

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE – EFOMM**

**MANOBRA DE NAVIOS: USO DE PRÁTICOS E REBOCADORES**

**Por: Igor Silva Pinto**

**Orientador**

**Prof. Edson Mesquita dos Santos**

**Rio de Janeiro**

**2012**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**MANOBRA DE NAVIOS: USO DE PRÁTICOS E REBOCADORES**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica (FONT) da Marinha Mercante.

Por: Igor Silva Pinto

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA**  
**CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**AVALIAÇÃO**

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à minha mãe OLINDINA LÚCIA, que me concebeu, cuidou como a uma parte de si mesma, me deu prioridade (como faço agora) no que quer que fosse - e a quem seria razoável dedicar todo este agradecimento. Agradeço, em seguida, à figura de DEUS, a quem minha mãe me apresentou, e em que tenho fé. Não poderia deixar de citar, nestas linhas, meu melhor amigo, EDUARDO JOURDAN, que me acompanhou ao longo de muitos anos de minha vida, colaborando para que fosse o que sou. Finalmente, registro minha imensa gratidão ao PROF. MESQUITA, meu orientador, a quem tenho como amigo e paciente tutor intelectual em minha jornada profissional.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mãe, OLINDINA, sem cuja dedicação à minha educação não poderia tê-lo escrito, e aos meus professores de inglês, que me apresentaram ao idioma agora tão necessário para a compreensão do conteúdo bibliográfico.

## **RESUMO**

Este trabalho tem por fim apresentar ao público diversos aspectos da análise de rebocadores, em si, e de seu papel no serviço de praticagem como um todo. Para tal, consideram-se características dos portos em que operam e descrevem-se seus diversos tipos, além de, ao final, fazer-se breve abordagem dos métodos de assistência.

Palavras-chave: Rebocadores, Praticagem.

## **ABSTRACT**

This project comprises the presentation of different aspects concerning the assessment of tugs themselves and also of their role in the pilotage service. Thus, besides a brief consideration of the assisting methods in use, a set of thoroughly described port particulars and types of tugs are accounted for.

Key-words: Pilotage, Tugs.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO I – Fatores Envolvidos no Projeto de Rebocadores	11
1.1.1 - Exigências operacionais dos rebocadores portuários	11
1.2 - Fatores que Influenciam a Escolha do Rebocador e o Tipo de Assistência	12
1.2.1 - Categorias de Porto e Circunscrições	12
1.2.2 - Conceituação da Assistência	14
1.2.2.1 - Segundo a Praxe	14
1.2.2.2 - Segundo a Experiência Disponível	14
1.2.2.3 - Segundo as Exigências de Segurança	15
1.2.3 - Navios relacionados	16
1.2.4 - Serviços Requeridos no Porto e Imediações	16
1.2.5 - Método de Assistência em Uso	16
CAPÍTULO II – Tipos de Rebocadores Portuários	18
2.1 - Classificação de Rebocadores Portuários	18
2.2 - Exigências Gerais para Performance de Rebocadores	19
2.2.1 - Tempo de Resposta	19
2.2.2 - Eficiência e Segurança das Operações	19
2.2.2.1 - Construção e Layout do Passadiço	20
2.2.2.2 - Estações de Manobra (Manoeuvring Stations)	20
2.2.2.3 Comunicação	22
2.2.3 Formato das Obras-vivas de Rebocadores	22
2.2.4 Defensas	22
2.3 - Rebocadores do Tipo Convencional	25
2.3.1 - Considerações Iniciais	25
2.3.2 - Lemes e Propulsão	26
2.3.2.1 - Propulsão e Controle de Propulsores	26
2.3.2.2 - Eficiência de Propulsores e Manobrabilidade	28
2.3.3 - Manobra em Rebocadores Convencionais	33
2.3.3.1 - Aspectos da Manobra de Rebocadores Convencionais de 1 Eixo	34
2.3.3.2 - Rebocadores Convencionais de 2 eixos	35
2.3.3.3 - Assistência de navios por rebocadores convencionais	36

2.4 - Combi-tugs _____	36
2.4.1 - Aspectos técnicos _____	37
2.4.2 - Assistência de navios por Combi-tugs _____	39
2.5 - Rebocadores Tratores _____	40
2.5.1 - Rebocadores Tratores com Propulsores Cicloidais _____	41
2.5.1.1 - Considerações Gerais _____	42
2.5.1.2 - Princípio de Funcionamento do Propulsor Voith Schneider _____	43
2.5.1.3 - Controle das Unidades Propulsoras Voith Schneider _____	44
2.5.1.4 - Manobra de rebocadores tratores Voith Schneider _____	44
2.5.1.5 - Assistência de navios por rebocadores tratores Voith Schneider _____	46
2.5.2 - Rebocadores Tratores com Propulsores Azimutais _____	47
2.5.2.1 - Considerações Iniciais _____	47
2.5.2.2 - Controle das Unidades Propulsivas de Rebocadores Tratores Azimutais _____	48
2.5.2.3 - Manobra de rebocadores tratores com propulsão azimutal _____	48
2.5.2.4 - Assistência de navios por rebocadores tratores com propulsão azimutal _____	49
2.6 - Rebocadores Tratores-Reversos _____	50
2.6.1 - Considerações iniciais _____	50
2.6.2 - Controle de Propulsão, Manobrabilidade e Assistência de Navios _____	51
2.7 - Azimuth Stern Drive Tugs (Rebocadores ASD) _____	51
2.7.1 - Considerações iniciais _____	52
2.7.2 - Controle de Propulsão, Manobrabilidade e Assistência de Navios _____	52
2.8 - Performance de Rebocadores _____	53
CAPÍTULO III – Métodos de Assistência _____	54
3.1 – Introdução _____	55
3.2 - Métodos de Assistência _____	56
Considerações Finais _____	57
Referências Bibliográficas _____	58

## **INTRODUÇÃO**

Há muito, principalmente após o início das grandes navegações (que estabeleceram comércio por via marítima em grande escala), vem crescendo a frota mercante ao redor do mundo. A indústria naval mercante deparou-se, contudo, com diversas barreiras ao crescimento ao longo dos anos, como as Guerras Mundiais, mormente a segunda.

Por outro lado, diversos períodos de sua história mostraram-se também propícios à expansão da abrangência e poderio da frota mercante, como aqueles em que foram criados mecanismos reguladores de sua atividade e outros em que foi privilegiada pelo crescimento da economia e da malha de transportes.

A perspectiva do crescimento que influi neste ensaio é, no entanto, a do crescimento das dimensões dos navios em si. Para muitas viagens, os grandes navios foram mostrando-se mais rentáveis, e a tecnologia, bem como as instalações portuárias, progressivamente obsoleta. Os rebocadores portuários tiveram, portanto, de evoluir, para permitir tanto a entrada de enormes embarcações nos portos quanto sua escolta até os berços de atracação ou aos locais de fundeio. É das especificações técnicas de tais rebocadores e das configurações dos portos que trata esse trabalho.

## **CAPÍTULO I**

## **FATORES ENVOLVIDOS NO PROJETO DE REBOCADORES**

### **1.1 - Diferenças no Projeto dos Rebocadores e nos Métodos de Assistência**

Comandantes e práticos estão frequentemente sob pressão para usar o menor número de rebocadores. Dito isso, de forma a manter o serviço de rebocadores seguro e eficiente, assim como garantir que as manobras o sejam, é essencial que as instalações mantenham-se atualizadas com as tecnologias de reboque e transporte, além de oferecer rebocadores adequados, com tripulação bem treinada e em número suficiente para os serviços demandados especificamente no porto em questão. Para que tais especificações sejam atendidas, 2 perguntas básicas devem ser respondidas:

“Qual(is) o(s) melhor(es) tipo(s) de rebocador para certo porto?”

“Qual método de assistência encaixa-se melhor em certo porto?”.

#### **1.1.1 - Exigências operacionais dos rebocadores portuários**

As exigências operacionais a que os rebocadores portuários devem atender são determinadas pelos seguintes fatores:

a) Tipo de porto e circunscrições

b) Previsões de desenvolvimento futuro

c) Condições geográfico-ambientais

d) Tipos de navios demandando rebocadores

e) Serviços requeridos no porto e proximidades e, se relevantes, as localizações offshore

(exemplos de localizações offshore: Single Point Moorings, F(P)SOs, plataformas de petróleo.)

f) Métodos de assistência já em uso em certo porto

g) Rebocadores atuais

h) Experiência disponível

i) Níveis e fatores de segurança envolvidos.

Outro fator proeminente é o orçamento disponível. Como nem todo porto pode custear o rebocador ideal, certas facilidades, como fácil acesso a suporte técnico e peças, podem vir a diminuir ou eliminar a tendência à inadequação.

## **1.2 - Fatores que Influenciam a Escolha do Rebocador e o Tipo de Assistência**

### **1.2.1 - Categorias de Porto e Circunscrições**

Ao redor do mundo, encontra-se extensa variedade de recortes litorâneos, o que determina certa necessidade de classificar as instalações portuárias. Os portos foram, portanto, classificados da seguinte forma:

a) Portos Convencionais

Os portos convencionais representam a maioria dos portos ao redor do mundo. Neles, os navios são atracados em bacias portuárias ou cais, ao longo dos berços dos rios e, algumas vezes, tem de passar por pontes e/ou eclusas. Tais aspectos representam exigências específicas para os rebocadores e o modo de abordagem da assistência dada por eles.

Outro fator de grande importância na análise de dado porto é a configuração de sua conexão com o mar. Certos portos, como Rotterdam (Holanda), Le Havre (França) e Hong

Kong (Hong Kong), tem uma conexão curta e, portanto, conveniente com o mar aberto, ao contrário de outros, como o de Antuérpia (Bélgica), Calcutá (Índia) e Nova Orleans (USA), que apresentam o inconveniente de longas e complexas conexões com mar aberto. O tipo de comunicação também contempla, além da avaliação de sua largura, a existência de bancos arenosos ou pedregosos, bem como o formato de suas entradas – podendo ser retas ou sinuosas.

Dependendo das condições, pode ser exigido que os rebocadores sejam capazes de operar em condições de mar grosso e vagalhões.

#### b) Portos com Terminais Principais

Tais portos oferecem bastante espaço para manobras, permitindo mesmo que sejam padronizadas. São, também, propícios ao método push-pull, de tal forma que os rebocadores utilizados são originalmente concebidos para tal tipo de operação.

#### c) Portos com Piers, Molhes e/ou Quebra-Mares

Os portos com piers, molhes e/ou quebra-mares diferenciam-se dos demais, principalmente, mas não somente, pelo método de atracação. Neles, em geral, a atracação dá-se por meio de uso de *dolphins*, *finger-piers* ou *t-piers*. Tal configuração permite que os rebocadores operem em qualquer dos dois bordos da embarcação assistida, já que os piers dispõem de ambos os lados livres para atracação. Isso implica, basicamente e de forma aproximada, número dobrado de berços em comparação com um cais ou terminal de mesmo comprimento útil.

Em contraste, nas bacias portuárias ou em terminais, a atracação dá-se ao longo de um cais, o que restringe a assistência a apenas um dos bordos da embarcação.

Ainda sob a ótica da influência das condições geográfico-ambientais na classificação do porto e, assim, na assistência de rebocadores, ressalta-se o seguinte: Em circunstâncias de vento e mar grosso, o navio demanda do rebocador certas especificações mínimas, com respeito a:

- a) estabilidade
- b) robustez das defensas
- c) adequação do guincho de reboque
- d) potência

Observa-se também que num rio ou canal navegável, devido às várias mudanças geográficas ao longo, é, às vezes, necessário o uso de vários tipos de rebocadores desde a entrada, na aproximação do berço, até a atracação ao final.

Além daquelas já citadas, outras condições adversas podem requerer características especiais dos rebocadores. Entre elas, destacam-se:

- a) Restrição de calado, devido à profundidade/largura máxima das águas do porto
- b) Existência de gelo

## **1.2.2 - Conceituação da Assistência**

### **1.2.2.1 - Segundo a Praxe**

O tipo rebocador demandado é largamente dependente do método de assistência. Secundariamente, pode-se citar a influência dos *mooring boats* (embarcações que assistem o navio para passagem das espias para o cais). Quando não os há, rebocadores deverão ser capazes de empurrar no costado do navio até bem próximo do berço, ou até o cais, para que se possam passar as espias. A disponibilidade de tais embarcações, portanto, exerce papel decisivo, mesmo não sendo primário.

### **1.2.2.2 - Segundo a Experiência Disponível**

Práticos e comandantes de rebocadores estão acostumados com os rebocadores e suas tripulações e conhecem, pois, suas vantagens de desvantagens. Assim, mudar para um novo sistema pode gerar dificuldades e mal-entendidos, além de exigir certo tempo para implementação. Qualquer proposta de modificação deve, portanto, ser considerada com cuidado, com respeito também ao treinamento e instrução necessários a partir de sua implementação.

### **1.2.2.3 - Segundo as Exigências de Segurança**

A assistência de rebocadores implica risco para as próprias embarcações e para sua tripulação. Tais riscos podem ser diminuídos com treinamento e um rebocador bem equipado e projetado. Não se pode omitir que o tipo de rebocador, associado a certos métodos e posição relativa, também influencia o nível de segurança.

As exigências de segurança podem diferenciar-se de porto para porto, de acordo com:

- a) Tipo de porto
- b) Condições ambientais
- c) Navios assistidos
- d) Métodos de assistência
- e) Regulamento portuário

Respeitando certas condições do meio a que estarão expostos os rebocadores, seus donos devem oferecer o mais alto nível de segurança, a despeito do tipo de porto. Tais condições incluem ventos fortes, correntes, gelo, ondas e vagalhões, tanto no porto como ao seu redor e, caso relevante, na aproximação e nas áreas offshore.

### **1.2.3 - Navios relacionados**

Outro fator importante é o tipo de navio a ser assistido. Tipos diferentes exigem especificações distintas dos rebocadores envolvidos. Especificações dos rebocadores dizem respeito, mas não se restringem, a: potência, equipamento de reboque, defensas, manobrabilidade e superestrutura.

#### **1.2.4 - Serviços Requeridos no Porto e Imediações**

Além daqueles já citados, destacam-se a inclusão de assistência em diques e outras atividades não relacionadas à assistência de embarcações de alto-mar, como:

- a) reboque de material offshore, como plataformas de petróleo e barças de cábreas flutuantes
- b) tarefas de combate a incêndio
- c) reboque de barças de águas interiores, elevadores etc.

#### **1.2.5 - Método de Assistência em Uso**

O método de assistência dos rebocadores dependerá de:

- a) Layout do porto, do cais, do terminal e de possível instalação *offshore*
- b) Tipo de navio
- c) Condições ambientais
- d) Complexidade de navegação em rio, canal navegável ou aproximação do porto
- e) Existência de pontes e eclusas a serem vencidas.

## CAPÍTULO II

### TIPOS DE REBOCADORES PORTUÁRIOS

#### 2.1 - Classificação de Rebocadores Portuários

Os rebocadores são classificados de acordo com suas características principais. Sejam elas:

- a) Tipo de propulsão
- b) Fabricação do propulsor
- c) Localização do propulsor
- d) Sistema de manobra ou guinada

e) Para efeito de desambiguação, porém, é de praxe classificá-los quanto à localização de seus propulsores e ponto(s) de reboque. Isto evita, por exemplo, que dois rebocadores com propulsores do tipo azimutal, um trator e um trator reverso ou combi-tug, sejam confundidos. Sendo assim, há 2 classificações principais:

- 1) Rebocadores com propulsão a ré e ponto de reboque ou de tração a meio navio
- 2) Rebocadores com propulsão a vante e ponto de tração a ré.

Dentre os enquadrados no tipo 1, os principais representantes são os rebocadores convencionais. Encaixam-se em 2 os rebocadores tratores, sejam Voith-Schneider ou azimutais (por exemplo, Aquamaster).

Em última análise, como um grupo a parte, trata-se dos rebocadores do tipo trator-reverso e ASD. Os primeiros possuem propulsores azimutais a ré e ponto de reboque a vante,

enquanto os seguintes, pontos de reboque a ré e a meio-navio e propulsão a ré. Como se pode notar, são muito semelhantes, a não ser pelo fato de que os ASD's, mais versáteis, operam também como rebocadores convencionais, utilizando seu ponto de reboque a meio-navio.

## **2.2 - Exigências Gerais para Performance de Rebocadores**

### **2.2.1 - Tempo de Resposta**

O tempo de resposta dos rebocadores deve ser curto, e sua manobrabilidade, tal que o faça responder rapidamente. A rapidez na reação é importante tanto para o ato de passar cabos que gurnem pelas buzinas do navio quanto para a assistência do navio em si. Com respeito aos dias de hoje, dá-se especial atenção ao passar dos cabos: o processo tende a tornar-se cada vez mais lento, dada a crescente preferência pela diminuição da tripulação a bordo de rebocadores.

### **2.2.2 - Eficiência e Segurança das Operações**

Dependem da manobrabilidade, do Bollard Pull, da forma das obras-vivas dos rebocadores, da posição e do equipamento usado no ponto de reboque, dentre outros. No que tange ao BP, certos navios, como contêineres, podem exigir grandes doses de potência dos rebocadores. A exigência, naturalmente vultosa, pode ainda aumentar ao sabor das condições ambientais. Navios com grandes superfícies vélicas expostos a vento forte repassam sua debilidade à demanda de Bollard Pull.

Para efeito de eficiência da operação, realça-se que, num reboque feito com navio em movimento, a perda de eficácia do rebocador deve ser a menor possível.

O rebocador também demonstra suas capacidades por meio de menores demandas quanto ao espaço para manobra. Sua manobrabilidade, adequação das dimensões e dos equipamentos de reboque serão maiores quanto menor for o espaço requerido para a manobra do conjunto navio assistido-rebocador.

### **2.2.2.1 - Construção e Layout do Passadiço**

O passadiço do rebocador (ou *wheel house*) deve ser tal que, na estação de manobra, o comandante veja claramente o extremo a ré, o extremo a vante e os bordos de seu rebocador, além de(o)(a):

- a) cabo e equipamento de reboque
- b) convés de trabalho
- c) áreas de contato entre o rebocador e o navio
- d) o navio em si
- e) outros rebocadores envolvidos
- f) direção da operação

O campo de visão das estações de manobra deve, para tal, ser tão desobstruído quanto possível, tendendo a 360 graus. Além de boa visibilidade na horizontal, os passadiços devem ter janelas voltadas para cima, importantes para que o comandante possa ver as buzinas ou tamancas por que gurnem os cabos de reboque na borda falsa do navio assistido. Tais janelas são especialmente importantes no caso de navios com castelo ou tombadilho alto ou mesmo com grande borda livre.

### **2.2.2.2 - Estações de Manobra (*Manoeuvring Stations*)**

Da estação de manobra, quando passando cabos ou operando de fato, o comandante deve ser capaz de observar as informações essenciais num só olhar de sua estação de manobra. Tais informações obtem-se de várias formas, tais como:

- 1) da avaliação da direção e tensão do cabo de reboque (*towline*)

2) do navio assistido, em relação a velocidade, aproamento e rumo, distância em relação ao rebocador e comportamento do navio face às forças feitas pelo rebocador

3) da área de contato navio-rebocador, quando empurrando

4) do vetor velocidade do sistema navio-rebocadores, com relação às margens do canal, a outros tráfegos e aos bancos e berços próximos.

Tratando-se ainda de visibilidade, observa-se que a direção de que vem as informações durante a manobra, além de depender do método de assistência, varia também ao longo da própria operação, tratando-se de certo rebocador.

Em diferentes tipos de rebocador, a direção de operação de uma estação de manobra varia. Nos rebocadores do tipo trator, por trabalharem com a proa voltada para o costado do navio, o comandante estará voltado sempre para um mesmo lado, basicamente, tanto durante operações quanto em modo *freesail*. Já nos rebocadores tratores, que trabalham com a popa voltada para o costado do navio, a posição de um painel de manobra deve diferir, conforme o rebocador navegue livremente (voltado para a proa do rebocador) ou assista um navio (voltado para a popa do rebocador). Por esse motivo, devem ser instalados, nesse caso, 2 painéis de manobra, um voltado para vante e outro, para ré. Em outros casos, podem ser demandados ainda mais painéis, dependendo do tamanho e da construção do passadiço.

Deve-se observar, em adição, que a transição entre os diversos painéis de manobra deve dar-se de forma rápida e segura, sem que haja falhas do sistema durante transições. Além disso, os controles nos painéis devem ser operáveis de forma lógica em relação à direção e ao sentido de movimento do rebocador. Mesmo com máquinas a ré, portanto, o puxar de uma alavanca para bombordo deve resultar numa guinada para o mesmo bordo que com máquinas a vante: bombordo.

Com respeito à ergonomia nos passadiços, é necessário que o comandante tenha ao alcance simultâneo das mãos tanto aparelhos de comunicação e informação, como VHF's e radares, quanto sistemas de segurança, como *Quick Release Systems* (sistemas de alívio ou desprendimento rápido). Se possível, recomenda-se também a acessibilidade ao controle do guincho de reboque da estação de manobra, de forma a evitar que se arrisque a vida de um

tripulante engajado em controle manual no convés de trabalho. Tal ferramenta é de vital importância em situações críticas como aquelas em que, sob mar grosso e ventos fortes, seja necessário ajustar o comprimento do cabo para mudança de posição (por exemplo, de “push” para “pull” no costado na navio).

### **2.2.2.3 Comunicação**

Uma das principais exigências para manobra segura e eficiente é a comunicação adequada entre comandantes de rebocadores e práticos e, a bordo do navio, entre comandante e práctico. Conta-se, para tal, com pelo menos 2 aparelhos VHF para fechar o canal à distância.

### **2.2.3 Formato das Obras-vivas de Rebocadores**

O formato da carena deve ser tal que os propulsores dos rebocadores não toquem o casco do navio, mesmo quando esse estiver adernado para o bordo oposto ao de operação. Os rebocadores portuários precisam, além de navios comuns, estar aptos a assistir todo tipo de embarcação, inclusive submarinos. Neste caso, o rebocador indicado será um do tipo convencional com 1 eixo.

### **2.2.4 Defensas**

Defensas apropriadas protegem tanto os rebocadores quanto o navio e evitam que os rebocadores, operando com certo ângulo sobre o casco, deslizem sobre ele. As defensas são feitas usualmente de borracha natural ou sintética. De todo modo, o material usado, qualquer que seja, deverá ser resistente a:

- a) água poluída
- b) ozônio
- c) radiação UV

- d) altas e baixas temperaturas, separadamente
- e) choques térmicos

Fundamental, também, são os fatores que influenciam a escolha das defensas a serem instaladas na proa/popa. Sejam alguns deles:

1) Forma como o rebocador assiste a embarcação: com cabo passado ou com método “push-pull”, e se vai empurrar, caso empurre, com a proa ou com a popa.

2) Tamanho e potência do rebocador: influenciam a forma como o navio e o rebocador interagem, no que diz respeito à energia transmitida entre eles.

3) Tamanho da área de contato

4) Tipo e tamanho dos navios a serem assistidos/escortados: como exemplo, nos navios com largo balanço de proa ou de popa, as defensas de navios operando na proa/popa devem ser escolhidas especificamente para tal situação.

5) Forças ambientais, como ondas, que geram acréscimo de força às defensas

6) Construção da proa e da popa

Dentre os diversos tipos de defesa, destacam-se:

1) As de perfil dito *extruded*

Dentre as mais frequentes, possuem vários tamanhos e variedades, podendo ser retangulares, cilíndricas, no formato *hollow-D* etc. Vantagem: são bem flexíveis.

2) As de sistema moldado (em blocos)

Oferecem a mesma flexibilidade que as anteriores, mas com vantagens adicionais: são de instalação segura e de fácil reparo, por serem substituíveis, individualmente, em módulos,

conforme suas partes integrantes apresentem defeitos. Frequentemente utilizados na horizontal, podem também ser usados verticalmente nos locais onde o desgaste for maior.

### 3) Pneus Reforçados de Aeronaves e Caminhões

Após recolhidos, são comprimidos sobre hastes de ferro e usados como defensas na proa, na popa e nos bordos do rebocador.

### 4) Cheias com Espuma (*Foam Filled*)

### 5) Pneumática

No caso particular de assistência de navios de guerra com costados de cor clara, devem-se usar acessórios nas defensas para evitar que a borracha os manche. Os mais usados são as defensas de cabo de manilha e as defensas de borracha cinza.

Para as defensas de proa, em rebocadores convencionais, combi-tugs ou ASD *tugs*, emana a exigência de que sejam construídas de forma a apresentar grande raio e, portanto, larga área de contato. Isso contribui para diminuir a pressão sobre o chapeamento exterior do casco do navio e, assim, evitar danos à sua estrutura. As defensas de popa de rebocadores tratores enquadram-se nos mesmos requerimentos, por ser aquelas que preferencialmente operam em contato com o costado do navio.

Nos bordos, preferencialmente, e algumas vezes na proa e na popa, são utilizados pneus, para aumentar a área de contato e proteger áreas não operantes contra choques fortuitos. São usados por serem relativamente de baixo custo e de fácil reposição.

Quanto à pressão admissível sobre o chapeamento dos navios, é fundamental considerar seu tamanho. Quanto maior o navio, menor a resistência estrutural a forças localizadas e, portanto, menor a pressão admissível das fiadas de chapa na área de contato com rebocadores.

Em relação ao material de confecção das defensas, além do já atestado, recomenda-se que, qualquer que seja, tenha alto coeficiente friccional, para manter a extremidade operante

do rebocador com ângulo constante em relação ao costado do navio durante dada operação. Essa medida não só garante que o rebocador mantenha-se preso por sua área de contato, mas também, em condições de balanço e arfagem, previne que as defensas deslizem ao longo do costado e sejam danificadas. Por motivo análogo, as defensas nos bordos, pouco exigidas quanto à aderência, são usualmente fabricadas com material de baixo coeficiente de atrito estático, como o Polietileno UHMW. Este possui  $\mu$  com aço cerca de 5 vezes menor que o da borracha e, portanto, não é facilmente danificado ao atritar-se com o casco do navio. Em situações especiais, podem-se mesmo encontrar defensas lubrificadas a água, quando o atrito tiver de ser minimizado.

Outra característica apreciável sobre as defensas é sua altura em relação ao plano de flutuação. Quanto maior for essa altura, maior será o momento de banda gerado pela força de atrito entre as defensas e o costado. Um caso particular é a já mencionada assistência de submarinos. Tanto para empurrá-los quanto para proteger a carena do rebocador e o casco do submarino, é necessário que as defensas estejam imersas. Caso os rebocadores usados sejam ASDs ou Tratores-Reversos, seus costados podem ter de ser expandidos nas alhetas e bochechas, para garantir que os submarinos fiquem suficientemente afastados dos tubulões dos hélices.

## **2.3 - Rebocadores do Tipo Convencional**

### **2.3.1 - Considerações Iniciais**

Os rebocadores convencionais são aqueles presentes em maior número ao redor do mundo. Apesar de não serem ideais para nenhum dos métodos de assistência, como será visto mais adiante, são adequados para puxar com cabo passado na proa e habilitados a operar no costado, ainda que com severas limitações.

Sua variedade mais simples é aquela com apenas um eixo e um leme, mas pode receber certos aprimoramentos, que inclusive o tornam menos limitado quanto a certas condições de operação.

Devido principalmente à posição de seu ponto de reboque, ou tração, os rebocadores convencionais ficam restritos em sua assistência. Não obstante, além de restringir sua performance, a margem de segurança nas operações é também reduzida.

Quanto à segurança, o maior risco quando rebocando em velocidade é de emborcamento (*girting*). Isto se deve, em grande parte, à inabilidade de rebocadores convencionais, em sua concepção, de rebocar em altas velocidades. Para evitar incidentes, poderá ser instalado no convés um guincho de reboque com sistema de desengate rápido, ou *Quick Release Mechanism*. Este sistema, facilmente ativado do painel de manobra, previne que uma tração desproporcional, cujo momento seja suficientemente grande, emborque o rebocador de fato.

A posição do ponto de reboque segue certo padrão na maioria dos rebocadores convencionais. Em média, ele localiza-se a uma distância da popa igual a 45% do comprimento do rebocador medido em determinado plano de flutuação (load waterline level ou LWL).

## **2.3.2 - Lemes e Propulsão**

### **2.3.2.1 - Propulsão e Controle de Propulsores**

Quase todos os rebocadores tem motores Diesel – alguns, porém, já obsoletos, podem apresentar propulsão a vapor. Esses motores do ciclo Diesel, propelindo rebocadores portuários, apresentam de médias a altas rotações de saída. Na medida em que o hélice não trabalhe em altas rotações, assume-se necessária a instalação de caixas de redução, que reduz as rpm para certa taxa condizente com as especificações do propulsor. Já para reverter o passo, diferentes sistemas são utilizados. Dentre eles, os seguintes:

#### a) Sistema com Reversão Direta

O mais antigo da lista, é ainda achado em rebocadores convencionais. Sua principal desvantagem é exigir nova ignição na reversão de passo. Em alguns rebocadores antigos, o processo pode mesmo ser levado a cabo manualmente, por um tripulante de máquinas especializado. Nos mais modernos, mas que ainda o possuem, a reversão é operada

remotamente do passadiço. A grande desvantagem, em última análise, reside no fato de que, mais lento, o equipamento repassa à manobra um maior tempo de resposta, o que, para efeito de eficiência, é indiscutivelmente desfavorável.

#### b) Reversão em sistemas de propulsão Diesel-Elétricos

Neste tipo de sistema, o motor Diesel não distribui torque diretamente para o eixo do propulsor, mas aciona um gerador elétrico, que, por sua vez, transmite potência a um motor elétrico. Este último, portanto, é o único conectado mecanicamente com o eixo tracionado do propulsor. Entretanto, não é o motor elétrico o gerador de potência, mas o motor Diesel. O motor elétrico exerce a função, dentro do sistema, de mero transmissor de potência. As duas grandes vantagens desse mecanismo é que ele é facilmente controlável do passadiço e que fornece ao eixo qualquer velocidade “instantaneamente”, ou seja, com mínimo tempo de resposta, tanto para vante quanto para ré. Sua desvantagem é que é caro e de manutenção dispendiosa.

#### c) Sistema Motor Diesel-Caixa de Redução-Acoplamento Pneumo-Hidráulico

Às vistas dos aspectos negativos do sistema anterior, este pode tornar-se o mais comum. Alia pequenos tempos de resposta a uma manutenção relativamente barata.

Salienta-se que os sistemas com caixa de reversão citados aplicam-se somente a propulsores com hélice não-controlável. Propulsores com hélices controláveis (*CPP-controllable pitch propellers*), por sua vez, dispensam o uso de caixas de reversão, pois, para reverter seu passo, basta reverter suas pás.

Naqueles sistemas que exigem caixas de reversão, surgem frequentemente problemas de distribuição de torque ao longo do tempo, devido à reversão em altas velocidades. Para evitá-los ou postergá-los, deve haver configuração adequada de motor, engrenagens e propulsor, além de correto setup da propulsão. |Em certos casos, é possível usar freios de eixo em conjunto com o freio motor.

As rotações do motor e o passo do propulsor são ambos controláveis do passadiço remotamente. Com uso de CPPs, a manobra é normalmente suave e regular, principalmente

quando são equipados com o mecanismo *Combinator Control*. Este sincroniza o passo do hélice com as revoluções por segundo, por meio de sistema hidráulico.

### 2.3.2.2 - Eficiência de Propulsores e Manobrabilidade

Propulsores de rebocadores podem ser abertos ou protegidos por tubulões. A seguir, analisam-se e comparam-se parâmetros de manobra de diferentes configurações de propulsão:

a) CPPs: em modo *Full Astern*, tem de 40 a 45% do thrust no modo *Full Ahead*

b) Hélices de passo variável, não controlável, sem tubulões: 60% do thrust de *Full Ahead* em *Full Astern*

c) Tubulões aumentam o thrust de 15 a 25% em condições de reboque e empurrando

Tipos de Tubulões e suas aplicações:

Dentre os diversos tipos de tubulões produzidos, citam-se alguns modelos-padrão encontrados em rebocadores:

a) Tipo 19A:

Largamente empregado, devido a seu característico alto custo-benefício. É recomendado para demandas de thrust\* com máquina a vante e geralmente conjugado com propulsores azimutais, seja com hélices de passo variável ou CPP's. Nesse caso, a propulsão a ré é obtida girando-se o tubulão, já que a configuração permite vetorização de torque.

b) Tipo 37 ou *Backing Nozzle*:

Muito usado em rebocadores portuários convencionais, tem maior eficiência que os 19A operando com máquinas a ré, sem, no entanto, perder em termos de thrust a vante. Se, contudo, for instalado em hélices de passo controlável, a relação BP com máquinas a ré/

BP com máquina a vante cai para 0,45, valor um tanto baixo se comparado a um propulsor com passo variável figurando o mesmo modelo de tubulão.

c) Tubulão Hannan Ring

Produz configurações com thrust a ré atingindo até 70% do thrust a vante, com pás adaptadas. Com pás normais, essa relação varia entre 60 e 65%.

d) Tubulão Nautican

Além dos tubulões do tipo 19A, outro usualmente visto em propulsores azimutais é o modelo da Nautican. Com máquinas a vante, tem eficiência 8% maior em relação ao 37 e ao 19A. Com máquinas a ré, é mais eficiente que o 19A, mas ainda é inferior ao *Backing Nozzle*. De todo modo, considerando que, em azimutais, o passo do hélice não tem de ser invertido para obter mudança de 180° na vetorização de propulsão, a aparente desvantagem dos Nautican com máquinas a ré termina por anular-se.

Em suma, os tubulões aumentam a eficiência propulsiva, mas diminuem a manobrabilidade de um rebocador. Seu efeito negativo sobre a velocidade máxima não chega, por outro lado, a ser relevante, por não haver operações a tão altas velocidades.

O efeito da adição de tubulões é equivalente ao aumento da área lateral resultante da instalação de *skegs*, por exemplo. Por isso, de forma a compensar a perda de manobrabilidade, são utilizados sistemas especiais de leme ou equivalente:

a) Tubulões azimutais/móveis:

Proporcionam maior manobrabilidade que arranjos normais de leme (mesmo para ré), e são carregados com não mais que 25 a 30°, devido à grande margem de propulsão lateral.

b) Tubulões azimutais com flancos móveis:

Os flancos são espécies de lemes fixados na extremidade posterior do tubulão. Sua adição representa um ganho significativo de manobrabilidade, principalmente em rebocadores com 2 propulsores.

c) Lemes especiais e arranjos:

Em geral, rebocadores podem ser basicamente equipados com:

- 1) Lemes tipo *Spade*
- 2) Lemes compensados
- 3) Lemes semi-compensados

Em todos eles, o bordo de ataque localiza-se por ante-a-vante da madre do leme. Isso significa, de modo geral, maior eficiência propulsiva e menor conjugado de forças, o que possibilita diminuição das dimensões do aparelho de governo. Por outro lado, lemes ordinários diminuem a eficiência do propulsor e, conseqüentemente, precisam de maior aparelho de governo.

Quanto aos arranjos e tipos especiais de aparelho de governo, destacam-se:

a) Lemes com flaps móveis

Dos fornecedores Becker, Barke, Ulstein, Jastram, Promac e Stuwa, entre outros, possuem ângulo máximo de carregamento de 40 a 50°. Os flaps instalados ocupam de 20 a 30% da área total externa do aparelho. Nos lemes Becker, para pequenos ângulos ( $\alpha$ ) da porta, o ângulo ( $\beta$ ) formado pela reta suporte que possui a corda do flap e a reta suporte da linha de centro do rebocador será aproximadamente igual a  $3\alpha$ . Para maiores ângulos  $\alpha$ ,  $\beta=2\alpha$ . Nessa configuração, o *lift* máximo é obtido quando o ângulo da porta é de 30°, e tal sustentação supera a de um leme convencional (com forma, dimensões e área semelhantes) em até 70%.

O thrust transversal chega a 50% do thrust desenvolvido para vante, e o ângulo máximo de leme para esse sistema é tal que o fluxo chega a ser defletido para 90° em relação à linha de centro.

Um aspecto notável da manobra com lemes montados com flaps móveis é que o rebocador, além de navegar com grande resposta do aparelho de governo e, portanto, grande manobrabilidade, terá sua velocidade rapidamente diminuída. No repouso, poderá quase girar num eixo. Isso tudo com a vantagem de performance a ré semelhante àquela de um arranjo convencional de leme. Quanto a flaps, cada tubulão pode apresentar mais de um.

b) Lemes Schilling:

- 1) achados em novos rebocadores
- 2) não tem partes móveis
- 3) apresentam placas-guia fixadas nas partes inferior e superior da porta, para otimizar o fluxo nos bordos
- 4) tem perfil de alta sustentação
- 5) seu bordo de fuga é de tal forma projetado, que rendeu ao leme o apelido de rabo de peixe
- 6) desenvolvem de 30 a 40% mais sustentação de que um leme convencional com especificações semelhantes
- 7) sua sustentação máxima é atingida com ângulo de leme de 40°
- 8) o ângulo máximo de carregamento é de 70°, para o qual o fluxo é defletido em 90° e o leme trabalha como thruster lateral
- 9) com seguimento a ré, trabalham melhor que lemes convencionais

10) tem 2 modelos:

-Schilling Monovec: apenas um leme. Com ele, girar no eixo é quase possível.

-Schilling Vectwin: sistema com 2 lemes Schilling. Possibilita vetorização de *thrust* em 360°, dispensando caixa reversora ou CPP.

c) Lemes de Flanco

São lemes suspensos colocados por ante-a-vante do hélice, com inclinação em relação à linha de centro, para melhor direcionamento do fluxo com seguimento a ré. Com seguimento a vante, ficam a meio. São utilizados com tubulões fixos.

d) Sistema Towmaster

1) configuração de lemes dispostos em formação de “veneziana”

2) usado em tubulões fixos

3) constituído de lemes a ré do tubulão e, em alguns casos, também a vante

4) configuração mais comum: 3 lemes a ré e 2 a vante

5) ângulo máximo de leme: 60°

6) proporcionam aumento de thrust e manobrabilidade a vante

7) relação de thrust a ré/a vante de 0,7

8) sua desvantagem está ligada a maior complexidade

Em adição, conquanto não sejam lemes, devem-se citar os bow thrusters como recurso de manobrabilidade. Alguns rebocadores portuários são equipados com eles. Sua principal limitação é o seu uso em velocidade: com seguimento a vante de apenas 2 nós, sua eficiência

diminui em até 50% (devido a condições de fluxo e da movimentação do centro de pressão para vante, conforme aumenta o segmento). Muitos rebocadores oceânicos contêm bow thrusters, para ajudar a mantê-los em posição quando próximos a plataformas offshore. A variedade azimutal pode ser instalada a vante em rebocadores convencionais para aumentar sua capacidade de manobra (sendo assim chamados “Combi-tugs”).

### **2.3.3 - Manobra em Rebocadores Convencionais**

#### **2.3.3.1 - Aspectos da Manobra de Rebocadores Convencionais de 1 Eixo**

Em rebocadores convencionais de 1 eixo, 3 observações devem ser feitas quanto à manobra:

- a) leme e propulsor localizam-se a ré
- b) a corrente transversal na água do propulsor, quando guinando com seguimento a ré
- c) seu baixo thrust a ré

Salienta-se que a primeira (a) tem como consequência o seguinte fato: quando aplicado thrust com máquina a vante, a popa move-se em sentido oposto àquele pretendido para a guinada, diferentemente dos rebocadores-tratores, cujas forças de guinada aplicam-se a vante e tem o mesmo sentido da guinada.

Para rebocadores convencionais, nem mesmo com lemes de alta sustentação (high lift rudders) é possível girar no eixo ou mover-se lateralmente. Contudo, bow thrusters instalados a vante, como em combi-tugs, possibilitam o movimento transversal.

Os rebocadores convencionais de um eixo sofrem de um efeito chamado Efeito Transversal (*Paddle Wheel Effect ou Transverse Effect*). Sua causa é a influência da descarga do propulsor atingindo a popa em ângulo reto quando em máquinas a ré. Quase todos os rebocadores convencionais tem hélice com passo direito (*right-handed propeller*), o que implica, para máquinas a vante, giro horário em hélices com passo variável e giro anti-horário

em hélices com passo controlável. Assim, tomando com o exemplo um hélice de passo variável direito. (Terminar de explicar o efeito e suas consequências – nesse efeito, a descarga atinge as obras-vivas por boreste, fazendo com que a popa mova-se para bombordo e, portanto, que a proa mova-se para boreste)

Para compensar esse efeito com o leme, o seguimento a ré não deverá ser pequeno. Apenas com seguimento razoável será possível trazer o rebocador a uma derrota reta. Como conclusão, podemos dizer que rebocadores de um eixo com seguimento a ré e baixa eficiência propulsiva nesse sentido terão baixa performance em máquinas a ré, devido à consequente incapacidade da embarcação para compensar o efeito transversal e manter-se em linha reta. Algumas das soluções que se podem propor constituem a utilização de lemes de flanco, sistema Towmaster ou tubulão móvel.

### **2.3.3.2 - Rebocadores Convencionais de 2 eixos**

- 1) Conseguem girar no eixo
- 2) São capazes de manter sua derrota para ré
- 3) Podem guinar revertendo-se um dos propulsores e mantendo o outro em regime de máquinas a vante, enquanto aplicando leme para o bordo de guinada pretendido
- 4) Seus 2 hélices são tais que o propulsor de bombordo é de passo direito, e o de boreste, esquerdo – regime tipo *inward turning*.
- 5) O regime de hélices é mais eficiente que o de rebocadores com um eixo
- 6) Apresentam a desvantagem de, devido aos passos simétricos de seus propulsores, terem maior diâmetro táctico. Isso se explica pelo fato de que as descargas transversais na água se somam e opõem-se à guinada quando em modo conjugado.
- 7) Apresentam como vantagem a capacidade de mover-se lateralmente. Com dois eixos e configuração *inward turning*, para mover o rebocador lateralmente para boreste, basta

aplicar máquina a vante no propulsor de bombordo, a ré no de boreste e leme a bombordo. Com leme a meio, o rebocador tenderia a girar no eixo, graças ao binário. Ao aplicar-se leme a bombordo, anula-se a tendência de rotação, e sobra apenas a componente de thrust perpendicular à linha de centro. Nessa manobra, a descarga transversal na água também contribui para uma aproximação lateral.

### **2.3.3.3 - Assistência de Navios por Rebocadores Convencionais**

Rebocadores convencionais são teoricamente utilizáveis para todos os tipos de operações de assistência, mas não são igualmente adequados para todas elas. São recomendáveis para reboque com cabo passado com navio em movimento, por exemplo, mas apresentam graves limitações como rebocadores de popa, devido à posição do ponto de tração.

Como rebocador de popa, assistindo um navio com mais de 3 nós de seguimento e operando em um dos bordos, não poderá mudar de bordo nem controlar a velocidade do navio. Qualquer tentativa de fazê-lo resultaria em risco de emborcamento (*girting*). Tais rebocadores também são proibidos de, rebocando na proa, passarem para os bordos ainda com os cabos passados. Esse tipo de capacidade seria desejável, por exemplo, na aproximação de um berço.

Mudar do modo puxa para o modo empurra poderia ser possível, mas apenas se empurrassem com sua popa. Além de a mudança da extremidade operante já constituir uma manobra difícil, empurrar com a popa ainda apresenta novos empecilhos, como o fato de a descarga do propulsor do rebocador atingir as obras-vivas do navio (o que diminui a eficiência da operação) e o fato de as defensas de popa não serem adequadas para empurrar. Em tal situação, seria recomendável soltar o cabo, para só então empurrar o navio.

Outra característica da manobra de rebocadores convencionais assistindo navios deve-se ao seu baixo thrust\* a ré. É por causa dele que puxar com um cabo de proa passado – necessariamente, portanto, com máquinas a ré- não é possível.

Rebocadores convencionais de um eixo também são inaptos a puxar, com cabo passado, num dos bordos, a 90° com o costado. Nessa situação, a ausência de compensação ao efeito transversal de seu propulsor impede que ele mantenha-se em posição, assim como o fazem ventos e correntes de través. Esse problema é agravado se o navio assistido tiver seguimento, caso em que outro tipo de rebocador seria definitivamente proposto. Certas medidas adicionais, no entanto, podem ajudar o rebocador a manter posição relativa ou direção de puxada (com restrições). Uma delas é passar cabo de popa em direção ao navio, no bordo oposto àquele para o qual há tendência de derivação da popa. Outra medida pensável, mas inútil para os citados fins, seria a utilização de bow thrusters. Estes não ajudariam, pois as forças que causam derivação da direção de operação aplicam-se na popa, mas não na proa do rebocador. Ressalta-se que sistemas especiais de governo (como lemes de flanco e sistema Towmaster) podem, sim, tornar um rebocador de um eixo apto a manter sua popa enquanto operando no costado.

No caso de rebocadores convencionais com dois eixos incluídos nas demandas anteriores, esclarece-se que poderiam manter-se em posição, mas que, para tal, demonstrariam um déficit de eficiência em comparação com um rebocador realmente adequado para a operação.

## **2.4 - Combi-tugs**

### **2.4.1 - Aspectos técnicos**

Combi-tugs são rebocadores de um eixo modificados, a fim de melhor performance. Recebem, usualmente, um tubulão móvel sob a carena, a vante, e um ponto de tração adicional a ré. Apesar de tais melhorias, apresentam ainda certas limitações:

- 1) Tem pouca potência a ré.
- 2) Dificilmente movem-se com seguimento a ré em aproamento constante.

3) Não conseguem girar em torno de seu eixo, a não ser que utilizem seu tubulão móvel em conjunto com lemes de alta sustentação, sem ajuda dos quais também não podem mover-se lateralmente.

Apesar da persistência de algumas restrições à manobra, se considerado no projeto o devido aparelho especial de governo, pode-se obter alto desempenho. Assim, equipados com lemes de alta sustentação, poderão girar em torno de seu eixo, mover-se lateralmente e navegar com máquinas a ré a razoável velocidade. Além disso, podem-se extrair de Combi-tugs BP e velocidade adicionais, a vante ou a ré, por meio da conjugação do tubulão móvel e do eixo fixo numa mesma intenção e em mesma direção de funcionamento.

Pelo que foi dito, conclui-se: bow thrusters azimutais são muito mais versáteis que bow thrusters em túnel, pois operam com eficiência em qualquer direção, mesmo em velocidade, e melhoram diversas das credenciais de performance de um rebocador convencional. Também pela ótica financeira, por ser pouco dispendiosa, a adição de bow thrusters azimutais mostra-se uma ótima opção de modernização de rebocadores convencionais ultrapassados, para melhorar manobrabilidade, capacidade operacional, Bollard Pull e velocidade máxima. Em alguns modernos Combi-tugs, podem-se inclusive achar os azimutais em variedade retrátil, o que os torna capazes de operar em águas rasas e aumenta a eficiência propulsiva do hélice fixo quando o thruster não estiver em uso (devido à diminuição do arrasto). Nos rebocadores equipados com o sistema retrátil, ressalta-se, é bom que haja um alarme que soe quando o fundo abaixo da quilha não for suficiente para operação segura com thruster.

#### **2.4.2 - Assistência de navios por Combi-tugs**

Combi-tugs podem operar como rebocadores convencionais (por ante-a-vante da proa de um navio) com algumas vantagens, sejam elas:

- a) Maior velocidade máxima
  
- b) Maior BP

### c) Maior manobrabilidade

Sua versatilidade também é acrescida, podendo operar tanto a vante (como um convencional) quanto a ré. Sob o aspecto da segurança, tem vantagem, pois sofrem menor risco de emborcar e tem menor tempo de resposta devido à maior manobrabilidade. Além de poderem trabalhar na popa, podem fazê-lo em relativamente altas velocidades do navio assistido, graças ao Azibow e a um olhal ou suporte móvel, que traz seu ponto de tração mais para ré. Partisse o cabo de reboque de um ponto a 45% do comprimento a partir da popa, como nos rebocadores convencionais, as chances de emborcamento o impediriam de operar em tal posição. Na condição de ponto de tração na popa, uma *gob rope* (passando por um olhal ou *fairlead* assentada sobre suporte giratório) apresenta em seu chicote uma manilha que permite conexão com o cabo de reboque.

Os Combi-tugs podem operar com a popa voltada para a popa do navio e cabo gurnindo pelo ponto de reboque a ré. Nessa posição, sua função é controle de velocidade de um navio com até 8 nós de seguimento a vante. Para que isso seja possível, tanto o AZIBOW quanto o hélice a ré devem estar em máquina a vante. Quando da aproximação, a alta manobrabilidade desse tipo de rebocador permite-lhe passar os cabos mesmo em movimento, com navio a 7-8nós de velocidade.

Outra possibilidade é assistir na manobra do navio. Graças à configuração análoga àquela de rebocadores tratores – quando utilizando o ponto de tração a ré -, os combi-tugs podem operar no método indireto na popa do navio. De acordo com esse método, a posição oblíqua do rebocador em relação ao fluxo d'água faz aparecer uma força hidrodinâmica (sustentação) que, por sua vez, gera um acréscimo de tração no cabo de reboque.

Conforme diminua o seguimento do navio, diminuirá também a eficiência do rebocador em tal posição, devido à queda de sustentação no casco em condições de fluxo mais lento. Por isso, recomendar-se o método indireto somente a partir de um limite inferior de velocidade, abaixo do qual operar no método direto é mais eficaz. Passando a operar no método direto, o Combi-tug irá, então, soltar a *gob rope* ou desgurnir o cabo da *fairlead*, voltando à configuração de ponto de tração característica de um rebocador convencional. Observa-se que sempre que houver fortes ventos de través ou correntes (sendo demandado grande esforço para compensá-los) será preferível operar desde o início como rebocador

convencional usando máquinas com toda força a vante. Se necessário, o azimutal pode ser empregado para aumentar o BP.

A transição entre os dois métodos de assistência citados acima é possível durante assistência, mesmo quando o navio tiver seguimento.

Resumindo, as vantagens e desvantagens dos Combi-tugs são sucintamente enumeradas a seguir:

a) Operam bem como rebocadores de popa, com cabo passado, mesmo durante longas viagens, tanto para controle de velocidade quanto para auxílio na manobra.

b) Apesar de poderem operar nos bordos do navio (método *push-pull*), apresentam ainda muitas das desvantagens dos rebocadores convencionais. Empurrando com a proa no costado, tem ainda boa eficiência, pois o bow thruster é usado apenas para fixar a proa em posição. Quando o ponto de contato é na popa, o AZIBOW, então na extremidade oposta ao costado, mostra-se pouco potente para propelir o rebocador de forma que consiga acompanhar o navio. Além disso, próximo demais ao costado, o hélice fica eclipsado e perde grande parte de sua utilidade devido à deficiência de fluxo incidente.

c) Em particular, quando rebocando na proa, sua eficiência é baixa.

## **2.5 - Rebocadores Tratores**

### **2.5.1 - Rebocadores Tratores com Propulsores Cicloidais**

#### **2.5.1.1 - Considerações Gerais**

Rebocadores tratores com propulsores cicloidais tem sua propulsão instalada sob o corpo de proa e o ponto de tração a ré. Na verdade, seu propulsor é comparável sob alguns aspectos a um hélice de passo controlável. A magnitude de thrust, bem como a direção em que é aplicado, pode ser controlada mantendo-se as rotações por minuto constantes. Contudo,

diferentes configurações de rpm podem ser selecionadas. A opção de rotação máxima será somente selecionada em 1 dos três casos abaixo:

- a) Quando for exigida a máxima potência de reboque
- b) Quando for exigida máxima potência ao empurrar
- c) Quando forem exigidas altas velocidades em navegação livre

Em quaisquer outras situações, as rpm serão baixas.

O sistema de propulsão cicloidal encontrado no Voith Schneider Propeller (VSP) é composto por um conjunto de lâminas verticais móveis instaladas em um disco rotativo paralelo ao fundo do rebocador. Cada unidade contém de 5 a 7 lâminas verticais com um sistema que permite ajustar o passo e a direção de thrust uniformemente e sem atraso. O conjunto de lâminas está geralmente protegido por um apêndice de casco composto por uma placa de proteção ou docagem, que, enquanto mantém seguras as lâminas, também funciona como um tubulão, otimizando o fluxo de entrada. Na docagem, rebocadores VS ficam assentados por intermédio de tal placa e de seu *skeg*.

Grandes *skegs* são geralmente encontrados em rebocadores tratores, especialmente naqueles do tipo trator. Graças a eles, o centro de pressão do rebocador em que estiver fixado movimentar-se bastante para ré, o que é vantajoso tanto para questões de segurança quanto para a performance de reboque, principalmente quando operando na popa do navio em altas velocidades.

Nos rebocadores tratores, o ponto de tração, a ré, localiza-se geralmente exatamente acima do meio do *skeg*. Seu casco é largo, com fundo plano, de forma a prover espaço suficiente para as unidades propulsoras. As defensas são feitas para suportar grandes esforços, especialmente na popa, extremidade com a qual rebocadores tratores empurram no costado.

Nos modernos tratores VS, há um passadiço compacto com ótima visibilidade, em cujo centro encontra-se um painel de manobra para controle dos propulsores.

### **2.5.1.2 - Princípio de Funcionamento do Propulsor Voith Schneider**

Várias hastes dirigidas para o centro de manobra (N) são conectadas às lâminas verticais. O centro móvel N pode ser removido do centro fixo O por meio de 2 cilindros hidráulicos, um longitudinal e outro transversal. A direção e o sentido do thrust dependem da posição do centro de manobra N. Quando ele coincide com o centro geométrico da circunferência em que as lâminas estão dispostas, não há thrust. Removendo-se N do centro, pode-se obter thrust em qualquer direção e sentido, combinando o efeito de sua posição no eixo das ordenadas e das abcissas. A direção nominal do thrust será sempre perpendicular à linha ON, e sua magnitude, determinada pela distância entre os 2 pontos.

Por diversos motivos, o calado máximo de rebocadores VS é maior que o de outros rebocadores:

- 1) As unidades Voith pesam mais.
- 2) As dimensões das unidades Voith são maiores, o que implica maiores dimensões do espaço em que fica alojada e, pois, maior peso.
- 3) As unidades Voith localizam-se a vante, na posição onde já há, naturalmente, maior calado

Em rebocadores VS tratores, as unidades de propulsão, como dito, localizam-se sob o corpo de proa, mais especificamente a uma distância de 0,25 a 0,30 x LWL da proa. Seu ponto de tração, por outro lado, pode variar de posição entre pontos a uma distância de 0,1 e 0,2 x LWL da popa, sobre o skeg.

### **2.5.1.3 - Controle das Unidades Propulsoras Voith Schneider**

Direção, sentido e magnitude de thrust são remotamente controlados do passadiço. A operação remota pode dar-se por meio de um confiável sistema de hastes que interligam os controles do painel de manobra e as unidades propulsivas em si, quando for pequena a distância entre o passadiço e o propulsor, ou, quando maior, por meio de outros mecanismos: hidráulico, pneumático, elétrico e mesmo computadorizado.

Há, para operação dos propulsores, 2 sistemas em uso. Um, mais antigo, dispõe de um volante e 2 alavancas. O volante controla o thrust transversal, enquanto as alavancas responsabilizam-se pelo longitudinal. Importante salientar que, dentre os 2 controles, o volante tem prioridade. Dito isso, quando for selecionado “tudo para boreste” ou “tudo para bombordo” no volante, mesmo com manetes (*pitch levers*) em “toda força a vante”, não haverá thrust longitudinal algum. Daí conclui-se que 100% de thrust não podem ser aplicados em direção alguma, somente na longitudinal. Outro aspecto importante da operação do equipamento é que, para fins de thrust longitudinal, as duas unidades propulsoras podem ser controladas tanto independente quanto conjuntamente, enquanto que, tratando-se de thrust transversal, as duas deverão sempre desenvolver a mesma magnitude.

#### **2.5.1.4 - Manobra de rebocadores tratores Voith Schneider**

Rebocadores VS são capazes de:

- a) Girar em torno do próprio eixo
- b) Desenvolver grande quantidade de thrust em qualquer direção e sentido
- c) Navegar com seguimento a ré em linha reta a altas velocidades
- d) Desenvolver thrust a ré aproximadamente igual ao thrust a vante

Com isso em vista, diversas desvantagens de rebocadores convencionais foram superadas, tais como pouco ou nenhum thrust lateral, o efeito transversal em seguimento a ré e a pequena velocidade a ré.

Passar as espias na proa, por exemplo, com o uso de VS tugs, é uma tarefa muito mais segura, devido à sua maior capacidade de compensar as forças de interação *Squat* por meio do emprego de seu thrust lateral.

Para que um rebocador VS gire em seu próprio eixo, basta que se gire o volante e criar-se-á um momento. Para fazê-lo mover-se lateralmente, por exemplo, para boreste, o operador deverá puxar o manete de bombordo com certo passo a ré e empurrar o de boreste, com um passo um pouco menor, a vante (devido à eficiência ligeiramente menor a ré), enquanto gira o volante (que anula o momento criado pelo desnível dos manetes) no sentido horário (equivalente à intenção de boreste).

### **2.5.1.5 - Assistência de navios por rebocadores tratores Voith Schneider**

Rebocadores tratores Voith-Schneider são utilizados tanto para *towing on a line* quanto para operações do tipo puxa-empurra.

Para um ou outro método, o passo longitudinal máximo utilizável estará limitado:

- a) a nível 8/10, para rebocar ou puxar no costado
- b) a nível 9/10, para empurrar no costado

Essa medida objetiva evitar sobrecarga das máquinas.

No método americano (tipo “push-pull”) são eliminadas, nos tratores VS, as desvantagens dos rebocadores convencionais outrora apresentadas. Por poderem aplicar thrust em qualquer direção e terem potências a ré e a vante muito próximas, os VS tugs podem, inclusive, operar perpendicularmente ao costado do navio.

Por ocasião da aproximação de um berço, os VS são capazes de mudar de reboque com cabo passado (tanto a vante quanto a ré) para uma posição junto ao corpo paralelo do navio, sem ter de liberar os cabos. Pode-se realizar essa transição até uma velocidade do navio de (aparentemente módicos) 2 nós, suficientemente grande, dado que o navio tende ao repouso imediatamente antes que se comece a empurrá-lo de encontro ao cais. Atenta-se para a recomendação de que, durante a transição, o rebocador tenha à disposição um guincho de

reboque, em vez de somente um, pois será preciso controlar o comprimento do cabo de reboque. Isso se mostra relevante em termos de segurança.

Além de habilitados a transitar entre a proa e os bordos, os rebocadores tratores podem passar cabos diretamente nesses últimos, aproximando-se pela proa ou pela popa, contanto que o navio não ultrapasse os 5 nós de seguimento.

Rebocando um navio, com cabo passado na buzina de roda, os tratores Voith Schneider não são os mais eficientes possíveis. Isso se deve às limitações impostas pela posição do ponto de reboque, que o restringe quanto à direção de operação. No entanto, eles são bem adequados para, como rebocadores de popa, controlar velocidade e rumo/aproamento do navio (portanto, mesmo com navio em movimento). Além de serem recomendados para tal, podem de fato operar nos 2 bordos, no método indireto ou direto. O controle de rumo é feito no método indireto, caso o navio esteja a maiores velocidades (grande acréscimo de tração por parte da sustentação), ou no método direto, caso tenha-se pouco seguimento (quando as forças propulsivas sobrepõem-se às hidrodinâmicas na carena).

Outra vantagem de rebocadores desse tipo é que, por produzirem pouca descarga, não atrapalham operações de remoção de óleo nem a navegação de pequenas barcaças carregadas em bacias portuárias estreitas.

Por outro lado, a forma cheia da proa e o fundo de prato (chato) - necessários para disponibilizar espaço suficiente e desenho adequado para instalação das unidades propulsoras produzem efeitos adversos no comportamento de tais rebocadores no mar. Segundo comandantes experientes, as placas de docagem produzem efeito similar.

Empregados como rebocadores de popa para controle de velocidade, os VS devem empregar forças de frenagem tal que os manetes estejam de acordo com a velocidade do navio. O objetivo é prevenir que se sobrecarreguem as máquinas. Ademais, na situação retratada, um mínimo de volante deve ser usado (já que ele diminui a intensidade de thrust longitudinal, que é prioridade nessa operação).

## **2.5.2 - Rebocadores Tratores com Propulsores Azimutais**

### 2.5.2.1 - Considerações Iniciais

Rebocadores Tratores com Propulsores Azimutais são equipados com dois tubulões móveis sob o corpo de proa (forebody). A denominação de tais azimutais pode variar, de acordo com o desenho adotado por cada fabricante: Z-Pellers, Duckpellers, Rexpellers etc. Os primeiros rebocadores do tipo surgiram em 1967, na Alemanha.

Os tubulões podem ser dotados de hélices com passo variável (FPP) ou controlável (CPP). Os FPP, em grande parte produzidos pelo fabricante Niigata, dispõem de uma embreagem moduladora de velocidade, que possibilita o controle das revoluções do eixo. Esse sistema permite que a toda a amplitude de velocidade do eixo, de 0 à máxima, possa ser coberta por interrupções (marchas). Por isso, esse tipo de FPP elimina quase por completo a necessidade de CPP's, além de ser muito menos oneroso.

Para fins de segurança, são equipados também os tratores azimutais com placas de proteção, a vante ou abaixo dos propulsores, que servem a um objetivo tanto em caso de encalhe quanto durante docagem.

Como os propulsores azimutais aumentam o calado dos rebocadores, surgiram soluções criativas para prevenir a perda de usabilidade (em águas rasas, principalmente). A Schottel, por exemplo, criou um sistema de tubulões integrados a discos pivotantes e placas de docagem abertas chamado ISN (sigla para *Integrated Schottel Nozzle*). Esse arranjo diminuiu em cerca de 0,5m a calagem média de rebocadores equipados com modelos normais de propulsores azimutais. Vale dizer que, apesar da mudança, a nova disposição não afetou as credenciais de propulsão e BP dos rebocadores.

Em comparação com VS tugs de potência e dimensões equivalentes, os azimutais são mais leves. Isso se justifica em grande parcela pelas maiores exigências de enrijecimento sobre tratores Voith, constatadas as maiores aberturas em seus cascos para instalação da propulsão. Como resultado, os VS acabam por também calar em demasia, se comparados a tratores azimutais.

Em rebocadores tratores azimutais, a posição do ponto de tração é muito similar àquela encontrada em cicloidais. O que se pode dizer em termos de distinção é que o skeg é, às vezes, menor naqueles, e que a posição longitudinal do ponto de tração está, nos mesmos, menos estruturalmente relacionada à posição longitudinal do centro geométrico do skeg.

Quanto ao posicionamento das unidades propulsoras, as de um azimutal encontram-se ligeiramente mais a ré que aquelas de rebocadores tratores cicloidais:

VS Tugs: à distância de 0,25 a 0,30 x LWL da proa

Azimuth Tractor tugs: entre 0,30 e 0,35 x LWL da proa

Ressalta-se que, dentre as posições possíveis para instalação das unidades propulsivas, será a mais efetiva para assistência aquela que estiver mais a vante.

A vante e a ré, thrusters azimutais entregam potência efetiva similar, com um déficit de cerca de 5% a ré. Já em arranjo de thrust lateral, como há interação de fluxos, a eficiência diminuirá conforme aumente o ângulo entre os thrusters. Por isso, recomenda-se dispô-los, sempre que possível, a pequenos ângulos entre si.

### **2.5.2.2 - Controle das Unidades Propulsivas de Rebocadores Tratores Azimutais**

Os thrusters, nesse tipo de rebocador, podem ser controlados por:

1) Um dispositivo individual para cada thruster, com respeito a magnitude e direção de thrust.

2) Um mesmo dispositivo (*joystick*).

3) Um sistema de controle composto por dois manetes (que ajustam a potência de cada thruster), um volante (que ajusta o ângulo de ambos os thrusters) e mais dois manetes para máquina a vante/a ré.

Quando o controle combinado dá-se por meio de *joystick*, a posição dos thrusters é automaticamente escolhida para atender à intenção de manobra selecionada. Uma variante desse sistema é aquela em que, em complemento ao *joystick*, há uma regulagem separada de magnitude de thrust. Nesse caso, o *joystick* é somente capaz de selecionar o ângulo dos thrusters. Observa-se que, mesmo em sistemas combinados, existe a opção de selecionar cada variável separadamente. Essa alternativa é, porém, raramente utilizada, por ser muito complexa a operação simultânea de tantos controles, a não ser em casos nos quais a manobra prevista não figurar entre as pré-programadas. Para tais situações, emana a exigência de que os controles possam, ao menos, ser operados de forma lógica e mais simples possível.

Quanto ao tipo de hélice utilizado, como visto, CPP's são mais vantajosos, graças à rápida reversão de passo. No entanto, aplicados a azimutais, deve-se fazer uma ressalva: os CPP's serão mais eficientes até o ponto em que é atingido seu limite de potência a ré. A partir de então, exigido maior thrust a ré, dever-se-á girar o tubulão de 180° (exatamente como no caso de FPP's) e posicionar as pás do hélice da forma em que desempenham melhor. É oportuno lembrar que hélices de passo controlável são menos eficientes com passo reverso que as de passo variável.

### **2.5.2.3 - Manobra de rebocadores tratores com propulsão azimutal**

As características de manobra desse tipo de rebocador são similares àquelas dos rebocadores equipados com propulsores cicloidais. Também são seguros e altamente manobráveis, podendo girar em torno do próprio eixo, mover-se lateralmente e ainda apresentar mesmo BP a vante e a ré.

Em comparação com os rebocadores VS, tem menor calado, desenho diferente do *skag* e podem, diferentemente dos primeiros, aplicar 100% de thrust em qualquer direção. Por esses motivos, tratores azimutais manobram de forma um pouco distinta.

#### **2.5.2.4 - Assistência de navios por rebocadores tratores com propulsão azimutal**

A capacidade de assistência dessa variante de rebocador é comparável à de rebocadores tratores VS. Portanto, são recomendáveis tanto para o método americano quanto para o europeu.

No entanto, em se tratando do método indireto, como rebocadores de popa, podem não ser tão eficientes quanto os Voith Schneider. Duas possíveis razões para isso são:

1) menor dimensão dos *skogs* (que resulta em menor sustentação no método indireto);  
e/ou

2) posição incorreta do ponto de tração.

Contudo, operando no método direto em velocidade e como rebocadores de proa, rebocando, são mais eficientes. Nos dois casos, a vantagem deve-se à menor resistência ao avanço oferecida por seu skog e ao fato de poder entregar thrust total de forma omnidirecional. Cada uma dessas características contribui para que os rebocadores tratores de propulsão azimutal comportem-se bem em condições de relativamente alta velocidade.

### **2.6 - Rebocadores Tratores-Reversos**

#### **2.6.1 - Considerações iniciais**

Apelidados de “rebocadores empurradores” ou *pusher-tugs*, esses rebocadores possuem dois propulsores azimutais sob a popa. Eles são especificamente projetados para o método de assistência em voga, dentre outros locais, em um grande número de portos do Pacífico Oeste.

A extremidade operante desse tipo de rebocador é a proa, onde é equipado com um grande guincho de reboque. Mais a ré, possui geralmente um pequeno equipamento de reboque, como um gancho de reboque. Seu ponto de tração a ré localiza-se próximo à extremidade posterior do rebocador, e sua utilização com reboque em velocidade demonstra

baixa eficiência. Muitas vezes, tal ponto de tração fica diretamente acima da extremidade de ré do propulsor.

Podem ser equipados com hélices de passo variável ou controlável, mas sempre em tubulões. Se apresentar FPP's, terá normalmente uma embreagem moduladora de velocidade acoplada.

Rebocadores tratores-reversos calam menos que ambos os rebocadores tratores, azimutais e cicloidais, pois tem as unidades propulsoras instaladas a ré, sob um corpo de popa delgado e côncavo. Importante, para fins de comparação, é distinguir calado do casco (*hull draft*) e calado máximo (*maximum draft*). Este último é contado desde o plano de flutuação até a extremidade inferior do propulsor – e não somente até o ponto mais baixo da quilha. Na ausência de maiores detalhes, ao longo deste ensaio, por “calado” entenda-se “calado máximo”. Quanto ao calado medido na quilha, os tratores-reversos, por motivos idênticos aos dos tratores azimutais, calam também menos que os tratores VS.

As unidades propulsivas de tais rebocadores, em geral, localizam-se a  $0,1 \times \text{LWL}$  da popa, e seu ponto de reboque de vante, bem próximo à proa.

Eles apresentam passadiço concebido de forma particular, tal que o comandante do rebocador, enquanto sentado atrás do painel de manobra, possa ter visão desobstruída da parte anterior do rebocador, do cabo de reboque e do navio assistido, assim como de outros instrumentos importantes à sua volta.

## **2.6.2 - Controle de Propulsão, Manobrabilidade e Assistência de Navios**

A operação dos instrumentos de manobra de rebocadores tratores-reversos é idêntica àquela de tratores azimutais, isso porque, em ambos, as duas unidades propulsoras azimutais estão em extremidade do rebocador oposta àquela onde se encontra o ponto de tração principal.

No que respeita à manobrabilidade, são capazes de girar em torno do próprio eixo e transladar-se lateralmente. Devido ao formato particular das obras vivas no corpo de popa, porém, tem um decréscimo de 10% em eficiência propulsiva quando com segmento a ré.

Quanto à assistência, operam sempre com a proa voltada para o costado do navio e, portanto, com os propulsores dele afastados. De forma geral, o que se aplica, em termos de assistência, aos rebocadores tratores azimutais, também se aplica aos reversos. Dito isso, podem esses últimos tanto rebocar com cabo passado quanto operar nos bordos de um navio. Quando rebocando na proa, são capazes de transitar para uma posição de empurrador, bem como para o método “push-pull” nas proximidades do berço de atracação.

Também para efeitos de assistência, é recomendável que se tenha um guincho de reboque a bordo, para que se possa manter sempre um comprimento ótimo do cabo de reboque e caçar qualquer chicote no cabo.

Por terem propulsão azimutal instalada a ré, podem operar em velocidade sobre o costado, nos bordos, de forma bem eficiente. No entanto, como rebocadores de proa, apesar de serem por vezes utilizados, não apresentarão a mesma capacidade quando o navio tiver seguimento. Isso se deve mormente ao fato de que qualquer rebocador que, puxando na proa, tiver seu ponto de tração em extremidade oposta à da propulsão, será restrito quanto ao ângulo de operação e pouco eficiente, principalmente a elevadas velocidades.

Como rebocadores de popa, os tratores-reversos são adequados tanto para auxílio da manobra quanto para controle de seguimento do navio. No método indireto, são menos eficientes que os tratores Voith Schneider, mas os superam no direto, graças à menor resistência oferecida por sua carena (que tem menor área molhada e é menos “cheia”).

## **2.7 - Azimuth Stern Drive Tugs (Rebocadores ASD)**

### **2.7.1 - Considerações iniciais**

Esses rebocadores foram projetados para conjugar vantagens de tratores-reversos (como grande capacidade de operar nos bordos e na popa) e de rebocadores convencionais, fazendo deles um tipo muito versátil. Em essência são, de fato, muito semelhantes aos tratores-reversos, com exceção da presença de um ponto de tração adicional mais a ré. Este

lhe permite adequação ao rebocar com cabo passado na proa, além, portanto, das capacidades de tratores-reversos.

A posição de suas unidades propulsoras é quase igual àquela em que se acham as de tratores-reversos: aproximadamente a 0,1 x LWL da popa. Não obstante a semelhança de posição, são também fornecidos pelos mesmos fabricantes. Dadas as similaridades, tem, pelos mesmos motivos, calado máximo menor que rebocadores tratores em geral. Em certos modelos, virão equipados com *tunnel bow thrusters*, sempre que forem requisitados em operações offshore. Em algumas das mais recentes unidades, possuem bow thrusters azimutais sob o corpo de proa. A adição dessa unidade proporciona aumento do Bollard Pull máximo (a vante e a ré), da habilidade de manter-se em posição e da manobrabilidade. Além de tudo, aumenta também o máximo thrust transversal.

### **2.7.2 - Controle de Propulsão, Manobrabilidade e Assistência de Navios**

O controle da propulsão de rebocadores ASD é igual ao de rebocadores tratores.

Apesar de o thrust a ré ser de 5 a 10% menor do que o thrust a vante, tanto rebocadores ASD quanto tratores-reversos podem despejar potência em todas as direções.

Como rebocadores de popa, os ASD usam a popa como extremidade de operação (como os tratores-reversos). Eles são particularmente eficientes para controle de velocidade e de rumo, em ambos os bordos. Novamente, assim como os tratores-reversos, são menos eficientes que os tratores VS no método indireto, porém mais capacitados para o método direto graças ao seu menor calado (medido na quilha).

Da mesma forma que tratores-reversos, os Multi-tugs transitam facilmente de uma posição de reboque a vante para o método “push-pull”, prescindindo de soltar os cabos em posição.

Operando nos bordos, guinchos de reboque são recomendáveis para controlar o comprimento de cabos e/ou caçar um chicote, se necessário. No costado, ratifica-se, devido à alternativa de operação como tratores-reversos, trabalham de forma muito eficiente. Sua alta potência em passo reverso e seus thrusters azimutais são fundamentais para que se atinja tal

eficiência. Por outro lado, a adição de AZIBOWS os ajuda ainda mais em sua performance, visto que a presença de unidade propulsiva a vante garante plena manutenção da proa sobre um ponto fixo do costado em condições climáticas rigorosas.

## **2.8 - Performance de Rebocadores**

Com respeito ao desempenho de rebocadores, em geral, é necessário entender princípios básicos. Neste item são enumerados alguns deles, apesar de não se intencionar abordá-los com profundidade.

### **1) Condição de fluxo positivo/negativo**

Quando a descarga do propulsor trabalhar paralelamente e em mesmo sentido do fluxo externo, o propulsor estará trabalhando em condições positivas de fluxo. Isso ocorre, por exemplo, quando um rebocador puxa um navio com seguimento. Quando o fluxo for contrário ao sentido da descarga do propulsor, por outro lado, o fluxo em que trabalha a unidade será dito negativo. Este é observado, entre outras, naquelas situações em que um rebocador de popa opere de forma a quebrar o seguimento de um navio. Apesar de, em fluxo negativo, o propulsor produzir maior torque, a alta carga de trabalho e possíveis flutuações, além de vibrações, podem tornar esta condição indesejável em alguns casos.

### **2) Relação entre rpm, Bollard Pull e Potência do Propulsor**

A tração no cabo de reboque depende do quadrado das rpm do eixo do rebocador, enquanto a potência desenvolvida pelo motor varia com o cubo das revoluções por minuto. Isso significa, a grosso modo, que a potência desenvolvida por um motor terá sido dobrada em relação a um valor de referência somente quando suas rpm tiverem sido multiplicadas por oito. Nesse caso, a tração no cabo terá, portanto, sido multiplicada por 4. De fato, essas relações não se aplicam somente às condições estipuladas para medição de BP, mas, de forma aproximada, para todas as operações desempenhadas num porto.

### **3) Uso de tubulões**

Tubulões podem aumentar eficiência propulsiva em certa faixa de carga do propulsor, de forma que 2 rebocadores idênticos, um com propulsores abertos e outro com tubulões, possam ter Bollard Pull diferentes (o dos primeiros menor que dos últimos). Nesse contexto é relevante dizer que o Bollard Pull é determinado por meio de testes em diferentes regimes de máquinas, particularmente na MCR (Manufacturer's Recommended Continuous Rating) ou mesmo em condições de sobrecarga, em que seja avaliada a capacidade do propulsor de manter certa taxa máxima de thrust por um período mínimo de uma hora. Ressalta-se, também, que as credenciais de BP somente dizem respeito a circunstâncias de pouco vento, nenhuma onda ou corrente e de reboque em que a linha de centro esteja alinhada com a direção do cabo, para vante ou para ré. O valor do Bollard Pull em si poderá ser medido com dispositivo ordinário de molas ou por meio de dispositivo eletrônico, e, qualquer que seja o utilizado, deverá poder oferecer leitura contínua da tração no cabo, plotável em um gráfico em função do tempo.

Agora quanto à razão entre BP e potência desenvolvida pelo propulsor, deve-se notar que, dependendo do rebocador, poderá ser maior ou menor. Enquanto propulsores de passo variável fixados em tubulões geram 1,5 tonelada de Bollard Pull a cada 100bhp (potência medida no eixo), propulsores do tipo VS contribuem para cerca de 1,15 tonelada por centena de unidade de potência. Na verdade, mesmo para rebocadores do mesmo tipo e potência, essa relação pode variar conforme a forma do casco, o tipo de tubulão e a carga do propulsor. Ainda nesse mérito, admite-se a razão proporcional à extensão de potência da unidade propulsora. Assim, um rebocador convencional de 700bhp (que tem menor extensão) desenvolve 2t de BP por cada 100bhp, enquanto um de 6000bhp gera menos de 1,3t/100bhp.

### **CAPÍTULO III**

## OS MÉTODOS DE ASSISTÊNCIA

### 3.1 – Introdução

O ponto até o qual o emprego de rebocadores para assistência é considerado necessário depende de(o)(a):

1) navio em si: tamanho, tipo, calado, relação comprimento/boca, posição de carregamento, área vélica e manobrabilidade.

2) berço e da área de manobra: tipo de berço, tamanho do berço, alinhamentos, espaço para manobra próximo aos berços, profundidade da água, influência da corrente e do vento e disponibilidade de *mooring boats*.

3) derrota: largura dos canais, duração e singradura total, profundidade, curvas, velocidade máxima permitida, tráfego esperado, influência de corrente, ventos, ondas, água rasa e bancos, e se haverá no caminho embarcações fundeadas ou atracadas.

4) tipo de assistência: para trânsito ou somente aproximação de berço/atracação, e o método de assistência em voga.

Observa-se que o grande fator distintivo entre assistência em trânsito e em atracação/desatracação é a velocidade. Ela restringe, em grande extensão, o tipo de rebocador que pode ser usado em certa operação.

A assistência durante trânsito pode incluir:

- a) Passagem por rio e/ou canal.
- b) Manobras para entrada em porto ou bacia, vindo-se de rio, canal ou do mar.
- c) Passagem por bacias portuárias estreitas

#### d) Passagem por eclusas

Nesse tipo de assistência, o navio provavelmente passará a maior parte do tempo em velocidades entre 3 e 6 nós, por vezes maior. Por serem velocidades baixas, a influência de ventos, corrente e ondas tende a intensificar-se, e isto influi no abatimento sofrido pelo navio e, portanto, no espaço mínimo necessário à manobra. Na realidade, as condições de governo são ainda prejudicadas pela velocidade baixa do navio em si (que pode não ser suficiente para uma boa relação L/D do desempenho de um leme), o que torna a situação um tanto mais crítica quando se considera o planejamento da operação.

As exigências quanto à capacidade de assistir navios durante trânsito por parte de um rebocador podem resumir-se no seguinte:

1) Ser capaz de assistir a guinada em passagens estreitas, passagem por pontes, curvas fechadas e/ou estreitas ao longo de rio ou canal navegável (Fairway) e quando adentrando um porto, bacia de revolução ou sistema de eclusas.

2) Poder controlar a velocidade do navio, ou seja, aumentar sua velocidade e quebrar seu seguimento, conforme seja o caso.

3) Estar capacitado a compensar vento e corrente quando o navio tiver seguimento.

Quanto a isso, a princípio, poderia o próprio navio agir no sentido ou de manter entre o aproamento e o rumo o ângulo de abatimento ou no sentido de aumentar o seguimento – e, assim, diminuir o efeito da corrente e do vento sobre a navegação. De fato, qualquer que seja a providência, estaria ela sujeita a certos empecilhos, como à limitada largura do canal ou ao limite de velocidade nele definido. Por isso, justifica-se a necessidade da assistência de rebocadores.

Durante (des)atracações, por outro lado, praticamente não há ingerência da velocidade na escolha dos rebocadores, pois o navio manobrará numa bacia de revolução com pouquíssima ou nenhuma velocidade de avanço. Os rebocadores aí envolvidos deverão ser essencialmente capazes de controlar a velocidade transversal em direção a um berço enquanto

compensam vento e corrente durante a operação. A velocidade longitudinal em relação ao fundo, se houver, dever-se-á basicamente apenas à influência da corrente. Os rebocadores envidarão esforços, portanto, somente no sentido de aplicar forças transversais.

Obs.: A assistência descrita acima é simplificada. Em condições reais, a operação consistirá, de fato, numa combinação dos aspectos descritos, e as condições ambientais terão grande influência. Se o navio, por exemplo, tiver um seguimento no fundo de 2 nós, e houver uma corrente pela proa com, também, 2 nós, a velocidade do navio na superfície será de 4 nós, o que já pode configurar necessidade da assistência de tipo diferente de rebocadores. A conclusão é que a velocidade do navio no fundo importa para efeitos de aproximação dos limites de canal ou margens de rio, e que a velocidade na superfície influi na manobrabilidade, por ser a água o meio fluido em que o aparelho de governo e a propulsão operam.

### **3.2 - Métodos de Assistência**

Há dois métodos notoriamente distintos: o método europeu, que consiste em rebocar com cabo passado, e o americano, em que os rebocadores operam basicamente nos bordos do navio (no costado). Apesar de serem reconhecidos por tais características, são aplicados de forma particular em cada porto.

Tanto nos EUA quanto na Europa, no entanto, é crescente a tendência de que se utilizem variedades mais flexíveis de rebocadores, o que influi nos métodos usados em seus portos. Em alguns deles, inclusive, está presente uma combinação de métodos, conforme as condições locais exigam. Como exemplo disso, podemos citar certo porto em que rebocadores, operando nos bordos, tenham de passar a rebocar na proa em passagens estreitas ou na entrada de um dique seco.

Transitar entre métodos diferentes também pode ser necessário quando assistindo em terminais banhados pelo mar, por serem eles afetados por ondas. Em condições calmas, os rebocadores operarão normalmente segundo o método americano (*alongside* ou nos bordos), enquanto que, em condições de tempo ruim, será geralmente mais seguro o método europeu (*towing on a line*), para evitar que se partam os cabos ou que se perca controle do navio.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este ensaio analisou diversos aspectos da arquitetura e do desempenho dos diversos tipos de rebocador utilizados ao redor do mundo, com o intuito de fornecer ao leitor dados que sirvam de base para a compreensão tanto dos métodos de assistência de navios quanto das capacidades e limitações dos rebocadores com relação a tais métodos.

Espero, para estes fins, que o conteúdo exposto tenha sido de utilidade para aqueles que desejem empreender estudo aprofundado do assunto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1 – HENSEN, Capt. Henk. Tug Use in Port, 2. ed. The Nautical Institute, 2003.

2 - DA SILVA, Otávio Augusto Fragoso Alves e Marcello Campello Cajaty Gonçalves. Rebocadores Portuários. Conselho Nacional de Praticagem, 1995.