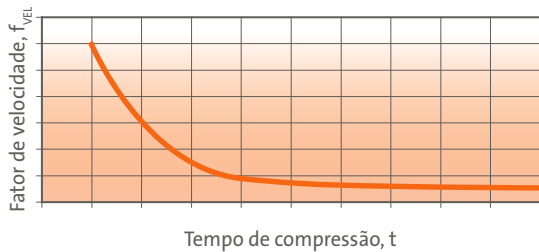
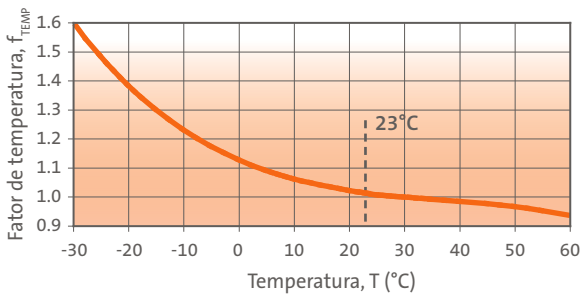
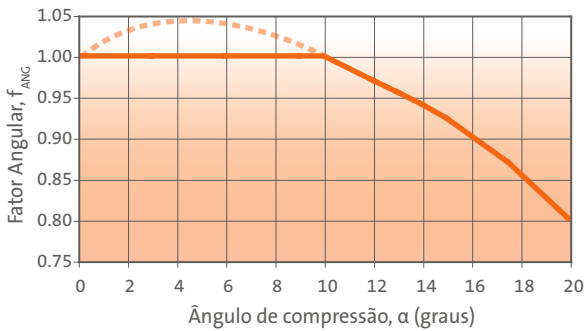
- ☑ Peso, cisalhamento e tensão das correntes
- ☑ Tipo de ligação, grau e acabamento
- ☑ Suportes de conexão sobre a estrutura
- ☑ Conexão com o painel da defesa
- ☑ Ajuste ou tolerância das correntes
- ☑ Fator de segurança de carga de trabalho
- ☑ Elo fraco (PIANC)
- ☑ Tolerância contra corrosão

- ☑ Âncoras cast-in ou retrofit
- ☑ Grau do material e acabamento
- ☑ Arruelas ou contraporcas
- ☑ Arruelas especiais

CAPACIDADE DE ENERGIA E FATORES AMBIENTAIS

Em todos os casos as defensas devem ter uma capacidade de absorção de energia maior ou igual ao cálculo de energia anormal de atracção do navio (ou as especificações de Energia Exigida definida pela PIANC). Devida consideração deve ser feita para as tolerâncias do fabricante da defesa (f_{TOL}) e os efeitos da temperatura, velocidade de compressão ou taxa e ângulos de compressão (horizontal e vertical).

Tipos diferentes de defensas e materiais respondem em diferentes maneiras a estes efeitos, de forma que você deve consultar o catálogo de produtos ShibataFenderTeam ou pedir por informações específicas para o tipo e material que está sendo utilizado. As informações mostradas são para defensas SPC.



ENERGIA MÍNIMA DA DEFENSA (E_F)

$$E_F = E_{RPD} \times f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}$$

REAÇÃO MÁXIMA DA DEFENSA (R_F)

$$R_F = R_{RPD} \times f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}$$

FATOR ANGULAR (f_{ANG})

Algumas defensas são afetadas pelo ângulo de compressão porque algumas áreas de borracha ou espuma são mais comprimidas do que outras. Os dados do ângulo é 0°.

Energia mínima da defesa ocorrerá no ângulo de compressão maior. f_{ANG} deve ser determinado usando o ângulo composto (vertical e horizontal) nas defensas cônicas e celulares. f_{ANG} deve ser determinado usando os fatores horizontais e verticais nas defensas tipos lineares como arco, cilíndrico e de espuma. Fatores angulares >1.0 são normalmente ignorados.

FATOR DE TEMPERATURA (f_{TEMP})

A borracha e a espuma, bem como outros materiais, tornam-se mais macias quando quente e mais firmes quando frio. O ponto de referência da temperatura é 23°C ($f_{TEMP} = 1$).

A energia mínima da defesa ocorrerá na temperatura operacional mais alta, a força de reação máxima ocorrerá na temperatura operacional mais baixa.

FATOR DE VELOCIDADE (f_{VEL})

A borracha e a espuma têm propriedades viscoelásticas que significa que elas funcionam parcialmente como uma mola e parcialmente como absorvedora de choque. O ponto de referência da velocidade de impacto inicial é 0.15 m/s.

Este fator depende da força nominal e do tamanho da defesa, dessa forma, o fator velocidade é determinado desde o tempo da compressão. A força de reação máxima da defesa ocorrerá na maior velocidade de impacto.

TOLERÂNCIA DA DEFENSA (f_{TOL})

f_{TOL} é o fator de tolerância no desempenho para o tipo de defesa, tipicamente $\pm 10\%$ em defensas de moldados de borracha, $\pm 20\%$ para as defensas de extrudados de borracha e $\pm 15\%$ para as defensas de espuma.

Por razões históricas a tolerância da Defesa Pneumática é 0% de energia (denominado 'absorção de energia garantida' ou GEA) e $\pm 10\%$ da reação.

DADOS DO DESEMPENHO NOMINAL (RPD)

O RPD é o desempenho publicado ou catalogado da defesa a 23°C, 0.15 m/s velocidade de impacto inicial, 0° ângulo de compressão e tolerância mediana.

E_{RPD} é energia da defesa no RPD

R_{RPD} é a reação da defesa no RPD

EFICIÊNCIA DA DEFENSA

Cada tipo de defesa possui características diferentes. Qualquer comparativo começará com a revisão da relação de energia à tolerância final baixa tolerância (E_{LET}) e a reação à tolerância final alta (R_{HET}). A eficiência da defesa (Eff) – que é expressada como sendo a relação da força que é transferida para dentro da estrutura por unidade de energia absorvida.

Cone Simples	Cone Duplo	Cilíndrica	Pneumática	Espuma
1 pç/sistema SPC 1000 G2.1	2 pç/sistema SPC 800 G2.0	1 pç/sistema 1400 x 700 x 2300 L	1 pç/sistema 2000 x 3500 (0.8)	1 pç/sistema OG 2000 x 4000 STD
				
$E_{LET}: 501 \times 0.9 = 451 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 955 \times 1.1 = 1051 \text{ kN}$ Eff: $451/1051 = 0.43$	$E_{LET}: 498 \times 0.9 = 448 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 1186 \times 1.1 = 1305 \text{ kN}$ Eff: $448/1305 = 0.34$	$E_{LET}: 506 \times 0.9 = 455 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 1771 \times 1.1 = 1948 \text{ kN}$ Eff: $455/1948 = 0.23$	$E_{LET}: 491 \times 1.0 = 491 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 1315 \times 1.1 = 1447 \text{ kN}$ Eff: $491/1447 = 0.34$	$E_{LET}: 540 \times 0.85 = 459 \text{ kNm}$ $R_{HET}: 1005 \times 1.15 = 1156 \text{ kN}$ Eff: $459/1156 = 0.40$

Este comparativo considera apenas a energia, reação e tolerâncias do fabricante. Um comparativo mais detalhado deve considerar os ângulos de compressão, temperatura e velocidade de impacto. Haverá também outros fatores, incluindo a adequação para grandes ou pequenas marés, altura da defesa e deflexão, impactos de nível baixo, pressão de casco, cinturões, defensas que não marcam, facilidade de instalação, manutenção, durabilidade e preço.

ANÁLISE DE RISCO

Cada pressuposto feito no projeto leva em consideração um risco. Pode ser comercialmente inviável proteger contra todos os pequenos riscos, mas se houver uma alta probabilidade de alguns eventos ocorrerem, e estes têm consequências importantes, a análise de risco irá ajudar os projetistas na escolha da melhor defesa. A probabilidade e a frequência de eventos particulares ocorrerem durante a vida útil das defensas ou da estrutura podem ser estimadas.

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{Y}\right)^N\right) \times 100 \%$$

P = A probabilidade de um evento ser igualado (ou excedido) pelo menos uma vez em um dado período de tempo

Y = O período de retorno de um evento

N = Vida útil

EXEMPLO 1

O maior navio atraca 12 vezes por ano. Ele atinge a defesa em sua maior velocidade uma vez a cada 100 atracações. Ele atraca com seu maior ângulo uma vez a cada 40 atracações. A vida útil do projeto da defesa (N) é presumida, neste caso, em 25 anos. A probabilidade deste evento em qualquer nível de maré é:

$$Y = 1 / \left(12 \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{40}\right) = 333 \text{ anos}$$

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{333}\right)^{25}\right) \times 100 \% = 7.2 \%$$

Os projetistas podem considerar isto como significativo

EXEMPLO 2

O maior navio atraca 12 vezes por ano. Ele atinge a defesa em sua maior velocidade uma vez a cada 100 atracações. Ele atraca com seu maior ângulo uma vez a cada 40 atracações. A vida útil do projeto da defesa (N) é presumida, neste caso, ter 25 anos. A probabilidade deste evento ocorrer em LAT (a cada 18.5 anos) é:

$$Y = 1 / \left(12 \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{40} \times \frac{1}{18.5}\right) = 6,167 \text{ anos}$$

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{6,167}\right)^{25}\right) \times 100 \% = 0.4 \%$$

Os projetistas podem considerar isto como insignificante


APLICAÇÕES DA DEFENSA


Defensas bem selecionadas serão uma vantagem para uma atracação, fornecendo operações livre de problemas e dificuldades.

TIPOS DE NAVIOS	SPC	CSS	FE	PM	PVT	SX	SX-P	SH	CYL	RF	WF	PNEU	HYD-PN	ESPUMA	ROSCA	EXT
Navios-Tanques																
Graneleiros																
Transportadores de Gás																
Navios Porta-Contêineres	⚠	⚠	⚠													
Carga Geral																
Barcaças																
RoRo Barcos de Travessia			⚠													
Transportadores de Automóveis			⚠													
Navios de Cruzeiro																
Barcos Rápidos de Travessia												⚠				
Navios de Superfície da Marinha																
Submarinos														⚠	⚠	

Navio contra navio	SPC	CSS	FE	PM	PVT	SX	SX-P	SH	CYL	RF	WF	PNEU	HYD-PN	ESPUMA	ROSCA	EXT
Cais / doca linear																
Golfinhos									⚠			⚠				
Monoestacas																
Navios de bordo livre baixo																
Navios com amarras			⚠													
Torres da proa grandes	⚠	⚠	⚠													
Zonas de grandes marés			⚠													
Zonas de pequenas marés																
Navios de Cruzeiro																
Zonas com gelo	⚠	⚠														
Estruturas Lead-in			⚠													
Atracações Lay-by (de espera)															⚠	
Defensas para Rampas Ro-Ro	⚠	⚠	⚠													
Entradas de dique	⚠	⚠	⚠												⚠	
Paredes de dique																
Estaleiros																
Navio contra navio																
Defensas levadas por navios																
Atracações temporárias																

 Tipo de defensas geralmente adequado

 Adequado para algumas aplicações nesta categoria

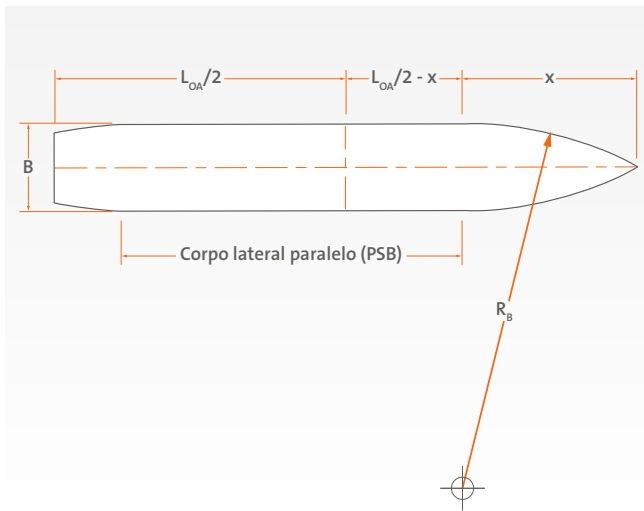
 Requer conhecimento especializado do produto – Pergunte à ShibataFenderTeam

ESPAÇAMENTO ENTRE DEFENSAS

Os padrões de projetos como BS6349 dizem que a defesa pode ser um sistema simples ou diversos sistemas suficientemente próximos para que todos sejam mobilizados durante o impacto de atracação. A curva da proa do navio, ângulo de curvatura da proa e ângulo de atracação determinarão a seleção da defesa e a distância entre elas.

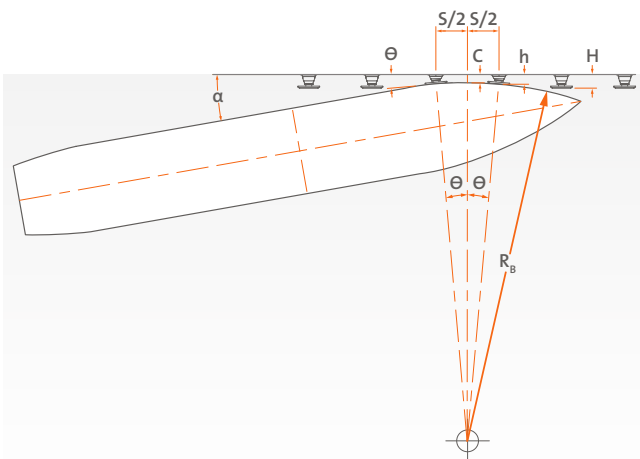
CURVA DA PROA

Presume-se frequentemente que os navios têm uma curva constante a partir da proa ao corpo lateral paralelo (PSB). Navios aerodinâmicos que são projetados para alta velocidade (p.e.: contêineres, navios de cruzeiro e alguns navios RoRo) terão uma curvatura da proa que se estenderá além da parte de trás do casco. Um navio projetado para carregar carga máxima (ex. graneleiros ou petroleiros) terá uma curvatura de proa menor.



BALANÇO LONGITUDINAL DA DEFENSA

Os grandes espaços entre as defensas podem fazer com que os navios, especialmente os menores, entrem em contato com a estrutura. Em todas as ocasiões, deve haver uma folga entre o navio e a estrutura, geralmente de 5 a 15% da projeção da defesa não comprimida (incluindo qualquer painel de defesa, carretéis espaçadores, etc.).



O montante da curvatura da proa é às vezes estimado com base nos coeficientes de bloco do navio:

$$C_B < 0.6 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.3$$

$$0.6 \leq C_B < 0.8 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.25$$

$$C_B \geq 0.8 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.2$$

Curva da proa pode ser calculada como:

$$R_B = \frac{x^2}{B} + \frac{B}{4}$$

A distância entre as defensas é:

$$S \leq 2 \sqrt{R_B^2 - (R_B - h + C)^2}$$

S = Espaçamento entre as defensas

R_B = Curva da proa

H = Altura da defesa não comprimida

h = Altura da defesa comprimida

C = Folga ao cais

α = Ângulo de atracação

θ = Ângulo tangencial com a defesa

O ângulo de contato com a defesa é:

$$\theta = \text{asin} \left(\frac{S}{2 \times R_B} \right)$$

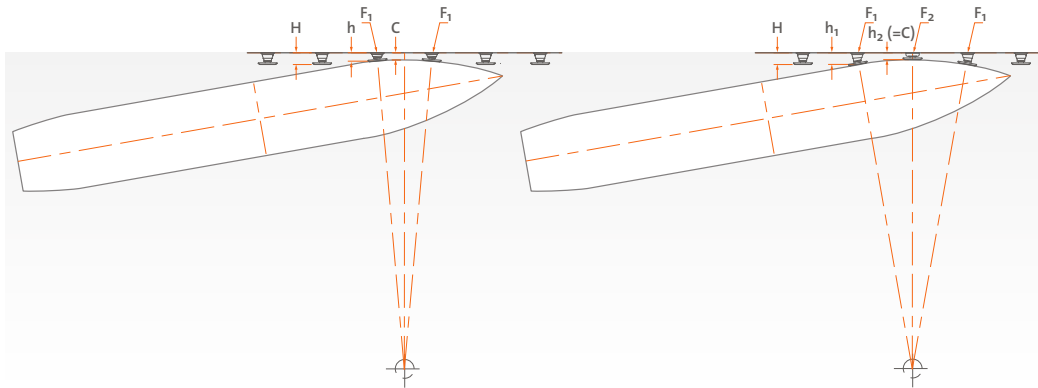
BS6349 sugere que:

$$S \leq 0.15 L_s$$

L_s = Comprimento total do navio mais curto

CONTATO MÚLTIPLO COM DEFENSAS

Dependendo da curva da proa e do espaçamento das defensas, os navios podem ter contato com mais de uma defesa ao atracar. Se isto ocorrer a energia de atracação total será absorvida de acordo com a respectiva deflexão de cada defesa.



CONTATO IGUAL COM A DEFENSA (2, 4 ETC)

- ▶ A energia é dividida igualmente entre as duas defensas
- ▶ Deflexão reduzida para cada defesa
- ▶ Reação total maior dentro da estrutura da atracação
- ▶ Folga (C) dependerá da curva e da torre da proa
- ▶ Navios com curva de proa pequena podem chegar mais perto da estrutura

TORRE DA PROA

O ângulo da proa do navio no ponto de contato pode reduzir a folga efetiva entre o casco e a estrutura:

$C' = C - a \times \sin(\beta)$ onde:

C' = Folga na torre da proa

C = Folga devido à curva da proa e a deflexão da defesa

a = Altura da defesa ao convés do navio

(ou ao topo da estrutura, seja qual for o mais baixo)

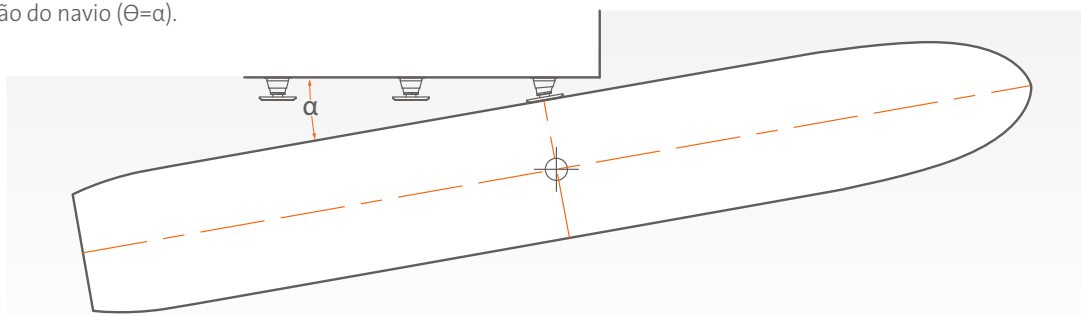
β = Ângulo de curvatura da proa



Verifique sempre a folga entre o painel da defesa ou suportes e também da estrutura.

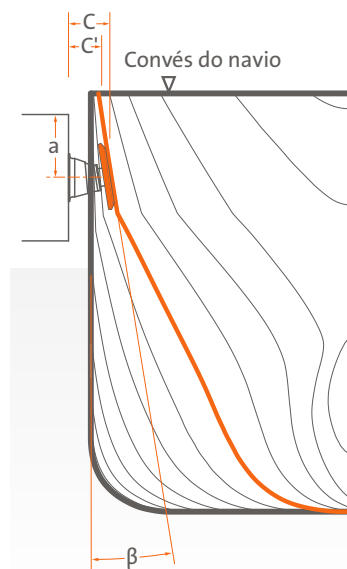
GOLFINHOS E DEFENSAS DE EXTREMIDADE

Em estruturas do tipo golfinho e nas defensas de extremidade em atracções contínuas é comum projetar com um ângulo de compressão da defesa igual ao do ângulo de atracação do navio ($\Theta = \alpha$).



CONTATO IRREGULAR COM A DEFENSA (1, 3, 5 ETC)

- ▶ Energia absorvida por uma defesa mais as defensas de cada lado
- ▶ A deflexão da defesa do meio é provavelmente maior
- ▶ Torre da proa é importante
- ▶ Provável contato de defesa única para navios menores
- ▶ Possível contato de defensas múltiplas no caso de navios maiores



MOMENTOS DE ANGULAÇÃO

Os painéis da defesa são projetados para distribuir as forças no casco do navio. Geralmente, os navios fazem contato com o painel da defesa em um ou mais pontos ou como contato de casco plano. Isto cria momentos de angulação e forças de cisalhamento na estrutura do painel. Os momentos de angulação e as forças de cisalhamento são estimados utilizando métodos estáticos simples. É necessária uma análise mais detalhada para estudar os efeitos complicados de casos de cargas assimétricas. É preciso cuidado especial onde há concentração de tensões tais como nos suportes de corrente e conexões aparafusadas. A ShibataFenderTeam está preparada para dar assistência em análises estruturais avançadas em conformidade com códigos de projeto Europeus, Americanos e outros.

CASOS DE PROJETOS

Alguns casos de projetos comuns são apresentados abaixo:

CONTATO NO CENTRO DO CINTURÃO

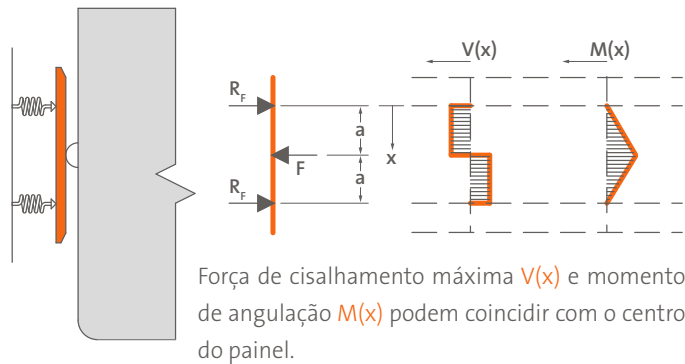
Um cinturão do navio entrando em contato com o meio do painel pode causar altos momentos de angulação. As defensas superiores e inferiores são igualmente comprimidas e ambas podem atingir reações de pico.

$$L = 2a$$

$$F = 2R_f$$

$$V(x = a) = R_f$$

$$M(x = a) = F \times L / 4$$



CONTATO DO CINTURÃO NA PARTE INFERIOR

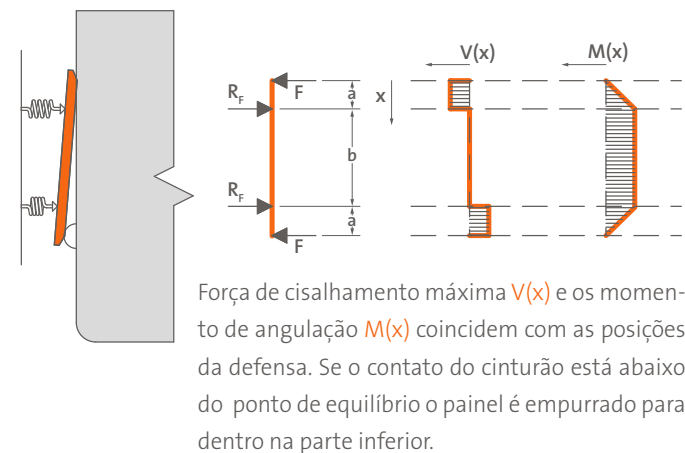
Os contatos do cinturão com a parte inferior fazem com que o painel se incline com uma deflexão desigual das defensas. O topo pode fazer contato com o casco do navio, criando uma longa extensão do painel que deve resistir à angulação.

$$L = 2a + b$$

$$F = R_f$$

$$V(x = a) = F$$

$$M(x = a) = F \times a$$



CONTATO DE CASCO PLANO

Navios com bordo livre alto e laterais planos podem entrar em contato com o painel de defesa inteiro. Os sistemas podem ter uma ou mais unidades de borracha que são igualmente comprimidas.

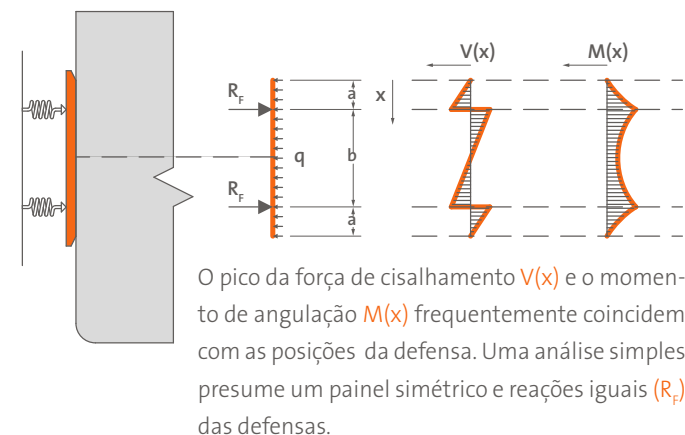
$$L = 2a + b$$

$$q = 2R_f / L$$

$$V(x = a) = q \times a$$

$$M(x = a) = q \times a^2 / 2$$

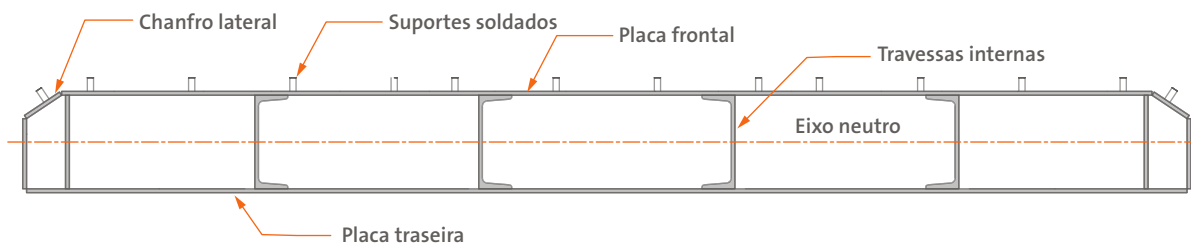
$$M(x = L/2) = M(x = a) - q \times b^2 / 8$$



CONSTRUÇÃO DO PAINEL

A maioria dos painéis de defesa moderna usa uma construção tipo “caixa fechada”. Este método de projeto tem uma relação alta entre força e peso, e cria uma forma externa simples que é mais fácil de pintar e manter. O interior do painel é testado sob pressão para confirmar se está totalmente vedado em relação ao ambiente e entrada de água.

A seção transversal típica de um painel de defesa inclui diversas travessas verticais, geralmente canais ou seções T fabricados em placas de aço. A espessura da placa externa, tamanho e tipo de travessas dependerão de muitos fatores. Os engenheiros da ShibataFenderTeam aconselharão o melhor projeto para cada caso.

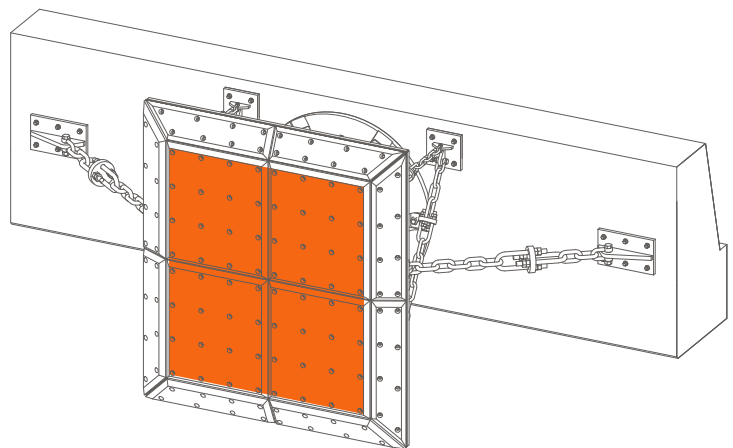


Existem muitas demandas no painel de defesa que causam angulação, cisalhamento, torção, choque e fadiga.

O ambiente marinho requer bom revestimento de pintura que previne que o aço seja corroído e mantém a rigidez do painel.

Baixas temperaturas requerem graus especiais de aço que não se tornam frágeis.

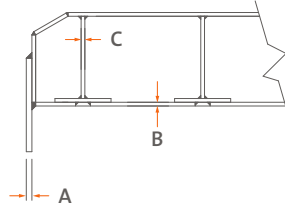
As plataformas da face devem ser firmemente presas ao painel, mas ainda assim permitir uma substituição fácil durante a vida útil da defesa.



PAINÉIS DE DEFENSA

ESPESSURA DO AÇO

A PIANC 2002 recomenda espessura de aço mínima na construção do painel. Frequentemente, as seções serão mais espessas que o mínimo exigido em sistemas de uso extremo e pesado.



A	Ambos os lados expostos	≥ 12 mm (1/2")
B	Um lado exposto	≥ 9 mm (3/8")
C	Interno (não exposto)	≥ 8 mm (5/16")

GRAU DO AÇO

Os painéis de defesa são feitos em aço estrutural que podem ser soldados. O grau utilizado depende das condições locais e disponibilidade. Algumas qualidades típicas de aço são mostradas abaixo.

GRAUS EUROPEUS COMUNS

EN10025	Escoamento N/mm ²	Tração N/mm ²	Temp °C
S235JR	235	360	N/A
S275JR	275	420	N/A
S355J2	355	510	-20
S355J0	355	510	0

GRAUS AMERICANOS COMUNS

ASTM	Escoamento N/mm ²	Tração N/mm ²	Temp °C
A36	250	400	*
A572-42	290	414	*
A572-50	345	448	*

*Graus de aço ASTM para aplicações à baixa temperatura devem especificar o valor requerido Charpy e a temperatura de teste.

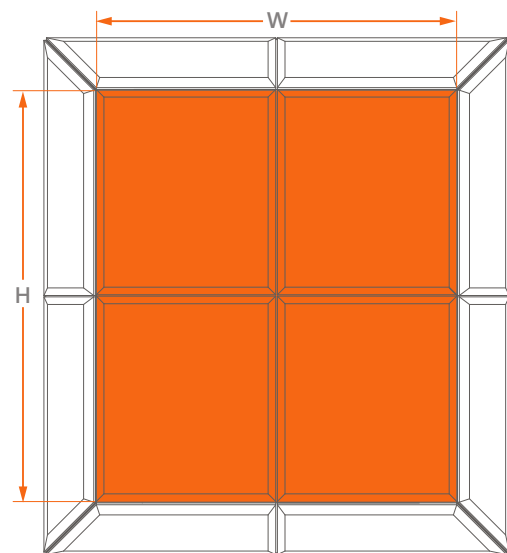
PESOS DO PAINEL DE DEFENSA

Cada projeto de defesa é diferente, mas esta tabela deve ser utilizada como regra geral para os cálculos iniciais de outros componentes como as correntes. **Painéis de serviço padrão:** 200–300 kg/m² **Painéis de serviço pesado:** 300–400 kg/m² **Painéis de serviço extremo:** Acima de 400 kg/m²

PRESSÕES DO CASCO

Muitos navios podem resistir a uma pressão limitada no seu casco, de forma que é importante determinar a provável pressão de contato da defesa de acordo com o bordo livre do navio e das marés para certificar-se de que os limites permitidos não estão sendo excedidos. Na ausência de mais informações específicas, as diretrizes PIANC abaixo são comumente utilizadas.

CLASSE	TAMANHO	PRESSÃO kN/m ² (kPa)
Petroleiros	Handysize	≤ 300
	Handymax	≤ 300
	Panamax ou maior	≤ 350
	VLCC	150–200
Graneleiros	Todos os tamanhos	≤ 200
Contêineres	Alimentador	≤ 400
	Panamax	≤ 300
	Post-Panamax	≤ 250
	ULCS	≤ 200
Carga Geral	≤ 20,000 DWT	400–700
	> 20,000 DWT	≤ 400
RoRo e Barcos de Travessia	Não aplicável – geralmente com cinturões	



\bar{HP} = Pressão média do casco (kN/m² ou kPa)

ΣR_F = Reação total da defesa (kN)

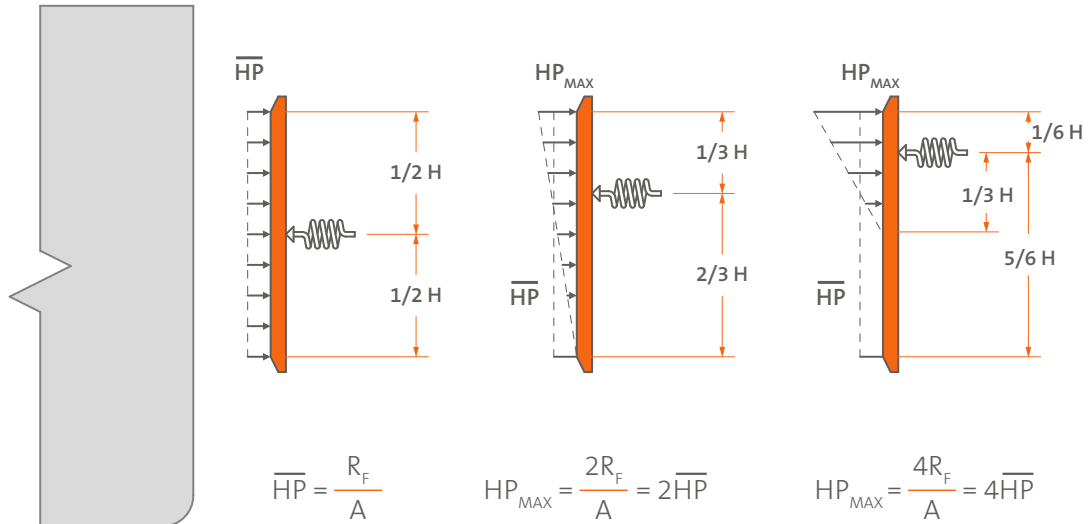
W = Largura do painel plano (m)

H = Altura do painel plano (m)

A = Área de contato do painel plano (m²)

DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO

A pressão do casco é distribuída uniformemente se a reação da defesa dentro do painel é simétrica. Quando a reação da defesa for descentralizada a pressão de pico no casco é maior, mesmo embora a pressão média do casco permaneça a mesma. Os exemplos abaixo mostram casos típicos de projetos. É comum utilizar combinações de defensas onde a pressão máxima do casco não exceda o dobro da pressão média do casco.



PLACAS DE BAIXA FRICÇÃO

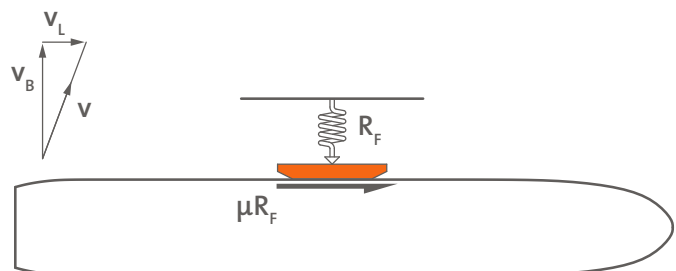
As placas de Polietileno de Peso Molecular Ultra-Alto (UHMW-PE) são revestimentos substituíveis montados nos painéis da defesa. A boa resistência ao desgaste com superfície de baixa fricção ajudam a prevenir danos ao casco do navio e à pintura. Elas também reduzem as forças de cisalhamento nas correntes da defesa.

Grandes folhas de UHMW-PE são moldados de sinter de grânulos de polímeros. Em seguida, as mesmas podem ser plainadas (tre-filadas), cortadas sob medida, perfuradas e chanfradas para criar placas individuais. Estas são conectadas ao painel com batentes soldados, parafusos e elementos de fixação de perfil baixo.

O UHMW-PE se encontra disponível nas qualidades virgem e recuperada, muitas cores e espessuras para se adequar ao padrão, aplicações para serviços pesado e extremo.

Materiais		Coeficiente de fricção (μ)	
Material 'A'	Material 'B'	Mínimo	Projeto*
UHMW-PE	Aço (úmido)	0.1–0.15	≥ 0.2
UHMW-PE	Aço (seco)	0.15–0.2	≥ 0.2
HD-PE	Aço	0.2–0.25	≥ 0.3
Borracha	Aço	0.5–0.8	≥ 0.8
Madeira	Aço	0.3–0.5	≥ 0.6

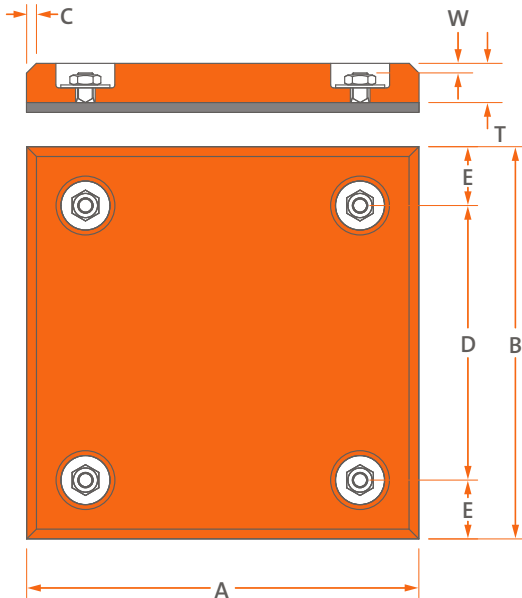
*Recomenda-se um valor de projeto maior para considerar outros fatores tais como aspereza da superfície, temperatura e pressões de contato que podem afetar o coeficiente de fricção.



A fricção é importante para um bom projeto da defesa. Inevitavelmente, os navios mover-se-ão contra a face da defesa, gerando forças que podem alterar a geometria de deflexão da defesa. Com a fricção reduzida e um projeto de corrente apropriado, estes efeitos são minimizados.

PLACAS DE BAIXA FRICÇÃO

A seleção da placa e dos métodos de fixação devem considerar fatores como impacto, desgaste ou abrasão causados por verdugos, agitação das ondas e frequência de uso. Se o acesso for difícil, uma tolerância extra de desgaste pode ser vantajosa para reduzir manutenção e custos de vida útil.



Placa (T) [mm]	Peso [kg/m ²]	Tamanho da Fixação	Desgaste (W)* [mm]
30*	28.5	M16	5
40*	38.0	M16	10
50	47.5	M20	15

* Para fixação com porca

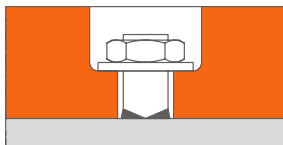
Layout	[mm]
Chanfro (C)	15
Espaçamento dos parafusos (D)	300 – 400
Distância da aresta (E)	> 70

Outras dimensões a pedido.

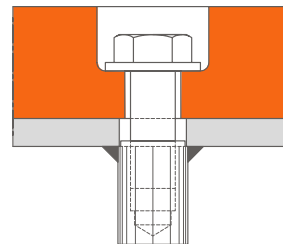
FIXAÇÃO DE PLACAS

As faces das placas UHMW-PE são fixas de várias maneiras de acordo com o tipo de painel. Pernos ou parafusos com porcas cegas são frequentemente usados em painéis fechados. Porcas standard são usadas em painéis abertos e estruturas. A fixação através de porca com flange pode fornecer uma maior tolerância de desgaste. Anilhas de maior dimensão são exigidas para distribuir a carga e evitar que as placas se desprendam. A espessura do PE abaixo da anilha é geralmente de 25 a 35 % da espessura da placa.

Perno / Porca com flange



Parafuso com porca cega

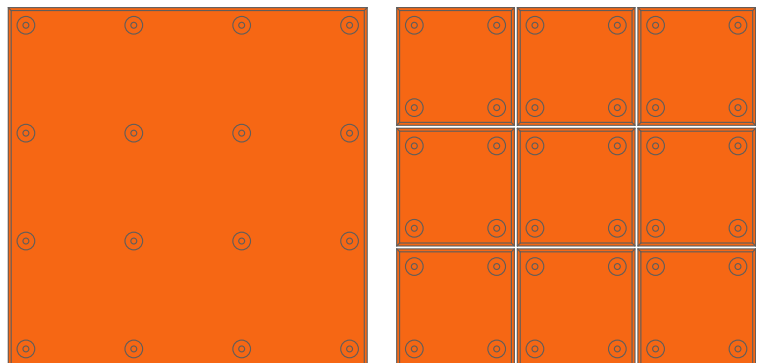


PLACAS COLORIDAS

As placas UHMW-PE podem ser fornecidas com diferentes cores para permitir maior visibilidade ou fácil diferenciação entre cais. As cores comuns são preto, branco, cinza, amarelo, azul e verde.

PLACAS PEQUENAS OU GRANDES

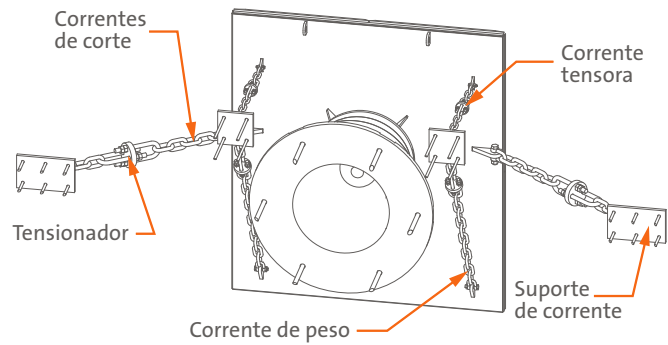
As placas maiores têm mais fixações e podem durar mais. As placas pequenas são mais leves, mais fáceis de substituir e menos caras. Em alguns países o limite máximo de peso a ser levantado (geralmente 25 kg) pode ditar o tamanho da placa.



PROJETO DA CORRENTE

As correntes são usadas para controlar a geometria da defesa durante o impacto e para evitar movimentos excessivos do painel. Elas podem dar assistência no suporte do peso de painéis grandes, evitar inclinação ou bambeamento, e também para aumentar as deflexões da borracha e a absorção da energia em casos de impactos de golpe baixo.

- ▶ Correntes de corte são usadas para limitar o movimento horizontal.
- ▶ As correntes de peso limitarão o movimento vertical e reduzirão a inclinação ou bambeamento.
- ▶ As correntes tensoras – trabalham em conjunto com as correntes de peso para limitar a inclinação, pode também melhorar o desempenho durante os impactos de golpe baixo.
- ▶ Os suportes de corrente podem ser ancorados, aparafusados, soldados ou fundidos na estrutura.
- ▶ Os tensionadores limitam o afrouxamento das correntes devido às tolerâncias ou desgaste.



A extensão (L) e ângulo estático (α_0) são os fatores mais importantes que determinam a carga e o tamanho das correntes.

T = Carga de trabalho por conjunto de correntes (kN)

R_F = Reação do sistema de defensas (kN)

μ = Coeficiente de fricção

G = Peso do painel da defesa, PE placas, etc. (kN)

L = Extensão da corrente de ponta a ponta (m)

Δ = Deflexão da defesa (m)

n = Número de correntes agindo em conjunto

α_0 = Ângulo estático de corrente(s), defesa sem deflexão (grau)

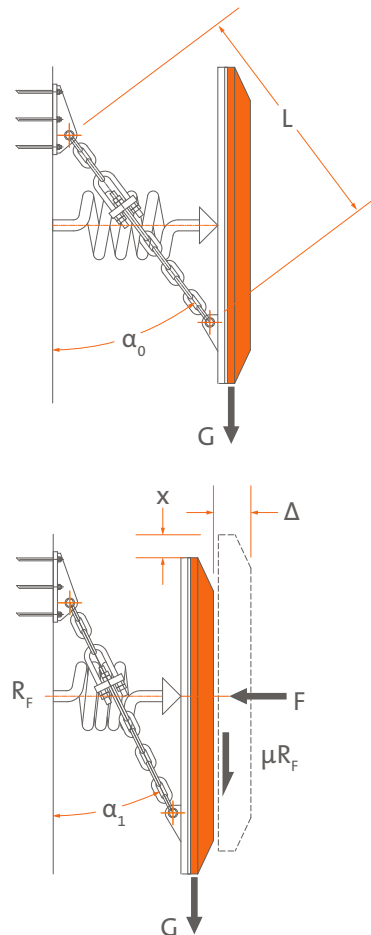
α_1 = Ângulo dinâmico de corrente(s), deflexão da defesa (grau)

x = Movimento do painel devido ao arco da corrente (m)

$$\alpha_1 = \sin^{-1} \left[\frac{(L \times \sin \alpha_0) - \Delta}{L} \right]$$

$$x = L \times (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_0)$$

$$T = \frac{G + \mu \times R_F}{n \times \cos \alpha_1}$$



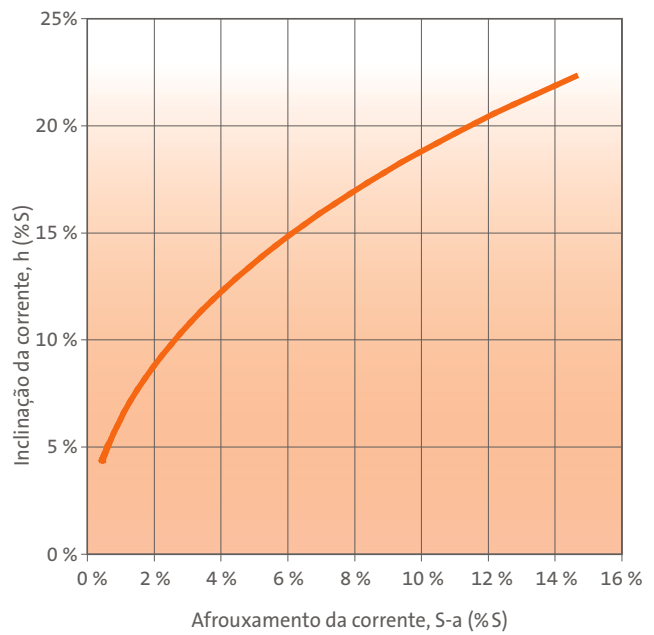
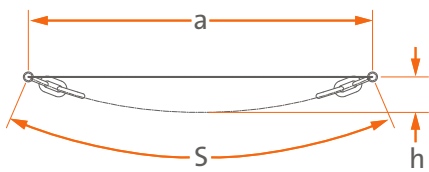
NOTAS DE PROJETO

- (1) As cargas mais altas na corrente ocorrem frequentemente quando a unidade de defensas alcançar uma reação de pico a cerca da metade da deflexão nominal.
- (2) Para as correntes de corte, $G = 0$.
- (3) A ShibataFenderTeam recomenda um fator de segurança (η) de 2 para a maioria das aplicações, mas um fator maior pode ser usado sob pedido.
- (4) Um elo ou elemento fraco fácil de substituir e barato deve ser incluído no conjunto da corrente para evitar dano por sobrecarga ao painel da defesa ou à estrutura.

INCLINAÇÃO DA CORRENTE

Às vezes as correntes vêm com especificação “zero” de afrouxamento ou inclinação, mas isto não reflete a realidade e é desnecessário. Até mesmo um afrouxamento muito pequeno ($S-a$) por volta de 2% da extensão da corrente(S) fará com que a corrente “incline-se” no centro (h) em quase 9% da extensão da corrente.

Por exemplo, uma corrente com 2,000 mm de comprimento com 40 mm de afrouxamento inclinará no meio por mais de 170 mm. A mesma corrente com 7 mm de afrouxamento ainda assim inclinará cerca de 50 mm.

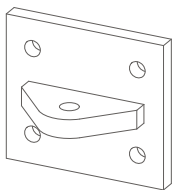


PROJETO DE SUPORTE

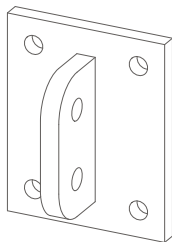
Os suportes da corrente podem ser projetados para adequar-se às estruturas novas ou existentes, de aço ou concreto. O suporte deve ser consideravelmente mais forte do que o componente mais fraco do conjunto de corrente. Seus projetos devem permitir que a corrente gire livremente sobre seu arco e não deve interferir em outros suportes, o painel de defesa ou o corpo da defesa de borracha durante a compressão. A alça principal deve ser suficientemente espessa ou incluir placas espaçadoras para suportar adequadamente o tamanho e tipo corretos de elo.

O tamanho da solda que segura a alça do suporte à placa base é fator crítico e deve-se consultar os engenheiros da ShibataFenderTeam para obter detalhes do projeto. Assim como, o grau e posições de âncoras ou parafusos de fixação devem ser avaliados na fase dos detalhes do projeto.

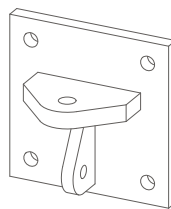
ÚNICO



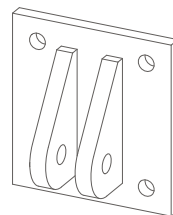
DUPLO



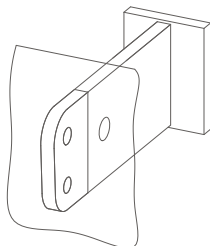
DUAS POSIÇÕES



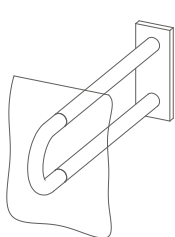
OLHAL DUPLO



FUNDIDO DUPLO



FUNDIDO ÂNCORA EM U



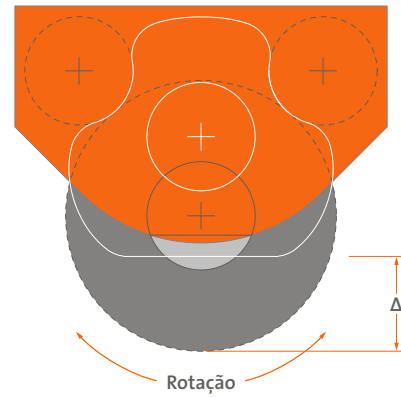
Consulte a ShibataFenderTeam para obter informações sobre tipos e tamanhos de suporte, material e acabamento de suportes de corrente adequados.

RODAS E ROLOS

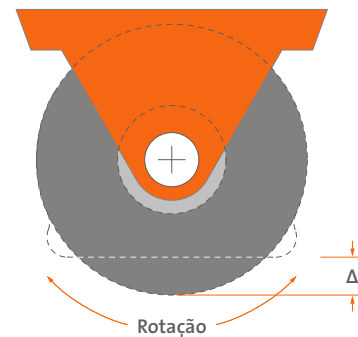
As Defensas de Roda têm um eixo deslizante e rolos para aumentar a deflexão e a energia, de forma que são adequadas para entradas de diques e cantos vulneráveis da atracação.

As Defensas de Rolos tem um eixo fixo que permite rotação de resistência quase zero, adequado para guiar navios dentro de diques e docas secas.

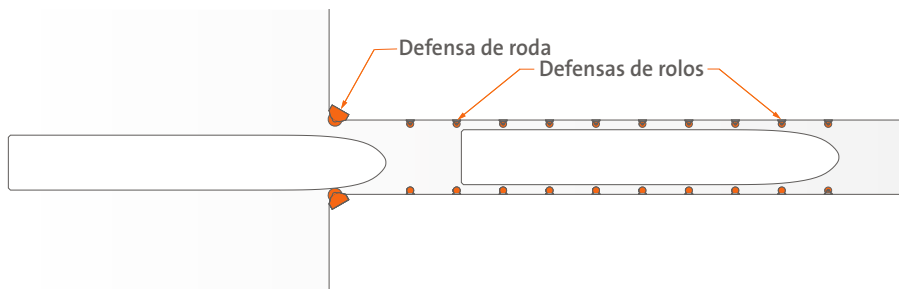
DEFENSA DE RODA



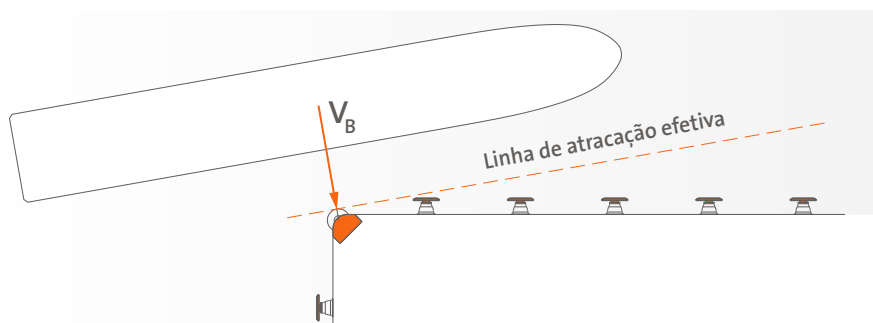
DEFENSAS DE ROLOS



Durante a aproximação do dique ou doca seca o navio está paralelamente perto do muro do dique, mas pode estar mais perto de um dos lados. O contato da proa com a defesa de roda desvia o navio. Como o navio continua entrando, as defensas de rolos atuam como guias para proteger o casco e o muro do dique.



Algumas atracações convencionais tem cantos expostos que precisam da proteção de uma defesa de roda. Embora o navio possa estar a um grande ângulo das defensas principais, a linha efetiva de atracação sobre a Defesa de Roda permanece em 0°. Em muitos casos o impacto a meia nau deve ser considerado.



CASO ESPECIAL DE IMPACTO

Se o navio estiver se movendo dentro do dique ou doca seca, o impacto com a defesa de roda pode ocorrer na seção da proa. A linha de atracação efetiva é a tangente à proa.

Para cálculos de energia, o componente de velocidade perpendicular à linha de atracação é exigido:

$$V_B = V \times \text{seno } \Theta$$

α = Ângulo de desvio do navio (curso verdadeiro)

Tais manobras são difíceis e a velocidade a frente do navio é bastante baixa. Os valores típicos de projeto são:

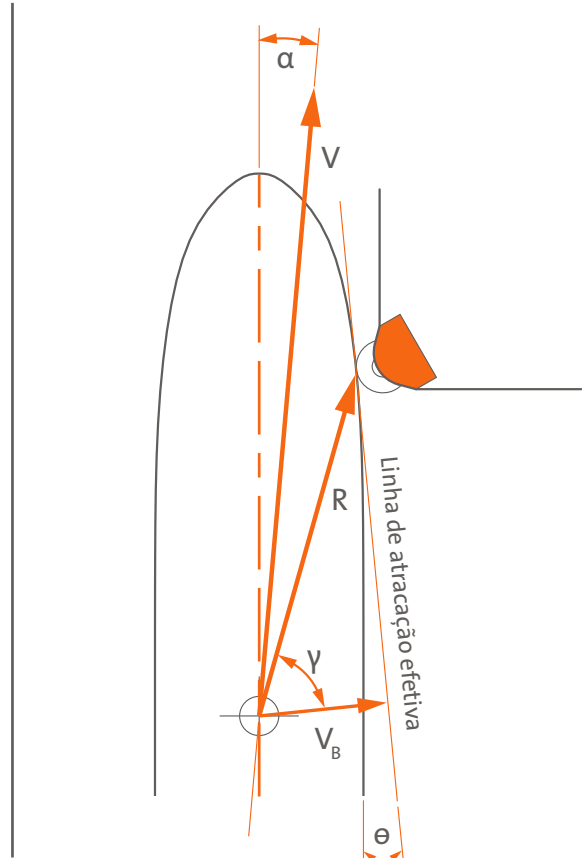
$$V \leq 1 \text{ m/s}$$

$$\alpha \leq 10^\circ$$

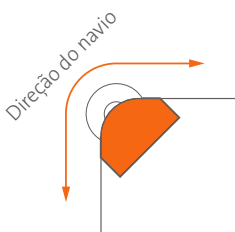
$$\Theta \leq 5^\circ$$

$$V_B < 1.0 \times \text{seno } (5^\circ + 10^\circ) = 0.26 \text{ m/s}$$

O ângulo da linha de atracação efetiva é maior para os impactos mais próximos à proa, mas a distância do centro de massa ao ponto de impacto (R) também aumenta. O valor do Fator de Excentricidade (C_e) precisa de uma consideração cuidadosa. Consulte a ShibataFenderTeam para obter informações.



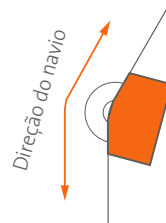
Para melhor desempenho, as Defensas de Roda devem estar orientadas de acordo com o ângulo esperado do navio.



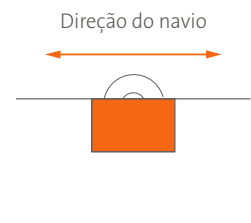
45° a cada atracação



0–30° da linha de de cada atracação



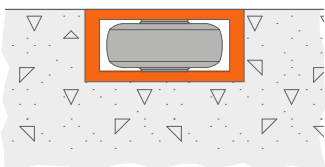
Igualmente balanceado de cada atracação



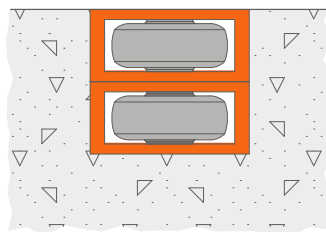
Paralelo à direção do navio

As Defensas de Roda simples são utilizadas onde há pequenas variações no nível da água. Defensas de Roda múltiplas ou sobrepostas são utilizadas em grandes marés ou grandes mudanças de nível de água.

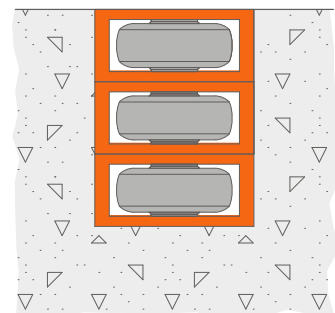
RODA SIMPLES



RODA DUPLA



RODA TRIPLA





PROJETO DE DEFENSA DE ESPUMA

As Defensas de Espuma vêm em diferentes configurações. As Defensas OceanGuard e OceanCushion podem ser utilizadas como flutuantes ou suspensas nas docas. As Defensas Donut são suportadas por pilares, que sobem ou descem conforme a maré. As Defensas de Espuma têm uma variedade de características únicas que devem ser consideradas durante o projeto. Isto inclui a temperatura ambiente, ângulo de compressão e número de ciclos.

GRAUS DE ESPUMA E CICLOS

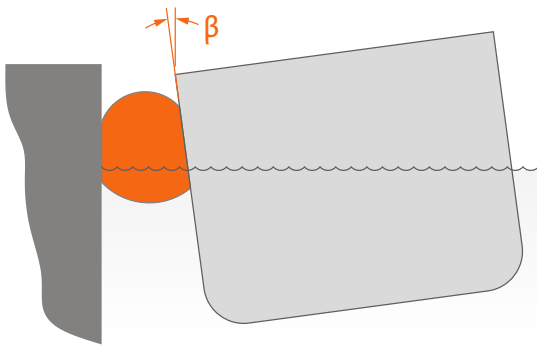
O núcleo de espuma é um amontoado de células entrecruzadas de polietileno que incorpora muitos milhares de pequenas bolsas de ar. Graus de espuma máis leves têm bolsas de ar maiores e menos densidade. Graus de espuma máis duros têm bolsas de ar máis miúdas e uma densidade maior. Após múltiplas compressões a dureza da espuma se reduce devido ao relaxamento das tensões. Os „pontos de referência“ de desempenho da Defesa de Espuma são considerados após o terceiro ciclo de compressão.

GRAU DA ESPUMA		NÚMERO DE CICLOS DE COMPRESSÃO (n)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100
Reação baixa	LR	1.30	1.07	1.00	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.88
Padrão	STD	1.31	1.07	1.00	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.88
Alta capacidade	HC	1.40	1.09	1.00	0.96	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.85
Capacidade extra-alta	EHC	1.45	1.10	1.00	0.95	0.93	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.83
Capacidade muito alta	SHC	1.54	1.11	1.00	0.95	0.92	0.90	0.88	0.87	0.87	0.86	0.81

A perda de rigidez da defesa após múltiplas compressões se compensa normalmente por uma melhor performance a taxas maiores de compressão devido à avaliação conservadora da performance da defesa ao 60% de compressão. Isto foi demonstrado através de testes laboratoriais independentes das nossas Defensas de Espuma, nas quais a performance nominal foi alcançada satisfatoriamente abaixo da deflexão nominal. Consequentemente, projetos de Defensas de Espuma devem ser baseados nos valores da 3a.compressão, por exemplo : os valores de performance do catálogo.

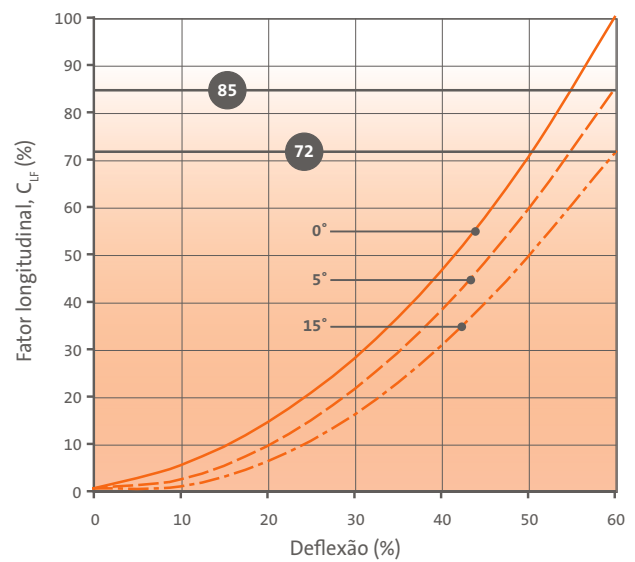
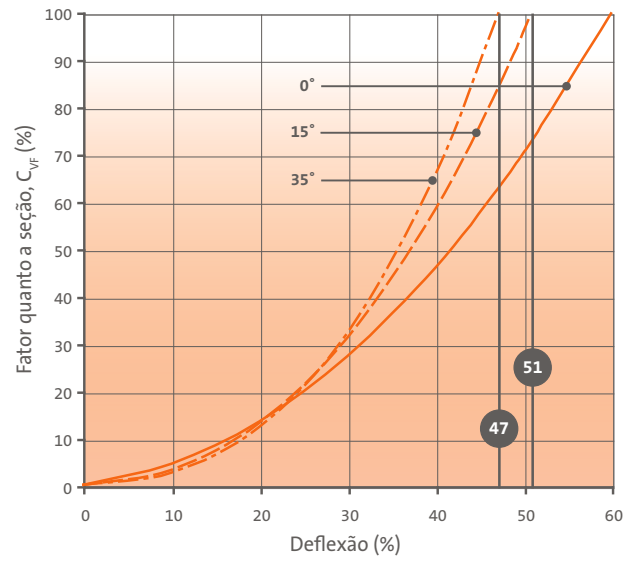
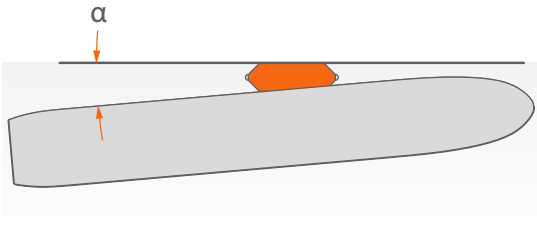
COMPRESSÃO VERTICAL

Um ângulo de compressão vertical pode ocorrer devido à dilatação da proa ou ondulação do navio.



COMPRESSÃO LONGITUDINAL

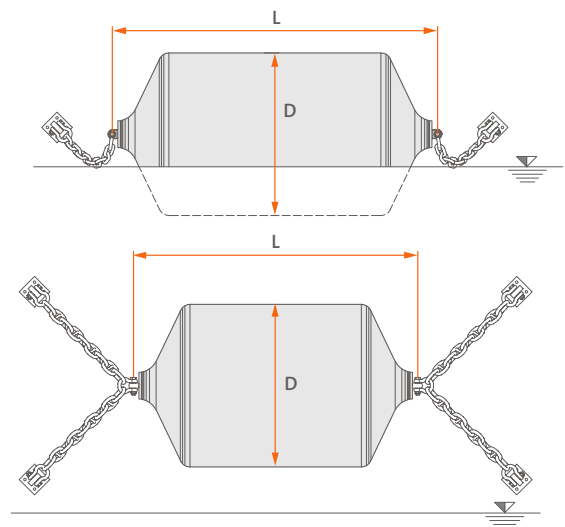
Uma compressão longitudinal angular pode ocorrer devido a atracação angular ou curvatura da proa.



INSTALAÇÃO DA DEFENSA DE ESPUMA

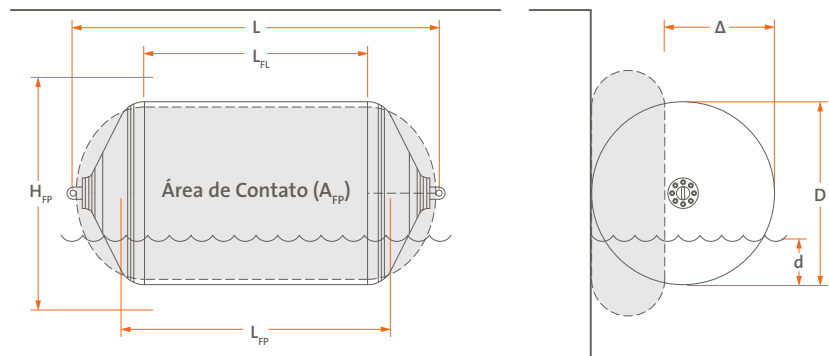
As Defensas de Espuma podem flutuar com a maré ou serem fixadas acima do nível da água. A escolha do método de amarração depende de vários fatores:

- ▶ Variação da maré no local
- ▶ Ângulos de compressão aproximados
- ▶ Movimento longitudinal ou vertical da atracação e dos navios amarrados
- ▶ Área de contato disponível na estrutura
- ▶ Abrasividade da face da estrutura
- ▶ Nivelamento da face da estrutura (ex. empilhamento de painéis)
- ▶ Altura significativa da onda em relação ao tamanho da defesa
- ▶ Acessibilidade para manutenção



ÁREA DE CONTATO DA DEFENSA

A altura e a largura da estrutura devem ser suficientes para permitir que a Defesa OceanGuard expanda-se livremente conforme o corpo é comprimido. As dimensões totais da área montada devem permitir que a defesa suba e abaixe, e também qualquer movimento promovido pelo afrouxamento das correntes.



ÁGUA DO CALADO

O calado OceanGuard varia de acordo com a densidade da espuma usada, a espessura do forro, o tamanho e comprimento das correntes e tudo que possa reduzir ou aumentar o peso da defesa. A tabela fornece valores típicos para os graus de LR, STD e HC. Pergunte à ShibataFenderTeam sobre outros casos de projetos.

Diâmetro (D) x Comprimento (L)	Forro [mm]	Plano		Área de Contato		Peso [kg]	Empuxo [kN]	Calado de Água (d)		
		Comprimento L_FL [mm]	Altura H_FP [mm]	Comprimento L_FP [mm]	Área A_FP [sqm]			LR [mm]	STD [mm]	HC [mm]
700 x 1,500	19	880	660	1,460	0.87	109	42	210	250	290
1,000 x 1,500	19	700	940	1,460	1.19	147	42	250	310	370
1,000 x 2,000	19	1,190	940	1,950	1.66	200	42	200	270	330
1,200 x 2,000	19	980	1,130	1,940	1.93	299	76	310	380	450
1,500 x 3,000	25	1,830	1,410	2,950	3.77	653	107	280	380	470
1,700 x 3,000	25	1,710	1,600	2,930	4.18	748	107	310	420	520
2,000 x 3,500	25	2,070	1,880	3,430	5.78	1,161	151	330	470	590
2,000 x 4,000	29	2,560	1,880	3,920	6.70	1,397	151	320	460	580
2,000 x 4,500	29	3,050	1,880	4,430	7.66	1,571	222	300	440	560
2,500 x 4,000	32	2,230	2,360	3,910	8.14	1,925	311	400	580	730
2,500 x 5,500	38	3,660	2,360	5,400	11.64	3,095	311	390	570	720
3,000 x 4,900	38	2,770	2,830	4,790	12.00	3,295	311	460	670	850
3,000 x 6,000	38	3,900	2,830	5,900	15.15	4,370	489	430	640	830
3,300 x 4,500	38	2,230	3,110	4,390	11.82	3,531	489	560	790	990
3,300 x 6,500	41	4,240	3,110	6,380	18.02	5,485	489	440	680	890

INSTALAÇÃO DA DEFENSA DE ESPUMA

A) AMARRAÇÃO SUSPensa

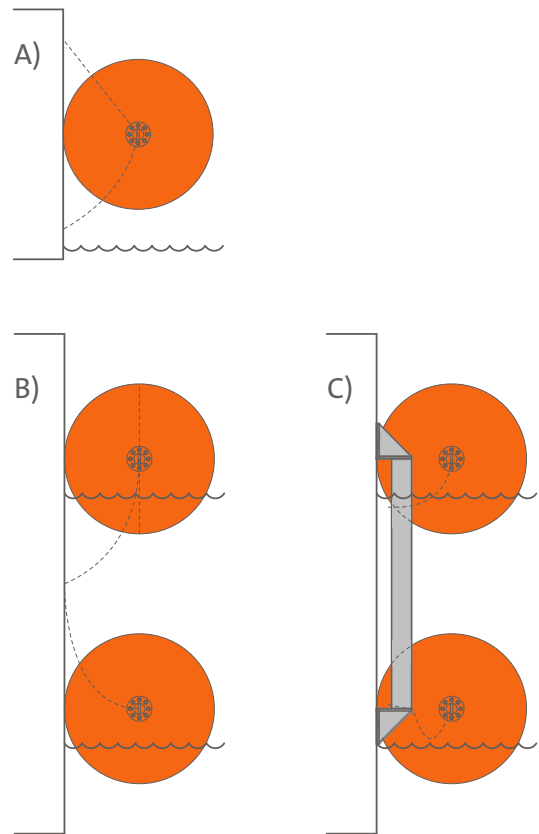
Quando totalmente suspensa sobre a água, a altura da doca deve ser maior que a área de contato da defesa mais qualquer movimento permitido pelas correntes. Uma corrente elevada é combinada para evitar que a defesa seja içada ou rolada até o topo da doca conforme a mudança da maré ou do calado do navio.

B) AMARRAÇÃO FLUTUANTE SIMPLES

Uma amarração flutuante simples precisa de correntes compridas o suficiente para as marés mais altas e mais baixas e mais um afrouxamento extra para evitar a carga presa nas correntes e nas conexões terminais da defesa. O movimento lateral da defesa em meia maré deve ser considerado no projeto.

C) TRILHO DE GUIA FLUTUANTE

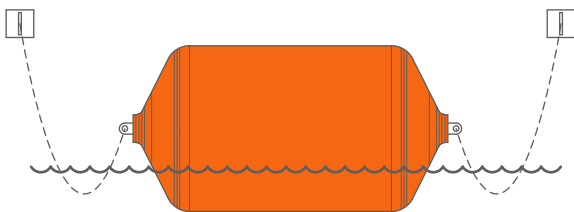
Uma amarração mais robusta para áreas de marés altas usam um trilho guia. A corrente é conectada a um anel de amarração ou rolo ao redor do trilho. Esta disposição mantém as cargas da corrente uniformes, limita o movimento para os lados e é a melhor solução para as áreas de maré.



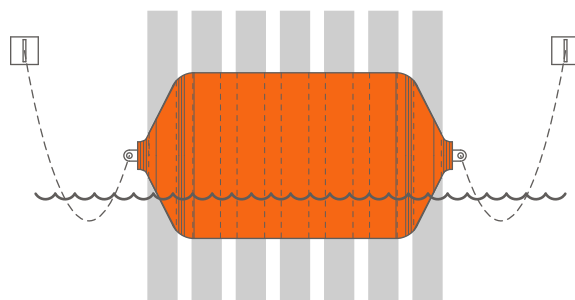
REDUÇÃO DE ABRASÃO

A abrasão do forro pode ocorrer se a Defesa OceanGuard for montada diretamente contra uma doca de concreto ou outra superfície áspera. A taxa de desgaste pode ser maior se houver ondas ou correntes que fazem com que a defesa esteja em movimento contínuo. O desgaste pode ser reduzido ou eliminado conectando-se uma série de tiras de UHMW-PE na área de reação. Outros materiais como a madeira podem também ser usados mas irão necessitar de manutenção extra.

A montagem diretamente no concreto promove desgaste

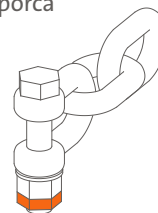


Tiras de UHMW-PE estenderão o tempo de vida útil

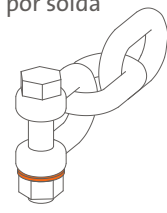


As defensas flutuantes irão mover-se continuamente devido ao vento, ondas, marés e correntes. Com o passar do tempo os elos podem vibrar soltos (mesmo com um pino de parafuso). Aconselham-se inspeções regulares nas amarrações, mas para reduzir o risco de as defensas se soltarem, os elos devem usar uma contra porca ou a porca deve receber uma aderência por solda ao corpo do elo.

Elo com contra porca



Elo com aderência por solda

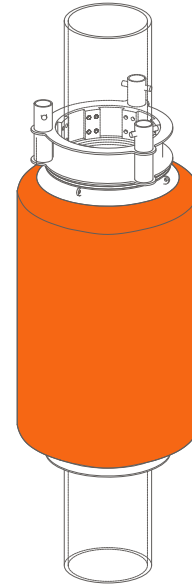
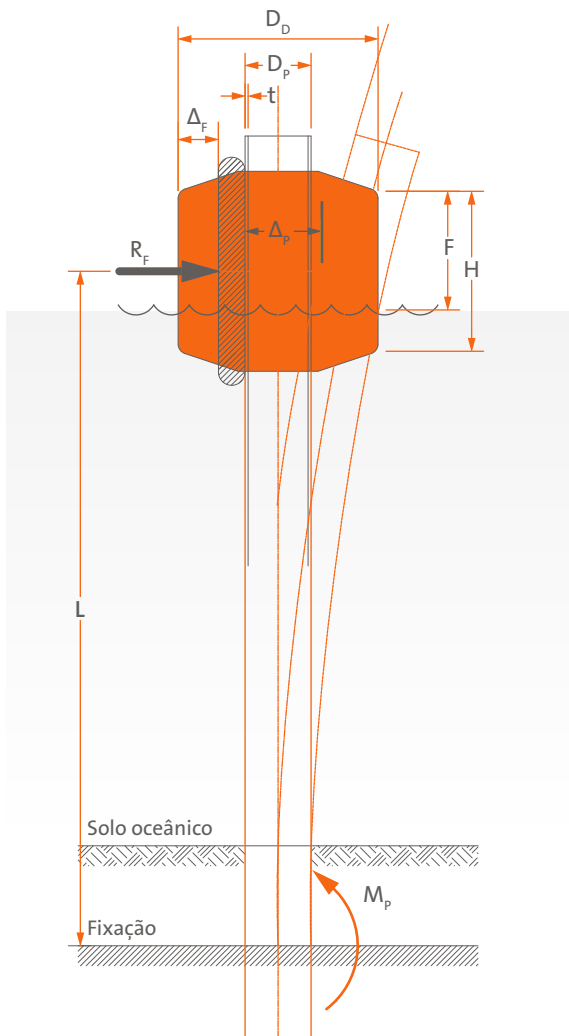


DEFENSAS DONUT

As Defensas Donut absorvem a energia comprimindo o anel de espuma e, na maioria dos casos, pela deflexão elástica do pilar de aço tubular. Elas são comumente usadas em zonas de marés altas, para fornecer paredes preparadas para os diques e para proteger cantos de diques vulneráveis.

A Defesa Donut flutua para cima e para baixo conforme a maré, assim os projetistas devem considerar diversos casos para atingir o desempenho desejado sempre. Cada uma das variáveis listada abaixo afetará o desempenho da defesa:

- ▶ Densidade da espuma (grau)
- ▶ Diâmetros internos e externos do Donut
- ▶ Altura do Donut
- ▶ Variação da maré
- ▶ Diâmetro do pilar e espessura da parede
- ▶ Espaço livre do pilar à fixação
- ▶ Perda da espessura do pilar com o passar do tempo devido à corrosão.



BORDO LIVRE

O bordo livre (em milímetros) pode ser estimado para tamanhos comuns do Donut e espuma de grau STD:

$$H = 0.75 \times D_D \rightarrow F = 0.963 \times H - 720$$

$$H = 1.00 \times D_D \rightarrow F = 0.946 \times H - 810$$

$$H = 1.25 \times D_D \rightarrow F = 0.938 \times H - 910$$

$$H = 1.50 \times D_D \rightarrow F = 0.929 \times H - 990$$

Para outros tamanhos e graus de espuma, consulte a ShibataFenderTeam.

DEFLEXÕES DO PILAR

Conforme a parede da Defesa Donut é comprimida, a força de reação (R_F) defletirá o pilar. Presumindo-se uma extremidade embutida na fixação, a deflexão do pilar, a rigidez e a energia podem ser estimadas:

$$\text{Momento do pilar: } M_p = R_F \times L$$

$$2^\circ \text{ momento da área: } I_{xx} = [D_p^4 - (D_p - 2t)^4]$$

$$\text{Módulo de Young: } E = 200 \times 10^9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Deflexões do pilar: } \Delta_p = \frac{R_F \times L^3}{3 \times E \times I_{xx}}$$

$$\text{Tensão do pilar máxima: } \sigma = \frac{M_p}{Z_{xx}}$$

$$\text{Energia do pilar: } E_p = 0.5 \times R_F \times \Delta_p$$

DONUT E ENERGIA DO PILAR

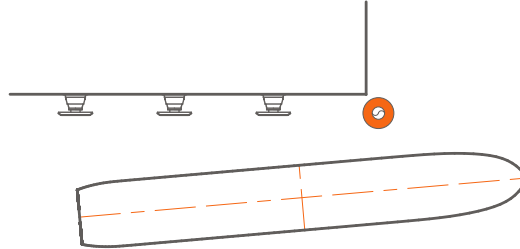
A energia total absorvida pelo pilar e pelo Donut é estimada como descrito:

$$\text{Energia total: } \Sigma E = E_f + E_p$$

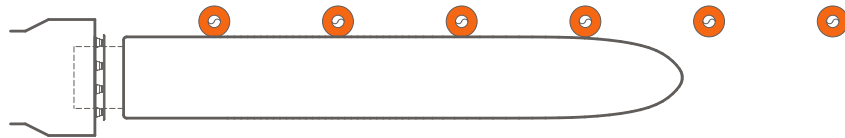
APLICAÇÕES DAS DEFENSAS TIPO DONUT

As Defensas tipo Donut geralmente protegem os cantos ou auxiliam na orientação dos navios nas atracações e dentro dos diques.

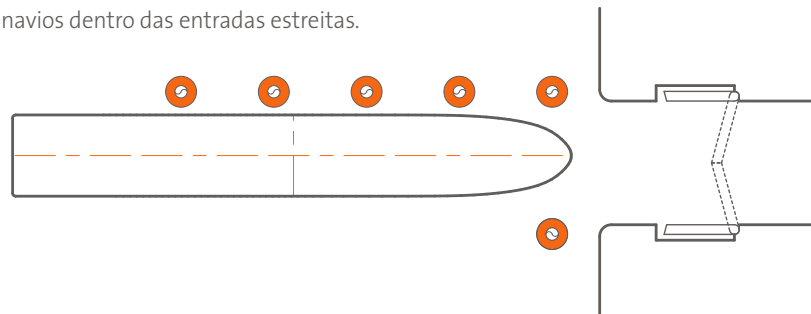
Defensas Donut simples ou múltiplas são comumente usadas para proteger cantos expostos de atracções.



Onde os navios se movem à frente ou à popa contra as defensas, a Defesa Donut reduzirá a fricção e forças de cisalhamento. As Defensas Donut podem ser uma solução econômica para atracções RoRo.



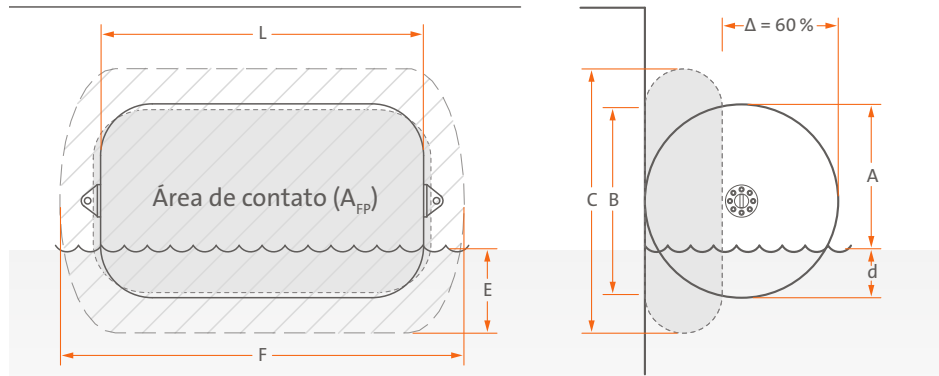
Os navios que se aproximam de diques e docas secas precisam de „treinamento“ para se alinhar. As Defensas Donut ajudam a guiar os navios dentro das entradas estreitas.



INSTALAÇÃO DA DEFENSA PNEUMÁTICA

As Defensas Pneumáticas normalmente são permitidas a flutuar, subir e descer conforme a maré. É importante deixar uma área suficiente no golfinho ou na doca para a Defesa Pneumática se comprimir adequadamente sem risco de vir para dentro do dique ou mover-se para o lado da estrutura.

Também é importante usar o tamanho correto, extensão e grau de corrente com os elos e articulações correspondentes. Os elos devem ser travados ou soldados para evitar o afrouxamento. É possível pendurar algumas Defensas Pneumáticas na parede da doca, mas nem todos os tipos e tamanhos são adequados para isto e as extremidades da defesa necessitam de reforço especial. A ShibataFenderTeam pode dar informações sobre todas as aplicações.



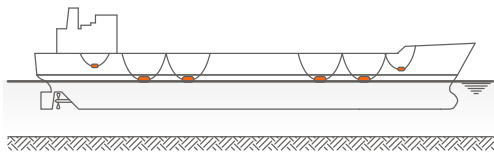
TAMANHO (D X L)	A	B	C	d	E	F	CORRENTE [mm]
φ 1,000 x 1,500 L	769	942	1,342	231	431	1,575	16
φ 1,200 x 2,000 L	949	1,130	1,610	251	491	2,100	18
φ 1,500 x 2,500 L	1,194	1,413	2,013	306	606	2,625	22
φ 2,000 x 3,500 L	1,639	1,884	2,684	361	761	3,675	28
φ 2,500 x 4,000 L	2,111	2,355	3,355	389	889	4,200	32
φ 3,300 x 6,500 L	2,698	3,109	4,429	602	1,262	6,825	44
φ 4,500 x 9,000 L	3,670	4,239	6,039	830	1,730	9,450	50

As dimensões informadas são para defensas sem correntes e pneus, pressão inicial 50 kPa. Em todos os outros casos consulte a ShibataFenderTeam.

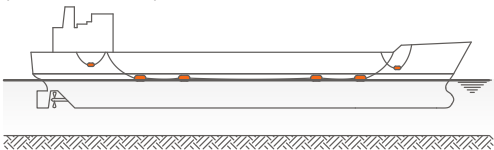
ATRACAÇÃO NAVIO CONTRA NAVIO

A atracação navio contra navio (baldeação) exige um planejamento especial em cada situação. Deve se dar atenção à energia de impacto e ângulos de aproximação bem como aos movimentos relativos dos navios, especialmente quaisquer ondulações que podem fazer com que os cascos se aproximem. O tamanho da defesa deve ser selecionado para manter uma distância de segurança, mas não tão grande de forma que as defensas possam rolar para dentro do convés das embarcações menores com bordo livre.

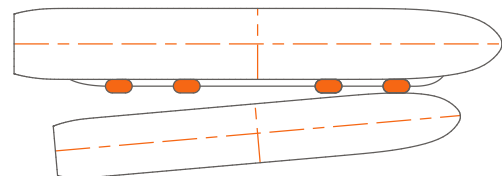
Defensas amarradas individualmente



As defensas são conectadas juntas num „trote“ (sequência ininterrupta, uma atrás da outra)



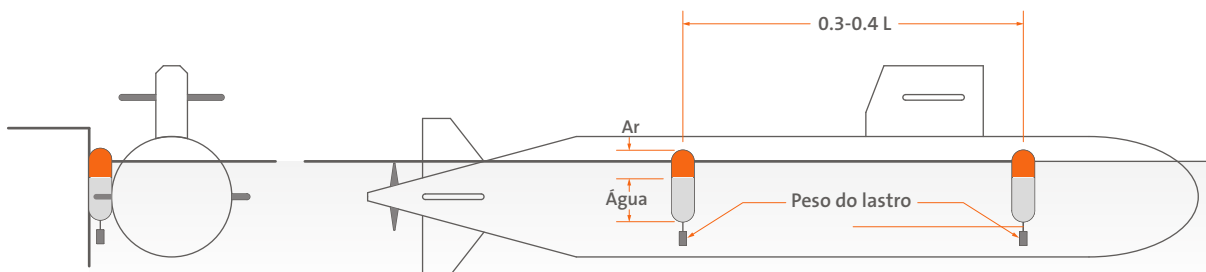
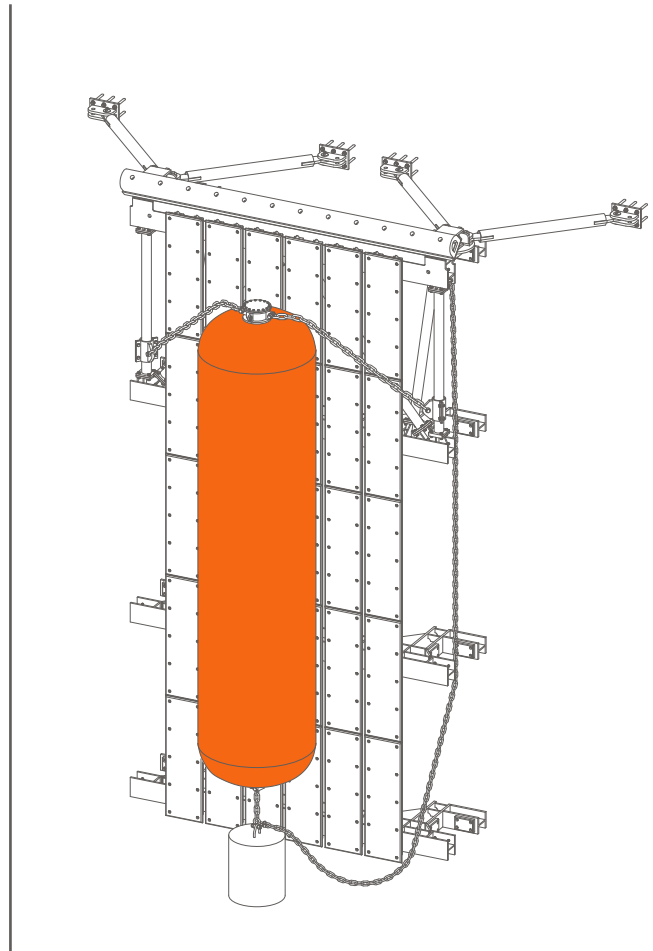
O tamanho dos navios e a disposição das defensas devem ser cuidadosamente planejados para as atracações navio contra navio



DEFENSAS HIDROPNEUMÁTICAS

Existem diversos tipos de navios em que a maioria dos cascos está abaixo da linha d'água, incluindo os submarinos e plataformas de petróleo semi-submersas. Os submarinos em particular têm cascos muito sensíveis com ladrilhos de borracha acústicos e requerem uma defesa ajustada e delicada.

As Defensas Hidropneumáticas são parcialmente preenchidas com água e usam um peso de lastro para permanecer na posição vertical na água. É necessária uma estrutura traseira ou construção de doca plana para dar suporte à defesa, bem como linhas de amarrações para evitar que se desvie da sua posição.



O desempenho da Defesa Hidropneumática pode ser ajustado para se adequar às diferentes classes de navios. Isto é feito trocando-se a relação ar: água bem como se ajustando a pressão interna. O calado da defesa pode ser alterado utilizando-se diferentes pesos de lastro para certificar-se de que o corpo da defesa faça contato com a parte maior da boca do navio. Com submarinos também é importante evitar o contato hidrodinâmico.

MEIO AMBIENTE

O ambiente marinho hostil traz muitas exigências para os sistemas de defensas. Deve ser dada alta prioridade à confiabilidade, durabilidade e resistência à degradação de acordo com as condições locais.

EFEITO	COMENTÁRIOS	TROPICAL/ SUBTROPICAL	TEMPERADO	ÁRTICO / SUBÁRTICO
Corrosividade	As temperaturas altas podem acelerar a corrosão, tal como as altas concentrações de sal em algumas zonas tropicais/subtropicais. Os projetos devem usar revestimentos de pintura adequados, fixações em aço inoxidável onde necessário e considerar as tolerâncias de corrosão na espessura das chapas e nos diâmetros dos elos da corrente para minimizar a manutenção.	Elevado	Moderado	Moderado
Ozônio e Luz Ultra Violeta (UV)	Com o passar do tempo, o ozônio causa a fragilização da superfície de borracha e o ultravioleta causa a quebra. Os efeitos são mitigados com o uso de bons materiais e compostos, mas não podem ser eliminados.	Elevado	Moderado	Elevado
Fadiga	A fadiga pode surgir em qualquer lugar e deve ser considerada nos projetos, mas em baixas temperaturas os efeitos das cargas de fadiga podem ser mais sérios se os materiais selecionados se tornarem quebradiços.	Varia	Varia	Elevado
Efeitos térmicos	As temperaturas altas podem fazer com que a borracha se torne mais macia, reduzindo a absorção de energia. As temperaturas baixas têm o efeito oposto e aumentam as forças de reação. Os graus do plástico e do aço para temperaturas muito baixas devem ser considerados para evitar fragilização.	Elevado	Moderado	Elevado
Movimento e Vibração	A vibração e os movimentos de grandes navios podem ocorrer em qualquer zona climática, mas comumente em atracações expostas e terminais de águas profundas. Os projetos devem considerar os efeitos de movimento e vibração na abrasão da placa frontal, o afrouxamento dos fixadores e o desgaste dos conjuntos de corrente.	Varia	Varia	Varia

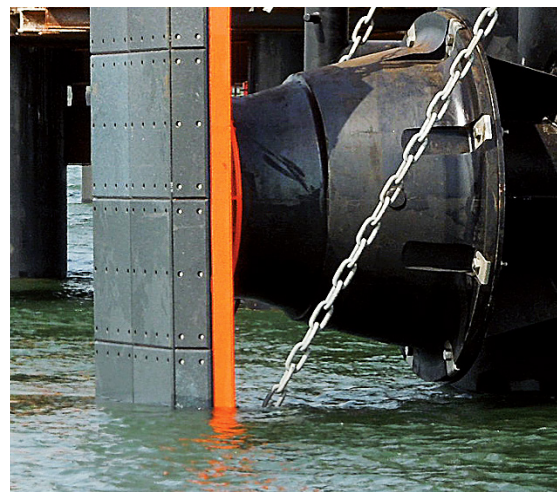
PREVENÇÃO DE CORROSÃO

Existem diversas maneiras eficazes de prevenir ou reduzir a corrosão dos painéis de defesa e dos acessórios.

GALVANIZAÇÃO

A galvanização é a aplicação de um revestimento de zinco protetor ao aço que previne a ferrugem conforme a ,camada' corroi em detrimento do aço. Os revestimentos mais espessos terão maior duração (dentro dos limites práticos) mas quando o reservatório de zinco se esgota, o aço logo abaixo começará a se corroer. O padrão ISO1461 é amplamente utilizado para especificar os revestimentos galvanizados.

A espessura galvanizada pode ser aumentada pelo jato abrasivo (jato de ácido) e em alguns casos por um banho duplo. A espessura do revestimento em parafusos deve ser controlada para evitar o entupimento das roscas com o zinco – isto é feito através da centrifugação do item imediatamente após o revestimento (chamado de ,galvanização centrífuga'). As espessuras de revestimento especificadas normalmente são:



Pinos para corrente padrão são galvanizados a frio e não a quente ou centrifugados.

Componente	Nominal (Média)	Mínimo (ISO 1461)
Galvanização a quente ($t \geq 6$ mm)	85 μm (610 g/m^2)	70 μm (505 g/m^2)
Galvanização centrífuga de parafusos (Diâm. ≥ 6 mm)	50 μm (360 g/m^2)	40 μm (285 g/m^2)

ÂNODOS DE SACRIFÍCIO

Os ânodos de sacrifício trabalham de maneira similar à galvanização, mas fornecem uma reserva de zinco maior de forma que podem proteger o aço e as correntes por mais tempo. É importante que o ânodo esteja permanentemente imerso para evitar o surgimento de uma camada oxidada na superfície que impede o ânodo de trabalhar.

Os anodos típicos para defensas serão de aproximadamente 4 kg e devem ser substituídos a cada 2 – 5 anos para melhor proteção.



O peso do ânodo é escolhido de acordo com a área a ser protegida e o tempo de vida útil. Consulte a ShibataFenderTeam.

REVESTIMENTOS DE PINTURA

O padrão ISO12944 é amplamente adotado como padrão internacional para revestimentos de pintura utilizados em painéis de defensas. Este código é subdividido em zonas ambientais e classes de durabilidade. Para maior vida útil em águas marinhas, zona de respingos (mergulho) e localidades entremarés, recomenda-se a classe C5M(H) com expectativa típica de tempo de serviço de pelo menos 15 anos presumindo-se que sejam efetuadas a inspeção e a manutenção preventiva.

	Pintura Superfície		Revestimento(s) base			Revestimento(s) base			Total DFT	Tempo de serviço ANOS
	ISO 8501	BASE	TIPO	REVESTIMENTOS	DFT	BASE	REVESTIMENTOS	DFT		
Genérico	SA2.5	Epóxi/PUR	Rico em zinco	1	40 µm	Epóxi/PUR	3–4	280 µm	320 µm	> 15
Jotun	SA2.5	Jotacoat	Epóxi	2	140 µm	TDS Hardtop PU	1	45 µm	325 µm	> 15

AÇO INOXIDÁVEL

Em locais altamente corrosivos recomenda-se o uso de fixadores e parafusos em aço inoxidável. Nem todos os graus de aço inoxidável são adequados para o uso marinho, mas os mais utilizados são:

Grau SS 316/316L	Aço inoxidável austenítico que é adequado para a maioria das aplicações de defesa. Também disponível como 316S33 com maior conteúdo de molibdênio para maior durabilidade.
Duplex/ Super Duplex	Os aços inoxidáveis Duplex e Super Duplex são usados onde há necessidade de uma vida útil extra longa e onde o acesso para manutenção pode ser difícil.
Grau SS 304	Este grau não é recomendado para uso marítimo e sofre pontos de corrosão (fissuras) sob ação do sal.



Soldagem a frio (Escoriação)

A soldagem a frio (também conhecida como escoriação ou “galling”) é um fenômeno que pode afetar os fixadores de aço inoxidável. Conforme o parafuso é apertado, a fricção nas roscas cria uma temperatura local alta que solda a rosca, tornando impossível apertar ou desfazer a fixação. Recomenda-se o uso de componente anti-desgaste aplicado às roscas antes da montagem.

A durabilidade do aço inoxidável para uso marítimo é definida por seu ‘Número Equivalente de Resistência à Corrosão’ ou PREN (Pitting Resistance Equivalent Number). Um PREN maior indica maior resistência, mas geralmente a um custo alto.

Nome Comum	EN10088 ASTM	Tipo	Cr (%)	Mo (%)	N (%)	PREN Cr+3.3Mo+16N
Zeron 100	1.4501	Super Duplex	24.0–26.0	3.0–4.0	0.20–0.30	37.1–44.0
	S32760		24.0–26.0	3.0–4.0	0.30–0.30	37.1–44.0
Duplex	1.4462	Duplex	21.0–23.0	2.5–3.5	0.10–0.22	30.9–38.1
	S31803		21.0–23.0	2.5–3.5	0.08–0.20	30.5–37.8
316/316L	1.4401	Austenítico	16.5–18.5	≤ 2.00	≤ 0.11	24.9–26.9
	316/316L		16.0–18.0	≤ 2.00	≤ 0.10	24.2–26.2

PROCEDIMENTO DE TESTE

O procedimento padrão de testes da ShibataFenderTeam para defensas de borracha sólida 'projetadas'¹ está de acordo com a PIANC 'Guidelines for the Design of Fender Systems: 2002: Appendix A: Section 6: Verification/Quality Assurance Testing'.

EQUIPAMENTO DE TESTE E DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO

O equipamento do teste inclui células de carga calibradas ou transdutor de pressão e transdutor(es) linear(es) para a medição de deslocamento com o objetivo de permitir monitoramento contínuo da performance de defensas. Todo o equipamento de teste é calibrado e os certificados de calibração são continuamente revalidados para manter a sua vigência de um ano.

PROCEDIMENTO DE TESTE – MÉTODO CV

O teste de defensas moldadas² e de defensas de volta cilíndrica³ é executado em nossa fábrica, com a opção de testemunho por terceiros, utilizando defensas de tamanho real conforme a seguinte configuração de teste de acordo com as diretrizes PIANC (Anexo A:4.1):

- ▶ Todas as unidades de defensas dispõe de um número único de série, o qual pode ser rastreado até os registros de fabricação e de teste.
- ▶ As defensas são testadas sob compressão direta (vertical).
- ▶ A defesa deve ser comprimida 3 vezes até a sua deflexão nominal seguido por um período de recuperação de pelo menos uma hora.
- ▶ A temperatura de teste é de $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ⁴.
- ▶ Os valores reais de performance são registrados a partir da 4ª compressão.
- ▶ A velocidade de compressão é de 2 – 8 cm / minuto.
- ▶ Durante o teste, a carga deve ser registrada com uma precisão de $\pm 1.0 \text{ kN}$ ($\pm 0.1 \text{ t}$) e uma deflexão de $\pm 0.5 \text{ mm}$, a menos que for especificado diferente.
- ▶ A absorção de energia⁵ é determinada como sendo a integral da reação e deflexão, calculada conforme a regra de Simpson.
- ▶ A compressão deve ser interrompida quando alcançar o 110% da força de reação nominal, a força de reação especificada ou a deflexão nominal / máxima da defesa.
- ▶ Se qualquer amostra não atender às especificações, a amostragem do restante deverá ser aumentada para 20% das defensas (arredondado para uma unidade), excluindo unidades incompatíveis.
- ▶ Se qualquer uma amostra não atender às especificações, 100% das amostras restantes deverá ser testado. Apenas unidades que atenderem satisfatoriamente às especificações serão aprovadas para embarque. As defensas não conformes serão rejeitadas.

¹ Como definido na PIANC Anexo A: Seção 1.2, pequenos pára-choques de defesa são excluídos.

² Defensas moldadas incluem as defensas SPC, CSS, FE, SX, SX-P e SH. As defensas SPC, CSS, SX, SX-P e SH são testadas separadamente. As defensas FE são testadas em pares.

³ Excluindo as defensas cilíndricas de rebocador.

⁴ Onde a temperatura ambiental estiver fora desta faixa, as defensas deverão ser normalizadas para esta faixa de temperatura numa sala de condicionamento por um período apropriado (dependendo do tamanho da defesa) ou os valores de performance poderão ser corrigidos de acordo com as tabelas de fatores de correção de temperatura pelo critério exclusivo do fornecedor. O tempo de estabilização não deverá ser inferior a $20x^{1.5}$ dias, arredondado para o próximo dia inteiro (x = medida da maior espessura de borracha, em metros).

⁵ Força de reação (e absorção de energia calculada correspondente) é corrigida para a velocidade inicial de atracação e temperatura, onde for aplicável.



Teste de Defensas de Borracha

CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

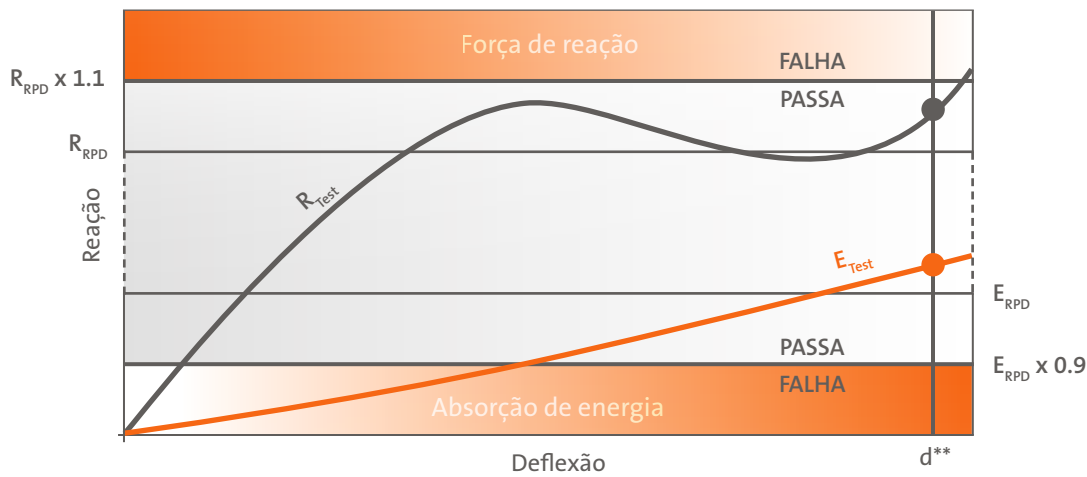
Teste de verificação (ou teste de controle de qualidade) é executado para comprovar a performance de defensas de acordo com o catálogo RPD ou outros valores especificados ao cliente. Amostras das defensas atuais para o projeto são testadas. Os resultados obtidos são ajustados, caso for necessário, utilizando as tabelas de fatores de correção para a velocidade de impacto inicial e a temperatura. A defesa supera o teste de verificação se atender as seguintes condições:

1. Visual

Não existe qualquer evidência visual de defeitos, tais como: falhas de colagem ou rachaduras na superfície da defesa.

2. Performance

A defesa proporciona a Performance Requerida (Energia e Reação Requeridas) dentro das tolerâncias de produção, se a mesma alcançar os seguintes requisitos simultaneamente em qualquer ponto durante o teste.*



CRITÉRIO PARA A APROVAÇÃO DA FORÇA DE REAÇÃO

R_{Test} A reação ajustada a velocidade e temperatura é menor ou igual à reação requerida multiplicada pela tolerância de reação nominal* (extremo superior) especificada no catálogo.

$$R_{Test} \leq R_{RPD} \times 1.1$$

CRITÉRIO PARA APROVAÇÃO DE ABSORÇÃO DE ENERGIA

E_{Test} A energia ajustada a velocidade e à temperatura é maior ou igual à energia requerida multiplicada pela tolerância de reação nominal* (extremo inferior) especificada no catálogo.

$$E_{Test} \geq E_{RPD} \times 0.9$$

R_{Test} = Força de reação ajustada à velocidade e à temperatura do teste de verificação

R_{RPD} = Dados de Performance RPD, Reação

E_{Test} = Absorção de energia ajustada à velocidade e à temperatura do teste de verificação

E_{RPD} = Dados de Performance RPD, Energia

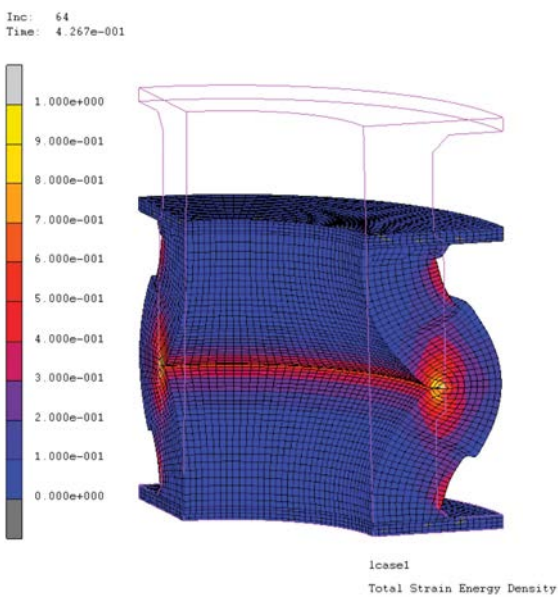
* Tolerâncias de fabricação padrão, consultar catálogo de produtos da ShibataFenderTeam, pág. 124

** A deflexão não é um critério determinante para a aprovação / falha, consultar PIANC2002 pág. 49 (ver. inglesa) item 6.1.2

NOTAS

- ▶ A norma PIANC para Testes de Verificação é considerada para 10% das defensas de um tamanho e de uma categoria, fabricadas no mesmo molde para o referido pedido (arredondado para uma unidade inteira).
- ▶ Uma deflexão “break-in” é obrigatória e mandatória para defensas com uma força de reação de 100 t ou mais, as quais devem ser instaladas em estruturas sensíveis a cargas (ver PIANC 6.2.1).
- ▶ Todo o equipamento de medição deve ser calibrado e certificado para estar corretamente dentro do $\pm 1\%$ conforme aos requisitos ISO ou os equivalentes JIS ou ASTM. A calibração deve ser rastreável de acordo às normas nacionais / internacionais e deve ser executada uma vez ao ano por uma terceira entidade credenciada.
- ▶ Testes conforme a norma PIANC estão incluídos no preço da defesa. Outro tipo de teste, inspeção independente e os custos do acondicionamento da temperatura devem ser assumidos pelo cliente.

ANÁLISE FE



Teste de compressão angular das Defensas SPC com correntes de travagem.



Câmara Climática



Teste de cisalhamento de Defensas CSS com painel e placas UHMW-PE

CERTIFICADOS DE QUALIDADE



- ▶ ISO 14001:2015 – Instalação fabril certificada (Shibata Industrial Co. Ltd.)
- ▶ ISO 9001:2015 – Cadeia logística certificada (Shibata Industrial Co. Ltd.)
- ▶ ISO 9001:2008 – Cadeia logística certificada (ShibataFenderTeam AG)
- ▶ EN 1090-2:2008+A1:2011 – EXC3 Fábricas certificadas (ShibataFenderTeam AG)

TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE	TYPE EXAMINATION CERTIFICATE
<p>This is to certify: That the Fender with type designation(s) SPC Cone Fender Issued to ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</p> <p>is found to comply with Guidelines for the Design of Fender Systems</p> <p>Application : Moulded rubber fender for marine applica</p> <p>Issued at Hamburg on 2018-09-03 This Certificate is valid until 2023-07-31. DNV GL local station: Hamburg Approval Engineer: Joachim Rehhahn</p>	<p>This is to certify: That the Fender with type designation(s) CSS Cell Fender Issued to ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</p> <p>is found to comply with Guidelines for the Design of Fender Systems</p> <p>Application : Moulded rubber fender for marine applica</p> <p>Issued at Hamburg on 2018-09-03 This Certificate is valid until 2022-10-31. DNV GL local station: Hamburg Approval Engineer: Joachim Rehhahn</p>	<p>This is to certify: That the Fender with type designation(s) FE Element Fender Issued to ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</p> <p>is found to comply with Guidelines for the Design of Fender Systems</p> <p>Application : Moulded rubber fender for marine applica</p> <p>Issued at Hamburg on 2018-03-06 This Certificate is valid until 2022-10-31. DNV GL local station: Hamburg Approval Engineer: Joachim Rehhahn</p>	<p>This is to certify: That the Fender with type designation(s) Cylindrical Fender Issued to ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</p> <p>is found to comply with Guidelines for the Design of Fender Systems</p> <p>Application : Moulded rubber fender for marine applica</p> <p>Issued at Hamburg on 2018-03-06 This Certificate is valid until 2022-10-31. DNV GL local station: Hamburg Approval Engineer: Joachim Rehhahn</p>	<p>This is to certify: That the Fender with type designation(s) V Fender (Type SX, SX-P, SH) Issued to ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</p> <p>is found to comply with Guidelines for the Design of Fender Systems</p> <p>Application : Moulded rubber fender for marine applica</p> <p>Issued at Hamburg on 2018-03-06 This Certificate is valid until 2022-10-31. DNV GL local station: Hamburg Approval Engineer: Joachim Rehhahn</p>	<p>This is to certify: That the Fender with type designation(s) Ocean Guard Issued to ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</p> <p>is found to comply with Guidelines for the Design of Fender Systems</p> <p>Application : Foam filled floating fender for marine app</p> <p>Issued at Hamburg on 2018-03-06 This Certificate is valid until 2022-10-31. DNV GL local station: Hamburg Approval Engineer: Joachim Rehhahn</p>	<p>This is to certify: That the Fender with type designation(s) Donut Fender Issued to ShibataFenderTeam AG Hamburg, Germany</p> <p>is found to comply with Guidelines for the Design of Fender Systems</p> <p>Application : Foam filled floating fender for marine applica</p> <p>Issued at Hamburg on 2018-03-06 This Certificate is valid until 2023-03-05. DNV GL local station: Hamburg Approval Engineer: Joachim Rehhahn</p>

Tipo de certificados de aprovação de acordo com a PIANC 2002.
Para confirmação, por favor verifique: <https://approvalfinder.dnvgl.com>

- ▶ Defensas Cônicas SPC
- ▶ Defensas Células CSS
- ▶ Defensas de Elementos FE
- ▶ Defensas Cilíndricas
- ▶ Defensas V
- ▶ Defensas Ocean Guard
- ▶ Defensas Donut

EXIGÊNCIAS DO PROJETO

Porto:
 Atracação:
 Cliente:
 Projetista:
 Contratante:

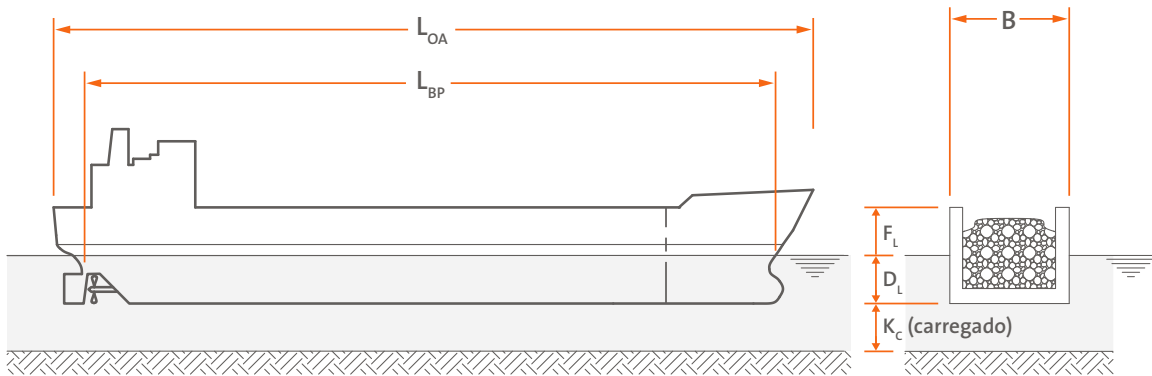
São necessárias informações precisas de projetos para se propor a defesa mais adequada.

Utilize a tabela abaixo para descrever as exigências operacionais com o maior número de detalhes possível.

Projeto: Construção nova Melhoria

Condição: Preliminar Detalhe Proposta

INFORMAÇÕES DO NAVIO



NAVIOS MAIORES

Tipo/Classe
 Peso Morto DWT
 Deslocamento t
 Comprimento Total m
 Boca m
 Calado m
 Pressão do casco kN/m^2 (kPa)
 Cinturão Sim Não Tamanho
 Dilatação da proa grau
 Curvatura da proa m

NAVIOS MENORES

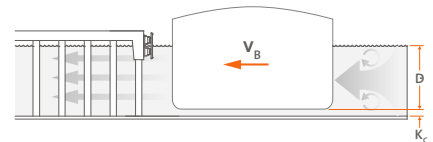
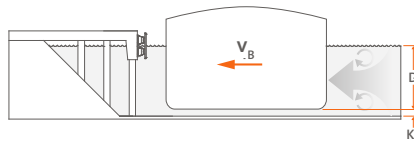
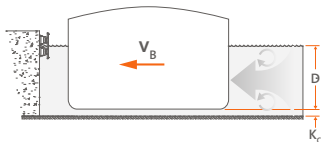
Tipo/Classe
 Peso Morto DWT
 Deslocamento t
 Comprimento Total m
 Boca m
 Calado m
 Pressão do casco kN/m^2 (kPa)
 Cinturão Sim Não Tamanho
 Dilatação da proa grau
 Curvatura da proa m

INFORMAÇÕES DA ATRACAÇÃO

FACE DA ATRACAÇÃO FECHADA

FACE DA ATRAÇÃO PARCIALMENTE FECHADA

ESTRUTURA ABERTA



Tipo de Atracação Cais contínuo

Golfinho

Pontão

Dique ou doca seca

Outros

Espaçamento da defesa m

Nível do convés m (informações acima)

Maré mais alta (HHW) m (informações acima)

Abaixo da quilha m (min) m (max)

Importação/ Importação Exportação Ambos Exportação

Reação máxima kN

Nível do assoalho m (informações acima)

Maré mais baixa (LLW) m (informações acima)

Velocidade do vento m/s

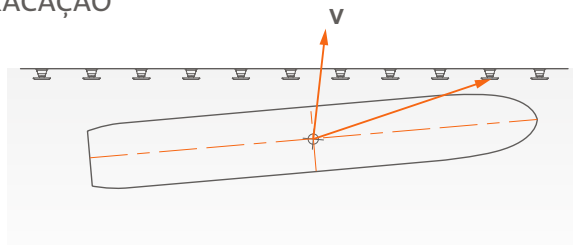
Velocidade atual m/s

LOCALIZAÇÃO

- Clima** Moderado Tropical Árido Mediterrâneo Polar
- Temperatura** °C (min) °C (max) **Corrosividade** Alta Média Baixa
- Tipo de água** Marinha Doce SG = t/m³ **Gelo de inverno** Nunca Às vezes O ano todo

INFORMAÇÕES DE ATRACAÇÃO

Atracação lateral

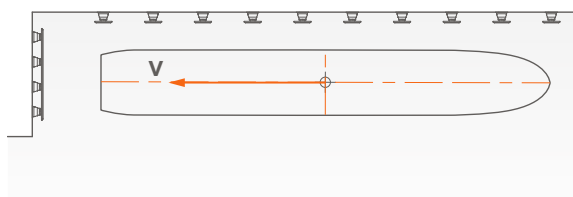


Velocidade de m/s aproximação

Ângulo de atracação grau

Fator de segurança

Atracação à ré

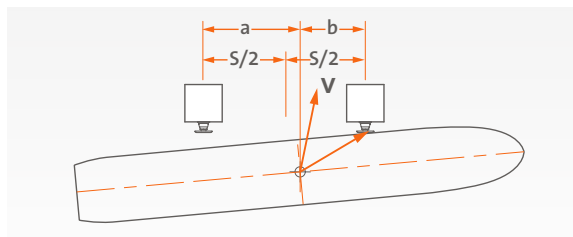


Velocidade de m/s aproximação

Ângulo de atracação grau

Fator de segurança

Atracação Golfinho

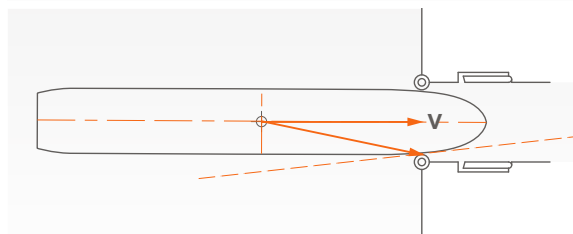


Velocidade de m/s aproximação

Ângulo de atracação grau

Fator de segurança

Entrada do dique

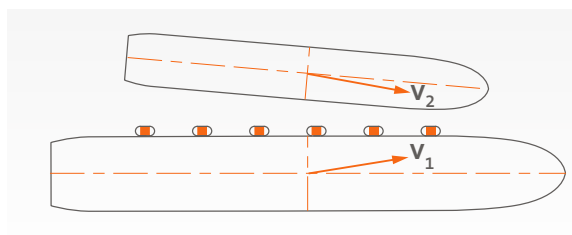


Velocidade de m/s aproximação

Ângulo de atracação grau

Fator de segurança

Baldeação
(navio contra navio)



Velocidade de m/s aproximação

Ângulo de atracação grau

Fator de segurança

OUTRAS INFORMAÇÕES

Código do projeto:

- PIANC
- BS6349
- EAU-2004
- ROM 2.0-11
- ROSA 2000
- ASNZ 4997
- UFC 4-152-01
- Outro

FATORES DE CONVERSÃO

ÂNGULO	graus	minutos	segundos	Radiano
1 RADIANO	57.3	3,438	2.063×10^5	1
1 grau	1	60	3,600	1.745×10^{-2}
DISTÂNCIA	m	pol	Pés	Milha náutica
1 METRO	1	39.37	3.281	5.4×10^{-4}
1 polegada	2.54×10^{-2}	1	8.333×10^{-2}	1.371×10^{-5}
1 pé	0.3048	12	1	1.646×10^{-4}
1 milha náutica	1,852	$7,291 \times 10$	6,076.1	1
ÁREA	m²	cm²	pol²	pés²
1 METRO QUADRADO	1	10^4	1,550	10.76
1 centímetro quadrado	10^{-4}	1	0.155	1.076×10^{-3}
1 polegada quadrada	6.452×10^{-4}	6.452	1	6.944×10^{-3}
1 pé quadrado	9.290×10^{-2}	929	144	1
VOLUME	m³	cm³	litros	pés³
1 METRO CÚBICO	1	10^6	1,000	35.31
1 centímetro cúbico	10^{-6}	1	10^{-3}	3.531×10^{-8}
1 litro	10^{-3}	1,000	1	3.531×10^{-2}
1 pé cúbico	2.832×10^{-2}	2.832×10^4	28.32	1
MASSA	kg	t	lb	
1 QUILOGRAMA	1	10^{-3}	2.205	
1 tonelada	10^3	1	2,205	
1 libra	0.454	4.536×10^{-4}	1	
DENSIDADE	kg/m³	t/m³	lb/pé³	lb/pol³
1 QUILOGRAMA/METRO ³	1	10^{-3}	6.243×10^{-2}	3.613×10^{-5}
1 tonelada/metro ³	10^3	1	62.428	3.613×10^{-2}
1 libra/pé ³	16.018	1.602×10^{-2}	1	5.787×10^{-4}
1 libra/pol ³	27,680	27.68	1,728	1
VELOCIDADE	m/s	mph	kph	kt
1 METRO/SEGUNDO	1	2.237	3.600	1.944
1 milha por hora	0.447	1	1.609	0.869
1 quilometro por hora	0.278	0.621	1	0.54
1 nó	0.514	1.151	1.852	1
FORÇA	kN	tf	lbf	kip
1 QUILOWEIGHTON	1	0.102	224.8	0.225
1 tonelada força	9.807	1	2,204	2.205
1 kip	4.448	0.454	10^3	1
ENERGIA	kNm (kJ)	tm	kip-pé	
1 QUILOWEIGHTON-METRO	1	0.102	0.738	
1 tonelada-metro	9.807	1	7.233	
1 kip-pé	1.356	0.138	1	
PRESSÃO, TENSÃO	kN/m² (kPa)	N/mm² (MPa)	tf/m²	bf/pol² (psi)
1 NEWTON/METRO ²	0.001	10^{-6}	1.02×10^{-4}	1.450×10^{-4}
1 quilopascal	1	10^{-3}	0.102	0.145
1 megapascal	10^3	1	102	145
1 tonelada força/metro ²	9.807	9.807×10^{-3}	1	1.422
1 libra força/pol ² (psi)	6.895	6.895×10^{-3}	0.703	1
GRAVIDADE	m/s²	cm/s²	pol/s²	pé/s²
1 g	9.807	980.7	386.1	32.174

PÓS-VENDA E GARANTIA

A ShibataFenderTeam se empenha em fornecer apoio e assistência durante a fase de comissionamento e ainda por longo prazo no futuro. Com a nossa própria equipe de instalação e manutenção alocada na Alemanha, podemos oferecer assistência durante os serviços de instalação e / ou de manutenção. Damos apoio aos clientes com as revisões de rotina e upgrades, ou de recuperação rápida em caso de danos acidentais. Garantias padrão e estendidas estão disponíveis, bem como orientações sobre regimes de inspeção e manutenção para assegurar que nossos sistemas de defesa sempre oferecem melhor desempenho e proteção.

O período de garantia padrão é de 12 meses a partir da instalação ou 18 meses a partir da data de embarque, o que acontecer primeiro. Garantias estendidas estão disponíveis mediante solicitação. Garantias de desempenho estão disponíveis se o teste opcional de desempenho da defesa for realizado. Garantias de pintura estendidas também podem ser fornecidas. Em todos os casos, as garantias da ShibataFenderTeam pressupõem que os operadores de atracação realizem inspeções periódicas de acordo com as nossas recomendações, bem como apresentem periodicamente relatórios e fotografias. Isso permite que quaisquer problemas que aparecerem podem ser detectados antecipadamente e retificados e monitorados, conseqüentemente.

As garantias não cobrem danos acidentais, desgaste normal, aparência visual ou os efeitos de degradação ambiental ao longo do tempo. No caso improvável de uma reivindicação de materiais e / ou mão-de-obra defeituosos, a ShibataFenderTeam irá reparar ou substituir os componentes defeituosos a seu próprio critério. Os valores de compensação não podem exceder o custo dos materiais fornecidos, menos qualquer redução para o uso normal, e em nenhuma circunstância custos de remoção ou de reinstalação, ou quaisquer custos indiretos, perdas ou passivos serão aceitos.

A ShibataFenderTeam recomenda que os usuários adotem um sistema de gerenciamento de ativos com base na ISO 55000 (ou PAS-55).

REJEIÇÃO DE REIVINDICAÇÃO

Todos os esforços foram feitos para assegurar que especificações técnicas, descrições de produtos e métodos de projeto referidos neste manual estão corretos e representam as melhores práticas da atualidade. A ShibataFenderTeam AG, suas subsidiárias, agentes e associados não aceitam a responsabilidade por quaisquer erros e omissões, por qualquer motivo que for. Quando usar este manual técnico para desenvolver um projeto, os clientes são fortemente recomendados para solicitar uma especificação detalhada, cálculos e desenhos certificados dos especialistas da ShibataFenderTeam antes de construir e / ou fabricar. A ShibataFenderTeam se esforça constantemente para melhorar a qualidade e o desempenho de produtos e sistemas. Reservamo-nos o direito de alterar especificações sem aviso prévio. Todas as dimensões, as propriedades do material e os valores de desempenho citados estão sujeitas às tolerâncias normais de produção. Este manual substitui as informações fornecidas em todas as edições anteriores. O mesmo deve ser utilizado, também, em conjunto com catálogos atuais dos produtos da ShibataFenderTeam. Em caso de dúvida, favor consultar a ShibataFenderTeam.

MARCA

© 2026 ShibataFenderTeam AG, Alemanha

Este catálogo tem os direitos autorais da ShibataFenderTeam AG e não pode ser reproduzido, copiado ou distribuído para terceiros sem a autorização prévia da ShibataFenderTeam, em qualquer caso.

A ShibataFenderTeam® é a Marca Registrada da ShibataFenderTeam AG.

Date: 05/2026



ESCRITÓRIOS.

ShibataFenderTeam AG

Tarpen 40, Haus 1b
22419 Hamburg, Germany
Tel. +49 (0)40 63 86 10 - 170
Fax +49 (0)40 63 86 10 - 180
info@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Inc.

44084 Riverside Parkway, Suite 170
Lansdowne, VA 20176, USA
Tel. +1 (571) 281-3770
Fax +1 (571) 223-3267
contact-americas@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam S.A.S.

Parc d'Activité du Tremblay
7 rue Roland Martin, Bâtiment B
94500 Champigny-sur-Marne, France
Tel. +33 (0)1 48 73 00 96
Fax +33 (0)1 48 77 55 40
contact-france@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Sdn. Bhd.

Level 11, Top Glove Tower
Lot 11-H, No.16, Persiaran Setia Dagang
Bandar Setia Alam, 40170 Shah Alam
Selangor, Malaysia
Tel. +60 (0)3 5545 9215
Fax +60 (0)3 3362 6365
contact-malaysia@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Spain SLU

Av/ Amado Granell Mesado no. 75
3ª Planta, oficina 3C
46013 Valencia, Spain
Tel. +34 960 913 108
contact-spain@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam B.V.

Meerheide 58A
5521 DZ Eersel, The Netherlands
contact-netherlands@shibata-fender.team

www.shibata-fender.team

Apresentado por: