

**JÉSSICA OLIVEIRA FARIAS DA CONCEIÇÃO**

**A MANOBRA DO NAVIO: O USO DE PRÁTICOS E REBOCADORES**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Edson Mesquita dos Santos

Rio de Janeiro

2013

**JÉSSICA OLIVEIRA FARIAS DA CONCEIÇÃO**

**A MANOBRA DO NAVIO: O USO DE PRÁTICOS E REBOCADORES**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: Edson Mesquita dos Santos

Professor

---

Assinatura do Orientador

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

Dedico este trabalho a minha família, aos meus amigos, ao meu namorado e a todos que acreditaram em mim e contribuíram para que eu chegasse até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado chegar até aqui, à minha família, pelo apoio e carinho que sempre dedicaram a mim, ao meu namorado pela força e palavras de incentivo e aos amigos que fiz na Escola, obrigada por terem dividido comigo estes três anos.

## **RESUMO**

Este trabalho tem por finalidade apresentar os tipos de rebocadores, bem como suas características, vantagense uma visão geral sobre o melhor método de utilização de cada um. No segundo capítulo são abordados os tipos propulsores transversais, os casos em que podem substituir a ação dos rebocadores e quando o seu uso é desaconselhável. Por fim, no terceiro capítulo são apresentados recursos utilizados para aumentar a eficiência das embarcações e algumas tendências futuras.

Palavras chave: rebocador, manobra, propulsão.

## **ABSTRACT**

This study aims to present the types of tugs, their features and advantages as well and an overview about their methods of assistance. The second chapter is about the types of transverse thrusters, the cases that they can replace the action of the tugs and when their use is not advisable. Finally, the third chapter presents features used to increase the efficiency of vessels and some future tendencies.

Key-words: tug boat, maneuver, propulsion.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Tipos de rebocadores
Figura 2	Rebocador convencional de dois hélices
Figura 3	Rebocador combinado
Figura 4	Propulsor cicloidal
Figura 5	Esquema de forças do propulsor cicloidal
Figura 6	Propulsor azimutal
Figura 7	Rebocador trator reverso azimutal
Figura 8	Rebocador ASD
Figura 9	Rebocador trator azimutal
Figura 10	Bowthruster de túnel
Figura 11	Stern thruster
Figura 12	Esquema do swing down thruster
Figura 13	Uso de propulsores transversais na manobra
Figura 13	TubulãoKort
Figura 14	Propulsor Azipull
Figura 15	TwinPropeller
Figura 16	Esquema de forças que atuam no leme
Figura 17	Leme Schilling
Figura 18	Leme com flap
Figura 19	Leme cicloidal no modo ativo
Figura 20	Leme cicloidal no modo passivo
Figura 21	Leme com rotor
Figura 22	Rebocador Rotor

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>1 REBOCADORES PORTUÁRIOS</b> .....	11
1.1 ReboCADORES de propulsão convencional.....	12
1.1.1 ReboCADORES de propulsão convencional de um hélice .....	13
1.1.2 ReboCADORES de propulsão convencional de dois ou mais hélices.....	13
1.2 ReboCADORES combinados .....	14
1.3 ReboCADORES de propulsão cicloidal e azimutal.....	15
1.3.1 Propulsor cicloidal.....	15
1.3.2 Propulsor azimutal.....	16
1.4 ReboCADORES de propulsão a ré (Tratores Reversos) .....	17
1.5 ReboCADOR ASD.....	19
1.6 ReboCADOR com propulsão a vante (Tratores).....	19
<b>2 PROPULSORES TRANSVERSAIS</b> .....	22
2.1 Definição .....	22
2.2 Tipos de propulsores transversais.....	22
2.3 Vantagens e desvantagens .....	24
<b>3 RECURSOS E INOVAÇÕES</b> .....	26
3.1 Tubulão Kort.....	26
3.2 Recursos de propulsão .....	27
3.2.1 Propulsor Azipodou Azipull.....	27
3.2.2 Twin Propeller (Hélices gêmeas) .....	27
3.3 Recursos de leme.....	28
3.4 ReboCADOR Híbrido .....	32
3.5 ReboCADOR rotor .....	32

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	34
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35

## INTRODUÇÃO

Para garantir uma manobra de sucesso tendo em vista a segurança da embarcação e das vidas que estão a bordo, o uso de rebocadores é o fator mais importante e na maioria dos casos, indispensável.

Atualmente, observa-se grande investimento em tecnologia, por parte da indústria naval, voltado para a criação de diversos tipos de rebocadores de acordo com as funções que desempenham, visando a manobra rápida e segura dos navios.

Com a criação e aperfeiçoamento dos propulsores transversais e o advento dos propulsores azimutais, os propulsores ganham manobrabilidade e com a implementação dos destes recursos em navios, a assistência de rebocadores pode ser até dispensada em alguns casos.

Este trabalho apresenta os diferentes tipos de rebocadores com foco no seu tipo de propulsão e uma comparação geral sobre quando o uso de um determinado tipo de rebocador é mais aconselhável que o outro. Além disso, são também abordados os recursos que podem ser empregados para aumentar a manobrabilidade e eficiência dos mesmos.

# CAPÍTULO I

## REBOCADORES PORTUÁRIOS

Os métodos de assistência de rebocadores em portos e aproximação de portos são diferentes ao redor do mundo devido às condições locais e situações específicas de manobra. Essas diferenças nos métodos de assistência refletem no momento de se requisitar um rebocador e resultam no desenvolvimento de uma grande variedade de rebocadores.

Um rápido desenvolvimento por parte dos rebocadores portuários tem sido observado nos últimos anos. Sistemas modernos de governo, novos métodos de reboque e materiais de cabo de reboque foram introduzidos. Como resultado desse desenvolvimento, novos tipos de rebocadores com alta manobrabilidade e considerável aumento de potência foram criados.

Como consequência do aumento da capacidade de manobra dos navios modernos, a melhoria no desempenho dos rebocadores e fatores econômicos, o número de rebocadores solicitados por manobra vem decrescendo. Com esta redução no número de rebocadores utilizados se faz necessário um maior nível de segurança operacional, confiabilidade e adequação da manobra por parte dos rebocadores.

Para assegurar a segurança nas operações e poder obter uma resposta para a pergunta "que tipo de rebocador ou qual método de trabalho é o melhor para um certo o porto", é necessário ter pleno conhecimento das características do navio, das condições ambientais e do tipo de operação, bem como as limitações do rebocador.

Para a classificação dos rebocadores, diversos aspectos podem ser considerados, por exemplo: estabilidade, deslocamento, potência, força de tração estática, tipos de propulsão, posição dos propulsores, forma e dimensões do casco da superestrutura, entre outros.

No entanto, dentre todos os aspectos citados, o mais adequado para a classificação dos rebocadores é o tipo de propulsão.

Com base neste critério, podemos estabelecer os seguintes tipos:

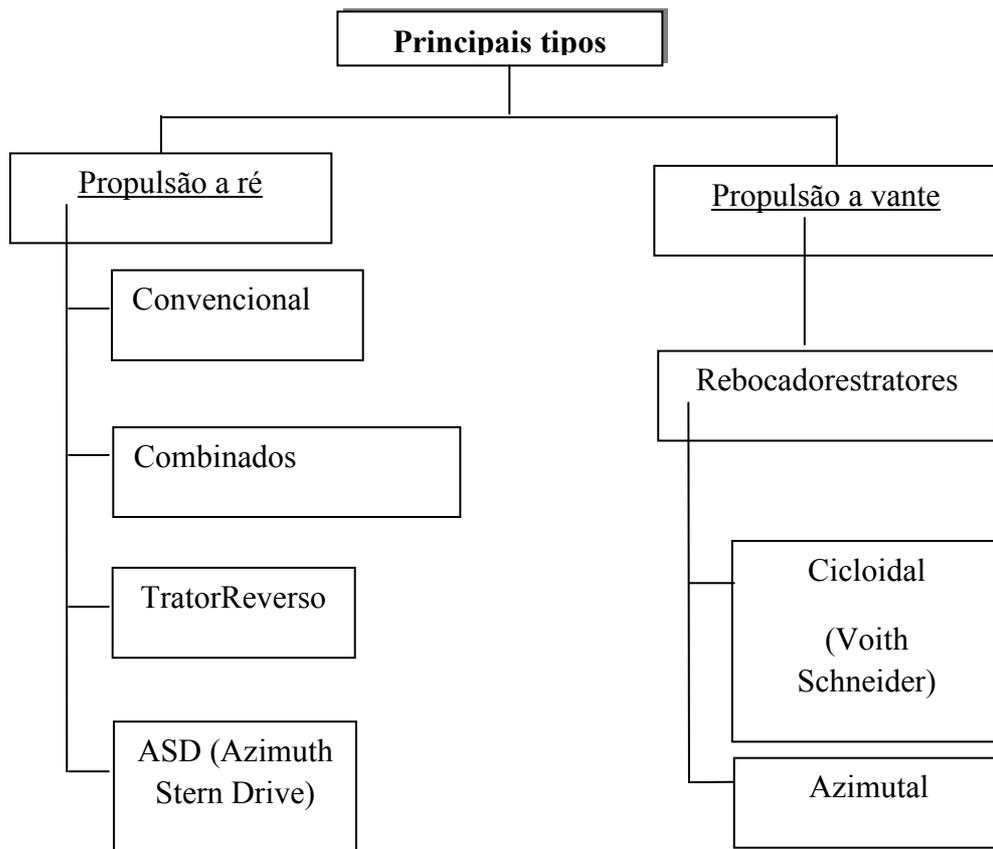


Figura 1- Tipos de rebocadores

### 1.1- Rebocadores de propulsão convencional

São rebocadores inventados no passado porém ainda são utilizados, podendo ser dotados de um ou mais hélices fixos e leme. Este tipo de rebocador tem capacidade de manobra limitada, e exige constante atenção nas situações em que a manobra possa comprometer a sua estabilidade.

A força de tração a ré costuma ser bem inferior à força de tração a vante e a posição do ponto de tração (gato) a ré é sempre a uma distância ante avante do propulsor, o que permite o governo quando em operação com o cabo passado no gato. Este tipo de rebocador é utilizado para rebocar com cabo passado na proa do navio e empurrar no costado com a sua proa. No entanto, tem pouca eficiência navegando de popa, o que pode se tornar um problema nas operações de puxa/empurra no costado do navio e em condições de mau tempo e corrente.

Nos países desenvolvidos, há uma tendência de substituir os rebocadores convencionais por rebocadores de propulsão azimutal ou cicloidal.

### **1.1.1- Rebocadores de propulsão convencional de um hélice**

São do tipo mais simples, apenas com um propulsor fixo e um leme. Os de menor potência são utilizados nas operações de apoio portuário. Possuem capacidade de manobra restrita, porém atuam bem com pouca corrente e quando é possível pegar o cabo da proa do navio com o navio em baixas velocidades.

Na situação de puxa/empurra não são tão eficientes, pois parcela excessiva da potência é gasta para se manter perpendicular ao costado. Para melhorar a sua capacidade de manobra, alguns aperfeiçoamentos que serão abordados no capítulo 3 são adicionados.

### **1.1.2- Rebocadores convencionais de dois ou mais hélices**

Basicamente, possuem as mesmas características dos rebocadores convencionais de apenas um hélice. No entanto, há a possibilidade de criar um binário de forças na popa do navio, usando-se rotações diferentes nos dois hélices. Assim, a existência de um segundo propulsor aumenta bastante a manobrabilidade e a segurança do rebocador.

Cada propulsor pode ser de passo fixo ou controlado e normalmente, quando com máquinas a vante, giram para dentro, ou seja, o de bombordo é de passo direito e o de boreste de passo esquerdo.

Em comparação ao rebocador convencional de um hélice, a sua operação de cabo passado a popa do navio também é desaconselhável. Porém, na operação de puxa/empurra é mais eficiente. O rebocador convencional de dois hélices ou mais tem facilidade para se manter perpendicular ao costado, mesmo que o navio apresente pequeno seguimento.

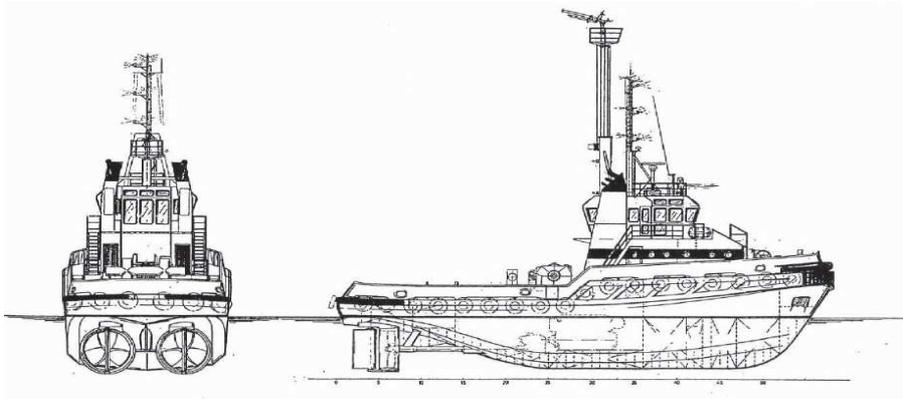


Figura 2- Rebocador convencional de dois hélices

## 1.2- Rebocadores combinados

Os rebocadores combinados possuem além dos propulsores convencionais, um bowthruster, que pode ser de túnel ou azimutal. Na maioria dos casos, o bowthruster é equipado com um tubulão e pode ser fixo ou retrátil, sendo retrátil a melhor opção, pois se o thruster não estiver sendo utilizado, ele será um apêndice de casco que causará resistência ao movimento.

No caso de ser utilizado o thruster azimutal, há um grande aumento de manobrabilidade eficiência e maior controle da proa da embarcação em relação ao de túnel, além de o bollardpull poder ser aumentado em até 40% quando o propulsor transversal for usado na mesma direção do propulsor convencional.

A conversão de rebocadores convencionais em rebocadores combinados é uma excelente alternativa para aumentar a eficiência, rapidez e segurança durante a operação.



Figura 3- Rebocador combinado

## 1.3- Rebocadores com propulsão cicloidal e azimutal

São rebocadores de concepção mais atual, com eficiência muito maior se comparados aos rebocadores de propulsão convencional. O princípio é a substituição do hélice com eixo fixo, que só produz força na direção longitudinal, por um propulsor que pode mudar o sentido de sua corrente de descarga dirigindo sua força para qualquer ponto do azimute da embarcação.

Por atuar nos 360 graus o rebocador, estes tipos de propulsores dispensam o uso de lemes. A interação entre o propulsor e a embarcação é tão boa que é comum observar essas embarcações navegando de popa ou mesmo de lado.

Quando comparados aos rebocadores de propulsão convencional, eles podem controlar a aproximação coma a proa ou popa do navio em velocidade de forma mais segura. Além disso, podem atuar para vante ou para ré, mantendo praticamente a mesma força de tração, sendo muito mais eficientes na manobra de puxa/empurra que os rebocadores convencionais.

### **1.3.1- Propulsor cicloidal**

Também conhecidos como Voith Schneider, são constituídos de um sistema de propulsão cicloidal composto de dois conjuntos de lâminas verticais móveis fixados em discos paralelos ao fundo do rebocador localizados na mesma linha transversal. Os discos giram em velocidade constante, produzindo uma força de intensidade e sentido controlados através da variação do ângulo de cada uma das lâminas.

O rebocador de propulsão cicloidal possui o casco largo e plano e é necessário o uso de um skeg (grande quilha), que direciona o fluxo da água para aumentar a estabilidade de governo.

Uma das vantagens é a velocidade com que as alterações do sentido da aplicação e a intensidade da força podem ser feitas. A rotação do motor e das pás é mantida constante durante as manobras, sendo o governo e a força de tração controlados através de dois comandos: um volante que define o movimento e a intensidade da força no sentido transversal e duas alavancas operadas em conjunto (uma para cada propulsor) que fazem a mesma função no sentido longitudinal. O resultado da ação dos dois comandos é simples, o que permite uma resposta imediata do rebocador ao comando do passadiço.



Figura 4- Propulsor cicloidal

Suas desvantagens são, principalmente, um grande calado, devido às suas lâminas verticais, o formato do fundo do casco, que pode prejudicar a hidrodinâmica, dificultando a operação em mar aberto ou em alta velocidade.

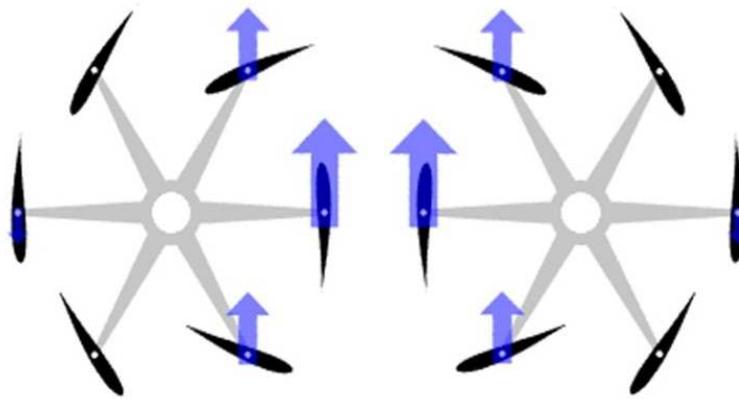


Figura 5- Esquema de forças do propulsor cicloidal

### 1.3.2- Propulsor azimutal

A partir da década de 60 surgiram os rebocadores com propulsão azimutal que são basicamente rebocadores com dois propulsores instalados a vante ou a ré, que podem ser de passo fixo ou variável, capazes de girar 360 graus.

Há uma grande variedade de fabricantes de propulsores azimutais por isso diferentes nomenclaturas são usadas, por exemplo: Z-pellers, Rexpellers, Duckpellers, entre outros. Em consequência disto, os propulsores diferem em algumas características, contudo, isto não interfere no princípio de funcionamento, que é geralmente similar.



Figura 6- Propulsor azimutal

#### **1.4- Rebocadores com propulsão cicloidal ou azimutal a ré (Tratores Reversos)**

Também conhecidos como tratores reversos, possuem seus propulsores localizados na popa. Da mesma forma que os tratores (rebocadores de propulsão a vante), possuem alta manobrabilidade, podendo se movimentar em qualquer direção desejada e produzir força de tração para ré praticamente igual à produzida para vante.

As vantagens deste tipo de rebocador são:risco reduzido de avarias nos propulsores em caso de encalhe ou colisão, casco de formato mais hidrodinâmico, o que é mais vantajoso em operações em mar aberto ou portos desprotegidos, além de terem custo de manutenção reduzido, visto que não há necessidade de docagem para reparo nos propulsores.

Os rebocadores com propulsão a ré são ideais para trabalhar com o cabo passado na popa do navio, além de atuarem com excelente eficiência no costado do navio. Porém, no caso de o trator reverso estar puxando para ré, a descarga será despejada sobre o seu próprio casco, o que diminuirá sua eficiência.

Mesmo em operações com o cabo passado na proa do navio, os azimutais ou cicloidais com propulsão a ré geralmente recebem o cabo na sua proa, possibilitando maior distância entre os propulsores e o casco do navio, de modo a aproveitar as qualidades de governo oferecidas pela distância entre a extremidade de trabalho do rebocador e a extremidade onde estão localizados os propulsores. No entanto, navegando de popa, o rebocador perde estabilidade direcional.

### **Tratores reversos cicloidais**

A posição dos propulsores deste tipo de rebocador é um pouco mais para vante que a observada nos tratores reversos com propulsão azimutal, no entanto possui comportamento similar. Foram criados com a proposta principal de acompanhamento (escort) com cabo passado na popa do navio.

### **Tratores reversos azimutais**

Este tipo de rebocador é equipado com dois propulsores afastados igualmente do eixo diametral, localizados na popa.

A superestrutura é geralmente disposta de forma que não sobra muito espaço no convés para ré, o que dificulta a sua utilização no reboque offshore.



Figura 7- Rebocador trator reverso azimutal

### 1.5- Rebocador ASD (Azimuth Stern Drive)

O ASD compartilha as qualidades do trator reverso com as qualidades do rebocador convencional, podendo também possuir um propulsor transversal de proa, o que lhe permite grande flexibilidade na forma de atuação. Eles possuem os propulsores azimutais instalados a ré ótima capacidade de manobra.

Quanto ao modo de operação, possuem dois pontos de reboque, localizados a vante e a ré, podendo atuar tanto com o cabo passado na proa quanto na popa do navio. Em relação à superestrutura, espaço de convés e posição do gato de popa e propulsão a ré – geralmente de 5 a 10% menor que a propulsão a vante – assemelha-se a um rebocador de propulsão convencional.

Devido à sua flexibilidade e eficiência, tem sido a opção de construção mais comum entre os rebocadores azimutais. No Brasil, em particular, a grande maioria dos rebocadores azimutais recentemente construídos é classificada como ASD.

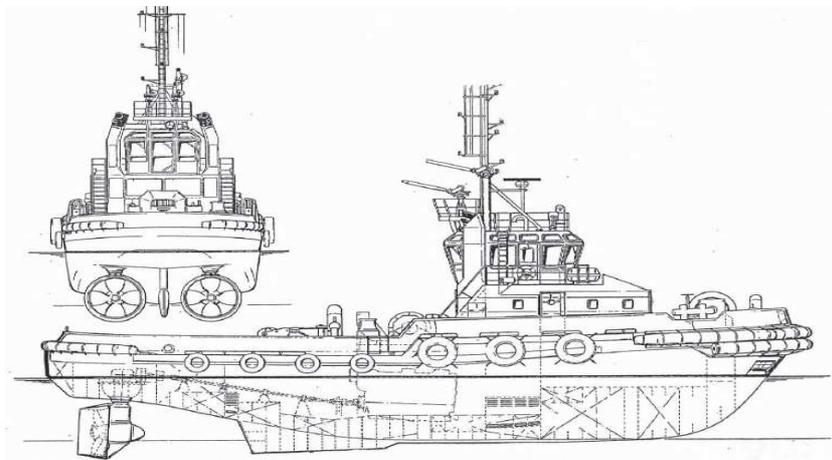


Figura 8- Rebocador ASD

### 1.6- Rebocadores com propulsão a vante (Tratores)

Podem ser azimutais ou cicloidalis. O ponto de aplicação da força de tração é normalmente na popa. Os rebocadores tratores foram criados basicamente para atuar com o cabo passado na proa do navio. Tendo os propulsores a vante, conseguem se aproximar da proa com muita segurança.

Em geral, podem navegar para ré com a mesma desenvoltura que para vante, sendo o sentido da movimentação em função da posição onde vão operar, já que o cabo deve ser passado sempre a ré do rebocador. Para operar com cabo na popa ou no costado do navio, a aproximação é sempre de popa.

### **Tratores Cicloidais**

Os tratores Voith Schneider sempre que atuam com cabo, têm volta num guincho, cabeça ou gato na popa do rebocador. Da mesma forma, quando atuando no costado, o rebocador empurra com a popa, o que exige um sistema de defesa eficiente a ré.

### **Tratores azimutais**

Em relação ao funcionamento e características de atuação, não há muita diferença entre os azimutais e o trator Voith Schneider. No entanto, o trator azimutal possui calado menor, facilitando a navegação em áreas de pouca profundidade, além de possuírem grande quilha (skeg) menor, se comparado ao cicloidal. Os tratores azimutais possuem proteções a vante dos propulsores, para que em caso de encalhe eles não sejam avariados.

Quanto à manobra, suas características também são similares às dos tratores cicloidais. Eles podem operar tanto no costado do navio, quanto rebocando com cabo passado. No entanto, devido à sua baixa resistência debaixo d'água- principalmente por causa do seu pequeno calado- e a capacidade de fornecer 100% de tração em qualquer direção- os tratores azimutais serão mais eficazes em velocidade com o cabo passado na proa do navio, dependendo da localização do ponto de reboque.

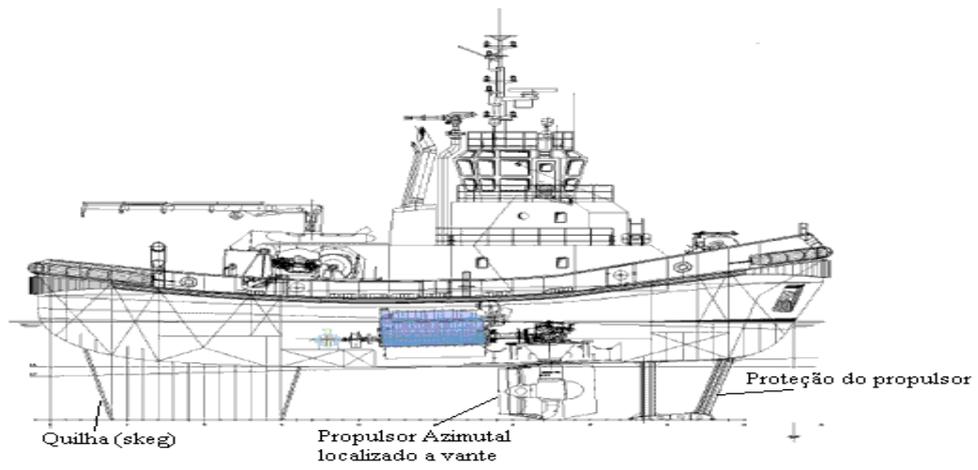


Figura 9- Rebocador trator azimutal

## **CAPÍTULO II**

### **PROPULSORES TRANSVERSAIS**

#### **2.1- Definição**

São pequenos propulsores que podem ser instalados em túneis que cortam transversalmente a quilha do navio na proa (bowthruster) ou na popa (sternthruster) ou do tipo azimutal retrátil (Swing Down Thruster), também na proa. Sua principal função é gerar uma força transversal no navio, aumentando a sua capacidade de manobra. Normalmente, usam-se motores elétricos ou a diesel de velocidade constante que possibilitam ajustar a intensidade e sentido da força rapidamente.

Assim que foram criados, os propulsores transversais não eram muito populares devido à pouca confiabilidade do sistema. Atualmente, este tipo de propulsor é muito utilizado em rebocadores, embarcações envolvidas no serviço offshore, navios maiores como contêineres e navios RoRo e são de uso indispensável no sistema de Posicionamento Dinâmico.

#### **2.2- Tipos de propulsores transversais**

##### **BowThruster de Túnel**

Este tipo é o mais utilizado e pode ser encontrado na maioria dos navios RoRo, de passageiros e contêineres. Eles são instalados mais a vante possível, para aumentar o momento em torno do eixo de rotação vertical do navio. Com o seu uso é possível ter controle absoluto da proa no navio e, mesmo que não haja sternthruster, com o próprio propulsor do navio é possível criar um momento e fazer manobras de giro, ou até mesmo atracar e desatracar.



Figura 10- Bow thruster de túnel

## Stern Thruster

Os propulsores transversais de popa não são tão populares quanto os de proa, no entanto podem ser encontrados em navios de passageiros e navios RoRo. Devem ser instalados mais a ré possível, pois quanto maior a distância que ele estiver do bowthruster, maior será o momento criado. No Sistema de Posicionamento Dinâmico são de uso essencial.



Figura 11- Stern Thruster

## Swing Down Thruster -SDT

O Swing Down Thruster é um tipo de bowthruster, porém azimutalretrátil. Sua instalação é mais complicada e o custo pode variar de duas a seis vezes o valor do bowthruster de túnel. A vantagem sobre o bowthruster de túnel é que o SDT por ser azimutal, ou seja, pode atuar em qualquer direção do azimute da embarcação.

Geralmente são instalados na posição mais baixa do casco, sempre a vante. Quando o seu uso não é necessário, na navegação por exemplo, ele fica recolhido no casco. Uma desvantagem é o fato de não poder ser utilizado em águas rasas (portos e águas restritas) devido ao aumento considerável de calado se estiver ativado.

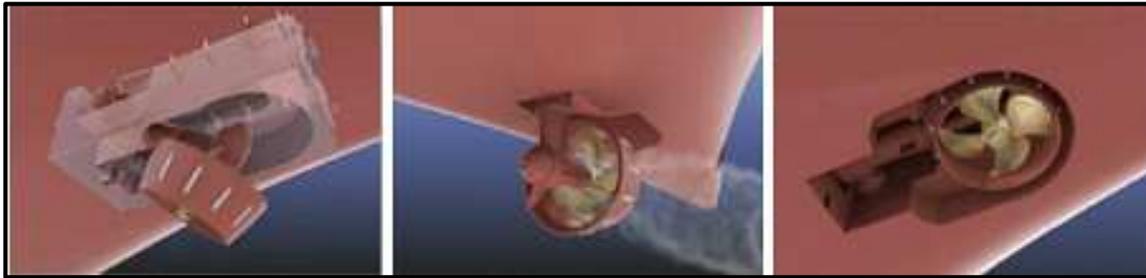


Figura 12- Esquema do Swing Down Thruster

### 2.3- Vantagens e desvantagens

Atualmente, os propulsores transversais são mais populares devido à manobra mais precisa que oferecem. Muitas vezes estes propulsores podem substituir o uso de um ou todos os rebocadores na atracação, desatracação e manobras de giro. Isto gera uma economia pelo fato de não ser necessário a contratação de rebocadores e torna possível a atracação em portos que não possuem serviço de rebocadores.

Além disso, os propulsores laterais garantem o controle preciso do movimento lateral do navio à baixas velocidades sem interferir no avanço, o que é muito útil quando navegando em canais estreitos.

Em contrapartida, há algumas desvantagens dos propulsores laterais a serem mencionadas. A principal delas é que à velocidades mais altas, a partir de 5 nós, a maioria dos propulsores transversais perdem a sua eficiência devido à combinação da força lateral exercida por eles e a força do fluxo de água resultante do movimento longitudinal. Por isso, em manobras de acompanhamento e giro à velocidades mais altas, ou mesmo em caso de corrente pela proa, é mais aconselhável o uso de rebocadores na manobra.

Mesmo com eficácia comprovada, em algumas situações de manobra podem não ser suficiente, fazendo necessário o auxílio de rebocadores. Além disso, necessitam de manutenção contínua para assegurar a sua confiabilidade e em alguns portos com cais de

construção mais antiga, o seu uso é restrito visando não danificá-los devido à força do fluxo d'água.

Deve-se atentar para a profundidade que estão localizados. No caso de estarem muito próximos à superfície, o propulsor lateral estará sujeito à ventilação, o que implica em vibrações no casco e perda de thrust. Vale ressaltar também que os propulsores laterais não tem capacidade de diminuir a velocidade do navio ou segurá-lo contra uma corrente de proa ou de popa.

## CAPÍTULO III

# RECURSOS EMPREGADOS EM REBOCADORES E INOVAÇÕES

### 3.1- TubulãoKort

O Tubo Kort, recebe este nome pois foi criado pelo alemão Ludwig Kort na década de 30. São basicamente tubos fixos ou móveis que envolvem o hélice, de comprimento de cerca de metade do diâmetro do propulsor, que organizam o fluxo de descarga e possibilitam um ganho na tração a vante de até 30%, no entanto reduzem a capacidade de governo, o que cria a necessidade de uso de lemes mais eficientes.

Alguns rebocadores adotam o uso de leme towmaster em conjunto com o TubulãoKort. Este sistema consiste num grupo de lemes instalados a vante e a ré do tubulão e permite uma melhoria no governo e um ganho na potência a ré. No entanto, este sistema é bastante complexo.



Figura 13- TubulãoKort

## 3.2- Recursos de Propulsão

### 3.2.1- Propulsor Azipod ou Azupull

Introduzido nos anos 90, este tipo de propulsor é considerado de concepção revolucionária. Primeiramente foi adaptado em navios grandes, como os de cruzeiro. Contudo, atualmente podem ser encontrados em diversos tipos de navios.

Os Azipods são basicamente propulsores azimutais movidos por um motor elétrico instalado dentro do próprio corpo do propulsor. Além de possuírem alta manobrabilidade, proporcionam melhor distribuição e aproveitamento dos espaços de máquinas e carga por causa da localização de seus motores. Proporcionam também níveis reduzidos de ruído e vibrações, consomem menos combustíveis e tem maior potência se comparados aos propulsores comuns.



Figura 14- Propulsor Azipull

### 3.2.2- Twin Propeller (Hélices gêmeas)

O Twin Propeller é equipado com dois hélices que giram na mesma direção de rotação. O sincronismo ideal dos hélices e do tubo de governo com aletas integradas proporcionam um aumento significativo da eficiência se comparados a unidades com apenas um hélice. É ideal como sistema de propulsão para todas as embarcações de velocidade média com aplicações que usam cargas de hélice mais elevadas. Isto acontece por causa da tecnologia do duplo hélice que distribui a potência em dois hélices reduzindo a carga em cada hélice individual e aumentando desta forma a eficiência.

O princípio de funcionamento é a recuperação das perdas de rotação do hélice frontal, aumentando assim a potência.

Dentre as vantagens estão: alta confiabilidade devido à construção simples e com poucas peças móveis, redução do diâmetro do hélice sem comprometimento da eficiência, baixo consumo de combustível, baixo custo de manutenção, manobrável a 360 graus e menor risco de cavitação devido à menor carga nos hélices.



Figura 15- TwinPropeller

### 3.3- Recursos de Leme

As principais forças que atuam no leme são a força de sustentação (lift) e a força de arrasto (drag). Quando o ângulo de carregamento do leme é muito grande, o leme pode estolar (geralmente em ângulos entre 35 e 45 graus), isto quer dizer que há um descolamento da camada limite, a força de arrasto será menor que a força de sustentação e o leme perderá o seu efeito. Para que isto não aconteça, foram desenvolvidos tipos de lemes que possibilitam ângulos de carregamento maiores sem perder o seu efeito.

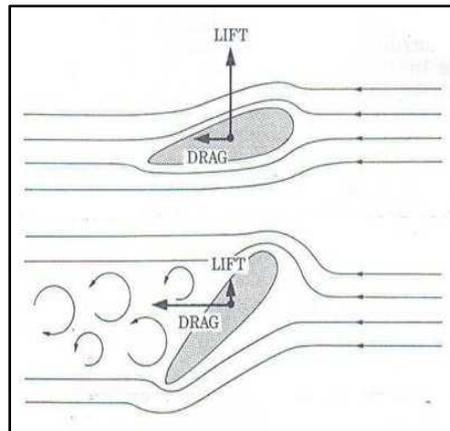


Figura 16- Esquema de forças que atuam no leme

## Lemes Schilling

Este tipo de leme tem o formato conhecido como “rabo de peixe” e possui chapas de formato de asa na extremidade superior e inferior. Estas chapas têm a finalidade de impedir a fuga da água por cima ou por baixo do leme, isto é, a ocorrência de vórtice de ponta de asa no leme, garantindo um fluxo de água organizado e maior eficiência do leme.

Quando atingem ângulos maiores que 70 graus para bombordo ou boreste, os Lemes Schilling funcionam como sternthruster, ou seja, geram força propulsora lateral sem gerar movimentos para vante ou para ré.



Figura 17- Leme Schilling

## Leme com flap

O leme com flap mais conhecido é o Leme Becker. Neste tipo de leme a parte posterior (flap), com área correspondente a 20% ou 30% da área do leme, é móvel. Ao governar o leme, o flap varia seu ângulo de duas a três vezes o ângulo dado na parte principal do leme.

A função do flap é mudar a seção do leme com o ângulo de ataque, de modo a obter melhores características de sustentação, podendo atingir ângulos maiores de leme, sem que ocorra stall. Quanto menor o ângulo do leme, maior o ângulo de ataque do flap.

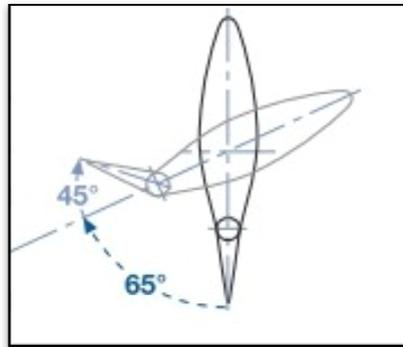


Figura 18- Leme com flap

## Leme Cicloidal

Também conhecido como Voith Cicloidal Rudder (VCR), é similar ao propulsor cicloidal. É constituído de um disco posicionado paralelamente ao fundo do navio e deste disco saem duas lâminas. O conjunto é localizado a ré o propulsor para receber a sua corrente de descarga.

O leme cicloidal pode trabalhar de dois modos distintos: no modo ativo ou passivo. No modo ativo o disco gira em velocidade uniforme, trabalhando como propulsor cicloidal, podendo aumentar ou reduzir o seguimento ou atuar como um sternthruster. No modo passivo, o rotor apenas gira para um bordo ou para o outro, trabalhando como dois lemes convencionais.

O modo passivo é usado apenas com o navio em altas velocidades e o modo ativo é usado com o navio em baixas velocidades, quando o leme começa a perder eficiência.

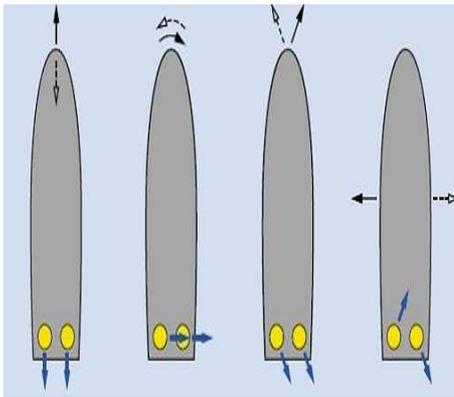


Figura 19- Leme cicloidal no modo ativo

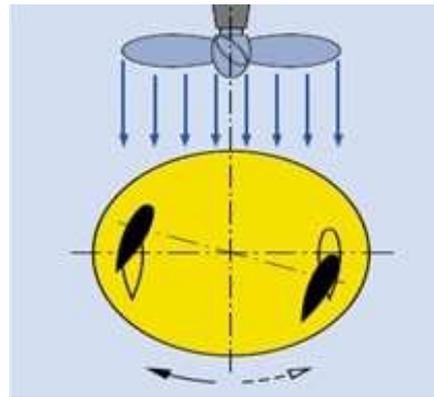


Figura 20- Leme cicloidal no modo passivo

## Leme de flanco

São lemes posicionados a vante do propulsor com a finalidade de direcionar o fluxo de água quando com máquinas a ré, aumentando a capacidade de governo dos rebocadores convencionais tanto de um quanto de dois hélices. São utilizados dois lemes a vante de cada hélice, funcionando de forma independente dos lemes tradicionais posicionados a ré.

## Leme com rotor

É o leme que possui um rotor no bordo de ataque que gira e direciona o fluxo da água, permitindo assim maiores ângulos de leme sem deslocamento da camada limite.

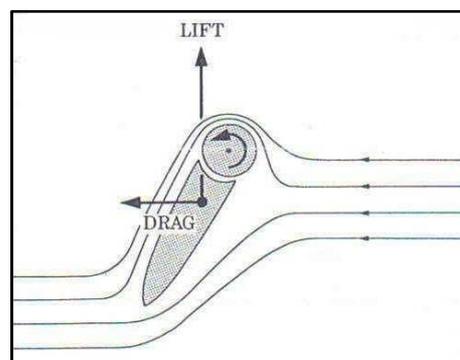


Figura 21- Leme com rotor

### **3.4- Rebocador Híbrido**

O grande diferencial do rebocador híbrido não está no tipo de propulsor mas sim na substituição parcial dos motores convencionais a diesel pela combinação de propulsão direta a diesel e diesel elétrica. As vantagens de um projeto híbrido são a economia de combustível e o nível reduzido de emissões que são alcançados com baixa potência, a modalidade mais utilizada pelos rebocadores portuários.

Um estudo sobre o primeiro rebocador híbrido construído, Carolyn Dorothy de propulsão azimutal a ré, da empresa FossMaritime, apontou que o rebocador emite menos 73% de fuligem, menos 51% de NOx e menos 27% de CO2 que rebocadores convencionais com as mesmas dimensões.

Quanto ao custo, estima-se que o valor de construção de um rebocador híbrido é 40% maior que o custo de um rebocador padrão. Porém, o baixo custo de combustíveis, manutenção de máquinas e vida prolongada do motor tornam a sua construção vantajosa.

O Carolyn Dorothy possui vários modos de operação. O modo standby, que só é possível com o pack opcional de baterias que permite que o rebocador funcione sem os motores a diesel em situações de manobra ou viagem sem carga e à velocidades de até 5 nós. Possui também o modo de navegação livre que é acionado quando as baterias ficam sem carga, permitindo propulsionar a embarcação com os motores elétricos e recarregar as baterias ao mesmo tempo, sendo utilizados em velocidades de até 8 nós. No modo de reboque o gerador auxiliar é usado para manter o sistema elétrico normal do rebocador e o motor a diesel é utilizado. No modo combate a incêndio, o gerador principal é utilizado para manter o abastecimento da bomba de água e o gerador secundário é utilizado para manter o sistema elétrico do rebocador.

### **3.5- Rebocador Rotor**

Este tipo de rebocador é equipado com três propulsores azimutais de potências iguais. Dois propulsores são instalados a vante e o terceiro é colocado a ré, excluindo a necessidade do uso de skeg.

O terceiro propulsor pode substituir com vantagem o skeg quando ele não é necessário, assim, aumenta a manobrabilidade e permite uma navegação lateral de até seis nós.

Apesar de criação recente, este rebocador tem feito muito sucesso devido a sua grande capacidade de manobra e confiabilidade, no entanto, se comparado a um rebocador normal, o seu desempenho é inferior.



Figura 22- Rebocador Rotor

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo foi possível identificar os principais tipos de rebocadores, suas características, vantagens e métodos de assistência. Também foi possível identificar as vantagens dos propulsores transversais, quando eles podem substituir os rebocadores e quando seu uso não é aconselhável na manobra.

Por fim, uma apresentação de recursos que podem ser utilizados não só em rebocadores, como também em navios para aumentar a propulsão e capacidade de manobra, além das tendências futuras de rebocadores: os rotores, que tem mais manobrabilidade e os de propulsão híbrida que tem nível de emissão de gases muito inferior aos rebocadores comuns.

É fundamental que as informações apresentadas neste estudo sejam de conhecimento dos Comandantes e Práticos para que todos os recursos sejam usados com segurança e no momento apropriado, considerando as suas limitações e visando a segurança da manobra.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FRAGOSO, Otávio A.; CAJATY, Marcelo. Rebocadores Portuários. Rio de Janeiro: CONAPRA, 2002.

HENSEN, Capt. Henk. Tug use in Port, a Pratical Guide. 2 ed., Rotterdam: The Nautical Institute, 2003.

MacELREVEY, Daniel H.; MacELVERY, Daniel E. Shiphandling for the Mariner. 4 ed., Centreville: Cornell Maritime Press, 2004.

[www.becker-marine-systems.com](http://www.becker-marine-systems.com)

[www.rolls-royce.com](http://www.rolls-royce.com)

[www.schottel.de](http://www.schottel.de)

[www.voith.com](http://www.voith.com)