

Vinicius do Espirito Santo de Assis

MANOBRABILIDADE DO NAVIO

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: Mestre Henrique Vaicberg

Rio de Janeiro

2013

Vinicius do Espirito Santo de Assis

MANOBRABILIDADE DO NAVIO

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

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador (a): Mestre Henrique Vaicberg

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico esse trabalho a minha família e aos meus colegas de turma por todo o apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido realizar esta obra, a minha família, aos meus amigos, que sempre me apoiam e aos campanhas que estão comigo nesta jornada.

*Existem três tipos de homens: os vivos, os mortos e os que vão
para o mar.*
(Platão)

Resumo

Esta monografia está dividida em dois capítulos que tratam de assuntos relacionados à manobrabilidade do navio.

O primeiro capítulo fala sobre os principais tipos de propulsores utilizados em navios bem como o seu funcionamento.

O segundo capítulo desta obra mostra as ações do leme e do propulsor na manobra do navio. Inicialmente será feita uma análise individual para o leme e outra análise para o propulsor e, em seguida, será feita uma análise da ação conjunta desses dois elementos.

Na análise conjunta das ações do leme e do propulsor, veremos as diferentes combinações: leme carregado ou leme a meio e propulsão à vante ou à ré. Esta análise será feita, considerando embarcações de apenas um propulsor.

Abstract

This monograph is divided into two chapters that explain subjects related to ship maneuverability.

The first chapter is about the main types of propellers used in ships and also about their functioning.

The second chapter of this work shows how the rudder and the propeller act in the ship's maneuverability. At first we will analyze the rudder and the propeller individually and then we will analyze their joint action.

In the joint action of the rudder and the propeller we will study the different combinations: rudder in the fore and aft position and rudder to port or starboard and also the propeller ahead or astern. This analyzes only single propeller ships.

Lista de tabelas

Tabela 2.1 efeitos do propulsor no governo dos navios de um só hélice.....	22
--	----

Lista de ilustrações

Figura 1.1 Propulsor convencional com tubulão- kort	13
Figura 2.1- ação da água sobre o leme	17
Figura 2. 2 – Correntes do hélice, marcha AV	20
Figura 2.3- Correntes do hélice, marcha AR	21
Figura 2.4- Efeito da corrente de descarga sobre a popa, na marcha AR	21
Figura 2.5 Navio e hélice em marcha AR	25
Figura 2.6 – Navio com seguimento para vante e máquinas atrás	27
Figura 2.7 - Navio com seguimento para ré e hélice dando adiante	29

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
1 – Tipos de propulsão utilizadas em navios mercantes.....	12
1.1 – Propulsão convencional.....	12
1.2 – Aperfeiçoamentos empregados nas embarcações convencionais	13
1.3 – Propulsão azimutal ou cicloidal.....	14
1.3.1 – Propulsão cicloidal	14
1.3.2 - Propulsão azimutal	15
2- Governo dos navios de um hélice	16
2.1 - Efeitos do leme	16
2.2 - Efeitos do propulsor	19
2.3 – Ação conjunta do leme e do hélice.....	23
2.3.1 – Navio e hélice em marcha à vante	23
2.3.2 – Navio e hélice em marcha à ré	24
2.3.3 – Navio com seguimento para vante e hélice atrás.....	26
2.3.4 – Navio com seguimento para trás e hélice adiante.....	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
BIBLIOGRAFIA	33

INTRODUÇÃO

Manobrar uma embarcação consiste em mudar seu movimento, seja alterando o rumo, sua velocidade ambos.

Manobrar uma embarcação pode parecer uma coisa simples, mas essa tarefa é composta de uma série de fatores que fazem com que o rumo ou velocidade escolhidos não sejam exatamente iguais aos que vão ser aplicados à embarcação. Os fatores que têm influência no governo de um navio são, de acordo com o Arte Naval:

- efeito do leme;
- efeitos do propulsor;
- corrente de esteira;
- condições de mar e vento;
- calado, trim e banda;
- pouca profundidade; e
- pequena largura de um canal.

A manobra do navio pode ser influenciada também pelas características da própria embarcação, como o tipo de propulsor utilizado, por exemplo. Como vamos ver no capítulo I desta monografia, um navio que utiliza um propulsor cicloidal ou azimutal tem uma manobrabilidade muito maior do que um navio de dispõe apenas de propulsão convencional.

Nenhum dos fatores citados pode ser esquecido, como o vento e a corrente, que se tornam preponderantes nas velocidades moderadas em que o navio em geral evolui. É necessário, portanto lembrar que as propriedades evolutivas de cada navio devem ser determinadas praticamente a bordo. É importante que o comandante conheça seu próprio navio e saiba como ele se comportará em determinadas situações.

Em nossas análises, consideraremos os navios de um hélice com passo direito, que é o caso mais comum; invertendo-se os resultados pode-se estudar a ação do hélice de passo esquerdo.

Capítulo I

TIPOS DE PROPULSORES UTILIZADOS EM NAVIOS

1.1 – Propulsores convencionais

Embarcações convencionais são embarcações que utilizam hélices com eixo fixo, necessitando, portanto, do uso de lemes para efetuar sua manobra, visto que essas hélices não são capazes de direcionar sua descarga. São os mais antigos ainda em uso. Essas embarcações podem ser dotadas de um ou mais hélices.

Devido sua limitada capacidade de manobra, muitos países desenvolvidos têm, progressivamente, substituído esse tipo de propulsor por azimutais e cicloidalis. Além da manobra, encontra-se uma grande limitação em relação à sua estabilidade, podendo, em certos tipos de operações, emborcar.

Quando utilizado em rebocadores, tem pouca eficiência da força de tração à ré, que costuma ser bastante inferior quando comparada à força de tração à vante.

Rebocadores com dois hélices fixos possuem as mesmas características dos rebocadores de apenas um eixo, porém apresentam uma grande melhoria em sua manobrabilidade e segurança tendo em vista que se pode utilizá-los com regime de máquinas diferenciado.

Existem ainda rebocadores com três propulsores são encontrados em alguns portos brasileiros, atuando com bons resultados. Neste caso, pode operar de duas maneiras. A primeira consiste em utilizar os três propulsores com a mesma potência. A segunda forma consiste em utilizar o propulsor central com uma potência maior que os laterais. Neste caso, o propulsor central é responsável pela propulsão enquanto os laterais auxiliam na propulsão. Nos demais aspectos, os rebocadores de três hélices se comportam como os de dois hélices.

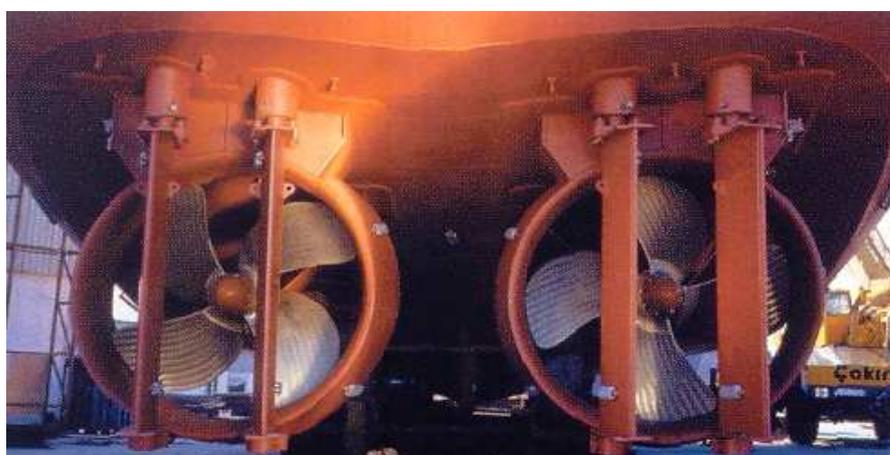
1.2- Aperfeiçoamentos empregados nas embarcações convencionais

Para atenuar os problemas de manobrabilidade enfrentados por embarcações convencionais, alguns aprimoramentos foram desenvolvidos. Uma dessas invenções foi o leme de flanco, que são lemes adicionais introduzidos ante à vante do propulsor, além dos lemes já existentes na posição tradicional. O objetivo desse advento é direcionar melhor o fluxo de água com regime de máquinas à ré, promovendo um aumento de governabilidade. São principalmente utilizados em embarcações com dois eixos.

Um outro melhoramento introduzido foi o conhecido leme flap, que possui uma porção posterior que se move até atingir um maior ângulo de ataque. Os lemes flap possuem uma área aproximadamente um terço maior que o leme convencional e possibilita um ângulo de ataque de até 70° sem estolar. No leme convencional, esse ângulo não ultrapassa 35°. Esse aumento no ângulo de ataque melhora bastante a sustentação e proporciona um maior thrust.

Os tubulões - kort também são bastante utilizados. Consiste de tubos fixos que envolvem os hélices, retirando parte da turbulência do fluxo de descarga, proporcionando um ganho de tração de até 30%. Apesar desse aumento de tração, seus lemes perdem parte da eficiência, fazendo-se necessário o uso de um sistema de governo mais eficiente. Esses tubulões podem ser utilizados em conjunto com um sistema towmaster, que são um conjunto de lemes colocados à vante e à ré do tubulão, proporcionando um ganho no governo e na força de tração à ré.

Figura 1.1 Propulsor convencional com tubulão- kort



Fonte: Rebocadores Portuários p. 17.

1.3– Propulsão Azimutal ou Cicloidal

Apresentam grandes vantagens quando comparados com propulsores convencionais tanto no que diz respeito à manobrabilidade quanto à força de tração, inclusive à ré. Esses melhoramentos são possíveis devido ao fato de que seus eixos não são fixos, o que possibilita projetar uma descarga em todos os azimutes, conforme necessário, dispensando o uso de leme. No caso dos propulsores convencionais, essa descarga só é possível no sentido longitudinal da embarcação, devendo esse fluxo de água ser redirecionado pela ação do leme.

Geralmente possuem dois thrusters, o que possibilita, além da excelente manobrabilidade gerada pelo propulsores, que a embarcação se desloque lateralmente.

São extremamente mais seguros que os propulsores convencionais, podendo ser utilizados em navios com mais velocidade, além de possuírem a capacidade de se deslocarem de popa sem grande perda de tração.

Possuem motores potentes e econômicos, com ótima tração estática. São preferidos pela facilidade de manobra, porém são bem mais caros que os convencionais.

1.3.1- Propulsão cicloidal

Os rebocadores tratores possuem sua propulsão abaixo da parte de vante do casco, a qual é formada por um sistema de lâminas vertical, ou sistema de propulsão cicloidal, chamado de *Voith Schneider*. A criação dessa espécie de rebocador possibilitou a supressão das limitações dos rebocadores convencionais.

A principal vantagem do uso deste sistema, além de poder atuar avante ou para ré sem perder força de tração, é a velocidade com que as alterações do sentido da aplicação e da intensidade da força podem ser feitas.

Suas desvantagens são, principalmente, um grande calado proporcionado por suas lâminas verticais mais suas devidas proteções, além do formato do casco que prejudica a

interação hidrodinâmica. Além disso, possui uma relação entre tração estática e potência do motor inferior à dos outros sistemas de propulsão.

1.3.2- Propulsão Azimutal

Seu funcionamento e as características de atuação, do ponto de vista da utilização em manobra, não diferem muito entre o *Voith Schneider* e o azimutal. Observa-se, entretanto, que o calado do trator azimutal pode ser consideravelmente menor, o que faz diferença em áreas de propriedades.

Tem também a vantagem de economizar espaço na praça de máquinas, pois tem sua maquinária localizada fora do navio e economizam combustível, pois costuma ser elétricos.

CAPÍTULO II

GOVERNO DOS NAVIOS DE UM HÉLICE

2.1- Efeitos do leme

Estudaremos o leme desprezando as influências dos demais fatores, inclusive os hélices.

Considerando um navio com marcha AV e leme a meio. Nesta situação, O casco estará submetido a duas forças opostas: a força de propulsão para vante e a resistência oferecida pelo meio líquido.

Se o navio estiver em movimento uniforme, consideram-se essas duas forças iguais. Como o casco é simétrico, a resistência à propulsão é igual nos dois bordos, e o navio se move em linha reta.

Quando o navio está em movimento e se carrega o leme para um dos bordos, a água passa a exercer uma forte pressão sobre a porta do leme. Esta pressão pode ser decomposta em duas componentes, uma paralela e outra perpendicular à porta. A primeira constitui uma resistência de atrito, semelhante à dos filetes líquidos na carena e, neste caso, de importância desprezível. A segunda é a pressão normal, que se decompõe também em duas outras; uma componente transversal ao casco, empurrando a popa para o bordo contrário àquele para onde foi o leme (isto produz a guinada do navio, além de um abatimento para esse bordo), e outra longitudinal ao casco, constituindo uma resistência à propulsão do navio. Portanto, quando se dá o leme para um bordo, com o navio com marcha adiante, a proa guina para esse bordo, a velocidade diminui e há um ligeiro abatimento do navio para o bordo oposto.

Quando se tem marcha AR, o efeito do leme é o contrário do descrito acima: quando se carrega o leme para um dos bordos, a pressão normal se exerce de ré para vante sobre a porta do leme, obrigando a popa a guinar para o bordo em que se deu o leme. Portanto, a proa guina para o bordo contrário àquele em que se pôs o leme. Para a mesma velocidade, a ação evolutiva do leme com o navio em marcha AR é muito menor

do que na marcha AV. Neste caso (fig.1), os filetes líquidos, depois de contornarem o costado, vão ter diretamente ao ângulo formado pelo leme e o cadaste, criando uma reação favorável à evolução. Na marcha AR, ao contrário, os filetes líquidos contornam a face externa do leme, deixando na face interna uma zona de águas mortas.

Figura 2.1- ação da água sobre o leme



Fonte: Arte Naval, pg. 580

A pressão normal e, portanto, a amplitude da guinada do navio depende do ângulo do leme, da velocidade dos filetes líquidos, que varia com a velocidade do navio, da área do leme e da forma da popa. Contudo, a ação evolutiva do leme depende de sua forma, isto é, da relação entre a altura e o comprimento da porta.

Teoricamente, a pressão normal aumenta com o ângulo do leme até 45° . Mas na prática verifica-se que isto não acontece.

Após uma certa deflexão do leme, os filetes líquidos que passavam suavemente pela sua superfície começam a borbulhar e a pressão normal torna-se irregular, reduzindo o aumento da ação evolutiva à proporção que cresce o ângulo do leme.

Os lemes altos e estreitos têm maior efeito de guinada do que os lemes baixos e largos de mesma área, nos ângulos de leme pequenos. Contudo, os primeiros sofrem borbulhos em ângulos moderados, o que limita o emprego de lemes muito altos em

relação à largura. Por outro lado, os lemes baixos e largos, que só borbulham em ângulos maiores, usualmente atingem maior efeito evolutivo do que os lemes altos e estreitos, antes de ocorrerem borbulhas.

Devido a esses fatores, por causa do aumento da resistência à propulsão e das limitações que a forma da popa apresenta, o ângulo máximo do leme não costuma ser maior que 35° , raramente chegando a 40° . Os navios de guerra, que têm a forma uma forma da popa exige lemes baixos têm o máximo efeito num ângulo que varia entre 30° e 35° . Os navios mercantes, que não precisam ter as mesmas qualidades evolutivas e cuja forma da popa permite colocar lemes mais altos, têm o ângulo máximo do leme entre 25° e 30° .

Comparando dois navios de mesmo tamanho, os de menor velocidade devem ter maior área do leme, porque a pressão normal varia com o quadrado da velocidade do navio.

A forma da popa também influencia a ação do leme, pois esta pode formar redemoinhos e águas mortas, reduzindo a pressão normal. É o que acontece no caso dos batelões e de certas embarcações de popa quadrada, que têm lemes relativamente grandes.

Navios com forma em **V** das seções do casco AR, junto ao cadaste, têm maior estabilidade de rumo. Os navios com a popa desta forma têm menor tendência a cabecear em mar grosso, mas oferecem maior resistência à ação evolutiva do leme. Por isto é que estas seções em **V** na popa desaparecem em certos tipos de navios, como os contratorpedeiros, que têm a popa em balanço.

O centro de pressão do leme fica situado sempre abaixo do centro de gravidade do navio. Por isso, no início de uma guinada estabelece-se um momento de inclinação do navio (banda) para dentro da curva de giro. Normalmente este ângulo de inclinação é pequeno. Com a continuação da guinada, uma força centrífuga vai se estabelecendo, aplicada no centro de gravidade do casco, que não só anula a inclinação inicial do navio para dentro como gera uma inclinação para o bordo contrário. O ângulo máximo desta inclinação é alcançado logo após o primeiro balanço do navio de dentro para fora da curva, porque o navio se inclina além da posição de equilíbrio estático, devido à sua inércia de massa. Se o leme for trazido a meio neste instante, desaparece o momento de inclinação para dentro da curva de giro, o que pode resultar num ângulo perigoso de inclinação para fora.

Numa curva fechada em alta velocidade não se deve tentar quebrar a guinada, pois sua ação resultará justamente no aumento desta inclinação. A única manobra que se impõe neste caso é reduzir a velocidade sem alterar o leme até que o navio comece a voltar à posição direita. A força centrífuga varia com o quadrado da velocidade e por isto pode-se avaliar a influência que a redução da velocidade terá nesta manobra. É importante lembrar que a guinada de um navio não depende somente do ângulo do leme e da pressão normal sobre este, mas também do tempo empregado para carregar o leme.

2.2 - Efeitos do propulsor

Considerando um navio de um só propulsor, o movimento do hélice no meio líquido determina o seguinte:

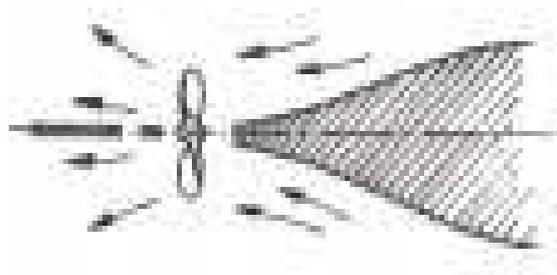
O hélice, quando começa a girar, põe a porção de água em que está imerso em movimento, dando origem a uma corrente de descarga, que é lançada axialmente para trás pela ação das pás. No lugar desta massa líquida vão afluindo novas massas de água, estabelecendo-se uma corrente de sucção. Esta última tem a direção sensivelmente paralela ao eixo do hélice, enquanto que a corrente de descarga participa do movimento rotativo das pás, tomando uma direção diagonal à quilha. Estas correntes são dirigidas para ré, com máquinas adiante, e para vante, com máquinas atrás.

a) Máquinas adiante:

Neste caso, a corrente de sucção não tem ação no governo do navio, pois é paralela ao eixo (fig.2). A corrente de descarga é lançada na superfície do leme, produzindo um esforço que tende a levar a popa para um bordo, se ele está a meio, ou aumenta o efeito do leme, se ele tem qualquer ângulo. Estando o leme a meio, há dois efeitos opostos. As pás do hélice que estiverem no alto movem-se de BB para BE (hélice de passo direito), lançando a água sobre a face esquerda do leme; as pás embaixo movem-se em sentido contrário, jogando a água sobre a face direita do leme. Em geral prepondera o efeito das pás de baixo, isto é, na marcha AV, estando o leme a meio, a

popa tende a cair para BB, principalmente quando o navio está em lastro (com pouca carga, o hélice aflora na superfície).

Figura 2. 2 – Correntes do hélice, marcha AV



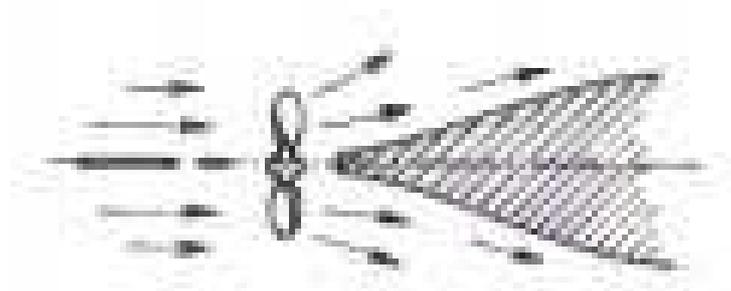
Fonte: Arte Naval pg. 582

b) Máquinas atrás

Com máquinas atrás, a corrente de sucção não exerce nenhum efeito no governo do navio se o leme estiver a meio, pois corre paralelamente a ele (fig. 3). Com o leme para um bordo, a corrente de sucção, dirigindo-se de ré para vante sobre o leme, tem grande ação evolutiva, aumentando o efeito dele.

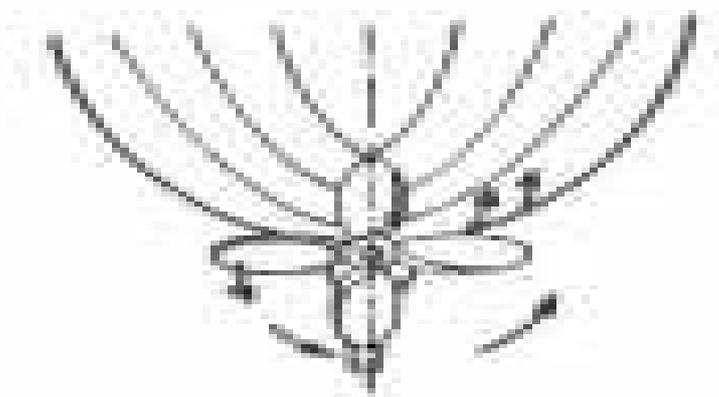
A corrente de descarga, na marcha a ré, é dirigida contra a popa e, como ela participa do movimento rotatório do hélice, o efeito das pás que estão no alto é fazer cair a popa para BB (fig. 4), e o das pás embaixo é o contrário. Em geral a popa tem a forma muito cheia em cima e fina embaixo (popa em V), preponderando o efeito das pás mais altas, pois a água lançada pelas pás inferiores passa por baixo da quilha. Portanto, na marcha AR, com o leme a meio, a popa tende a cair para BB. Este efeito é aumentado pela pressão lateral das pás.

Figura 2.3- Correntes do hélice, marcha AR



Fonte: Arte Naval pg. 582

Figura 2.4- Efeito da corrente de descarga sobre a popa, na marcha AR



Fonte: Arte Naval pg. 582

c) Pressão lateral das pás

A rotação do hélice origina reações na água no sentido transversal, podendo-se diferenciar as reações causadas pelas pás no alto das reações causadas pelas pás que estão embaixo, porque elas se exercem em sentidos opostos. Como as pás inferiores giram em maior profundidade (sob pressão maior), exercem maior esforço na água e,

por isso, na marcha AV, nos navios de um só hélice (de passo direito), a tendência é ser a popa empurrada para BE; na marcha AR, o efeito é o inverso.

Contudo, o efeito da pressão lateral não tem importância na prática, a não ser quando as pás no alto ficam emersas (navio em lastro), ou quando essas pás agitam a superfície da água nos primeiros momentos ao se pôr em marcha o navio.

d) Corrente da esteira

O navio, quando está em movimento, arrasta consigo certa massa de água, em virtude do atrito da carena na água, originando-se uma corrente chamada corrente da esteira. Ela depende da área de flutuação e, portanto, atinge seu máximo volume e velocidade máxima na linha d'água no navio, decrescendo até a quilha, onde é praticamente nula. É muito difícil calcular o valor exato da velocidade desta água arrastada, mas alguns autores avaliam em 1/10 da velocidade do navio.

Na marcha AV a corrente da esteira origina-se na popa; ela reduz a velocidade dos filetes líquidos resultantes do movimento do navio, diminuindo o efeito do leme. Como é maior nas proximidades da linha d'água do navio, ela aumenta a pressão sobre as pás superiores do hélice. Por isso é que o efeito da pressão lateral das pás não é sensível com o navio em movimento e o hélice bem mergulhado.

A tabela 1 (extraída do Arte Naval, página 583) apresenta um resumo dos efeitos do propulsor no governo dos navios de um só hélice (de passo direito).

Tabela 2.1 efeitos do propulsor no governo dos navios de um só hélice

Ação do propulsor	Marcha AV	Marcha AR
Corrente de sucção, do hélice	não tem efeito	não tem efeito, com o leme a meio; aumenta a ação do leme, se ele tem ângulo
Corrente de descarga, do hélice	a popa tende a cair para BB, com o leme a meio; aumenta a ação do leme, se ele	a popa tende a cair para BB

	tem ângulo	
Pressão lateral das pás (só tem efeito sensível no início do movimento, ou se as pás no alto ficam emersas)	a popa tende a cair para BE	a popa tende a cair para BB
Corrente da esteira	neutraliza a pressão lateral das pás; reduz a ação do leme	não tem efeito

Fonte: Arte Naval página 583

2.3- Ação conjunta do leme e do hélice

Após analisar as ações do leme e do hélice individualmente, veremos agora a ação conjunta do dois, porém desconsiderando as demais influências como vento e corrente. Essas ações podem ter variações de navio para navio, mas as apresentaremos de forma geral. Analisaremos as diferentes situações:

- (1) navio e hélice com marcha a vante;
- (2) navio e hélice com marcha a ré;
- (3) navio com seguimento para vante e hélice dando atrás; e
- (4) navio com seguimento para ré e hélice dando adiante.

2.3.1- Navio e hélice em marcha à vante

Nesta situação, pode-se dizer que os efeitos do propulsor não têm ação sensível no governo do navio, que é executado pelo leme. Porém existem exceções em certas situações, que veremos a seguir.

Leme a meio: com o leme a meio, partindo do repouso, ao partir com máquinas adiante, a proa tende a guinar para BB, por causa da pressão lateral das pás. À medida que a velocidade é aumentada, esta tendência desaparece gradualmente (devido à corrente da esteira), e a meia velocidade pode-se admitir que o hélice não tem efeito evolutivo algum. Contudo, parece que alguns navios adquirem, nas altas velocidades, certa tendência para guinar para BE.

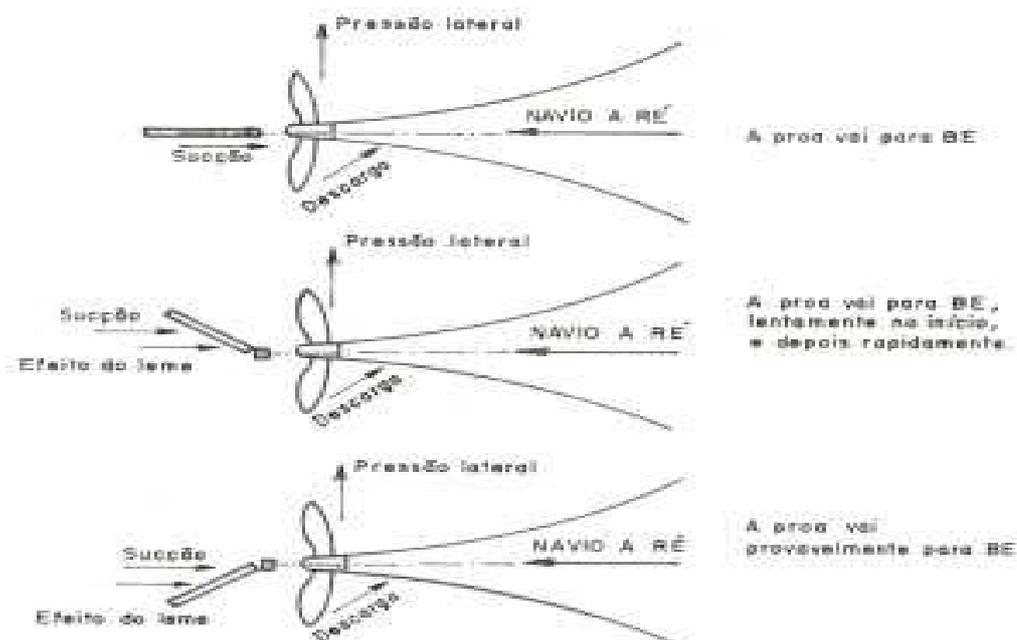
Leme para um dos bordo: Estando o leme carregado para um dos bordos e o navio parado, quando se der máquinas adiante, a corrente de descarga do hélice incidirá sobre a porta do leme, com uma força bem maior que a da pressão lateral das pás, e a proa guinará para o bordo em que foi carregado o leme. Esta guinada se dá mais facilmente para BB do que para BE, porque o efeito da pressão lateral se soma à ação da corrente de descarga sobre o leme. À medida que o navio adquire seguimento, o efeito do leme devido ao movimento do navio gradualmente se sobrepõe aos efeitos do propulsor e o governo dependerá inteiramente da ação do leme.

Quando se manobra em um canal, o efeito da corrente de descarga pode ser aproveitado, ou, quando partindo do repouso, quer-se levar a proa para barlavento antes que o navio adquira velocidade. Esta manobra é difícil com vento fresco, mas pode ser tentada se primeiramente o leme for carregado para um dos bordos (se possível para BB) e logo a seguir o hélice der adiante toda força. Com isto se obtém o máximo efeito da corrente de descarga sobre o leme.

2.3.2- Navio e hélice em marcha a ré

Conforme dito anteriormente, a ação do leme é muito menor na marcha a ré do que na mancha a vante. Por isso, torna-se mais importante a influência do hélice no governo do navio. Como a corrente da esteira passa a se formar na proa, ela não exerce qualquer influência no governo. Fica, então, o navio submetido às seguintes ações: (1) ação do leme, que tende a levar a popa para o bordo em que foi carregado; (2) a corrente de sucção, que se soma ao efeito do leme, como se vê na figura; (3) a corrente de descarga, que vai sempre incidir sobre a carena, na popa, a BE; e (4) a pressão lateral das pás, que tende a levar a popa para BB, na marcha a ré.

Figura 2.5 Navio e hélice em marcha AR



Fonte: Arte Naval (página 585)

É importante lembrar que, na marcha a ré, o efeito do leme depende muito da velocidade do navio, podendo-se distinguir duas situações bem distintas: (1) a ação do leme é quase nula quando o navio começa a dar atrás, partindo do repouso, ou nas velocidades moderadas; e (2) a ação do leme só se faz sentir quando o navio tem muita velocidade para ré. Vejamos, assim, o que se passa nas três posições do leme:

- Leme a meio: a popa vai lentamente para BB (e, portanto, a proa guina para BE), no início do movimento e com qualquer seguimento do navio para ré. Isto porque a pressão lateral das pás se soma ao efeito da corrente de descarga, que incide contra a carena a BE, como se vê na figura.

- Leme a BB: a popa vai para BB, muito lentamente no início do movimento, por efeito da pressão lateral das pás, da corrente de descarga na popa e da corrente de sucção sobre a face posterior do leme. Quando o navio tem boa velocidade para ré, a ação do leme se soma a essas forças, levando a popa mais rapidamente para BB.

- Leme a BE: neste caso, a popa tende a ir para BB por influência da pressão lateral das pás e da corrente de descarga, e para BE pela ação da corrente de sucção, a esta se

somando o efeito do leme, quando o navio tem bom seguimento para ré. Geralmente predominam as duas primeiras ações, isto é, a popa vai para BB (e a proa guina para BE).

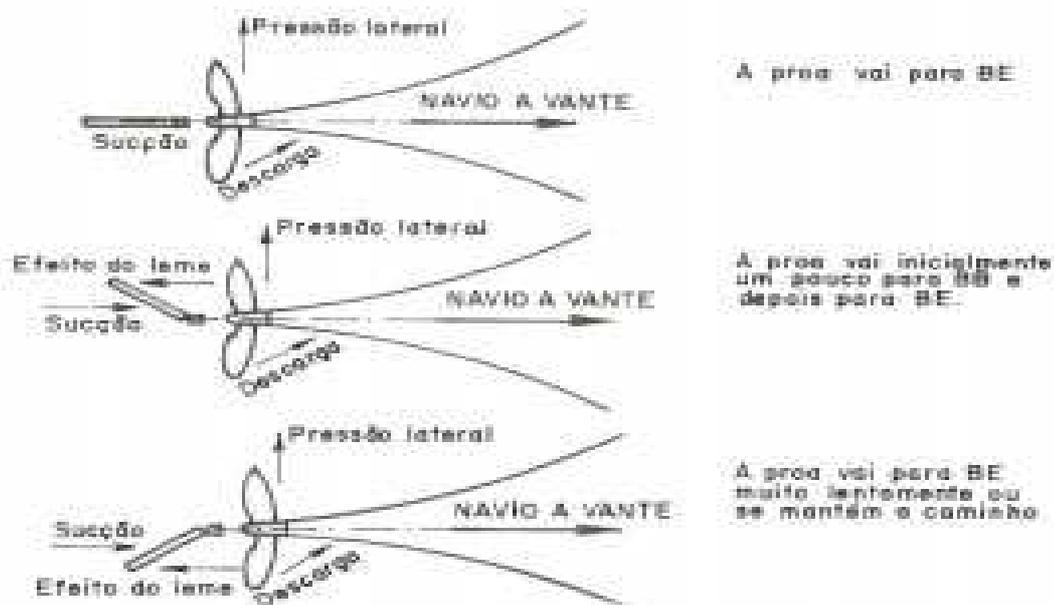
O efeito do leme aumenta com a velocidade do navio; porém, ainda que ele seja todo carregado para BE, a popa vai para BB, a não ser que seja grande a velocidade a ré, ou que se pare repentinamente a máquina (para anular a corrente de descarga e a pressão lateral), o que nem sempre convém fazer.

2.3.3- Navio com seguimento para vante e hélice atrás

Nesta situação, as forças que intervêm no governo do navio são:

- (1) a ação do leme, que, em todas as situações de seguimento para vante, tende a fazer guinar a popa para o bordo oposto àquele para que foi carregado;
- (2) a corrente de sucção, que neste caso contraria a ação do leme, como se vê na figura, ou não tem efeito algum, se o leme estiver a meio;
- (3) a corrente de descarga, que incide na popa, a BE; e
- (4) a pressão lateral das pás que, como a anterior, leva a popa para BB.

Figura 2.6 – Navio com seguimento para vante e máquinas atrás



Fonte: Arte Naval (página 586)

Dependendo da velocidade do hélice e do momento em que seja carregado o leme, o navio pode se comportar de modos diferentes. Inicialmente estudaremos as três posições do leme, supondo o seguinte:

- (1) que o hélice desenvolve toda a velocidade, tanto adiante como na marcha a ré; e
- (2) que o leme é carregado para um dos bordos no mesmo momento em que se inverte a marcha do hélice.

Leme a meio: a proa guina lentamente para BE, por efeito da pressão lateral das pás e da corrente de descarga, como se vê na figura. Esta guinada não se inicia imediatamente porque, tendo o navio grande velocidade para vante, a pressão lateral sofre a influência da corrente da esteira.

Leme a BB: a proa tende a guinar para BB por ação do leme e para BE por efeito da pressão lateral das pás, da corrente de descarga a BE na popa e da corrente de sucção na face posterior do leme. Sendo grande a velocidade do navio, predominará a ação do leme no início da manobra. Mas esta preponderância terá pouca duração porque o navio perde seguimento rapidamente e a proa guinará para BE. Portanto, o navio segue para BE do rumo inicial antes de parar.

Leme a BE: a proa tende a guinar para BE, por ação do leme, da pressão lateral das pás e da corrente de descarga, mas a corrente de sucção tem o efeito contrário. Com a perda de velocidade do navio, diminui a ação do leme, ao mesmo tempo em que

aumenta o efeito da corrente de sucção. Portanto, a proa guina a princípio para BE, mas a amplitude desta guinada vai diminuindo e o navio se mantém a caminho, ou guina, em seguida, um pouco para BB, antes de perder o seguimento para vante.

Observa-se que há preponderância dos efeitos do hélice sobre os do leme. Quanto menor for a velocidade do navio na marcha AV e maior a velocidade do hélice ao inverter a marcha, estes efeitos se apresentarão em maior grau. É o caso, por exemplo, em que se navega em cerração ou em águas reduzidas ou muito frequentadas, sem desenvolver grande velocidade na marcha AV, mas podendo dar atrás com a máxima força, em caso de emergência. No caso inverso, em que o navio estando a toda força adiante inverte a marcha com o hélice a meia força, ele continuará obedecendo ao leme por algum tempo, isto é, se for posto o leme a BE, a proa guinará para BE, apesar do efeito contrário do hélice.

Como o comportamento do navio está sujeito à diferença entre os efeitos do leme, devidos à velocidade do navio para vante, e das correntes geradas pelo hélice em marcha AR, pode haver muitos casos em que as condições de equilíbrio entre tais efeitos sejam diferentes das que expusemos. Assim sendo, devem ser feitas experiências em cada navio, para ver como ele se comporta nesta manobra. Em qualquer caso, porém, deve-se ter em conta que um navio dando adiante, invertendo a marcha a toda a força, só continua a obedecer ao leme por tempo limitado. Pondo-se o leme para qualquer bordo antes de inverter a marcha, a proa começará logo a guinar, obedecendo ao leme, e a ação do hélice não mais poderá se sobrepor a ele, pois o navio provavelmente já adquiriu grande velocidade angular para aquele bordo. Se, ao contrário, o leme for carregado depois de inverter a marcha, o efeito do hélice será mais acentuado.

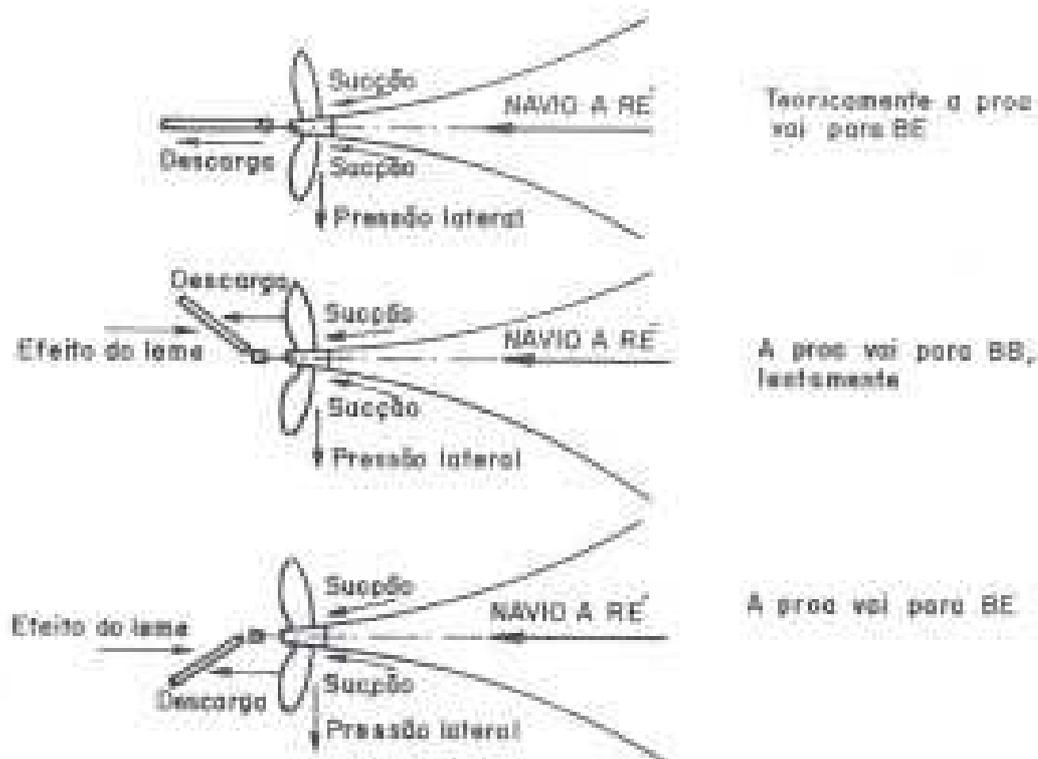
Em condições normais, é possível, portanto, fazer o navio guinar para o bordo desejado durante a manobra de inverter rapidamente a marcha, eliminando-se assim o efeito do hélice, que independe do movimento do navio: basta pôr o leme para esse bordo antes de inverter a marcha.

Para guinar a BE (ou a BB), para-se a máquina e carrega-se o leme a BE (ou a BB); logo que o navio começar a obedecer ao leme, inverte-se a marcha a toda a força (para BB deixa-se guinar um pouco mais, pois o navio vai mais facilmente para BE do que para BB) e em seguida quebra-se a guinada pondo o leme a BB (ou a BE).

2.3.4- Navio com seguimento para ré e hélice adiante

Estando o hélice em marcha AV, a corrente de sucção não tem efeito no governo do navio. Este depende de três forças: (1) a ação do leme, que tende a levar a popa para o bordo em que foi carregado; (2) a pressão lateral das pás, que atua de modo a levar a popa para BE; e (3) a corrente de descarga, do hélice, que contraria a ação do leme.

Figura 2.7 - Navio com seguimento para ré e hélice dando adiante



Fonte: Arte Naval (página 588)

Leme a meio: a popa teoricamente vai para BE por causa da pressão lateral do hélice, única força que atua neste caso, como se vê na figura. Mas, na prática, é impossível generalizar, prevendo para onde guinará o navio, porque a pressão lateral tem efeito reduzido.

Leme a BB: a popa tende a ir para BE por influência da pressão lateral das pás e da corrente de descarga sobre a porta do leme e para BB pela ação do leme na marcha AR. Em geral, predominam as duas primeiras forças, a não ser que o navio tenha muito seguimento para ré, quando o efeito do leme será maior. Portanto, comumente, a popa vai para BE.

Leme a BE: a popa tende a ir para BE por ação do leme e da pressão lateral das pás e para BB por efeito da corrente de descarga sobre a porta do leme. Com a máquina a toda força adiante, a corrente de descarga do hélice provavelmente será maior que as outras duas e a popa vai para BB.

Se a máquina estiver devagar, é possível que a popa se mantenha a caminho, ou caia a BE. Como no caso anterior, se quisermos que o navio guine para um bordo, nesta manobra, é necessário agir com o leme, antes de inverter a marcha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento desta obra, vimos no que consiste manobrar uma embarcação, vimos os principais tipos de propulsores utilizados em navios, bem como suas vantagens e desvantagens, proporcionando informações sobre qual pode ser considerado o mais indicado para cada situação ou o objetivo principal da utilização da embarcação.

No estudo sobre propulsores, no primeiro capítulo desta monografia, vimos que o propulsor convencional tem diversas limitações, porém existem aperfeiçoamentos que podem prover melhoras, como o tubulão kort e os lemes de flanco, que ajudam na orientação do fluxo de descarga de água, melhorando a manobrabilidade e o thrust da embarcação.

Ainda no estudo sobre propulsores vimos no que consistem as propulsões azimutal e cicloidal, que são amplamente utilizadas atualmente, bem como suas características principais, que consistem basicamente em melhor manobrabilidade devido ao fato de poderem exercer “thrust” para todos os azimutes, não precisando, portanto de leme.

No capítulo que trata das ações do leme e do propulsor, foram feitas as considerações sobre as ações destes na manobra do navio e pudemos fazer algumas conclusões como:

- Embarcação com leme carregado e marcha à vante: a proa guina para o bordo para onde está carregado o leme, a velocidade da embarcação diminui e há um abatimento para o bordo oposto. Se o navio tiver marcha à ré, todos os efeitos se invertem.

Vimos que as dimensões do leme também podem influenciar na manobra do navio, pois a relação entre a altura e o comprimento pode alterar o efeito de guinada (lemes mais altos e estreitos têm maior efeito de guinada) e também porque a pressão normal exercida na porta do leme varia de acordo com a o quadrado da variação da velocidade, fazendo com que navios mais lentos necessitem de lemes com maior área.

Foi possível concluir também que o formato da popa da embarcação influencia na manobrabilidade do navio, pois, como foi visto, a popa em forma de V aumenta a estabilidade de rumo, porém oferece maior resistência a ação evolutiva do leme, fato este que faz com que este formato de popa não seja vantajoso.

Uma das conclusões mais interessantes que podemos tirar de nosso estudo é que todos os efeitos estudados são encarados de forma geral e, para determiná-los de

maneira precisa, deve-se conhecer muito bem o navio, pois o mesmo pode responder de forma diferente em cada tipo de manobra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- American Bureau of Shipping (ABS 2006). **Guide for Vessel Maneuverability**. Houston, TX, 2006.
- 2- Diretoria de Portos e Costas. **Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar – RIPEAM-1972**. Rio de Janeiro: DPC, 1996.
- 3- FONSECA, M.. **Arte Naval**. Rio de Janeiro: Escola Naval, 1984.
- 4- FRAGOSO, Otávio A.; CAJATY, Marcelo. **Rebocadores Portuários**. Rio de Janeiro: CONAPRA, 2002.
- 5- JOURNÉE, J.M.J.; PINKSTER, Jakob. **Introduction in Ship Hydromechanics, draft edition**. Delft University of Technology, 2002.
- 6- LOBO, Paulo Roberto Vargas; SOARES, Carlos Alberto. **Meteorologia e Oceanografia Usuário Navegante**. Rio de Janeiro: Femar, 1999.
- 7- MIGUENS, Altineu Pires. **Navegação: A Ciência e a Arte. Volume III – Navegação Eletrônica e em Condições Especiais**. Brasília: DHN, 2000
- 8- SANTOS, Arlindo Nazareth Carvalho. **Prática de Manobra do Navio (PRM-1)**. Rio de Janeiro: DPC, 2009.
- 9- STEEN, Sverre. **Experimental Methods in Marine Hydrodynamics, lecture notes**. NTNU Institutt for Marin Teknikk, 2013.
- 10- TRIANTAFYLLOU, Michael S.; HOVER, Franz S.. **Maneuvering and Control of Marine Vehicles**. Massachusetts Institute of Technology OPEN COURSEWARE, 2011.
- 11- ZAHALKA, Captain P.. **Bollard Pull**. Association of Hanseatic Marine Underwriters, 2010.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Diretoria de Portos e Costas. **Regulamento Internacional para Evitar Abalroamento no Mar – RIPEAM-1972**. Rio de Janeiro: DPC, 1996.
- 2- FONSECA, M.. **Arte Naval**. Rio de Janeiro: Escola Naval, 1984.
- 3- FRAGOSO, Otávio A.; CAJATY, Marcelo. **Rebocadores Portuários**. Rio de Janeiro: CONAPRA, 2002.
- 4- JOURNÉE, J.M.J.; PINKSTER, Jakob. **Introduction in Ship Hydromechanics, draft edition**. Delft University of Technology, 2002.
- 5- LOBO, Paulo Roberto Vargas; SOARES, Carlos Alberto. **Meteorologia e Oceanografia Usuário Navegante**. Rio de Janeiro: Femar, 1999.
- 6- MIGUENS, Altineu Pires. **Navegação: A Ciência e a Arte. Volume III – Navegação Eletrônica e em Condições Especiais**. Brasília: DHN, 2000
- 7- SANTOS, Arlindo Nazareth Carvalho. **Prática de Manobra do Navio (PRM-1)**. Rio de Janeiro: DPC, 2009.
- 8- STEEN, Sverre. **Experimental Methods in Marine Hydrodynamics, lecture notes**.
- 9- ZAHALKA, Captain P.. **Bollard Pull**. Association of Hanseatic Marine Underwriters, 2010.

FOLHA DE AVALIAÇÃO ESCRITA (FAE)

Nome:	Nº
Turma:	Data: ____ / ____ / ____
Tema:	Nota final:
Orientador (a):	Rubrica do Orientador (a):

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		NOTA
Elementos pré e pós-textuais	Capa até o sumário; referências; apêndice; anexo e índice.	1,0
Clareza	Texto fácil de entender, ordenação das ideias, adequação da linguagem, coesão, coerência. <i>Evitar: períodos longos ou muito curtos, linguagem rebuscada, conectores mal empregados, palavras que geram a ambigüidade.</i>	1,0
Concisão	Precisão/exatidão. <i>Evitar: frases feitas e chavões, usar palavras a mais do que o necessário, adjetivação abundante, redundância, pleonismo, excesso de orações subordinadas desenvolvidas.</i>	1,0
Originalidade	Boa disposição das palavras, apresentação do texto, agradável leitura e precisão vocabular. <i>Evitar: gírias, frases prontas, cacofonia, eco, colisão aliteração e abreviação.</i>	1,0
Correção	Norma culta: concordância, regência, colocação pronominal, seleção vocabular, ortografia, pontuação, acentuação, emprego de maiúsculas e minúsculas, crase. <i>Evitar: estrangeirismo, barbarismo, cacografia, cruzamento léxico.</i>	1,0
Adequação	O texto tem origem no indivíduo, criatividade, capacidade crítica. <i>Evitar: plágio.</i>	1,0
Partes do Texto	Introdução: apresentação do trabalho.	0,5
	Desenvolvimento: argumentos fortes, nenhuma informação poderá ser subentendida. Tipo de texto: Dissertativo-argumentativo.	2,0
	Considerações Finais: confirmação da tese apresentada, apontando eventuais perspectivas.	0,5
Pesquisa	Aprofundamento (obras de autores renomados), material empregado, método, aplicabilidade de dados, fatos e comprimento do prazo determinado.	1,0
Total		10,0

