



MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE



RAPHAEL AURELIANO CONCEIÇÃO DA SILVA



MANOBRA DE NAVIO

RIO DE JANEIRO
2013

RAPHAEL AURELIANO CONCEIÇÃO DA SILVA

MANOBRA DE NAVIO: Interações

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

Orientado (a): Henrique Vaicberg

Rio de Janeiro

2013

RAPHAEL AURELIANO CONCEIÇÃO DA SILVA

MANOBRA DE NAVIO: Interações

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 (a): _____

Titulação (Mercante/Especialista/Mestre/Doutor, etc)

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico esta monografia aos meus pais e irmã, que nunca mediram esforços para prover toda a base necessária para que hoje eu esteja nesta escola, a dias da minha formatura. Sem esse apoio incondicional, nada disso seria possível. Muito obrigado por tudo, minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todos os objetivos alcançados em minha vida, em especial a EFOMM. Não poderia deixar de agradecer aos meus pais e irmã, pessoas fundamentais que me apoiam sempre, encurtando qualquer caminho e tornando menores os obstáculos a serem ultrapassados. A minha namorada Lais, que esteve comigo durante estes três anos de escola, a qual sempre esteve ao meu lado, proporcionando-me grandes felicidades e sendo a grande mulher que me impulsiona. Enfim, aos meus amigos de camarote, que tornaram o dia a dia escolar mais feliz.

*"Ninguém vai bater mais forte que a vida.
Não importa como você bate e sim o quanto
aguenta apanhar e continuar lutando ;
o quanto pode suportar e seguir em frente
É assim que se ganha"
(SYLVESTER STALLONE)*

RESUMO

Quando os navios navegam com determinada velocidade em águas restritas e mar aberto, porém não com a mesma intensidade das águas restritas, seus campos de pressão podem combinar-se e causar um deslocamento lateral nas embarcações muitas vezes indesejados e catastróficos. A esse fenômeno damos o nome de interação. O presente trabalho, visa esclarecer os fenômenos por trás desses movimentos, explicando as principais forças envolvidas no caso.

No capítulo 1 descrevemos os princípios básicos, desmistificando suas forças e explicando de fato o que é interação.

No capítulo 2 aprofundamos o conceito de campo de pressão, fundamental para o entendimento desta obra.

E no capítulo 3, por fim, explicamos os principais tipos de interação que o navio pode vir a experimentar.

Palavras-chave: Interação, abalroamento, colisão

ABSTRACT

When ships sail with certain speed in shallow waters and the open sea, but not with the same intensity shallow waters, its pressure fields can combine and cause a lateral displacement of the vessels often unwanted and catastrophic. This phenomenon we call interaction. The present work aims to clarify the phenomena behind these movements, explaining the main forces involved in the case.

In Chapter 1 we describe the basics, demystifying and explaining his forces indeed what is interaction.

In chapter 2 we deepen the concept of pressure field, key to understanding this work.

And in chapter 3, finally, explain the main types of interaction that the ship can come to experience.

Keywords: Interaction, collision

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Página 11

Figura 2 – Página 13

Figura 3 – Página 14

Figura 4 – Página 15

Figura 5 – Página 16

Figura 6 – Página 16

Figura 7 – Página 18

Figura 8 – Página 20

Figura 9 – Página 21

Figura 10 – Página 22

Figura 11 – Página 24

Figura 12 – Página 26

Figura 13 – Página 27

Figura 14 – Página 28

Figura 15 – Página 28

Figura 16 – Página 29

Figura 17– Página 29

Figura 18– Página 30

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 O QUE É E O QUE CAUSA INTERAÇÃO	11
2 CAMPOS DE PRESSÃO	13
3 TIPOS DE INTERAÇÃO	15
3.1 Interação Navio-Navio	15
3.2 Interação entre navios navegando Roda a Roda	17
3.3 Interação entre navios alcançados	19
3.4 Interação entre um navio em movimento e outro amarrado ao cais.....	20
3.5 Interação entre navios e rebocadores.....	21
3.6 Efeito causado por bancos.....	23
3.7 Navios em Bacias.....	25
3.7.1 Balanços e manobras.....	25
3.7.2 Rebocador em ação.....	25
3.7.3 Esteira.....	27
3.8 Navegação em canais e rios estreitos.....	28
3.9 Interação entre um navio e a curva de um canal.....	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

INTRODUÇÃO

Quando os navios aproximam-se um dos outros, eles “sentem” a presença do outro em maior ou menor grau. Isso pode ser manifestado de várias formas, como mudança involuntária da velocidade ou de cursos podendo ocasionar colisões, abalroamentos e encalhe.

É claro que podemos tentar evitar isso deixando um bom espaço entre os navios. Mas nem sempre isso é possível: navios ao longo de estreitos canais podem acabar se aproximando. Por isso navios ao longo de grandes canais estreitos devem fazer uso de rebocadores e do práctico a fins de se evitar acidentes.

CAPÍTULO 1

O QUE É E O QUE CAUSA A INTERAÇÃO ?

A interação é um fenômeno que pode ocorrer em vários meios, mas, em especial, é comum em dois ambientes bem conhecidos: nos mares e em terra. Como exemplo bem simples, podemos utilizar as estações de trem. Quando estamos esperando o trem na plataforma, podemos observar ao longo desta, no sentido do comprimento do trem, uma faixa amarela que fica a alguns centímetros da extremidade da plataforma, ponto de embarque ou desembarque. No momento em que o trem se aproxima e passa pela plataforma, se muito perto, sentimos uma ligeira repulsão ou sucção e essa distância da faixa amarela ao trem é a distância de segurança para não sermos afetados com risco de acidente pelo que chamamos de interação.



Figura 1 – Campanha do metrô de São Paulo sobre a importância da faixa amarela

Segundo o teorema de Bernoulli, no mar, uma embarcação está sujeita, hidrodinamicamente, a duas pressões: pressão dinâmica e pressão estática. E esse campo de pressões ao redor do navio, gera forças distribuídas quase uniformemente ao longo das obras vivas, ou carena. Quando esses campos de pressões interagem, denominamos interação.

No mar a interação pode causar bruscas alterações na velocidade, bem como nos rumos dos navios, ocasionando acidentes de navegação gravíssimos como colisões e abalroamentos. Obviamente a interação no mar possui uma intensidade bem maior do que em terra.

CAPÍTULO 2

CAMPOS DE PRESSÃO

Quando o navio navega com velocidade constante ou quase constante, com leme a meio, este se choca com várias moléculas de água e acaba “carregando” algumas dessas moléculas que criam uma resistência ao movimento do navio, resistência essa denominada resistência friccional e originadora da pressão dinâmica e consequentemente do campo de pressões.

Pela simetria do navio, temos que a resistência possui um certo valor da roda de proa às extremidades das bochechas, que será positiva, e decresce na parte e costado, negativa, tornando a aumentar das alhetas ao cadaste, voltando a ser positiva. Por convenção, traçamos a linha de fé do navio e a meia nau, dividindo o navio em quatro quadrantes positivos, uma vez que as partes positivas majoram as negativas, que, devido a simetria, encontra-se em equilíbrio dinâmico transversalmente, fazendo o navio manter assim a sua estabilidade. Pela figura abaixo, vemos que a força que faz com o que navio mova-se para vante é a diferença entre as pressões líquidas de popa e proa, respectivamente.



Figura 2 – Massa d'água arrastada pelo navio

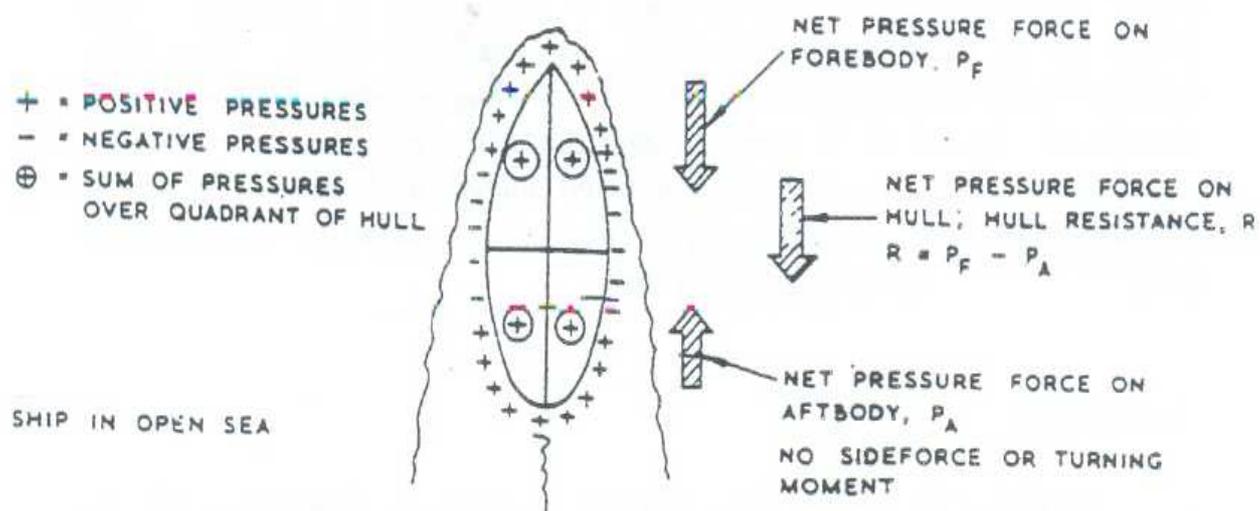


Figura 3 – Esquematização do campo de pressão

CAPÍTULO 3

TIPOS DE INTERAÇÃO

Abaixo seguem os principais tipos de interação:

6.1 Interação Navio-Navio

Consideremos dois navios navegando em rumos paralelos. Tomando como referencial cada um dos navios, podemos considerar que os navios encontram-se parados enquanto uma corrente de sentido proa para popa os atravessa, originando campos de pressões.

O fluxo de água vem de encontro aos navios com uma velocidade v e ao se chocar com as bochechas cria um aumento de pressão, porém ao adentrar pelo vão entre os navios, tende a aumentar sua velocidade, diminuindo assim a pressão nas alhetas internas.

Logo após o fluxo encontra-se com os fluxos que percorrem os bordos opostos dos navios.

Devido a diminuição da pressão nas alhetas internas, a pressão nesta região será negativa e em consequência disso os navios terão a tendência de aproximação dos seus centros de gravidade e afastamento de suas proas.

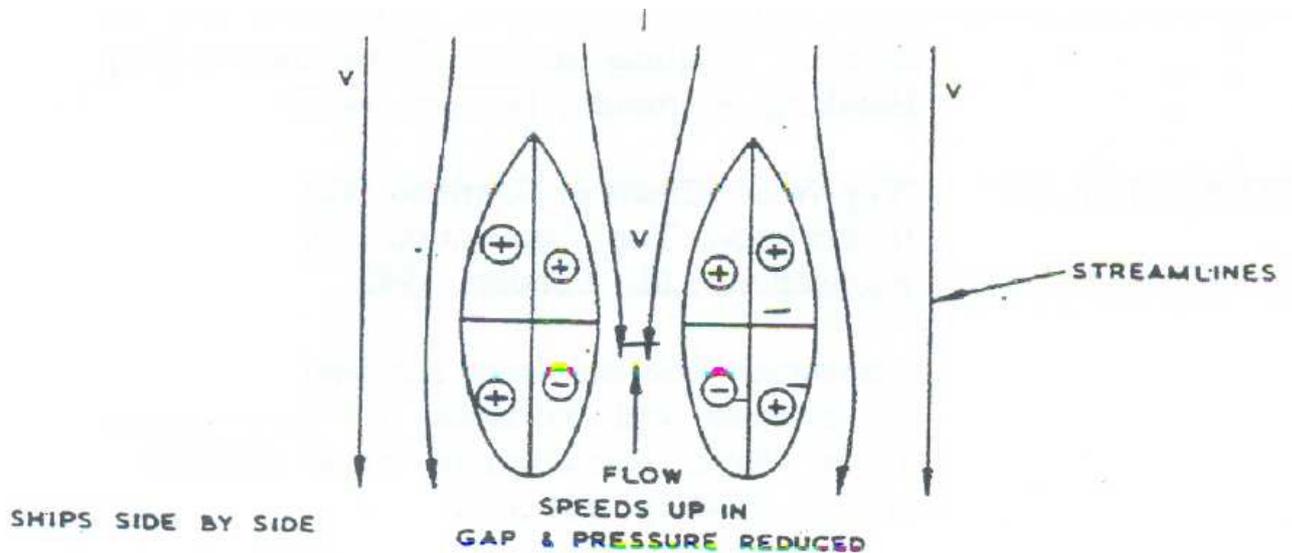


Figura 4

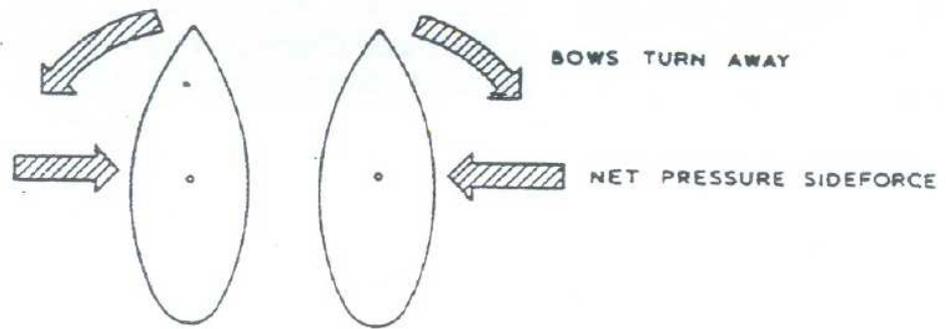


FIG. C
SHIPS SUCKED TOGETHER

Figura 5

Se considerarmos o navio A mais a vante do navio B, vide figura abaixo, o vão onde o fluxo aumentará sua velocidade será entre a alheta de boreste de A e a bochecha de bombordo de B, tendo neste caso uma sucção, fazendo com que a popa de A aproxime-se da proa de B.

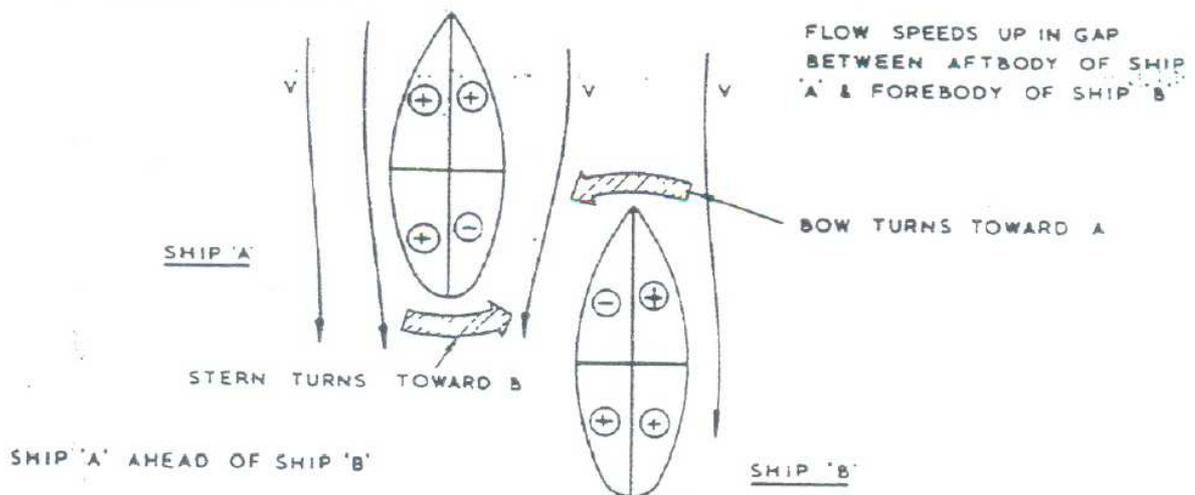


Figura 6

Com base nas informações acima podemos concluir que a interação navio-navio varia de acordo com os seguintes critérios :

- com o quadrado da velocidade, uma vez que é proporcional a pressão dinâmica;
- com o inverso da distância entre os navios;
- com o inverso da raiz quadrada da razão entre a distância da quilha ao fundo sobre o calado

Com isso podemos concluir que:

- quanto mais rápido o navio move-se, mais agravante torna-se o fenômeno da interação;
- quanto maior a distância lateral entre os navios, menos estes sofrerão com a interação;
- quanto maior a distância da quilha ao fundo, maior será o efeito.

6.2 Interação entre os navios navegando Roda a Roda

Como vimos anteriormente, um navio navegando em mar aberto possui duas áreas de pressões positivas nas bochechas, duas áreas negativas no costado e duas áreas positivas nas alhetas. Quando os navios se cruzam, ambos navegando roda-rodas, devido a velocidade ser a máxima o tempo em que estarão um ao lado do outro será o mínimo, o que não provocará significativamente, mudanças na distribuição das pressões em ambos os cascos, logo as pressões positivas das bochechas tendem a afastar as proas.

Com base nos conhecimentos visto, as pressões negativas afastariam os navios, mas devido ao tempo mínimo de interação, estas não produzirão efeito. De modo similar ocorre com as pressões positivas das alhetas que repelem-se tendendo a separar as popas.

Logo, podemos elucidar a interação de navios navegando roda a roda de acordo com as seguintes etapas:

- 1- A interação começa a ser sentida pela proa de ambos os navios, sendo ambas afastadas acompanhadas de um suave aumento em suas velocidades;
- 2- Ao mesmo tempo os navios sentem uma pequena repulsão entre seus cascos;
- 3- Quando os navios estão paralelos, a repulsão entre as proas, torna-se uma sucção e a repulsão é reduzida;
- 4- O momento de repulsão entre as proas retorna ao longo da passagem, mas agora mais acentuado. De fato, isso pode fazer com que ambos os navios mudem de rumo, afastando-se mais. Uma pequena redução de velocidade também pode ser sentida.
- 5- Finalmente, uma fraca sucção acompanhada por uma repulsão pode ser sentida.

Para melhor esclarecer os fatos mencionados acima, observa a figura na página seguinte:

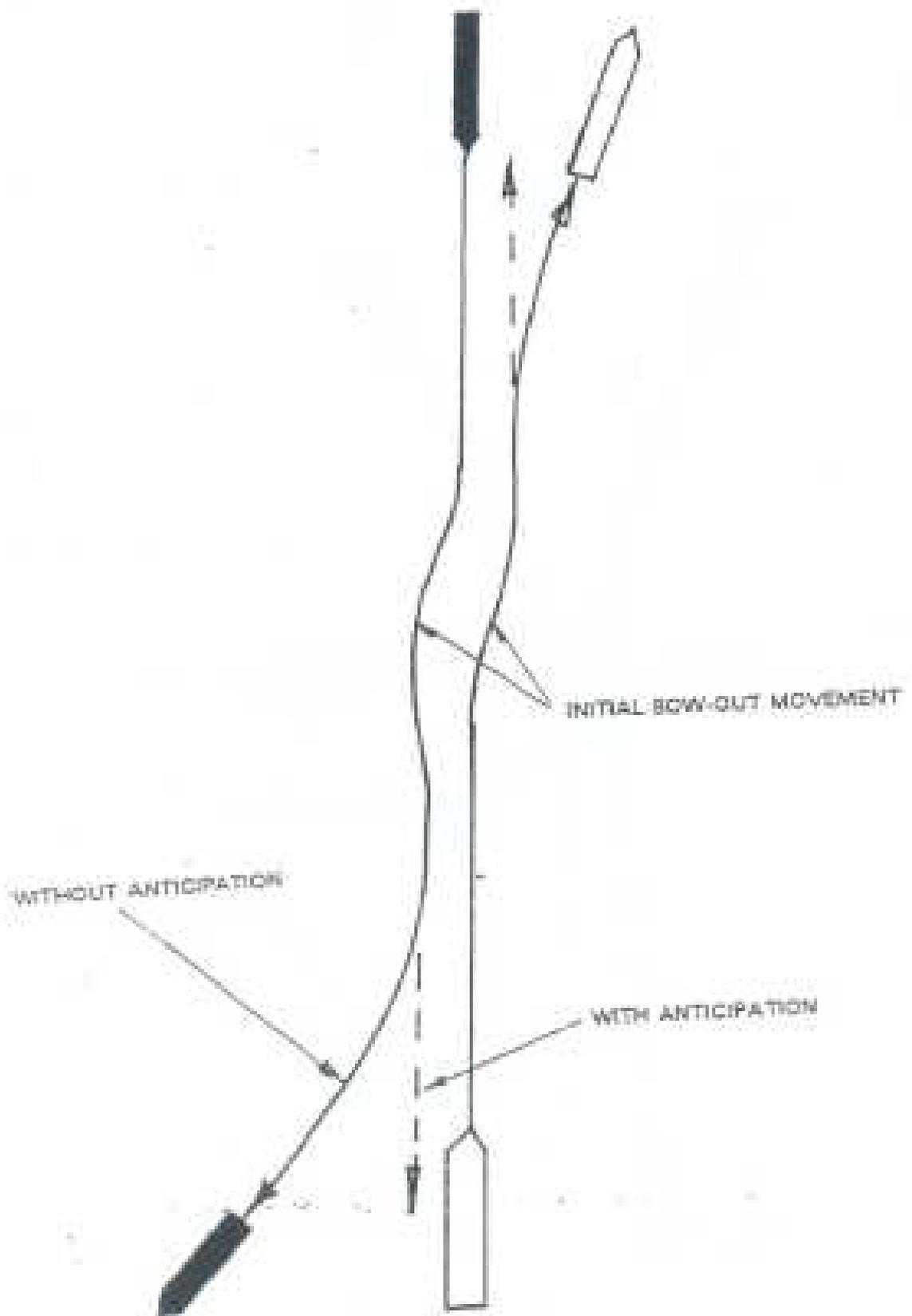


Figura 7

Então, pode-se concluir que neste tipo de interação o navio tem pouco tempo para reagir a todas as forças a que é submetido e que a força que sobressai é o afastamento entre as proas. E devemos estar sempre alertas, pois uma possível perda sobre o controle do navio, se não antecipada, pode levar um ou mais navios a colidirem com bancos de areia ou encalar em águas rasas.

Cabe lembrar que segundo o Regulamento Internacional Para Evitar Abalroamento no Mar, RIPEAM, ambas as embarcações devem guinar para boreste, com suas luzes encarnadas cruzando-se, neste tipo de situação.

6.3 Interação entre navios alcançados

Podemos descrever a interação entre navios alcançados de acordo com os seguintes passos:

1 – Quando o navio que ultrapassará alcança o navio a ser ultrapassado, duas coisas acontecem:

- um pequeno momento de secção entre as proas é experimentado por ambos os navios;
- o navio que ultrapassará aumenta sua velocidade e o ultrapassado manterá a mesma.

2 – A velocidade relativa entre os navios no momento da ultrapassagem pode ser pequena, logo a interação tem tempo para ocorrer neste período crítico, principalmente quando está está no través do outro, o navio ultrapassado pode rumar sua proa na direção do navio que está ultrapassando, podendo ocasionar um sério abalroamento.

Manobras de ultrapassagem devem sempre ser tratadas com cautela. A velocidade relativa é baixa, então os navios devem manter uma distância longe o suficiente para não serem afetados pela interação.

Interação entre navios alcançados depende de sua velocidade relativa: quanto menor, maior a chance de acidentes.

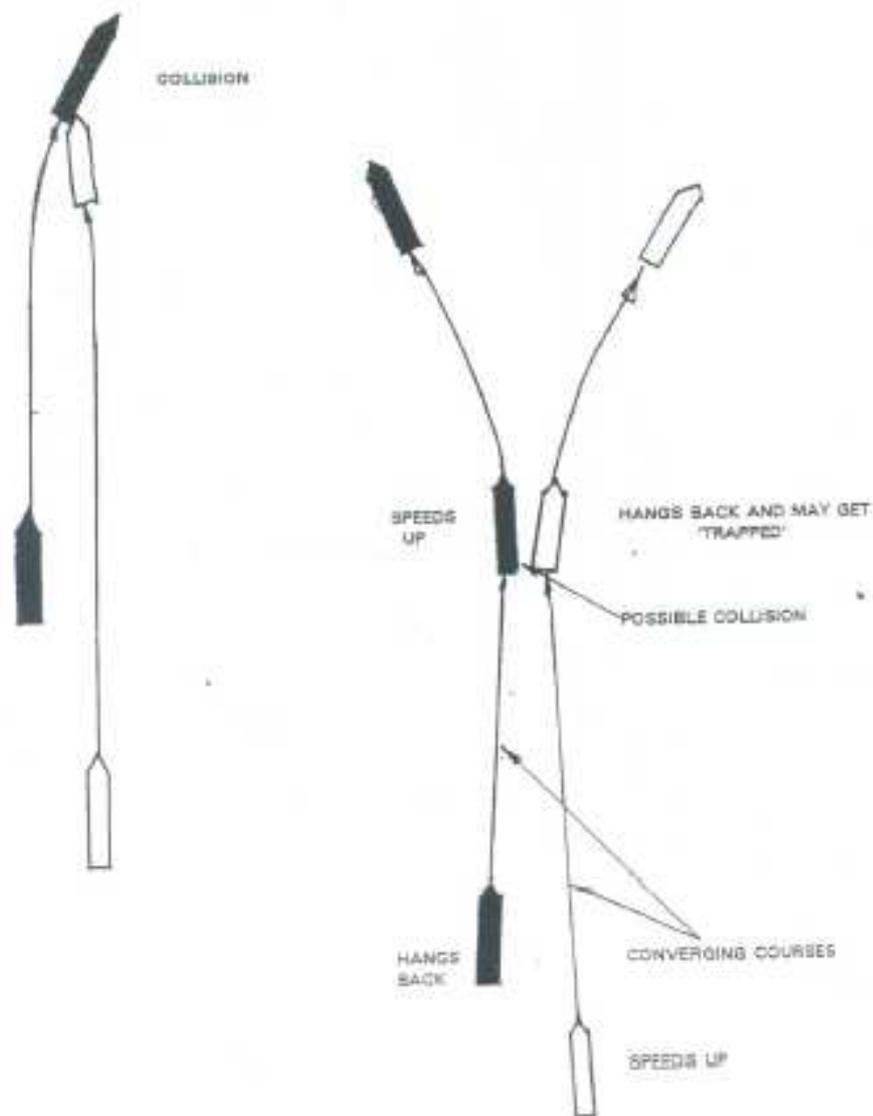


Figura 8

6.4 Interação entre um navio em movimento e outro amarrado ao cais

As forças de interação e os momentos exercidos sobre o navio que está amarrado ao cais, são proporcionais ao quadrado da velocidade do navio em seguimento.

O navio amarrado ao receber as marolas do outro que passa, sofre o efeito *squat* que pode fazê-lo tocar o fundo quando a profundidade abaixo da quilha for pequena. Também serão criadas forças longitudinais que tenderão a deslocar o navio amarrado, mas compensadas pelos cabos de amarração.

Outras forças, transversais, surgirão pelo efeito de interação entre o navio que está com seguimento e o cais, criando um aumento de pressão entre o mesmo e a bochecha do navio amarrado que tenderá a afastá-la do cais.

Quando um navio deve atracar pela proa do outro que já está amarrado, se aproximará do local de atracação com muito pouco seguimento e, se possível, com a máquina parada no momento de passar pelo costado do que está amarrado.

Se a proa do navio amarrado se afasta do cais e se aproxima perigosamente do navio em movimento, será ordenada máquina a vante colocando-se o leme para o mesmo bordo do navio amarrado com a finalidade de afastar a popa.



Figura 9

6.5 Interação entre navios e rebocadores

O rebocador geralmente é bem menor do que um navio assistenciado pelo mesmo e enquanro uma determina profundidade por ser funda para o rebocador, esta pode ser rasa para o navio. Isso significa que o navio terá uma grande interação com o rebocador, e o rebocador irá, naturalmente, não sofrerá bruscas interações com o navio.

Modernos rebocadores tratores ou tratores reversos tem potência e manobrabilidade suficiente para evitar o menor perigo que seja, vindo dos efeitos de interação que eles estão aptos a sofrerem, mas isso não quer dizer que eles não podem ser afetados.

Suponhamos ambos os navios navegando na mesma direção e que o rebocador está situado no través do navio e a pouca distância.

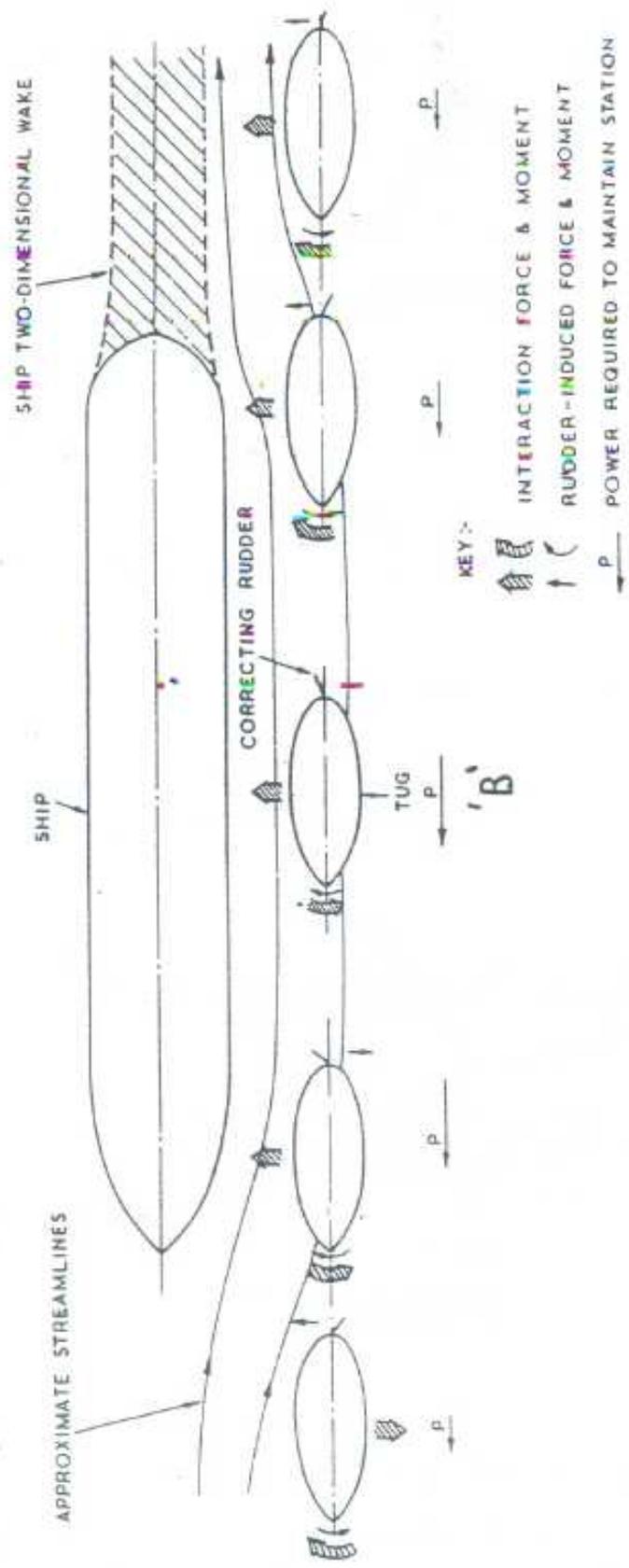
Pelo efeito do fluxo da corrente entre os dois costados será criado um aumento de pressão na bochecha do rebocador que o obrigará a separar sua prova do navio.

O rebocador também sofrerá uma aproximação ao navio pelo efeito de sucção. Se o rebocador se situa na alheta do navio, a parte da proa do rebocador sofrerá uma pressão negativa caindo para cima do navio.

Logo para quaisquer rebocadores e navios com determinada potência e rumo, as forças e interação e momentos serão experimentadas quando os navios estiverem em rumos paralelos.

Claramente existe áreas próximas a proa e popa ou devem ser evitadas.

Em particular, temos interesse na tendência do rebocador girar na direção da proa do navio. Neste caso não é surpresa que rebocadores convencionais foram protagonistas de uma série de acidentes deste tipo por anos. As repentinas mudanças das forças e momentos de interação agindo no navio quando são alteradas as posições à ré e à vante do navio quando em rumo paralelo pode ser realmente um grande problema. Se estas não forem antecipadas pelo timoneiro, o rebocador irá ser deslocado para a proa do navio.



'B' IS POINT OF SAFE APPROACH FOR THE SMALLER VESSEL AS ITS CONTROL ACTIONS WILL COUNTER INTERACTION

TUG - SHIP INTERACTION

Figura 10

6.6 Efeito causado por bancos

Na navegação com um rumo paralelo à margem de um rio ou um canal, surgirão pressões assimétricas em toda a carena, afetando imediatamente o governo do navio.

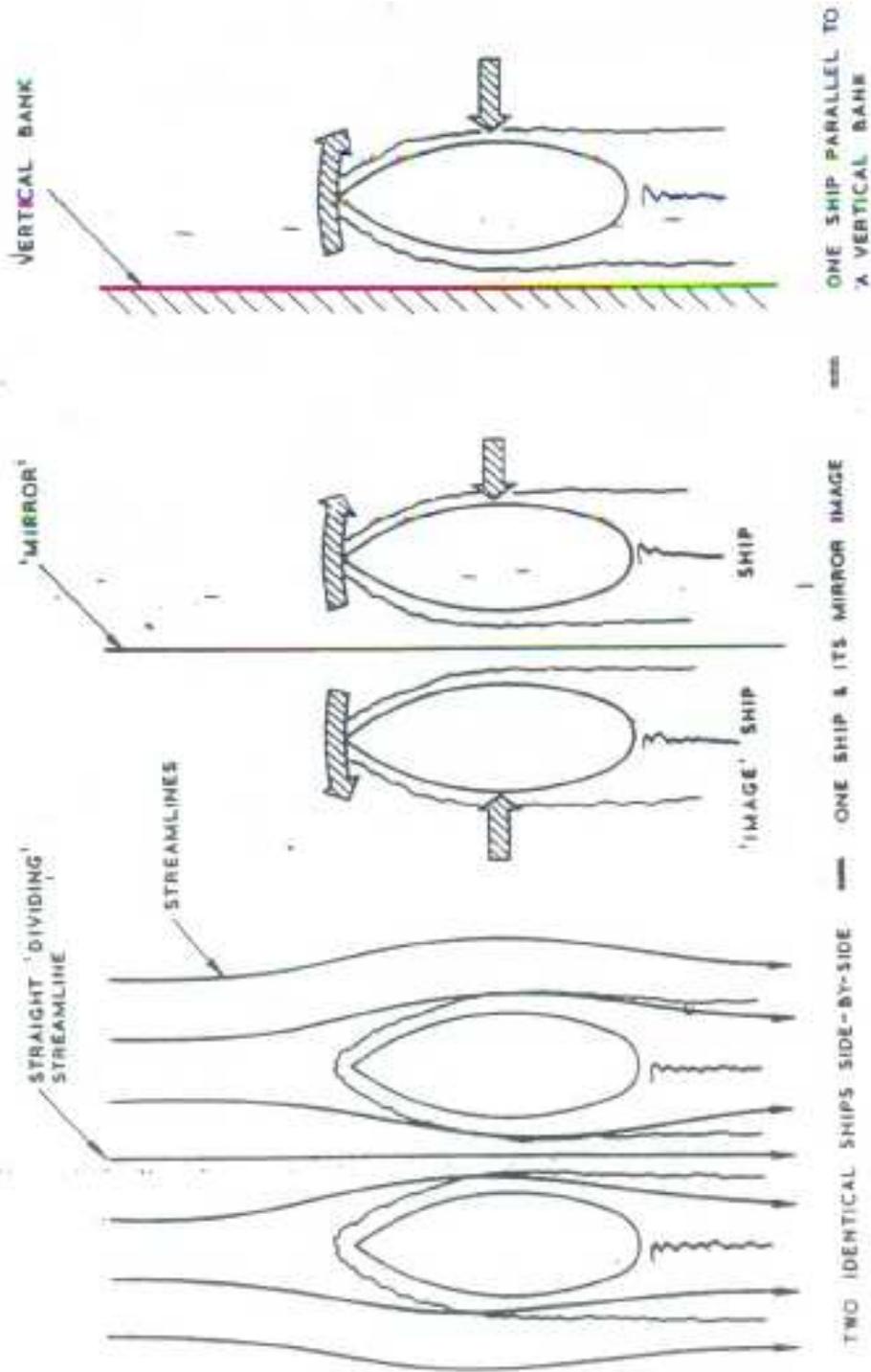
Se supomos dois navios parados e uma massa d'água deslocando-se no sentido de proa popa, ambos os navios tenderão a proximarem-se, devido às pressões laterais externas, ao passo que as proas tendem a afastarem-se.

Poderíamos considerar também como se um navio fosse a imagem refletida do outro e que o espelho fosse um plano que dividisse ambas as imagens simetricamente.

Se, no lugar do espelho, considerarmos uma parede ou um banco vertical, o efeito hidrodinâmico não se alterará e o navio será empurrado para o banco e a proa tenderá a separar-se deste.

Claramente, a navegação ao longo da linha equidistante as margens, meio do banco, deveria evitar o efeito dos bancos, pois os mesmos seriam cancelados por simetria. Porém isso seria verdade se, e somente se o banco for uniforme

Para se compensar esta guinada o leme deverá ser posicionado com um determinado ângulo para o mesmo bordo da margem.



BANK EFFECTS
 COURSE OF SHIP PARALLEL TO LINE OF BANK

Figura 11

6.7 Navios em bacias

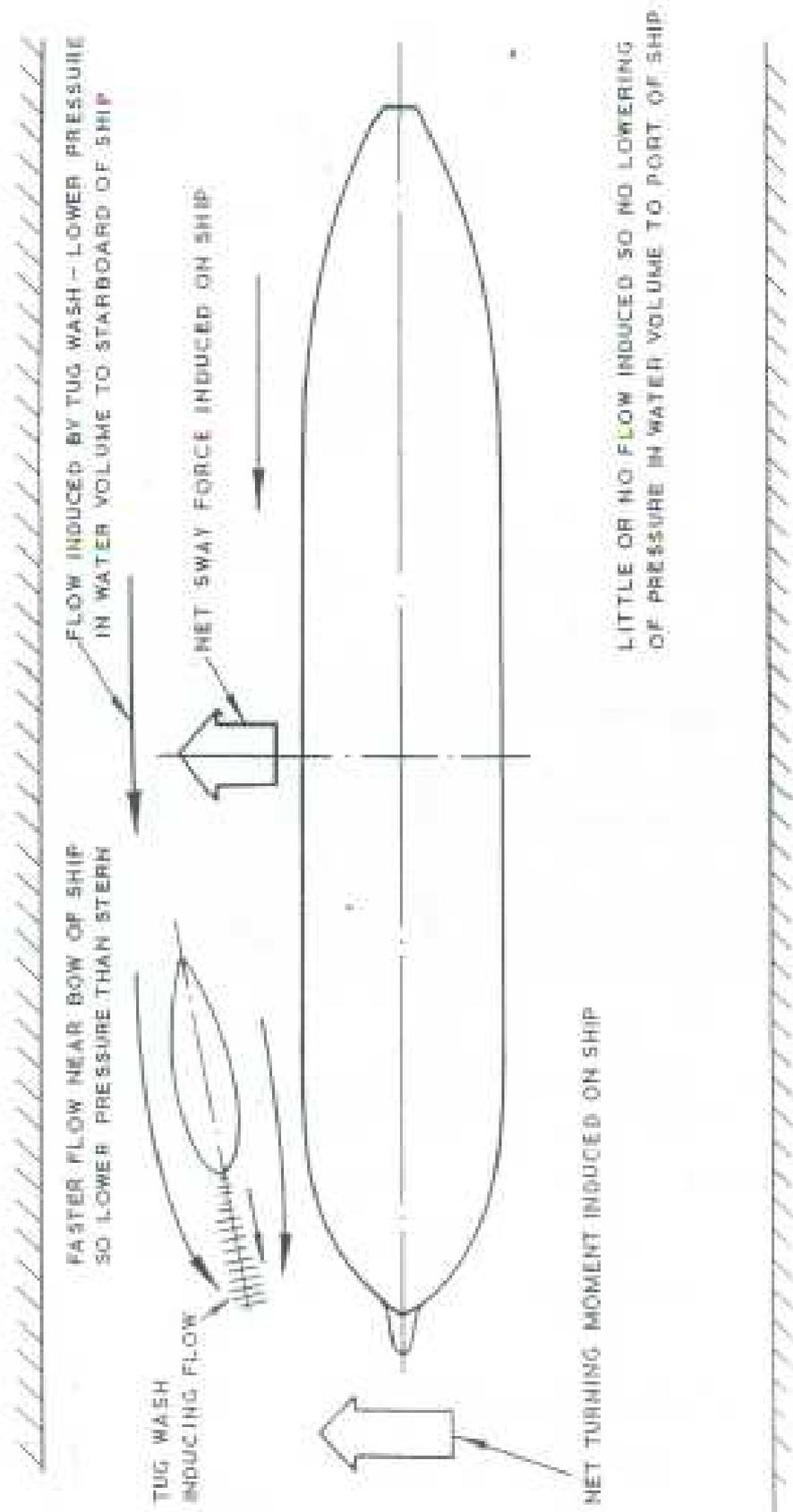
Navios movendo-se em bacias nas quais existem outros navios navegando ou atracados podem gerar efeitos parecidos com interação, como veremos a seguir.

6.7.1 Balanço e manobra

Um navio manobrando sem auxílio dentro de uma bacia, pode utilizar uma combinação de propulsores e thrusters. Isso pode causar ondas que resultam no balanço de navios que aumentará o movimento e mudanças nas pressões. Navios atracados na vizinhança podem sentir essas mudanças de pressão e gerar grandes oscilações em relação as amarras.

6.7.2 Rebocador em ação

Um moderno rebocador portuário é normalmente dotado de um ou mais propulsores ou, atualmente, por dois poderosos thrusters. Em um grande espaço confinado, no momento em que o rebocador está rebocando, principalmente se os cabos o mantêm muito próximo do navio, esses podem se mover de modo inesperado. A figura abaixo mostra a situação modelada fisicamente: ela mostra como o fluxo induzido pelo propulsor causa uma mudança de pressão local a qual afeta o navio. Veja como o navio move-se na direção a qual o navio está puxando. Neste caso, quanto menor a profundidade, mais agravante será o efeito.



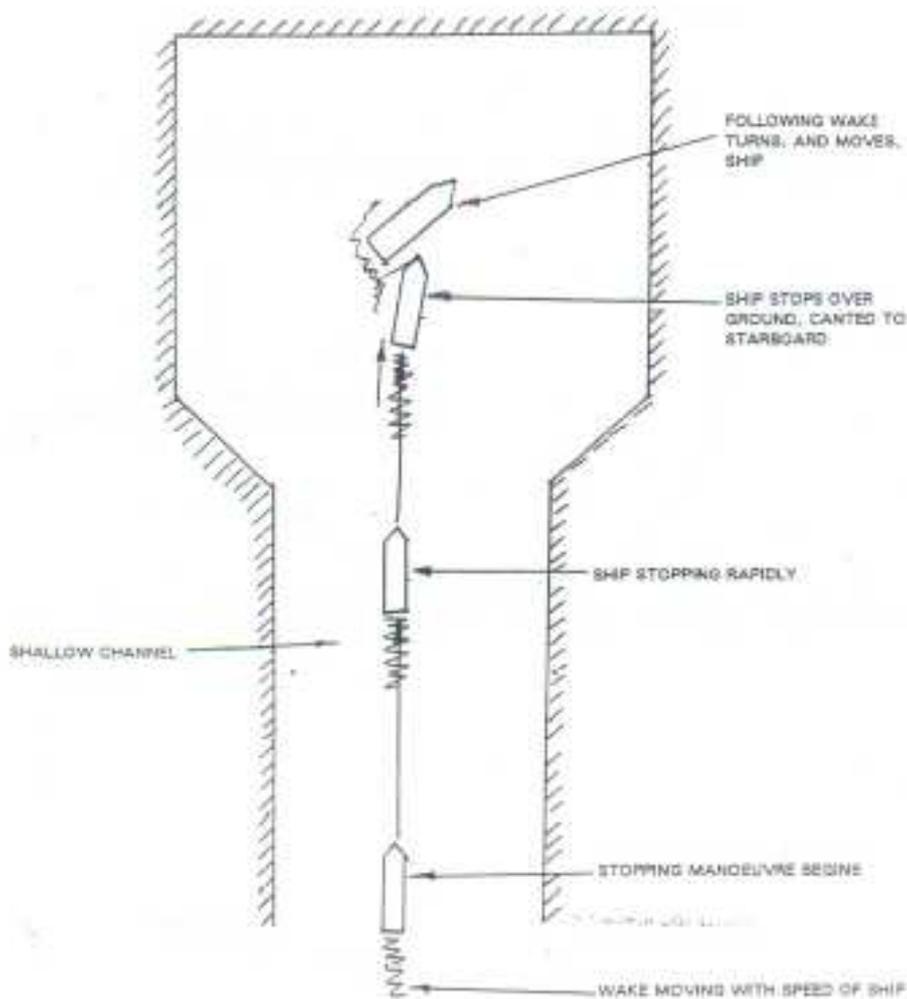
INDIRECT EFFECT OF TUG WASH IN CONFINED WATER

Figura 12

6.7.3 Esteira

Quando um navio está navegando, o mesmo tem a tendência de arrastar uma massa d'água com o mesmo. A água que o acompanha o navio pela popa é denominada esteira.

Se um navio diminui sua velocidade abruptamente, a esteira pode não necessariamente, por inércia, desacelerar no mesmo tempo do navio. A esteira terá o seu tempo para desacelerar, em um tempo maior do que o do navio, neste caso, em águas rasas a esteira terá a tendência de ultrapassar o navio. Isso frequentemente afeta o navio que pode ser empurrado para vante ou, em casos extremos, girar perdendo seu controle de manobrabilidade. Neste caso, devemos reduzir gradualmente a velocidade.



THE FOLLOWING WAKE

Figura 13

6.8 Navegação em canais e rios estreitos

Se um navio segue em um canal raso e estreito, de muralhas altas nas margens, as ondas que se formam na amura encontram alguma resistência na margem mais próxima, repelindo a proa para o bordo oposto. A esta tendência se soma o efeito da corrente de sucção do hélice, que causa um abaixamento do nível da água junto à margem mais próxima, atraindo a popa para esta margem. O resultado é que o navio tende a guinar para o lado da margem mais afastada.

Na figura abaixo vemos um navio ao fazer uma curva fechada. Navegando contra a corrente. Em A, quando a proa atinge a curva, passa a receber a corrente, de través e o resultado é uma guinada forçada para bombordo, quando atinge a outra margem, em B, a corrente que vai à popa, por bombordo, repele a alheta, aumentando a guinada que, então, pode se tornar perigosa.



Passagem numa curva fechada, contra a corrente

Figura 14

Quando o navio faz a curva a favor da corrente, a ação desta auxiliará a guinada desde o momento em que a proa atinja a curva, como se vê na figura abaixo.



Passagem numa curva fechada, a favor da corrente.

Figura 15

Dois navios devem evitar a passagem simultânea numa curva estreita, mas se isto não for possível, o que vai a favor da corrente deve navegar do lado de dentro da curva, como se vê em A, na figura, se o navio está a favor da corrente e vier por fora, há uma tendência dos dois navios para se aproximarem perigosamente, como mencionado e vê-se em B.



Passagem de dois navios numa curva fechada.

Figura 16

6.9 Interação entre um navio e a curva de um canal

Como já foi mencionado, navegando-se em um canal ou rio, a proa tende a separar-se da margem.

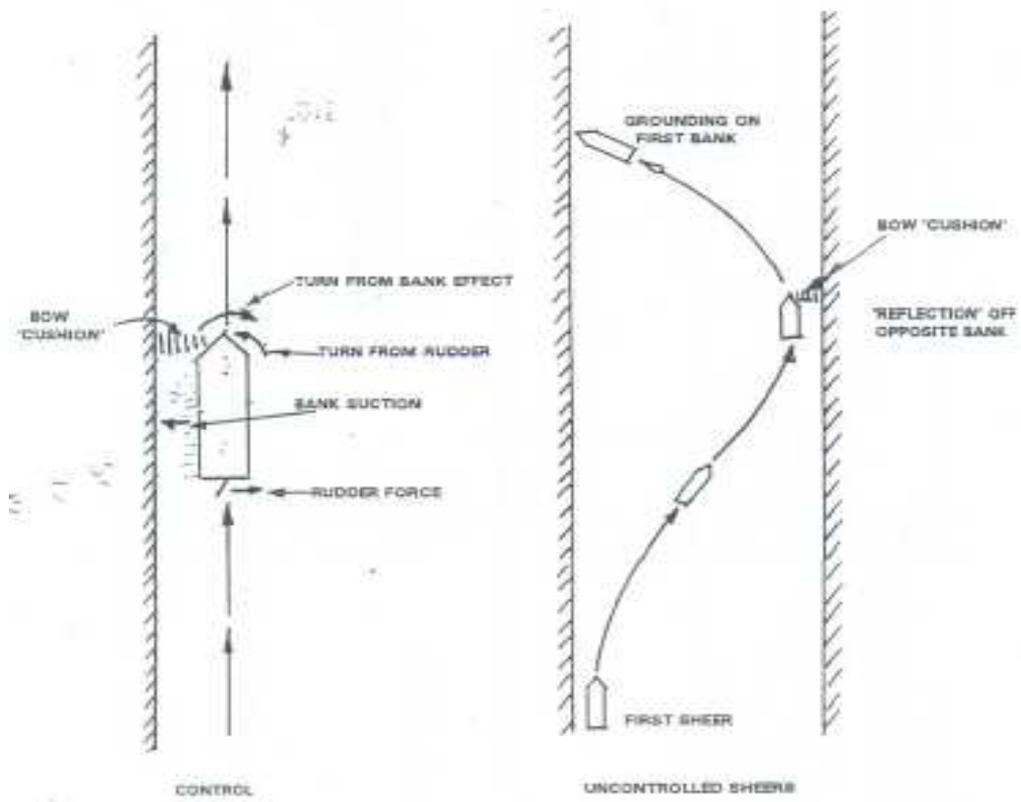
Quando se for navegar por uma curva de um rio ou canal, deveremos aproveitar esta caída da proa para passarmos a uma distância safe da margem. Para que isto aconteça, será necessário colocar-se o leme para o bordo da margem, mesmo que pareça o contrário.

Se o leme for colocado para o mesmo bordo da curva, a proa cairá rapidamente para o centro da curva.



Efeito da interação
ao ser feita a curva
de um canal.

Figura 17



TRACKS DUE TO BANK EFFECT

Figura 18

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que esta alerta com relação ao fenômeno da interação é de suma importância.

Torna-se evidente que os oficiais de náutica devem estar preparados para lidar com esse tipo de situação bem como saber evitá-los.

Evidenciou-se nesse trabalho, o papel fundamental exercido por aqueles possuem o conhecimento ideal para antecipar essas situações.

Foram mostrados vários tipos de interação a fins de se poder fazer um panorama e agregar o conhecimento destas bem como dos perigos em canais e bancos.

Fica a esperança de que haja a conscientização da importância deste tipo de forças, e como proceder, as quais o navio está submetido para não comprometer nenhuma tripulação.

BIBLIOGRAFIA

- 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 - FRAGOSO, Otávio A.; CAJATY, Marcelo. Rebocadores Portuários. Rio de Janeiro: CONAPRA, 2002.
- 5 – Dand, Ian W., Squat Interaction. Londrês: Nautical Institute, 2004.
- 6 - www.oceanica.ufrj.br
- 7 – www.folha.uol.com.br
- 8 – www.wikipedia.com.br
- 9 – www.wolfram.com