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

MANOBRABILIDADE DO NAVIO

Por: IZABELE Christine Neves MARQUES

Orientador

Prof. HENRIQUE VAICBERG

Rio de Janeiro

2013

IZABELE CHRISTINE NEVES MARQUES

Manobrabilidade do Navio: Uma visão hidrodinâmica

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

Orientador:Henrique Vaicberg

Rio de Janeiro
2013

IZABELE CHRISTINE NEVES MARQUES

Manobrabilidade do Navio: Uma visão hidrodinâmica

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

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador (a): Henrique Vaicberg
Professor

_____
Assinatura do Orientador

NOTA FINAL:_____

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma me apoiaram e ajudaram a chegar ao fim deste curso. Aos familiares que sempre me incentivaram em tudo,emespecial minhas três avós:Vanda,Wilma e Cléa.Aos amigos que sempre me deram força.Aos mestres que muito me ensinaram.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe e ao meu tio, que de onde estiverem sei que estarão muito felizes com a minha formatura e com este trabalho.

RESUMO

Este trabalho faz referência à uma visão hidrodinâmica da manobrabilidade do navio,ou seja,utiliza dos conceitos hidrodinâmicos para que possamos entender os métodos de manobras nas diferentes situações, para que possamos aplicá-los aos diversos tipos de navios que encontraremos na nossa vida profissional.

O primeiro capítulo define e caracteriza fisicamente os diferentes tipos de força que afetam o navio durante as manobras,nos proporcionando um suporte teórico para iniciarmos nosso estudo sobre a aplicação oportuna de tais forças.

O segundo capítulo descreves as partes estruturais do navio que serão relevantes à manobra,para que possamos melhor adaptar manobras clássicas de acordo com as estruturas físicas que limitam nosso navio.

O terceiro capítulo enumera e descreve os diferentes tipos de resistência à manobra que depararemos no mar, sendo de fundamental importância tomarmos conhecimento de todas as resistências presentes em cada manobra,para que possamos avaliar a quantidade de potência (lift) necessária para efetuarmos a manobra desejada com segurança e economicamente viável (sem disperdiçarmos energia).

O quarto capítulo nos apresenta os diferentes efeitos causados pelas condições do meio externo ao qual estaremos inseridos,nos possibilitando melhor aproveitar as condições externas a favor de nossa manobra; ou nos policiar para que saibamos selecionar determinados procedimentos adotados durante a manobra.

O quinto capítulo relata sobre uma condição especial de manobra,quando realizada em canais; descreve as possíveis situações e nos encaminha a como proceder, de forma a retirarmos o melhor proveito possível dos recursos do nosso navio e do ambiente geográfico do canal.

O sexto capítulo exemplifica diversas condições de atracação e desatracação; proporcionando uma base impírica de procedimentos a serem efetuados de acordo com as diversas condições de mar,vento e corrente.

ABSTRACT

This paperrefersto a visionof themaneuverability of theshiphydrodynamics, ie, useofhydrodynamicconceptsin order to understandthe methods ofmaneuversindifferentsituations, so we canapply them todifferenttypes of shipsthatmeetinour professional lives.

Thefirst chapterdefines andcharacterizesphysicallydifferenttypes of forcethat affectthe vesselduring maneuversinproviding atheoretical supporttobegin ourstudy on thetimely implementationof suchforces.

Thesecond chapteryou describethestructural partsof the shipthat will be relevantto the maneuver, so we can betteradaptclassicmaneuversaccording tothe physical structuresthat limitour ship.

The thirdsection listsand describesthe different types ofresistancemaneuver thatwill facethe sea, which is paramountwe become awareof allthe resistancespresent ineach maneuver, so that we canassess the amountof power (lift) neededto we madethedesired maneuversafelyand economicallyfeasible(withoutdisperdiçarmosforce).

Thefourth chapterpresentsthe different effectscausedby the conditionsof the external environmentto whichweoperate,enabling us tobetter use theexternal conditionsin favorof ourmaneuver, or thepoliceso that we mayselect certainprocedures adoptedduring the maneuver.

The fifthchapter reportsabout aspecial conditionfor maneuver, when performed inchannels; describes the possiblesituations andhow to proceedforward, soretirarmothe bestpossible use ofresourcesof ourship andthegeographical environmentof the channel.

The sixth chapterexemplifiesvarious conditionsofdocking and undocking, providing a basisimpíricaof procedures to beperformed in accordancewith the varioussea conditions, wind and current.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
I - Forças que afetam o navio.	11
1.1 - Definição e principais tipos.	11
1.2 - Princípios Básicos.	12
II - Partes Estruturais relevantes a manobra.	14
2.1 - Hidrofóils.	14
2.2 - Propulsor.	16
III - Resistência e Poder.	18
3.1 - Resistência ao Atrito.	19
3.2 - Resistência de Onda.	19
3.3- Resistência devido aos Redemoinhos .	21
3.4- Resistência de Apêndice de casco.	21
3.5-Resistência da Corrente.	22
3.6- Resistência do ar e Resistência ao Vento	22
IV-Efeitos.	23
4.1-Efeito da Corrente	23
4.2-Efeito Squat	23
4.3-Efeito Stall	25
4.4-Efeito de águas rasas	26
4.5-Efeito de mar grosso	27
4.6-Efeito do Trim	28
4.7-Regra de Cube	29
4.8-Águas Restritas	32
V-Manobrando em Canais	33
5.1-Efeito do Banco	33
5.2-Maré e Corrente	34
5.3-Ultrapassando outro navio	34
VI-Atracação e Desatracação	35
6.1- Atracando ao Cais por Bombordo(hélixo de passo fixo direito)	35
6.2- Atracando ao Cais por Boreste(hélixo de passo fixo direito)	36
6.3-Atracando com vento forte	37
6.4-Atracando por Bombordo,com forte vento empurrando o navio contra o cais	38
6.5-Atracando por Bombordo(para navios com grande área vélica) -vento empurrando contra o cais	39
6.6-Atracar com o uso da âncora	40
6.7-Atracando o navio por boreste com corrente de proa (hélixe de passo fixo direito)	40
6.8-Ebbswing /Floodparaatracação	41
6.9-Desatracando por bombordo-corrente de proa,sem vento	43
6.10-Desatracando por boreste-sem vento e águas tranquilas	44
6.11-Desatracando por bombordo-sem vento e águas tranquilas	45
6.12-Desatracando por boreste-com corrente de popa	46
6.13-Desatracando por boreste-com corrente de popa	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS	48

Tabela de Figuras	49
GLOSSÁRIO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

INTRODUÇÃO

Historicamente a manobra de navios sempre foi uma tarefa complicada, muitas vezes, mais até do que a própria navegação em si, beirando a arte.

Controlabilidade inclui:dar partida,guiar a um rumo constante,parar,retardadar,apoiar e guinar uma embarcação.

O seu estudo é dividido em 3 áreas:

a)Manter o curso: é a mudança de um curso estável(o foco é a facilidade de se manter o rumo).

b)Manobrabilidade: é a mudança controlada da direção de movimento(o foco é a facilidade com que se consegue alterar o rumo e o raio,e a distância necessária para efetuar essa mudança).

c)Mudança de velocidade:é a mudança controlada de velocidade,zerar e voltar(o foco é a facilidade,rapidez e distância para a mudança).

Os itens a e b são particularmente sensíveis ao trim do navio, essas duas qualidades tendem a trabalhar uma contra a outra.

Sao 3 tarefas envolvidas para se produzir um navio com boa controlabilidade:

a) Estabelecimento de especificações e critérios para as 3 áreas acima

b) Desenho do casco,apêndices,máquinas de governo

c) Condição de julgamento em larga escala para medir a performance

A controlabilidade é influenciada pelas forças de movimento hidrodinâmicas e interações agindo no casco,leme e apêndices.Ela também é influenciada pela resposta de outros fatores eletrônicos,mecânicos,ambientais e principalmente humanos.

CAPÍTULO I

Forças que afetam o navio

Há seis fontes principais de força que podem afetar qualquer navio,independente do tipo:

- Hélices
- Lemes
- Cabos de amarração
- Aparelho de fundeio
- Ventos
- Correntes (incluindo correntes de maré)

As quatro primeiras forças serão controláveis pelo próprio navio e as duas últimas (ventos e corrente) serão incontroláveis e poderão nos auxiliar se manobrarmos apropriadamente. O movimento resultante da aplicação de uma força somente ocorre após a inércia tenha sido provocada.Um corpo como um navio terá uma massa tão grande e conseqüentemente uma inércia tão grande para resistir a uma aceleração linear, mas também terá um momento de inércia muito grande para resistir a uma aceleração rotacional.

Quando aplicamos uma força a um navio em repouso teremos uma aceleração ate que a resistência do fluido produzida pelo movimento equilibre a força original. Isto também será aplicado ao movimento angular produzido por uma força descentralizada tanto quanto por uma força aplicada sobre o centro de gravidade. Então, quando aplicamos qualquer forca a um navio, encontraremos um movimento que cresce até que o estado de equilíbrio seja alcançado, tempo este em que a velocidade do movimento tornar-se-á constante.

1.1-Definição e principais tipos

a)Forças Hidrodinâmicas: agindo no casco e apêndices devido a velocidade e aceleração do navio,deflexão do leme e rotação do propulsor.Elas caem em 2 categorias básicas:

-as que surgem da velocidade do casco na água

-as que surgem da aceleração do casco na água

b)Forças de Reação Inercial: causada pela aceleração do navio devido a todas as outras forças

c)Forças Ambientais:causadas por vento,corrente e ondas.A corrente geralmente é incorporada as forças hidrodinâmicas(considerando-se a velocidade relativa entre o casco e a água).O vento e as ondas são tratados como forças externas.Como a velocidade do vento não é fixa,suas forças e momentos serão depedentes do tempo.Essas forças são proporcionais à área acima da água e ao quadrado da velocidade relativa do vento,e também variam com o ângulo de incidência.

d)Forças Externas:rebocadores ou propulsores são eficazes a baixas velocidades.Essas forças são praticamente externas ao campo hidrodinâmico da manobra e são tratadas como adições independentes.

As 2 primeiras agem no plano horizontal e envolvem apenas respostas de avanço e recuo,cabeceio,caimento.

O efeito do leme num giro é indireto,movê- lo gera um momento que faz o navio mudar de aproamento.Isso gera forças hidrodinâmicas no casco que depois de um tempo fazem o centro de gravidade se mover lateralmente.Esse movimento lateral sofre oposição das reações inerciais.

1.2-Princípios Básicos

As forcas na água manifestam-se pelos diferenciais de pressão. A água, como sabemos, é imcompresivel, mas se aplicarmos a ela uma força, poderá surgir uma alta pressão naquela área onde a força foi aplicada se compararmos a baixa pressão das áreas adjacentes e essa diferença de pressão causara à água um fluxo partindo da área de alta pressão (ponto de aplicação da forca) para a de baixa pressão (área adjacente).

Quando uma lâmina corta a água, a força resultante é definida com o movimento, e a pressão estática é reduzida pelo valor da pressão dinâmica, definindo as partículas de água em movimento, que produz os efeitos hidrodinâmicos, e sabendo que a magnitude da pressão dinâmica vai proporcionar a diferença de pressão que se espera.

Quanto maior for a área da lâmina imersa(hélice),maior será a área a qual a pressão irá agir.Quanto maior é a força aplicada à lâmina,maior é a diferença de pressão.A diferença média de pressão entre os dois lados,multiplicado pela área da pá imersa é a medida de força queexercemos sobre a água.Uma vez que a inércia da água resiste à força a ser aplicada pela

lâmina,esta resistência de trabalho através da lâmina aplicauma força para o navio em sentido oposto.Assim,vemos que a força, a resistência e o movimento estão irremediavelmente interligados quando se trata de um meio fluido.Todas as forças na água se manifestam como diferenças de pressão.Se formos aplicar força em um objeto de veiculação hídrica,tais como o nosso navio,nós podemos fazê-lo apenas através da criação de uma diferença de pressão através de uma parte da estrutura do navio.Em qualquer grande massa de água existem sempre duas componentes de pressão presentes em qualquer ponto:uma é a pressão estática devido a profundidade,ou ao peso da água acima do ponto;a outra é a pressão dinâmica provocada pelo movimento do fluido adjecente.No mar,a pressão estática não causa movimento porque é a mesma em toda parte,em qualquer nível de profundidade, e portanto equilibra, sendo qual for o interesse.

A magnitude dapressãodinâmica édada pela expressão:$P=pV^2/2g$(a diferença resultantede pressãocausada pelo movimentoda água é, por conseguinte, proporcional à densidadedofluidoeaoquadrado da velocidadede movimento.

As forças dinâmicasno navio,resultante dofluxo de águaque passa pelo casco eapêndicesémuito maiordo que as causadaspelo fluxo dear, porquea água salgadaé855vezes maisdensaque o ar.

Devidoa continuidadedas águas, tende a existir comoum corpo contínuo, semlacunasou buracosexcetose causadopor forçasextraordinárias.Se ovolume de águaé deslocadopara fora pelo movimento daspás do hélice, num dado instanteque adiferença de pressãoserá insuficiente paraaceleração da água no preenchimento do espaço deixado criando uma brecha na parte de ré das pás do hélice. Esta brecha é chamada de separação.

Um fenômeno que ocorre em conjunto com a separação será formado quando o fluxo adquire uma velocidade tão alta provocando uma queda de pressão tão alta que o fluxo alcança o ponto de vaporização. Nesse momento a vaporização que ocorre na área acima descrita e como uma ebulição e a esse fenômeno chamamos de cavitação.

Separação e cavitação são de extremo interesse para um piloto, porque quando esses fenômenos ocorrem eles atrapalham o padrão de fluxo e modificam as forças resultantes. Esses dois fenômenos geralmente surgem em torno de bruscas mudanças do formato do corpo à alta velocidade e em torno das pás do hélice à alta rotação.

CAPÍTULO II

Partes Estruturais relevantes à manobra

2.1 – Hidrofoils

Hidrofoil é uma superfície hidrodinâmica relativamente fina, tal qual uma pá de hélice ou leme, desenhados de maneira a obter-se uma força de sustentação quando inclinada em relação ao fluxo d'agua.

Sustentação: será a componente de reação da força num hidrofoil que fica numa direção perpendicular ao fluxo livre d'agua relativo.

Arrasto: será a componente de reação da força num hidrofoil que fica numa direção paralela ao fluxo livre d'agua relativo.

Uma placa lisa colocada em ângulo num fluxo d'agua atua como se fosse um hidrofoil e causa à água um movimento para fora do caminho padrão no lado do ataque e acelera o movimento atrás do bordo de fuga. Isto cria uma alta pressão no bordo de ataque e uma baixa pressão no bordo de fuga. Este diferencial de pressão que ocorre exercerá uma sustentação na pá. Num fluxo tranqüilo esta força será proporcional ao ângulo de inclinação do hidrofoil, à pressão dinâmica e à área da pá.

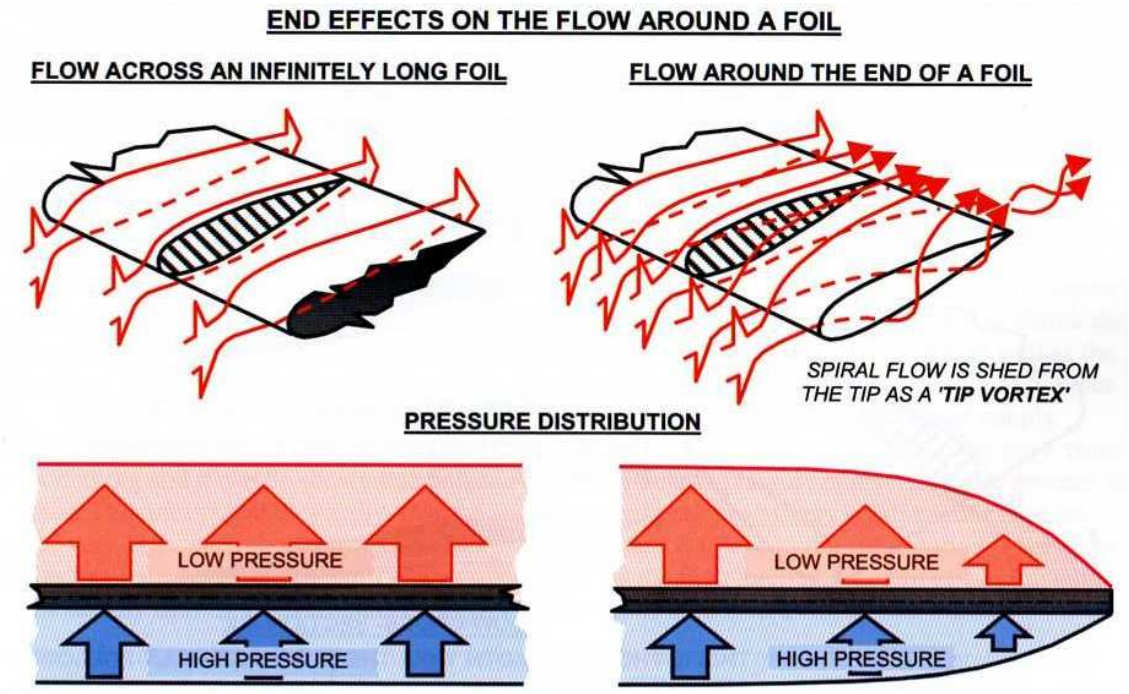

Figura1

O leme também é considerado como um hidrofoil nesse estudo, desenhado para produzir forças laterais utilizadas no controle de um navio. A força do leme atua através do cadaste (rudder stock), empurrando a popa para os bordos conforme sua inclinação em relação ao fluxo da água ora passando por ele. A quantidade de força resultante será proporcional a área do leme, a pressão dinâmica e ao ângulo de ataque.

O casco por si só é considerado um hidrofoil, que quando inclinado em relação ao fluxod'agua que passa através dele sente ambos força lateral e momento de giro tendendo a forçá-lo a retornar para a posição alinhada ao fluxo d'agua. Num giro com ângulo de leme fixo, uma razão de guinada constante será alcançada quando o momento resultante da inclinação do casco em relação ao fluxo será igual ao momento de giro produzido pelo leme. O ângulo de ataque atual do leme é igual ao ângulo de leme em relação ao navio menos o ângulo de inclinação do navio em relação a direção verdadeira do movimento.

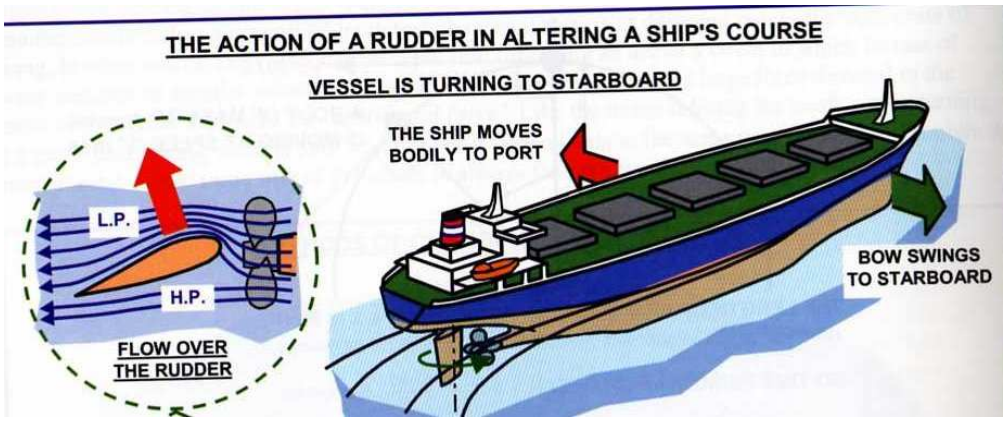

Figura2

O que devemos sempre lembrar a respeito de qualquer hidrofoil é que a força resultante será proporcional ao quadrado da velocidade da água passando por ele e isto poderá ser muito diferente da velocidade do navio na superfície.

2.2 – Propulsor

Será uma das mais importantes fontes de força num navio e um piloto deverá conhecer a ação da mesma para ser capaz de prever suas ações em qualquer navio em que esteja trabalhando.
O importante será desenhar um hélice capaz de produzir o maximo de impulsão ao longo da sua linha de eixo partindo-se de uma dada força rotacional ou torque aplicado ao próprio eixo.
Sabemos que o torque vem a ser uma força causada pela revolução de um hélice e que dará uma tendência a girar um corpo em sentido oposto ao sentido de giro do próprio hélice.
Um hélice de passo fixo é desenhado para obtermos ótima performance em uma velocidade do navio em particular, geralmente a velocidade máxima mas que depende também de que opere eficientemente em todas as velocidades normais.
A velocidade atual do navio na superfície é menor que a velocidade ideal (passo x rpm) devido à pádo helice ser inclinada em relação à direção de fluxo d'agua relativo à pá com o intuito da própria água exercer força na pá e movimentar o navio.
A seção transversal de uma pá será desenhada de forma a promover uma maior sustentação e requerido esforço mas ao mesmo tempo reduzir ao mínimo os efeitos de separação e cavitação.
Com um hélice bem desenhado a velocidade varia quase linearmente com a rotação do eixo. Esta relação é verdadeira, até uma velocidade de separação, onde é atingida e cavitação.
A água exerce uma força ao propulsor por diferencial de pressão nas faces opostas de suas pás. No entanto essa força deverá ser perpendicular à media da face da pá. Como as pás são inclinadas a força também será inclinada em relação ao eixo do hélice ao invés de ser inclinada em relação ao seu próprio eixo.
As pás dos hélices são dispostas simetricamente,como existe mais de uma pá e todas as componentes radiais se anulam e a impulsão restante será ao longo do eixo do hélice.
Por isso necessitamos de um alinhamento perfeito das pás em relação ao bosso para que alcancemos o equilíbrio necessário das forças radiais provocadas pelo seu giro.
Apesar de hélice e eixo serem bem suportados para superar as grandes forças provocadas ao longo do centro da linha de eixo, o comprimento da parte externa do mesmo e um número pequeno de pés de galinha formam uma estrutura pobremente designada para superar grandes forças radiais no propulsor. Um simples amassinho ou empeno numa só pá já será o bastante

para causar desequilíbrio de forcas radiais significativamente, ate mesmo se a impulsão utilizável do propulsor não for siginificantemente afetada. Isto devido ao desconforto das forças radiais que um hélice avariado causa muita vibração.

Um propulsor será desenhado de maneira a promover uma determinada velocidade adiante, mas que trabalha quase igual também a ré. O passo do hélice será o mesmo tanto para vante como para ré, sendo que a seção transversal agora é invertida para aquela melhor posição adaptada para se previnir de cavitação e turbulência. Quando operamos a ré um dado hélice será menos eficiente que quando indo adiante. Isto significará que uma maior potência será necessária para uma dada rotação do eixo a ré do que para a mesma rotação a vante, mas aproximadamente a mesma impulsão resultará de uma dada rotação se girarmos tanto adiante ou a ré.

Como a força da pá se origina de uma diferença de pressão entre as faces da pá , entao essa força deve ser perpendicular à face principal da pá.Como a pá é inclinada em relação ao fluxo,essa resultante também é inclinada ,e decompõe-se em :

1)uma tração

2)uma força radial(torque positivo)

Como as pás são distribuídas simetricamente,as componentes radiais se cancelam. A quantidade de pertubaçao de um fluxo paralelo em um propulsor,varia com a difença de velocidade entre o fluxo médio através de um propulsor e a corrente média na água circundante.Assim,um distúrbio grande ocorrerá se um navio estiver parado e o hélice girando rápido,um distúrbio mínimo ocorrerá se o hélice estiver fazendo o mínimo de esforço.

CAPÍTULO III

RESISTÊNCIAE POTÊNCIA

Enquanto discutindo as forças que afetam o navio, devemos também examinar a potência requerida para movimentar o navio no mar. Ainda que plantas de potência relativamente frágeis são suficientes para movimentar grandes embarcações a velocidades moderadas, ainda grandes quantidades de potência são necessárias para movimentar pequenos navios a 30 nós ou mais. Parece que uma barreira de resistência que subitamente aparece assim que um navio alcança a alta velocidade.

Um destroyer com 60000 SHP poderá desenvolver uma velocidade em torno de 35 nós, já um cruzador tendo um deslocamento de até seis vezes o deslocamento de um destroyer poderá realizar a mesma velocidade com somente o dobro da potência.

O navio de guerra, cruzador ou destroyer tem 3.7, 6.5 e 19 hp por tonelada, respectivamente, e mesmo assim todos têm em torno das mesmas velocidades quando no mar. Apesar de quanto maior o hp por toneladas aumentar a habilidade de acelerar mais rapidamente a baixas velocidades, não parece dar uma velocidade máxima mais alta significativamente. Os cascos de todos os navios ligeiros são muito similares no formato; há um fator que dependera simplesmente do tamanho? Por que obtemos melhores resultados com navios maiores?

Para começar, toda resistência do fluido resulta do movimento e aumenta como a potência da velocidade do movimento. Não há atrito estático no mar. Se aplicarmos uma força, não importa o tempo, no navio, o mesmo mover-se-a e continuará a acelerar até que uma resistência de equilíbrio seja criada pelo movimento do navio.

A resistência encontrada pelo navio também depende do formato do casco. Na resistência do fluido, será uma característica do corpo imerso que determina a magnitude das forças de retardo. Por essa razão será muito vantajoso que a porção mergulhada do casco tenha um formato suave com linhas finas.

Atualmente se um corpo perfeitamente desenhado, de formas finas move-se através da água, nenhuma potência será requerida para deslocar o navio no meio aquoso. Num caso ideal, as pressões na metade de vante do corpo são exatmente compensadas pelas pressões da metade de ré desse mesmo corpo e não haverá diferencial de pressão para o retrocesso do navio em seu movimento. Devemos procurar mais do que o simples deslocamento da água para encontrarmos as fontes de resistência que requerem o gasto eventual de potência de

nosso navio. Obviamente, muitas dessas fontes de resistência ao movimento do nosso navio não são prontamente visíveis.

3.1– Resistência ao Atrito

Quando um navio se movimenta as partículas d'agua imediatamente em contato com a superfície do casco se movimentam com ele ao longo do seu comprimento, as partículas adjacentes àquelas são arrastadas ao longo do casco numa pequena faixa. Estas partículas formam um envelope de água em torno do casco,sendomais ou menos carregado ao longo do casco com o navio. A espessura da bondarylayer (camada limite) que sendo arrastada com o navio varia a patir de poucas moléculas em espessura na proa ate vários pés próximo da popa. A energia deverá ser gasta para imprimir esse movimento na boundarylayer e a resistência resultante tornar-se-á conhecida como resistência friccional.

Froude achou que para superfícies rugosas o índice ''n'' era 2.00 , mas que para superfícies rígidas deveria ser tão mais baixo que 1.83 , então estabeleceu-se a constante friccional de froude dando um índice ''n'' de 1.825 para todos os tamanhos de navios. Desde então é usual utilizarmos a seguinte formula para a resistência friccional:

(Rf) = fSV1.83onde:

f=coeficiente de atrito, S =total desuperfíciemolhada, V = velocidadedo navio

Ésuficiente para onavegador, contudo, lembrar que aresistência ao atritoé proporcional aototal da superfíciemolhadae, aproximadamente, ao quadrado da velocidade.

3.2-Resistência de Ondas

Quando um navio se movimenta na superfície da água cria ondas. É evidente que esssas ondas tem energia (como podemos observar quando as ondas encontram uma obstrução) então o navio deverá ter fornecido essa energia. A quantidade de energia dada às ondas é determinada se a energia das ondas puderem ser medidas. Se pudermos avaliar a energia que se desprende do casco na forma de ondas, podemos avaliar a potencia propulsiva utilizada para criá-las.

A energia numa onda sozinha foi encontrada ser proporcional à largura da onda (seu comprimento maior) e ao quadrado da altura da onda. A potência (energia despendida na unidade de tempo) requerida para criar um trem de ondas é igual a energia por onda multiplicada pela razão na qual as ondas estiverem sendo criadas.

As principais ondas que constroem o sistema de ondas criado pelo navio são criadas na proa e popa. Serão então como se fossem dois geradores de ondas que viajam um em seguida de outro, separados por um comprimento do navio. Esses dois sistemas de ondas interagem entre si e essa interação poderá aumentar ou diminuir a magnitude das ondas resultantes.

As ondas criadas na popa tendem a aumentar ou cancelar as ondas criadas na proa. Se uma das cristas do sistema de ondas de proa coincide com a primenra crista do sistema de ondas de popa, um aumento ocorre, e a esteira resultante tornar-se-a mais alto e a resistência de ondas será aumentada. A primeira crista do sistema de ondas de proa cairá no primeiro cavado do sistema de ondas de popa e um cancelamento ocorrerá e as ondas resultantes da esteira serão menores, e a resistência devido as ondas diminuirá. As ondas que são afetadas por esse processo de aumento ou diminuição serão as ondas transversais, as cristas as quais são perpendiculares ao rumo do navio e que viajam inicialmente com a mesma velocidade do navio.

Então se a velocidade das ondas transversais permanecer constante e a velocidade do navio dobrar, então o comprimento entre elas quadruplicará.

Observando as ondas que perfazem a esteira do navio notamos que o sistema de ondas na proa inicia com crista no través do bico de proa. De outra forma, o sistema de ondas de popa inicia com cavado nas proximidades do propulsor seguido de crista um pouco no través da popa. Considerando as localizações das primeiras cristas consideramos que os dois pontos iniciais são separados aproximadamente por um comprimento de navio. Se conseguimos um aumento ou cancelamento da interação dos dois sistemas isto dependerá da razão do comprimento entre cristas e o comprimento do navio ou l/L. Se o comprimento da esteira de ondas na proa for igual ao comprimento do navio ou apenas uma fração desse comprimento experenciamos um aumento e conseqüente aumento na resistência.

Atualmente, o comprimento da formação de ondas (distância entre a primeira crista do sistema de ondas de proa e a primeira crista do sistema de ondas de popa) não será exatamente igual ao comprimento do navio, então as regiões de máxima resistência devido à formação de ondas não caem exatamente onde a razão for igual a 1.0 ou múltiplo deste. O comprimento da formação de ondas é geralmente um pouco maior do que o comprimento do navio e variará com o formato do casco. No entanto, a diferença não é grande e a razão velocidade comprimento será uma chave utilizável para estudar a resistência encontrada pelo navio.

A quantidade de potência consumida ao criar ondas não é facilmente expressa. Devido aos aumentos e cancelamentos mencionados acima qualquer fórmula que expresse um leve

aumento na resistência com o aumento da velocidade está longe de uma correta representação da situação.

3.3-Resistência devido aos Redemoinhos

Com a passagem da água na superfície molhada do casco se houver mudanças abruptas na superfície do casco, separação e turbulência poderão ocorrer. Quando o fluxo da água quebra para fora da superfície do casco tal como o limite posterior do quadrado do cadaste, uma área de redemoinhos confusos ocorre. Esta área é a ré da estrutura do navio e será caracterizada pela baixa pressão então achada nas águas dessa vizinhança; no entasnto uma força de arrasto será exercida no navio como sendo o resultado daqueles redemoinhos. Então um navio bem desenhado terá pouco dessas áreas e a resistência de redemoinhos causada por limites obtusos e projeções deverá ser considerada.

A resistência de redemoinhos (nesta categoria incluímos resistência causada por separação e turbulência em torno das extremidades e aberturas no casco) varia com a área frontal da superfície causando a perturbação e o quadrado da velocidade de fluxo da água. Então até mesmo as pequenas causas de redemoinhos podem tornar-se importantes a altas velocidades.

3.4-Resistência dos Apêndices

A discussão prévia considera um casco simples de um navio sem apêndices tais como eixos, estruturas, lemes e bolinas. Tais projeções contribuem para a resistência do navio quando se movimenta no mar e dependendo da natureza e desenho dos apêndices quaisquer fontes prévias de resistência podem ser aplicadas.

Em geral os apêndices de um casco bem desenhado serão bem abaixo da superfície da água contribuindo um pouco para a resistência de ondas do navio. São geralmente bem alinhados para minimizar os efeitos da resistência de redemoinhos então nossa principal fonte de resistência sendo a resistência de atrito. Então podemos considerar que a resistência dos apêndices é proporcional ao quadrado da velocidade do fluxo que passa.

3.5-Resistência da Corrente

A resistênciaao fluxo deáguaé semelhante aodo vento, masa forçaresultante é muitomaior do que umadada velocidadeporque adensidade do meioé muito maior.

Esta resistência(corrente) é proporcional aoquadrado da velocidadeda corrente eaárea da secção transversalapresentadaao fluxo, eé inversamentedependente daracionalização docorpo com respeitoà direcçãodo fluxo(a resistência à frente émuito menos do que a de través).

3.6-Resistência do ar e resistência ao vento

A determinação da resistência do ar ou do vento de um navio com uma superestrutura complexa é muito difícil de se esperar. Então certos dados estão disponíveis na resistência de placas lisas em varias inclinações, será quase que impossível avaliar o efeito das superfícies que interagem nas superfícies das superestruturas navios pequenos. Conseqüentemente não existe fórmula que se aplica a esta fonte de resistência.

Experimentos com vários navios mostram no entanto que a resistência do ar varia na faixa de 1.2 a 3% da resistência total do navio à velocidade máxima. Isto leva a conclusão de que a resistência do ar é somente um fator menor se comparado com a resistência da água no navio e poderá ser desprezada na maioria das considerações.

Então simplesmente a resitência do ar (a resistência ao movimento do navio através do ar) poderá ser desprezada, resistência do vento não poderá ser deixada de ser vista. Um navio viajando a 10 nós num vento de 20 nós (sentindo 30 nós de vento relativo) pode gastar mais ou 20% da potência para superação da resistências. Um outro fator a ser considerado é que a resistência máxima ao movimento adiante pode ocorrer quando o vento relativo estiver numa proa ao invés de bem na popa. Então a direção do vento poderá ter um efeito na determinação da resistência. Um último fator ao considerar o vento é que um se estiver com uma componente perpendicular as obras mortas geralmente necessita utilizar leme para segurar o navio em seu curso e até mesmo um pequeno ângulo de leme aumenta o arrasto do navio apreciavelmente.

CAPÍTULO IV

Efeitos

4.1-Efeito da Corrente

A corrente afeta a manobra de uma forma diferente que o vento,o seu efeito é normamente tratado por meio da velocidade relativa do navio e da água.

A velocidade da corrente local de superfície em mar aberto é geralmente modesta e aproximadamente constante no plano horizontal.Tais correntes nao impõem problema para manobra em mar aberto.

Mas as correntes se tornam importantes em águas restritas,onde a velocidade do navio é baixa e as correntes são uniformes.Elas são mais propensas a afetarem a controlabilidade para um navio que viaja rio abaixo em um rio ou canal,principalmente em curvas,onde a tendência é haver grandes gradientes espaciais de velocidade de corrente. A segurança da navegação às vezes demanda baixas velocidades de fundo, de forma que a velocidade na água resultante pode ser muito pequena para desenvolver uma força adequada no leme e no casco.

4.2- Efeito Squat

Definições:

Coeficiente de Bloco:área máxima da secçao transversal/caladoxboca máxima submersa nessa seçao.

Sinkage:é o crescimento de calado,ou seja,é o aumento do calado médio devido aos efeitos de se mover num canal restrito.É ocasionado pelo deslocamento da água sob o casco.

Trim Dinâmico:é a rotação no eixo transversal devido a mudança de pressão,e a consequente mudança de calado ao longo do comprimento do navio(se a maior mudança do trim acontece na proa ou na popa ,depende da forma do casco).

Squat:é a combinação do sinkage e trim.A maior mudança e a localização dessa mudança ao longo do casco dependem da máxima mudança de trim.

O Squat ocorre quando um navio se move num canal restrito.A água deslocada pelo movimento do navio flui ao redor do casco.Quanto maior a velocidade,maior será a velocidade desse escoamento sob e ao longo do casco,e maio será a redução de pressão(Bernoulli).Dependendo de onde ocorra a maior redução de pressão,o calado aumentará mais na proa ou na popa,embora ocorra um aumento de calado em todo o navio.

Em águas rasas,o escoamento fica mais restrito.E,se além de raso o canal for estreito,a restrição fica ainda maior.O efeito dessa restrição depende de várias variáveis:

1)velocidade na água

2)calado/profundidade

3)Coeficiente de bloco

4)Razão entre as áreas de secção transversal do navio e do canal

5)Deslocamento(este determinaa quantidade de água que vai ter que escoar)

6)A taxa e o período de aceleração à medida que o navio aumenta a velocidade

OBS:Um parâmetro muito importante (e que pode ser controlado) é a velocidade,pois o squat varia com o quadrado da velocidade.

Quanto maior a razão entre as áreas da secção transversal do navio e do canal ,maior será a velocidade do escoamento ,e maior será a redução da pressão.

Além de influenciar o squat,oblockage e a velocidade também influenciam as características da manobra do navio:

Como em águas confinadas o navio trabalha como um pistão num cilindro,fica claro que as de blockage aumentam ,mais difícil é impulsionar o navio para vante (a velocidade cai muito para uma rotação constante).Portanto,existe um limite prático paraa velocidade que o navio pode navegar num canal,limite este é alcançado quando a água flui com uma velocidade relativamente alta,de forma que o navio:

1)fica difícil de governar

2)sofre fortes vibrações pelo casco

3)As ondas ficam curtas,quebram e se movem para fora com maior ângulo quando o ponto de máximo escoamento ao redor do casco é atingido

A profundidade também afeta o giro e o curso.

O Squat ocorrerá pela proa ou pela popa?

Depende de onde ocorre a maior queda de pressão ao longo do casco.É impossível prever com precisão ,mas a regra de ouro diz:
A)Navios de coeficiente de bloco > 0.75 tendem a squat pela proa (muitos grandes navios como navios tanques e graneleiros com grandes secções de proa) e ;
B)Navios com coeficiente de bloco < 0.70 tendem a ter trim pela popa(navios de formas mais finas,comocontêiners).
Aquela curva de área transversal submersa pode ser útil para dizer isso.Se o pico da curva for mais a vante,o navio deverá trimar pela proa.Navios que possuem secções de proa variando de plenitude deveriam ser testados para que pudesse ser estabelecido algum critério que disesse o quanto para a frente este pico poderia ser posicionado antes que o navio trimasse pela proa.
É imperático considerar o squat pelo carregamento e reduzir sua velocidade.

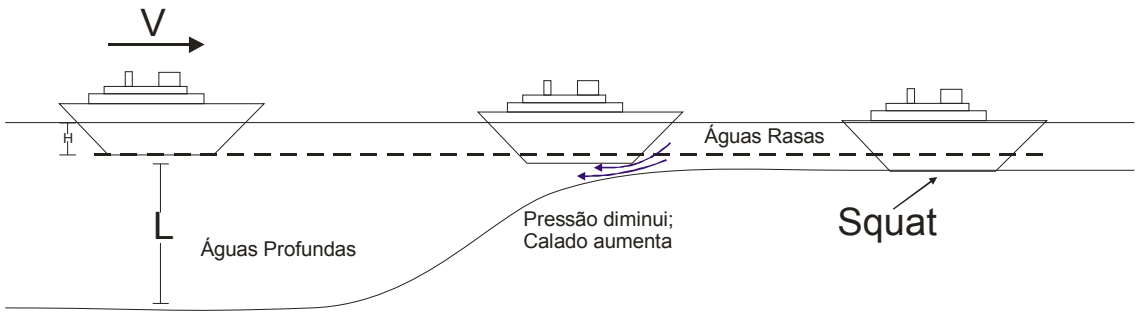

Figura 3

Quando o navioaumenta a velocidadeeleafundacorporalna água e, em seguida, com a velocidadecrítica(relaçãode comprimentovelocidadesobre1,2)a proacomeça a subire a popacomeça a afundarcomoo agachamentonavio. Quando o navio afundaaumentar a resistênciaabruptamente.

4.3-Efeito Stall

É um termo utilizado em aerodinâmica que indica a separação do fluxo de ar do extradorso da asa, resultando em perda total de sustentação. Quando submetido a grandes ângulos de ataque, o fluido é forçado a ir de uma região de baixíssima pressão (pico de sucção) para uma região de alta pressão (bordo de fuga). Sendo este movimento antinatural, é dado o nome de gradiente adverso de pressão. Como a única coisa que mantém o fluido indo em direção ao gradiente adverso é sua quantidade de movimento, chegará uma hora em que não existe quantidade de movimento suficiente para que o fluido continue indo nesta direção antinatural.

Neste momento as partículas se descolam do aerofólio, ficando o resto do trajeto sujeito a vórtices e uma região de baixa pressão constante. O ângulo de ataque que induz esse descolamento é o ângulo de estol. Devido à bolsa de baixa pressão no extra-dorso do perfil, aparece uma grande força de arrasto e de momento. A geração de sustentação é comprometida também, apesar de existente.

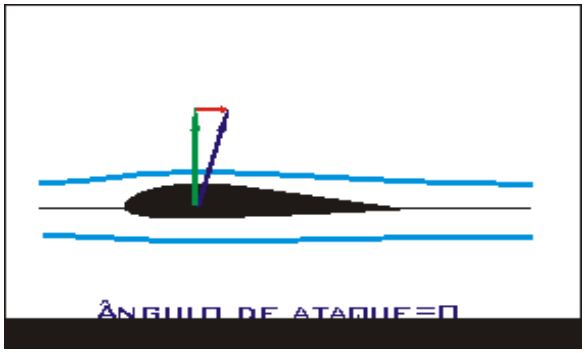

Figura 4

Todo perfil apresenta um ângulo de ataque máximo, quando ocorre o STALL, ou seja, a sustentação cai drasticamente e o arrasto aumenta.

4.4-Efeito de águas rasas

Águas rasas com relação a manobrabilidade,é definido como águas onde a profundidade seja menor ou igual a 3 vezes o calado.Os efeitos de águas rasas perdem importância gradualmente,a medida que a profundidade aumenta.

Assim que o navio alcança águas rasas a característica das ondas se modificam. Uma onda criada a certa velocidade em águas rasas tem comprimento mais longo do que o comprimento de ondas criadas em águas profundas com o navio na mesma velocidade. Conseqüentemente um aumento e severo squat ocorre a velocidades mais baixas do que em águas profundas. Então, em águas rasas, a resistência do navio surgira mais rapidamente com o aumento da velocidade.

Devido à severidade do aumento que ocorre a velocidades mais baixas em águas rasas, será possível para certos navios de alta velocidade para alcançar velocidades máximas mais altas em águas rasas do que em águas profundas. Isso será possível devido à estarem operando o pique da curva de resistência de ondas e como toda curva muda para a esquerda resultando de comprimentos de onda maiores em águas rasas a resistência de ondas na velocidade em que estejam viajando atualmente diminuem.

ÁguasProfundas	Águas Rasas
Estabilidade directional é uma função do formato do casco e do trim	Estabilidade directional se torna mais positive(governo melhora)
Taxa de giro depende das características do casco e da estabilidade directional do navio	Taxa de giro é essencialmente a mesma que em águas profundas

Diametro da curva de giro é aproximadamente 3 vezes o comprimento do navio	Diametro da curva de giro aumenta duas vezes mais que a profundidade (UKC<1,2)
Perda significante na velocidade quando o navio realiza grande mudança de curso	Velocidade cai com grandes mudanças do curso ,mas em monor escala que em águas profundas.
Perda de aproamento em águas calams,com máquinas paradas,fator de deslocamento,trim e formato do casco	Perda de aproamento em águas calmas,com máquinas paradas,mas menos do que em águas profundas.
Proa guina para boreste quando o navio dá máquinas atrás	Proa mantem sua direção,mas a taxa de giro é melhor,a medida que a profundidade aumenta

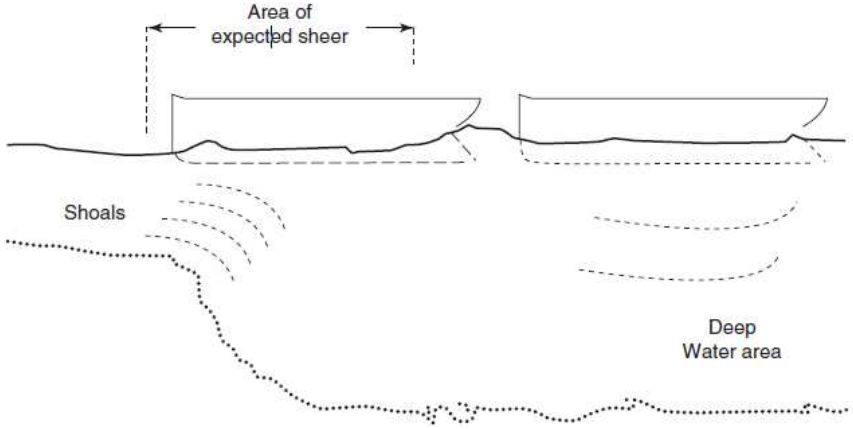

Figura 5

4.5-Efeito de Mar Grosso

Adicionando à fonte geral de resistência que o navio encontra em águas tranqüilas, haverá uma resistência adicional se a superfície da água não estiver tranqüila. Assim que o navio mar de proa, seu trim mudara constanemente e o navio se choca de encontro ao mar. Quando balança devido as ondas o formato da porção submersa do casco também fica mudando constantemente. Estes efeitos causam um aumento de resistência ao movimento do navio adiante.

O caturro será a forma de diminuição de velocidade mais severa. Aumenta todas as fontes de força normais de resistência e causa perdas de eficiência propulsiva assim que o hélice alcança a superfície da água.

Balanço então causa aumento de resistência, em detrimeno muito menor que possamos pensar. É difícil determinar experimentalmente o aumento na resistência causada por somente o balanço mas outros experimentos indicam que inclinações acima de 20º causam um

aumento de resistência pequeno em porcentagem. Mar grosso no entanto, tem um efeito marcante na resistência do navio e potencia requerida para movimenta-lo.

4.6-Efeito do Trim

Efeitos gerais do trim na estabilidade:

A)Navio trimado pela popa:Fica mais estável direcionalmente,o seu diâmetro tático aumenta um pouco ,o que nao tem importância prática enquanto o drag(= trim pela popa) se mantiver dentro de limites práticos.Contudo,esse diâmetro aumenta significativamente se a proa sair da água.

B)Um navio geralmente governa melhor quando com maior trim pela popa(assumindo que nao tenha um vento excessivo pela proa)

C)Navios em águas parelhas: A estabilidade depende da forma do casco.Navios de coeficiente de bloco grande governam pobremente e tendem a ser instáveis,o que é amplificado se com trim pela proa aoentrar em águas rasas.As formas de casco mais afiladas podem ser estáveis ou neutras.O comportamento de um navio de coeficiente de bloco moderado só pode ser determinado por viagens, pois ainda não há dados suficientes que permitam fazer uma predição precisa.

D)Navio trimado pela proa :é instável para quase todas formas de casco.

Por que o trim influência a estabilidade?

Navios giram como resultado de duas duplas:uma formada no leme e outra ao redor do centro de gravidade.Umadas forças que forma o última dupla é a diferença de pressão das partes do casco submersas.Portanto,devemos observar as localizações das secções que possuem as maiores áreas submersas.

No início da curva ocorre um aumento de pressão na proa de fora e essa diferença resultante de forças a vante do centro de gravidade torna qualquer navio instável.

Na medida em que o navio estabiliza na curva, se ele estiver trimado pela popa, esse aumento de pressão se moverá para ré do centro de gravidade.Enquanto isso a redução da pressão na popa no lado de dentro da curva,aumentará.Isso torna o navio estável.

Se ele estiver trimado pela proa, o aumento da pressão inicial da proa no lado de fora da curva será maior,e a redução da pressão na popa no lado de dentro da curva será menor (devido à pequena área submersa).Dessa forma o ponto de aplicação da força ficará a vante do

centro de gravidade, e o navio permanecerá instável.O navio vai querer continuar o giro quando o leme for colocado a meio e o ponto pivô ficará mais perto da proa.

Conclusão para navios potencialmente instáveis:

1)Não trime pela proa (mantenha um suficiente drag para manter uma estabilidade direcional

2)Use o leme por mais tempo para começar um swing e coloque-o a meio logo em seguida (pois mesmo com o leme a meio a taxa vai aumentar)

3)Tenha um bom timoneiro

4)Use a vantagem de poder girar num menor raio

4.7-Regra de Cube

A potência requeridae combustívelconsumido parauma dada velocidade,sobemcom o cubo davelocidade.

Ocomprimento do navio,é um fator muitoimportante na determinação daresistência.Dois naviossimilares que operamna mesma proporçãode comprimentovelocidadeexigiráforçana razãodo quadradodo seu comprimento.Quanto maior a taxade comprimentoda velocidade, especialmente além da velocidadecrítica(superior a1,2)maior aproporção de energiatotal queé gastainutilmentena criação deondas.

Um submarinoprofundamentesubmersoencontra a resistênciaque éproporcionalao quadrado dasua velocidade, mas o navio de superfícieencontrauma resistênciamuito mais elevada paraa mesma velocidadepor causa destedesperdício deenergiaemondasde esteiraque os inventoresestãoconstantemente à procura derecortesde causarumnavio planaidorem alta velocidadee, assim,ser capaz deescapar a estaimportante fonte dearrasto nocascoconvencional.

4.8-Águas Restritas

Águas restritas são canais estreitos ou canais,hidrovias com vertical ou eminentes bancos,ou áreas com piers ou quebra mares,as quais introduzem uma mudança substancial nas

características das manobras e dos requerimentos.A maioria das águas restritas também são águas rasas,e muitas incluem significantes correntes e maré.

Quando se movesobreáguasrestritasa nossa primeira preocupaçãoé a certeza deque sabemosa nossa posição epara garantirque o caminhoque estamos seguindoéemáguas profundas.

Em ummovimentado porto, devemos deixar o reinodenavegaçãoformal,até certo ponto,eentrar no reinodenavegação visual.Consequentemente, opilotono portodeve semprenavegarvisualmente.Eledeve fazer isso, não só para se proteger contraa possibilidade deum erro donavegador, mas também para estar prontopara enfrentar a situaçãoquando a cenase moverápido demais paraa equipede plotagem.

Problema:SQUATTING

Como um aumento da velocidade do navio, ela afunda sensivelmente em relação à média da superfície da água. Existe uma onda de proa e uma onda de popa distintas, e que a água entre as duas é comprimida. Isto é causado, em parte pelo aumento da velocidade relativa da água que corre sob o navio e em parte pela interação entre o sistema de onda de proa e de popa.

Se a velocidade é ainda aumentada para além da velocidade crítica, a curva começa a subir abruptamente e os dissipadores de coluna mais rapidamente. Este fenômeno é conhecido como agachamento e tem um efeito diferente sobre a resistência ao movimento estimado e a velocidade resultante de uma dada energia.

O sistema de onda conhecido como um grupo de ondas Kelvin, causado pela passagem de um navio, consiste em ondas curvas que se espalham lateralmente, quase paralelas aos lados da proa e transversal, ondas quase perpendiculares à direção do movimento do navio, que se seguem à popa, aproximadamente à velocidade do navio.

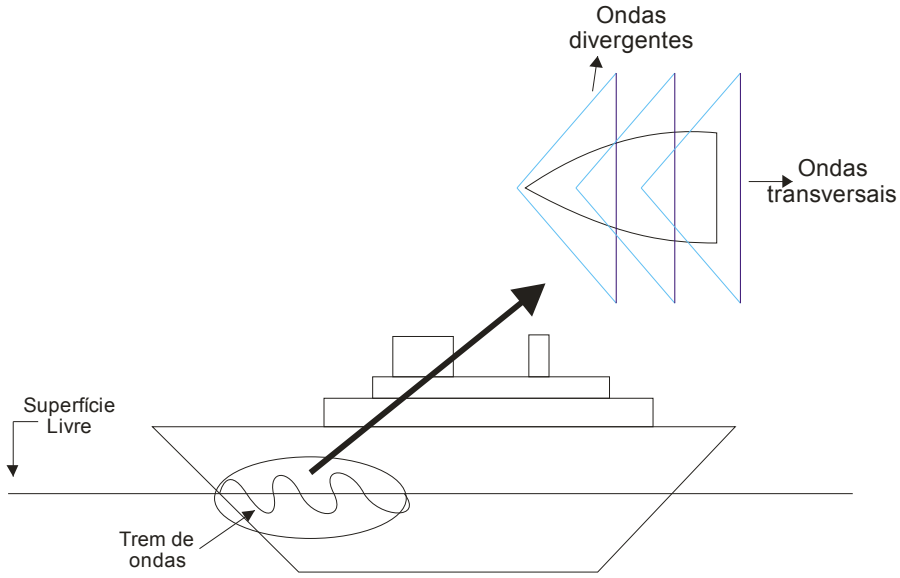

Figura 6

São estas ondas transversais, que desempenham um papel importante no casco de um navio. Como a velocidade é maior, a crista da onda de proa se move para trás ao longo do navio e da curva tende a subir em sua propria onda de proa.

É a coincidência da primeira depressão com a popa (e seu sistema de ondas) que determina a velocidade crítica.

Squatting pode tornar-se um problema sério em águas rasas, tanto a partir do seu efeito sobre o sistema de propulsão do navio e do perigo da sequência resultante.O grave squatting experimentado em águas rasas é frequentado por uma grande onda de popa que se ergue sobre o castelo de popa do navio, se estamos no castelo de popa de um destróier enquanto alcançando alta velocidade em águas rasas, a crista do movimento para formar ondas de proa a popa seria quase ao nível dos olhos e a onda transversal estaria ameaçadoramente 15 pés acima do nível do convés.

Tanto o sinking(afundamento) e o squatting aumentam o calado donavio quando em águas rasas, porque a aproximação com o fundo aumenta a velocidade relativa da água abaixo da quilha e as ondas de Kenvin aumentam.

As ondas geradas pelosquatting são perigosas para estruturas na praia ou para as embarcações que estão no porto, principalmente aquelas atracadas porque balançarão perigosamente.

CAPÍTULO V

Manobrando em Canais

Quando um navio navega em águas muito rasas ou restritas,o seu comportamento dinâmico muda muito devido a mudanças em magnitude das forças e momentos que atuam sobre ele.Os efeitos hidrodinâmicos no controle do navio podem ser agrupados nas seguintes caracteristicas:

-O efeito da profundidade em relação ao calado

-O efeito da largura do canal e característica topográfica em relação a boca

-Mudanças significativas da profundidade ou da largura do canal com relação ao tamanho do navio

-Interação entre dois navios

-Combinação dos itens anteriores

Se a velocidade for alta, o navio pode mergulhar perigosamente com respeito a margens e se navegar fora do centro do canal pode ter o governo afetado com tendência a ser mover com aproa para o lado oposto do canal, apesar de os navios maiores estarem mais sujeitos a este fenômeno.

Um grande navio navegando a 12 nós em um canal de 45 pés de profundidade e 500 pés de largura pode afundar 8 pés no calado. A ação do hélice ao sugar as águas na área restrita pode aumentar o “sinkage”(afundamento) de 10 a 15%.

Canais com áreas de espera e fundeio puxam a proa do navio para este lugar e pode ocasionar uma colisão mesmo quando o visual sugeria passar safo (forte sucção); ocorre pela remoção do efeito do banco e o leme que estava carregado para manter o proa livre da ação agora é o suficiente para guiná-lo para cima de outro navio.

Ograve aumento de calado, o efeito de sucçãobanco ebancosão geralmenteproblema apenas paragrandesnaviosem canaismuitorestritos.

A grande vantagem do canal é não ter “cross-channelcorrent”.

A parte mais difícil do canal é a guinada quando há corrente forte; se navegarmos contra a corrente e guinamos tarde, a corrente atua na proa e empurra o navio para a margem – se acontecer isto, a melhor ação é dar máquinas atrás em emergência e depois tentar guinar de novo. A guinada deve ser feita de maneira a manter a proa paralela a margem, impedindo-a de ficar com a corrente pela bochecha que é a causadora de impedir a guinada corretamente.

5.1-Efeito do banco

Na prática,um naviopodegeralmentenavegar perto de umamargem de umcanal,mas ele devemanter uma ligeirainclinaçãopara longe dobanco próximopara superar asucçãodo banco, e ela normalmente requerváriosgraus delemeem direção aobanco próximopara manter aa proa donavioconstantecontra o efeitodo banco.

Quando o navio começa a sentir o degrau do banco a boreste,ele tende a guinar para bombordo,pois ocorrem: sucção de banco a ré,banco amortecido a vante.

O problema piora quando é necessário reduzir a velocidade,pois o leme perde efetividade com a redução de rotação,enquanto que a sucção do banco,que é a força primária da velocidade,continua forte.Neste caso o navio deve-se manter-se afastado do banco e o ângulo de leme aumentado.

Se o navio começar a guinar para o centro do canal:

1)Deixa a proa cair alguns graus enquanto o leme continua mantendo seu ângulo em direção ao banco e aumenta a rotação da máquina ,então;

2)Quando a proa já estiver mudado um pouco,aumente o leme para parar a guinada ,e depois use o leme para voltar ao rumo na medida em que o navio se aproxima do centro do canal.Só então poderemos reduzir a rotação da máquina.

Não se navega num canal a velocidade máxima,pois devemos ter reserva de RPM para safar uma guinada.

E,ainda por causa de Bernoulli(maior velocidade>menor pressão),o navio tende a se mover lateralmente em direção ao banco mais próximo.Entao nós devemos manter seu aproamento em um pequeno ângulo ,ou orientá-lo para o centro do canal.

Novamente,use as forças em seu benefício:

Quando em uma curva,o banco pode aproximar-se da esquina ,proporcionando que o navio guine para o centro da curva.Isso permite fazer curvas mais apertadas ou a maiores velocidades(ex: há curvas no canal do panamá que são feitas com o leme a meio).

Se planejado e permitido a sucçao do banco pode ser usada :

1)Para ajudar um navio a passar por outro em um canal estreito

2)Para localizar o centro do canal na situaçao de baixa visibilidade

3)Para realizar manobras de rotina

5.2-Encontrando outro navio no canal

Se os navios têm menos de 170 pés na boca maior, em um canal de 500 pés manobra-se:

1-Manter o aspecto roda-a-roda, guinando para boreste quando faltar 1,5 a soma dos comprimentos dos navios;

2-Quando os navios estiverem bochecha com bochecha, inverte-se o leme de maneira a afastar a popa para boreste até que fiquem paralelos ao canal;

3-Coloca-se o leme a boreste novamente para checar o cabeceio e corrigir a sucção da popa e meio navio provocado pela margem, assim como a tendência da proa guinar afastando da margem e também o efeito da popa de um navio sugar a proa do outro (navio deseja guinar para bombordo assim que sua proa ultrapassa a popa do outro navio).

4 -Finalmente, assim quea popa dooutronavio passasuapopaháum efeito de sucçãomútuoque movesuapopapara longe doperto do bancocomo os doisnavios passamseguros eprosseguem seu caminho.

5-A manobra deve ser feita com velocidade inferior a de manobra de modo a ter reserva de velocidade se necessário for.

5.3-Ultrapassando outro navio

Se o navio ultrapassadoestá detravésdaoutra embarcaçãoou rebocar,elaaumenta as chances deo navioultrapassadose tornaráincontrolável(ingovernável), especialmente quando apopado navio está de través com a proa donavioa ser ultrapassado.

O que dá segurança neste caso é a velocidade do navio que ultrapassa;quem ultrapassa deve dar espaço ao outro navio e deve manter a velocidade até ultrapassar;o ultrapassado deve diminuir a velocidade tanto quanto possível e deve manter a proa;o ultrapassado é que dá a permissão para a faina e só deverá faze-lo se a situação permite a ultrapassem comsegurança.O navio ultrapassado é mais provável de ter problema,pois mais facilmente encalharia se algum problema acontecesse.

CAPÍTULO VI

Atracação e Desatracação

6.1-Atracando ao Cais por Bombordo(hélixo de passo fixo direito)

1.Aproxime-se docaisem um ângulode aproximadamente 25°, máquinalentaàfrente.

2.Parar máquinasna abordagemtendo em conta oprogressoquedo navio.

3.Motores depopa. Empuxotransversalcausa quea popaguine para bombordoeo navio iriaparargradualmenteparalela aocais.

4. Parar máquinas.Lançar os cabos(espias)rapidamente.

OBS: Se o ângulode abordagem émaiordo que o sugerido, pode ser necessário usar uma pequena quantidade delemea borestena posição'3 ', a fim de iniciar omovimento da popaemdireção aocais.O uso excessivolemegerariaum balançoseverorápido demais.

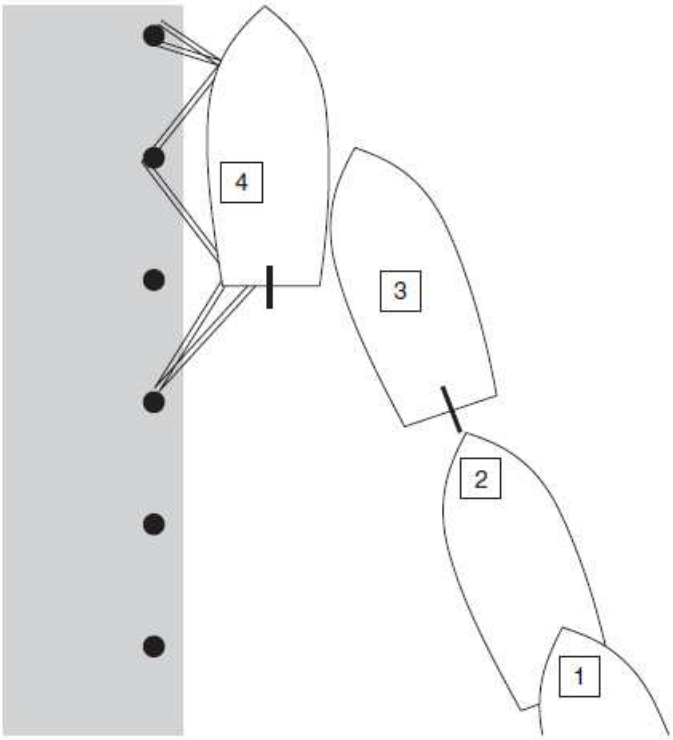

Figura 7

6.2-Atracando ao Cais por Boreste (hélice de passo fixo direito)

1.Aproxime-se docaisem um ângulo raso, digamos, cerca de 15°, máquina lentaà frente.Parar máquinasna aproximaçãotendo em conta oprogressoqueo navio vaiapresentar.

2.Aproximando-se docais,aplicarleme a bombordo parafazer com que apopaaproxime-sedo berço de atracação. Usar motores depopapara parar onavioe os efeitosde empuxotransversal,verificar oandamentopopa.

3.Parar máquinas.Lançar cabos(espias) rapidamente.

OBS: No caso em quehaja espaçolimitadopara vante da embarcação, o espringue de vante deveserlançado em primeiro lugar.

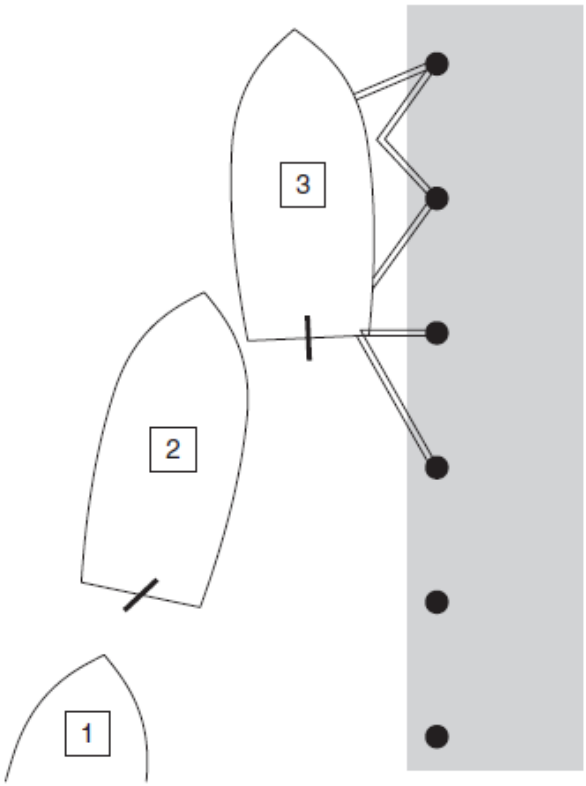

Figura 8

6.3-Atracando com vento forte

1.Aproxime-se docaisem um ângulo agudopara reduzir o efeito deatrito do ventona embarcação.

2.Prepareuma espia depopapara ser lançadaa partir da posiçãopara a frente (assumindo que o navio não há amarração anterior). Aproxime-se docais, a uma velocidade lenta.

3.Parar máquinas,naabordagem, então os motores depopapara parar a proaapenas fora docais.Passeuma espia de proa para ocaisatravés de umcabo de elevaçãodo navio, ao invés de umo navio delinhaexigente, para ganhar o benefíciodevento.

4. Passe aespia depopana posiçãopara a frente erealizara atracaçãoatéocais.

Facilite alinha de proaealçadanapopapara atracar aembarcação.

Comentário:Um barco deamarraçãocontratado para carregara linha depopa para terraeliminaria aprecisa passara atracaçãode popapara a frente.

Uma vezatracado, espias opostas naproa e na popareduziriaa possibilidade deo navioserarrancadodo cais.

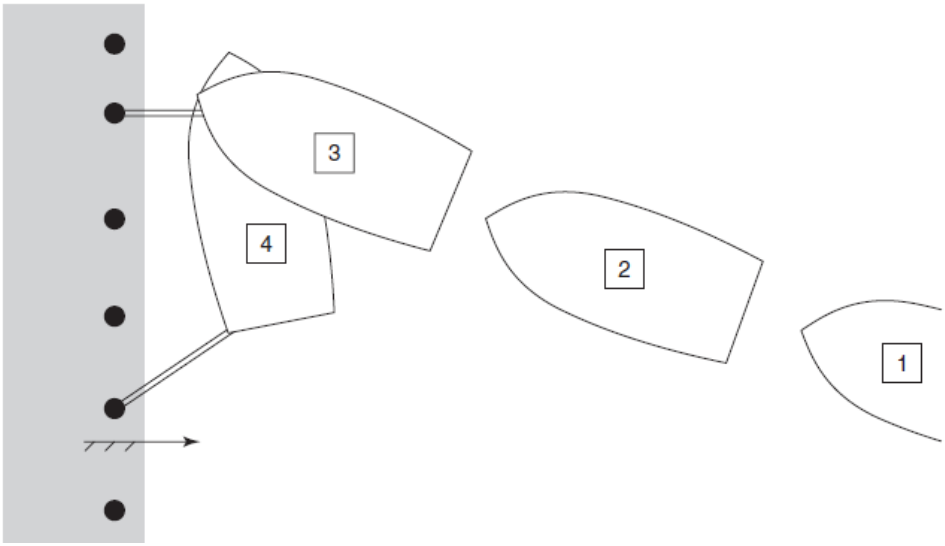

Figura 9

6.4-Atracando por Bombordo,com forte vento empurrando o navio contra o cais

1.Conter a maréna posição'1 'leme para boresteemáquinas meia força a vante.
2. Alcançar uma posiçãofora docais eparalelo aocais,com bombordo bem protejido(possívelutilização daâncora de boreste na desatracação,com a mesmadireção dovento).
3.Navios de altaborda livre beneficiama entrada do ventode través, permitem que onavio se aproxime do berçona posição'3 '.Lançar as espias de proaepopa a vante e a ré.
4. Assim que o navio encostar aocais,passar esegurar os espringues de vante e de réeajustar a posição denaviosde acordocom as espiasde proa epopa.Uma vez fixada, se a âncorafoi arriada, encaminhe de voltao cabodeumaposição para cimae para baixo.
Exemplos:Naviosfullconteineres,NaviosRO-RO,Navios de Passageiro.

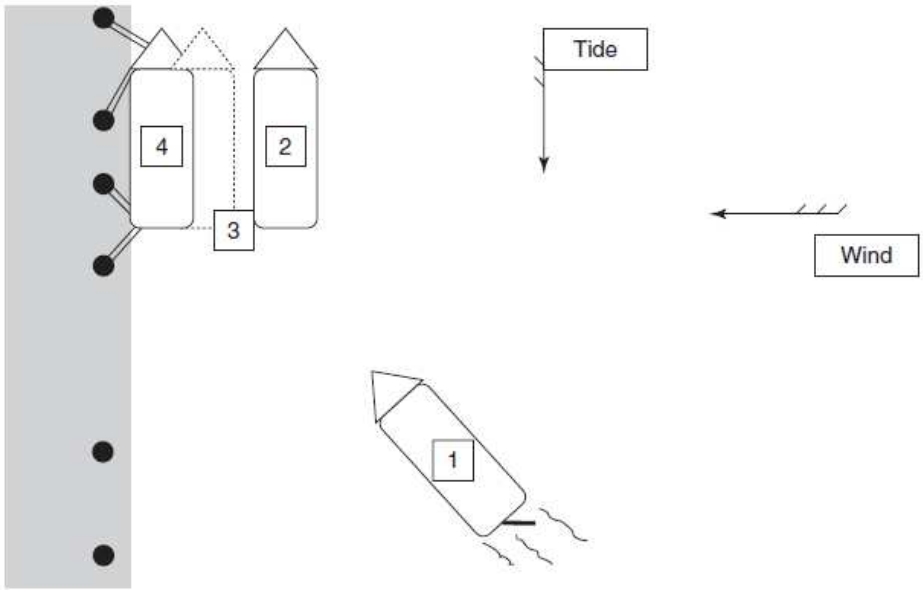

Figura 10

A utilizaçãoda âncora podeverificarclaramentea velocidade deaproximação da proa, masoutilização da máquinae lemecontraa direçãoangulardo cabo daâncorapode ser precisa para mantero paralela apopa aocaise facilitar a atracação.
O propósito de posicionaro cabona posição para cimae para baixoé o de evitaraobstrução docanal para otráfego de passagem, ao mesmotempo,

proporcionandoum meio útil dearfagem do naviofora do berço contra o ventoque empurra o navio contra o cais na desatracação

6.5-Atracando por Bombordo(para navios com grande área vélica)-vento empurrando contra o cais

1.Aproxime-se do cais em um ângulo de 60 °. Pare o navio na altura que a proa alcance o centro da posição de atracação. Solte a âncora offshore (ferro) com pouco filame. Para controlar a popa contra o vento, use o leme para bombordo e máquinasadiante. Solte a âncora em direção ao cais.
2. À medida que o navio se aproxima do cais, pagar o cabo da âncora.
3. Quando a proa estiver fora do cais, segure-a pela âncora. O navio irá girar e a popa vai movimentar-se rapidamente em direção ao cais.
4. Como a popa está se aproximando do cais, máquina adiante para verificar o balanço da popa.
Parar máquinas e lançar as espias de proa e de popa para terra.

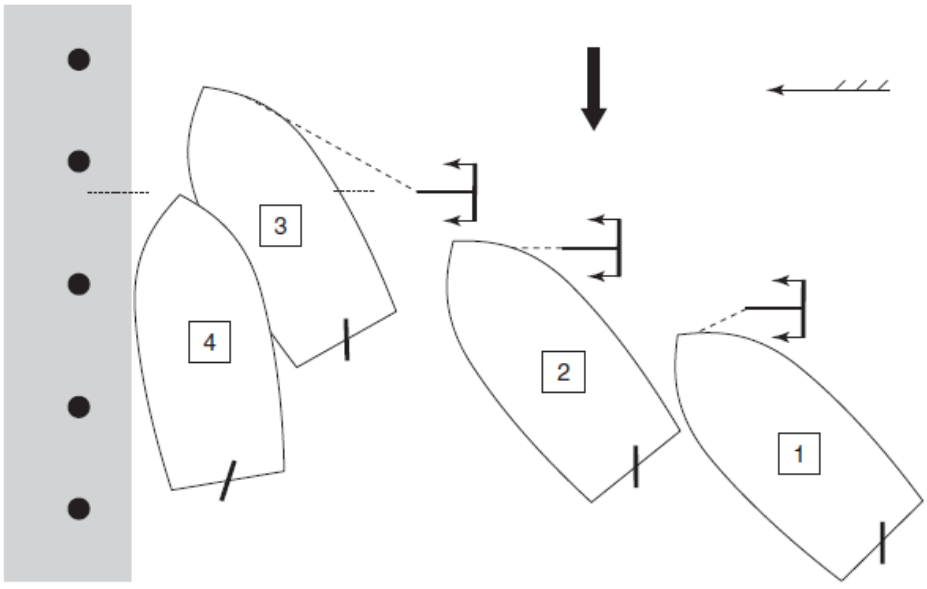

Figura 11

6.6-Atracar com o uso da âncora

Por uma variedade derazões, muitos naviosirão empregaruma âncoramarítimaaoatracarem.

Algunsnaviosusama âncorapara permitira desatracação docais,de modo a posição a ser lançada a âncorana direção desejadapronto para a partida. Algumas embarcaçõespodem ter deatracarcom um ladoespecífico, para os requisitosde carga.Enquanto outras, percebendo a direçãodeum ventoque empurra o navio contra o cais, vão usar a âncorano mar, com vista a levaro navioforado caisquando partirem. Em praticamentetodos os casos,seria consideradopobremarinheirariadeixara âncoracom o caboesticadopara fora,depois deo navioatracado. Aautoridade portuáriageralmente nãopermite talobstrução, uma vez que tende aimpediro movimentodeoutro navio.

Parao efeito, éprática normalque o cabocaminhe de volta paracima e para baixoquando onavio está atracado.

6.7-Atracando o navio por boreste com corrente de proa(hélixe de passo fixo direito)

1.Conter a corrente ao se aproximar docaisutilizando máquinas adiante para manter a posição.

2. Aplique um pouco delemea boresteparafazer com que a proa se direcione em direção aocais.Em seguidamanter o aproamento donavio.O naviopode esperar para atracar,para ir como um todo em direção ao cais.

3.Apenas fora docais,aproar a proa do navio com a correnteelançar a espia de proacom umespringue de ré.

4. Uma vezatracado, pararmáquinase lançar rapidamente as espias de proa e de popa e os espringues .

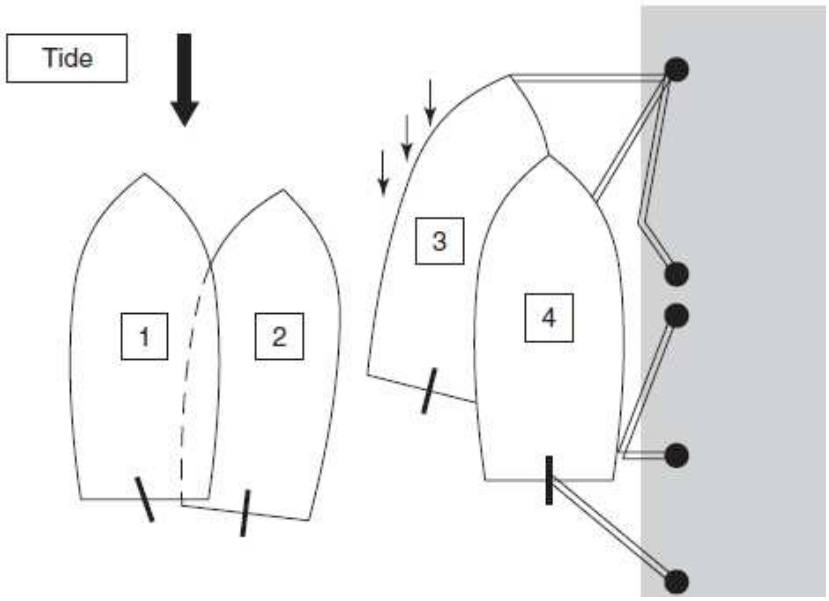

Figura 12

Comentário: Se um'ventoOffshore' está presente, a utilização das máquinascom olemepode sernecessária para aproximara popaaocaise para passaras espias depopa. Alternativamente, umbarco deamarraçãopodeser empregue. Quandoum "vento onshore'está presente, pode ser necessário para facilitara manobra, permitir quea popase alinhe aos efeitosdo vento e dacorrente.

6.8-Ebbswing /Floodparaatracação

Assumindo que onavioestá em uma posição'1 'decorrente dacorrente de marévazante.Um barco deamarração está disponível, e o navioestá equipado com um hélice de passo fixodireito.

1. O navio deveser manobradopara deter acorrente de maré, como na posição'1'.
2. Manobraro naviopara uma posição'2 'paralelo ao navioatracado' A '.
3.Executara melhor amarraçãodo naviopor boresteparaocaiscom oauxílio dobarcoamarração'2 'e mantera espiaapertada , acima da superfície daágua.
4. Lentoa réna máquina principal-depois parar.Este movimentodeve trazera popa do navioemdireção aocaispor meio de``Thrusttransversa``. A proadeveportanto,mover-se paraboreste, para fora, paratrazer a correnteparabombordoda proa donavio.Posição'3'.
5.A embarcaçãodeve girarcomefeito da corrente a bombordoenenhuma folgadadana

espia.É esperado queo ventoafete a proa , soprando o naviorapidamente em direção aocais.Para segurar estemovimento em direção aocais,soltea âncora.
6.Lance o espringue de vante paraconferirmovimentoà proa(posição '5 ')dirija a espias do navio,partindo da de proa,posteriormente a de popae,aliviaro peso sobrea amarra da âncora comoo naviorente ocais.

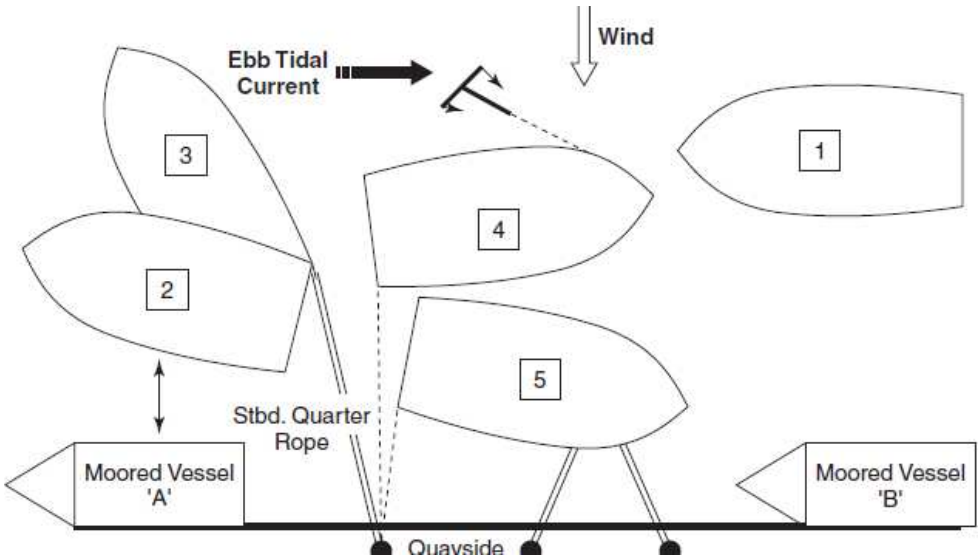

Figura 13

Quando for necessáriaa manobrase um"ventoonshore'estiver presente, usa-se aâncora esperando que reduza a velocidade deaproximação para ocais(como mostrado).
Se um'vento offshore' está presente,a primeira espia a ser lançada é a de proa provavelmenteem direção à popapara permitir que sejapassadaa terra, ouem alternativa,usar o mesmobarcoamarraçãoque foiinicialmenteempregue.Os efeitos damarétambémfaria com que aextremidade da frente se aproxime do cais.

6.9-Desatracando por boreste-com vento afastando o navio do cais,sem corrente

1. Folgue as espias de proa e de popapara permitir que onavio deixe o cais.Quandoa popaestiver afastada do cais, segurar o navio pela espia de popa epermitir quea proa saiado caisum pouco mais.

2.Uma vez afastado docais,solte as espias de proa e depopae de máquinas eleme.

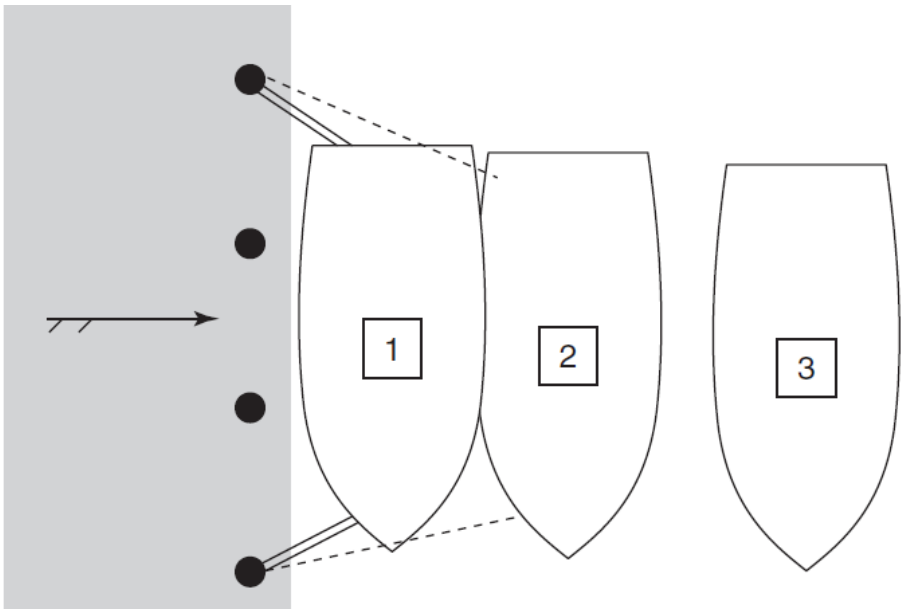

Figura 14

Comentário: Este método é recomendadopara as embarcaçõesdealtas obras mortascomotransportadores de carroeRo-Ro,quetem a suasuperestruturaexpostaacima e alémda alturacais.

Embarcações muito carregadas combaixasuperestruturapode ter que usarum espringuede amarraçãoduplona proa elançar a espia depopa da embarcaçãopara o cais em águas mais profundas.

6.10-Desatracando por bombordo com corrente de proa,sem vento

O objetivoé afastar-se docaisquando existe corrente de proa.o ação permite queum bolsão deágua fluaentre a parede docais ecostado do navioparaforçar

onaviopara fora docais.
1. O naviodeve sermantido fixo à terra pela espia de proa e de popa.
2. A espia de rédeve, inicialmente,ser mantidaapertada,enquanto aespia de proase afrouxapara baixo.O efeitodas marésseriapivôda embarcaçãosobre a primaveraecausao arco parase mover para forado berço. O peso do bolsão d` águaem movimentoentre ocais ecostado do navio, afastaa popa do cais.
3.Dar máquina adiante devagar para deixar de irpara a frente.Parar motorese deixar o navio irpara trás.
4. Máquina a diante para afastar-se da vaga de atracação e ir contra a corrente.

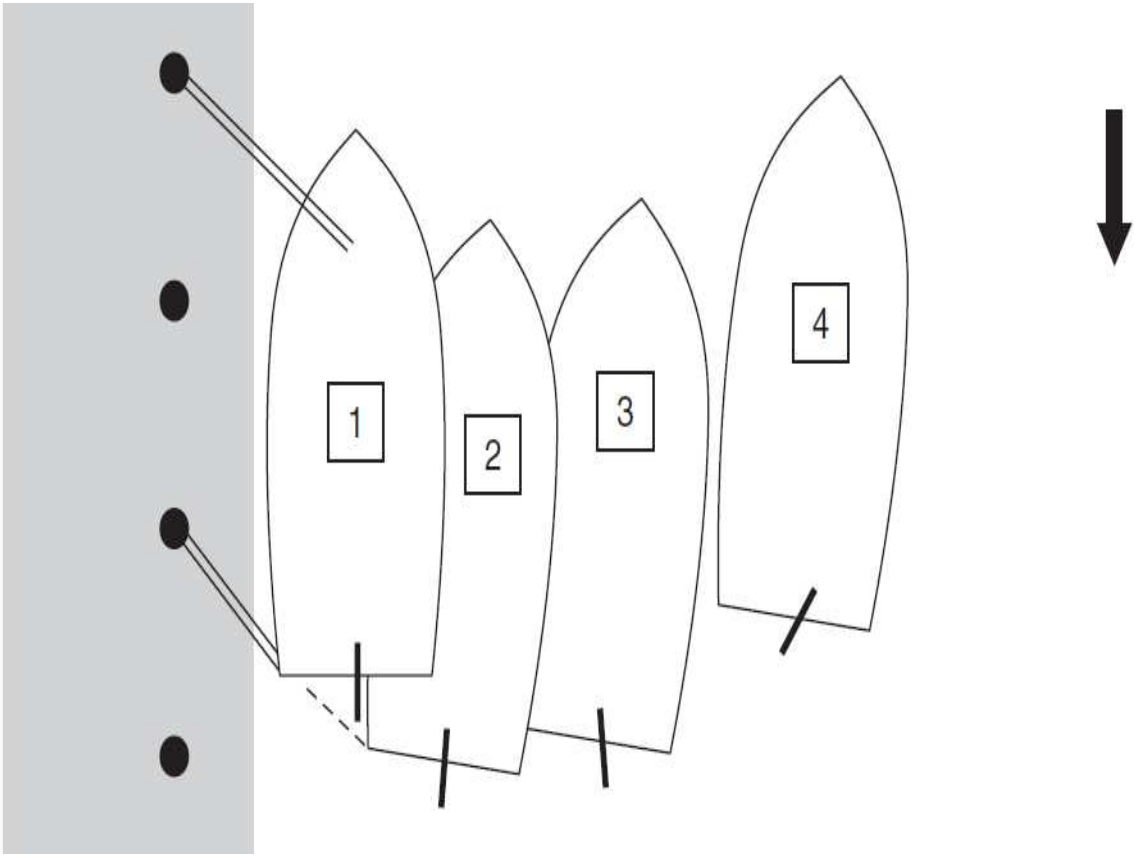

Figura 15

6.11-Desatracando por boreste-sem vento e águas tranquilas

O objetivoé desatracar o navioe levar onavioparaáguas profundas.Ondeascondições do mar prevalecem, um método alternativopara a utilização

dacorrentedeveser empreguepara manobrar aembarcaçãopara fora docais.Autilização prudente das espiaspodeobter o movimentoinicialdo navio, de modo que o propulsor possa ser utilizado.

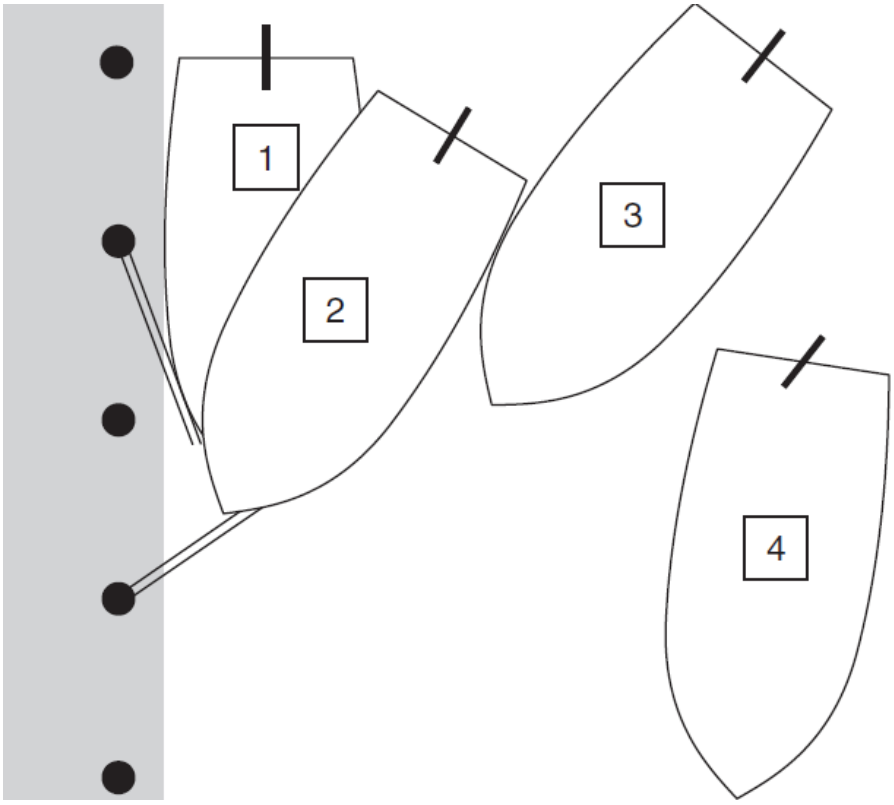

Figura 16

6.12-Desatracando por bombordo-sem vento e águas tranquilas

O objetivoé desatracar o navioe levar onavioemáguas seguras, ondeosefeitos iniciaisde empuxotransversalcomprometeriaouso do hélice de passo fixo direito.
1. O naviodeve primeiramente recolher uma espia de proa.
2. Manter o navio preso pelaespia de vante(tensãodo espingue)e dar máquinas a ré devagar. Esta ação devefazer com que apopase moverpara fora, paraboreste,livre do cais.
3.Uma vez que apopaestá inclinadapara longe docais,soltaro espringue de vante. Como as espias foram recolhidas, coloque olemea meio e a máquina meia ou toda força a ré. Esta açãoiriafazer com que oefeitode impulsotransversaldeixe o navioparaleloaocais.Isso colocariaa héliceem águas profundase permitiramanobradesobstruída donavio

.

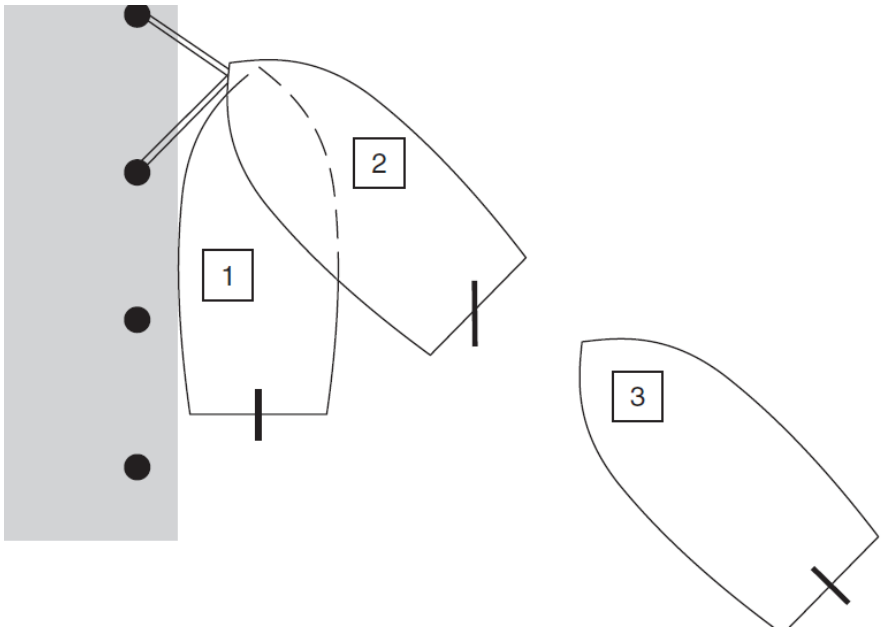

Figura 17

6.13-Desatracando por boreste com corrente de popa

1.Segure o navio apenas pelosespringues de proa e de popa.

2.Alivie a espia de popa,tensionando o espringue de vante.O ponto pivo do navio será o espringue e a popa se afastará do cais.

3.Uma vez que a popa está afastada do cais,máquinas a vante;parar máquinas e deixar o navio ir a ré.

4.Leme a meio,máquina toda força a ré,e deixar o navio ir para águas profundas.

Comentário:O impulsotransversaldos motoresquandocom máquinas a réfaria com que a popa da embarcaçãochegue mais longedo caispara águas mais profundas, antes de proceder-se ou descerdo rio.

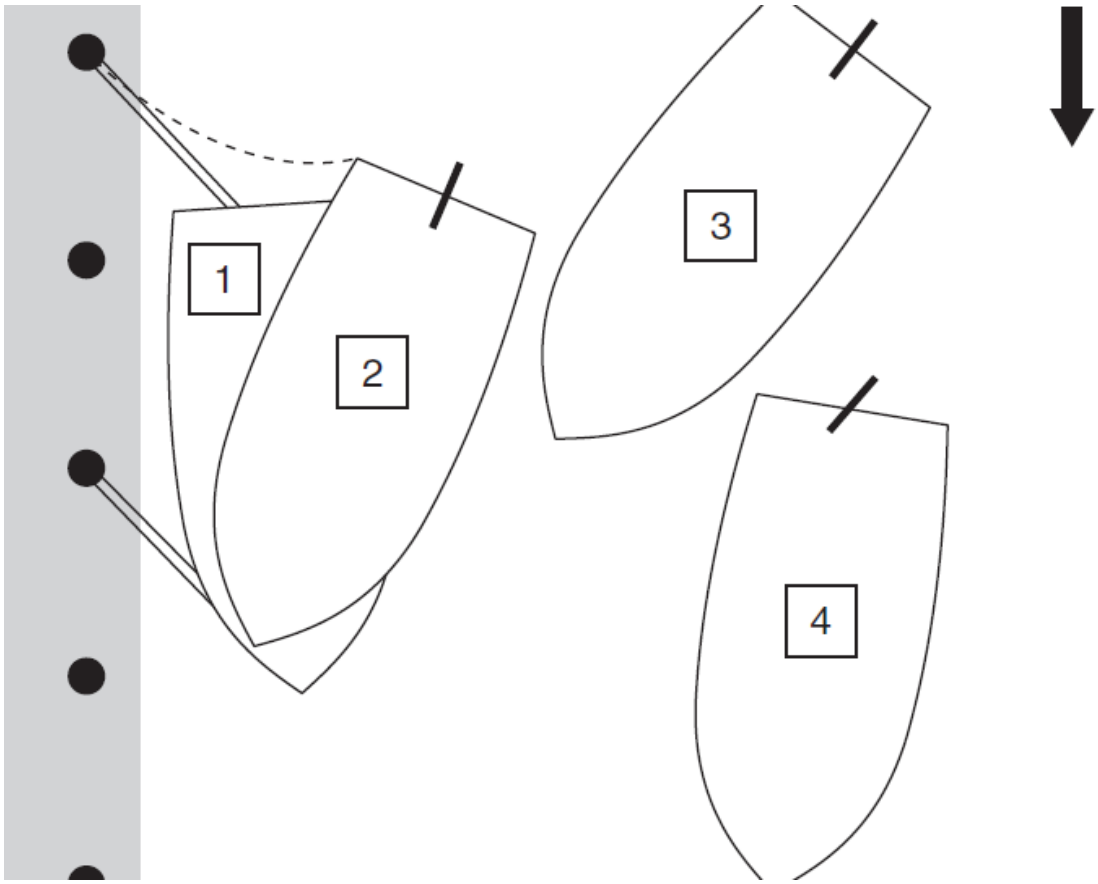

Figura 18

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realidadede lidar com onavio é ummundo à parte dateoria.Nopublicaçãopodeenglobar oselementos do climae as característicasdas condições da águapara tornar a prática próxima a teoria.

Desde o desaparecimentodevela,máquinas emanobrasauxiliarescontinuaram a melhorar efornecerrecursos adicionais parao benefício decomandantes, pilotose outros, com a tarefade lidar comembarcaçõesa motorde grande epequeno porte.

A teoria da manobra é idealizada para um certo tipo de navio,em uma específica condição,mas as muitas variáveis envolvidas podem tornar tal manobra impraticável no momento.Potanto,o piloto e os navegadores devem estar familiarizados com as características e capacidade do navio e flexíveis quanto a usar reforços nas condições de forte corrente e vento.

Sabendo o que fazer e quando fazer em prol de atingir os objetivos da manobra,é apenas metade do caminho.A racionalidade das ações por detrás dos atos do navegador tenderão a serem baseadass na teoria e prática do navegador.Talconhecimento;acoplado ao uso da máquina,doleme,doferro,dasespias,dos rebocadores e dos thrusters; podem ser amplamente empregados para que se atinja o sucesso da manobra.

Apesar da teoria ser fundamental,o que realmente acresta a experiência do piloto é praticar com diferentes navios com diferentes características de manobra .

Ao se manobrar em aguas restritas,as decisões tem sidos tomadas com base em regras pré determinadas, comparações com práticas de sucesso e olho marinheiro. Mas,ultimamente o controle do navio em águas confinadas,vem recebendo uma grande atenção devido ao aumento do tamanho dos navios e das consequências ambientais e financeiras de um acidente.

Tabela de Figuras

Figura 1(página 14): Efeito do fluido pelo hidrofóil
Figura 2(página 15): Ação do leme no governo do navio
Figura 3(página 25): Efeito Squat
Figura 4(página 26): Efeito Stall
Figura 5(página 27): Profundidade da água
Figura 6 (página 31): Trem de ondas
Figura 7 (página 35):Atracando ao cais por bombordo
Figura 8 (página 36): Atracando ao cais por boreste
Figura 9 (página 37): Atracando com vento forte
Figura 10 (página 38): Atracando por bombordo com vento empurrando contra o cais
Figura 11 (página 39): Atracando por bombordo (para navios com grande área vélica)com vento empurrando contra o cais
Fgura 12 (página 41): Atracando por boreste com corrente de proa
Figura 13 (página 42): Flood para atracação
Figura 14 (página 43): Desatracação por boreste com vento afastando do cais
Figura 15(página 44): Desatracando por bombordo com corrente de proa
Figura 16(página 45): Desatracando por boreste
Figura 17 (página 46): Desatracando por bombordo
Figura 18 (página 47): Desatracando por boreste com corrente de popa

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - CRENSHAW, Russel Sydnor. Naval Shiphandling. 4 ed., Annapolis: United States Naval Institute, 1975.

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

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

4-CLARK, I.C. Ship Dynamics for Mariners: a Guide to the Theory. 1 ed., London: The Nautical Institute, 2005.

5- HOUSE, David J. Ship Handling, Theory and Practice. 1 ed.,Burlington: USA, 2007.

6- HOUSE, David J. Navigation for Masters. 3 ed., Witherby: UK, 2006.

7 - http://www.oceanica.ufrj.br

8 -http://www.uscg.mil

9 - http://www.naval.com.br

10 - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VSPforces.jpg

11- http://www.marinelog.com

12 - http://www.worldwisemarine.com

13 - http://www.theartofdredging.com/Alexandrov_salvage_021.jpg

14 - http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/WindTunnel/Activities/lift_formula.html

GLOSSÁRIO

Conteineiros (página 39): Navios que transportam somente carga geral conteinerizada;

Ponto pivô(página 29):É o ponto localizado na linha longitudinal, no qual o navio guina. Quando o navio guina com um ângulo de leme constante, como numa curva de giro, o ponto pivô descreve um círculo. Está localizado a uma distância da proa de aproximadamente um terço do comprimento do navio; sua posição não é fixa, variando de acordo com a velocidade do navio, no sentido do movimento;
Estoll(página 26): Estolar é quando a asa perde a sustentação – lift devido a um grande ângulo de ataque ou velocidade exagerada do fluido;
Lift (página 6): Força de sustentação. É função do coeficiente de lift; da área da asa; da velocidade; e da densidade do meio. A força lift é o que permite que aviões voem e navios guinem, visto que os lemes são asas verticais;
Obras Mortas (página 12): Parte do navio que se encontra abaixo da linha de flutuação;
Ro-Ro - Rollon, Roll off (página 39): Navio especializado em transportar carga rolante, como carros, ônibus e caminhões;
Stern-thruster (página 12): Tipo de propulsor transversal localizada na popa da embarcação;
Thrusters (página 41): Propulsor transversal;
BondaryLayer (página 19):camada limiteé a camadade líquido naproximidade imediata dasuperfíciedelimitadoraonde os efeitos daviscosidadesão significativos.

Sinkage(página 33): o ato, processo, quantidadeougrau deafundamento.

Âncora offshore(página 41): Instrumento de fixação de objetos móveis (tais como plataformas, navios, barcaças, etc.) ao fundo do mar por sua penetração e sustentação através de cabos de aço ou amarras.

Vento offshore(página 42): vento que sopra da terra para o mar.