

# 5

# NAVEGAÇÃO ESTIMADA

## 5.1 CONCEITO DE NAVEGAÇÃO ESTIMADA

**Navegação estimada** é o método de determinar a posição provável do navio, recorrendo-se somente às características do seu movimento, a partir de uma posição conhecida. No método convencional, o movimento do navio é caracterizado pelo **rumo verdadeiro e distância percorrida**, obtidos através das informações da agulha e do odômetro, respectivamente. O ponto estimado é, quando obtido deste modo, uma posição aproximada, porque **não leva em consideração os efeitos da corrente sobre o movimento do navio**.

Se for considerado o efeito da corrente (como será visto adiante), obter-se-á uma posição mais precisa, denominada **estimada corrigida**. Embora de maior precisão, a posição assim obtida ainda é aproximada.

Apesar de muitas vezes seus métodos serem empregados isoladamente (por falta de outros meios para determinar a posição), mesmo quando se utilizam outros métodos de posicionamento deve ser **sempre** mantida, **simultaneamente**, uma navegação estimada.

Um erro muito comum aos que têm pouca vivência no mar é minimizar a importância da navegação estimada convencional, diante da simplicidade de seus cálculos. Na verdade, se o mar fosse um meio líquido estático, ela seria muito simples. Mas, como não é, a prática da estima exige muito mais da navegante que os demais métodos pois inclui o “sentimento” sobre o movimento real do navio, diante dos meios em que se desloca, o ar e o mar.

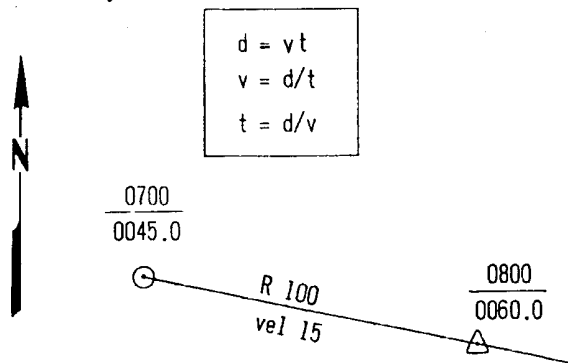
Por outro lado, o fato de a navegação estimada não depende de meios exteriores ao navio (ou embarcação) confere-lhe um especial relevância, na medida em que independe de condições atmosféricas favoráveis (indispensáveis, por exemplo, para navegação astronômica, navegação por métodos visuais ou, até mesmo, para o bom funcionamento de alguns sistemas de Rádio-Navegação) e de informações provenientes de fontes externas.

## 5.2 PLOTAGEM DO PONTO ESTIMADO

Conforme visto, navegação estimada é o processo de determinar graficamente a posição aproximada do navio recorrendo-se somente às características do seu movimento, aplicando-se à última posição conhecida plotada na carta um vetor, ou uma série de vetores, representando todos os rumos verdadeiros e velocidades ordenados subsequentemente.

**Figura 5.1 - Navegação Estimada**

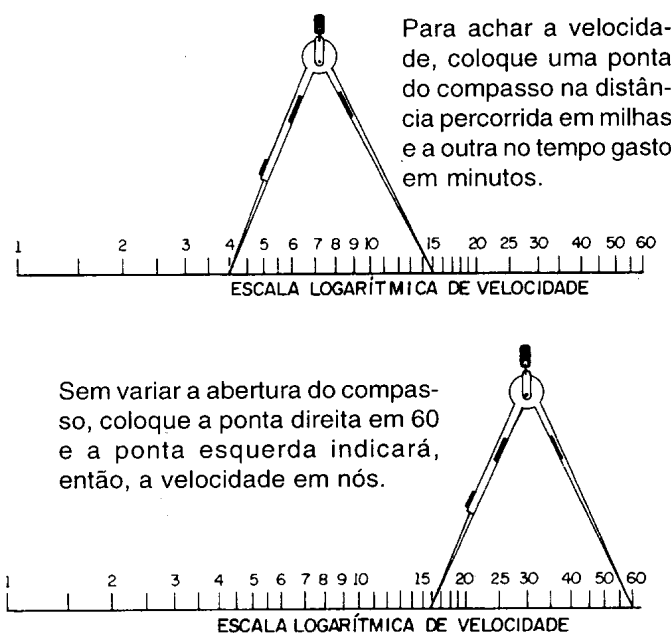
**NAVEGAÇÃO ESTIMADA**  
 É O PROCESSO DE DETERMINAR GRAFICAMENTE A POSIÇÃO APROXIMADA DO NAVIO RECORRENDO-SE SOMENTE ÀS CARACTERÍSTICAS DO SEU MOVIMENTO, APLICANDO-SE À ÚLTIMA POSIÇÃO CONHECIDA PLOTADA NA CARTA UM VETOR OU UMA SÉRIE DE VETORES REPRESENTANDO TODOS OS RUMOS VERDADEIROS E VELOCIDADES ORDENADOS SUBSEQUENTE.



Na Figura 5.1, vemos um exemplo de plotagem do **ponto estimado**, pela aplicação da equação que relaciona **distância, velocidade e tempo**, ao movimento do navio, a partir de uma **posição conhecida** inicial. Nessa figura, partindo de uma posição inicial conhecida (**posição observada** de 07:00), o navio governou no **rumo verdadeiro R=100º**, como **velocidade** de 15 nós. Às 08:00 horas, a **posição estimada** do navio estará sobre a **linha de rumo=100º** e a uma **distância** de 15 milhas da posição de 07:00 horas (pois, em 1 hora, um navio a 15 nós navega 15 milhas).

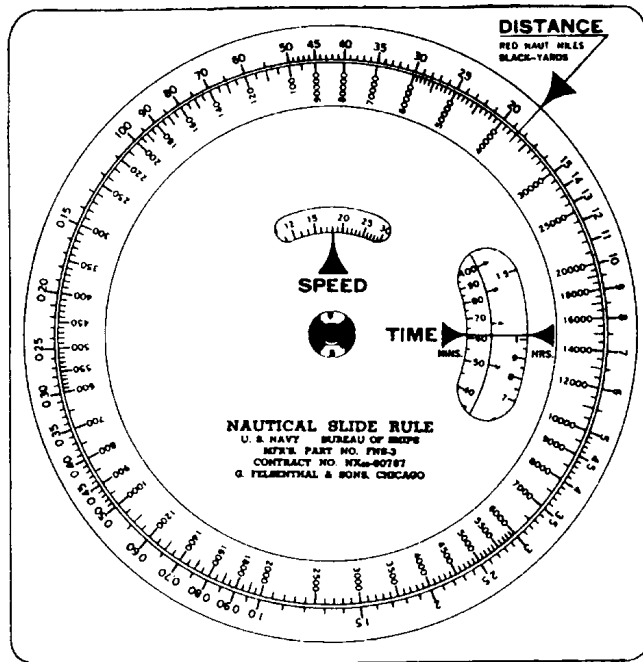
O MÉTODO DE NAVEGAÇÃO ESTIMADA CONSISTE NA APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO QUE RELACIONA DISTÂNCIA, VELOCIDADE E TEMPO AO MOVIMENTO DO NAVIO

**Figura 5.2 - Escala Logarítmica**



Para resolver os problemas que envolvem **distância, velocidade e tempo**, o navegante pode utilizar calculadoras, tabelas especiais (apresentadas na publicação DG6-1 "Tábuas para Navegação Estimada" – Tábuas XV e XIX) ou a "escala logarítmica", mostrada na Figura 5.2, onde são também apresentadas as instruções para uso da escala. No exemplo ilustrado, calcula-se, através da escala logarítmica, a velocidade de um navio que percorre a distância de 4 milhas, no tempo de 15 minutos, obtendo-se como resultado **veloc=16 nós**.

Figura 5.3 - Régua de cálculo náutica



Ademais, são também usados ábacos como o da Figura 5.3 (“NAUTICAL SLIDE RULE”), nos quais, entrando-se com dois elementos entre os três acima citados (distância, velocidade e tempo), obtém-se o valor do terceiro.

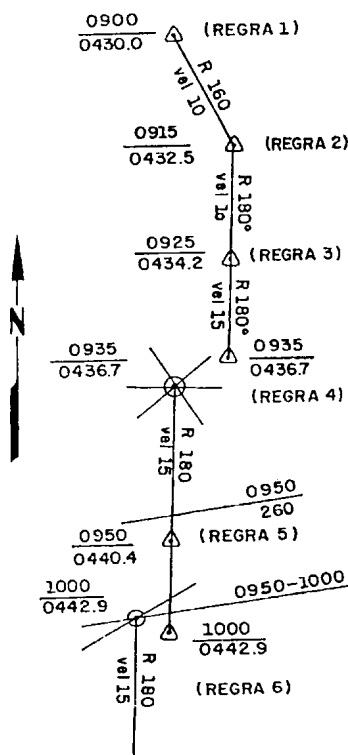
Além disso, devem ser ainda mencionadas as seguintes práticas empregadas na resolução dos problemas que envolvem velocidade, tempo e distância:

- a. a “regra dos três minutos”, pela qual “a distância percorrida pelo navio, em jardas, em três minutos, é igual à sua velocidade, em nós, multiplicada por 100”;
- b. a “regra dos seis minutos”, pela qual “a distância percorrida pelo navio, em milhas, em seis minutos, é igual à sua velocidade, em nós, dividida por 10”.

## 5.3 REGRAS PARA A NAVEGAÇÃO ESTIMADA

São as seguintes as seis regras para a navegação estimada, ilustradas na Figura 5.4:

Figura 5.4 - As seis regras da Navegação Estimada



1. uma posição estimada deve ser plotada nas horas inteiras (e nas meias horas);
2. uma posição estimada deve ser plotada a cada mudança de rumo;
3. uma posição estimada deve ser plotada a cada mudança de velocidade;
4. uma posição estimada deve ser plotada para o instante em que se obtém uma posição determinada;
5. uma posição estimada deve ser plotada para o instante em que se obtém uma única linha de posição;
6. uma nova linha de rumo e uma nova plotagem estimada devem ser originadas de cada posição determinada obtida e plotada na carta.

### NOTAS:

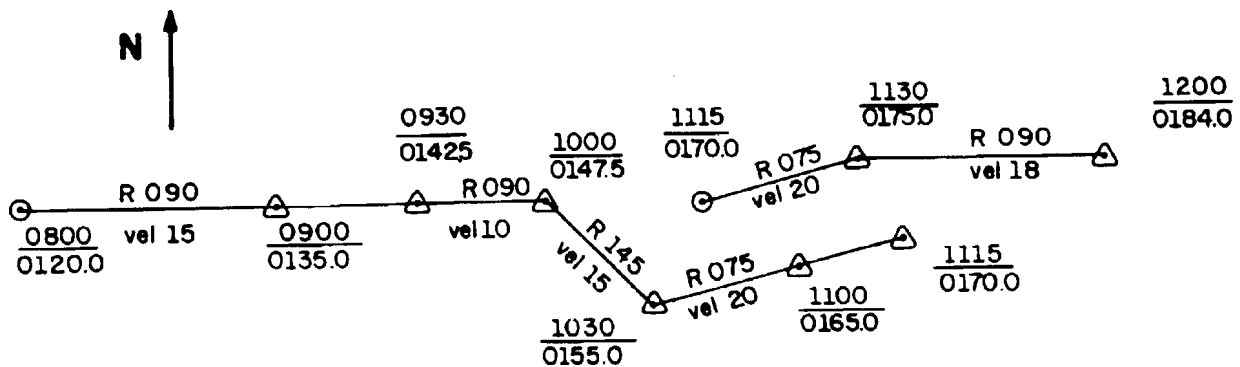
- a. Não se ajusta uma plotagem estimada com uma única linha de posição.
- b. Uma LDP cruzando uma linha de rumo **não** constitui uma posição determinada, pois uma linha de rumo **não** é LDP.

Uma observação importante, referente à regra 1, é que a frequência de plotagem de uma posição estimada é função da escala da carta náutica que estiver sendo utilizada e das peculiaridades da navegação que se pratica. Os intervalos de tempo citados na Figura 5.4 (1 hora ou 1/2 hora) são os normais para a navegação oceânica e para a navegação costeira. Entretanto, intervalos de tempo menores serão adotados na navegação em águas restritas, ou mesmo em navegação costeira, caso a escala da carta náutica em uso e o tipo de navegação praticado assim o exijam.

## 5.4 PLOTAGEM ESTIMADA ESTENDIDA

A Figura 5.5 mostra a **navegação estimada** efetuada por um navio entre 08:00 horas e 12:00 horas, cumprindo as **regras para a navegação estimada** anteriormente enunciadas.

Figura 5.5 -



### EXTRATO DO REGISTRO DAS OCORRÊNCIAS DA NAVEGAÇÃO DO NAVIO

0800 – Farol Rasa 270°/6M – Suspendeu, no rumo 090°. Veloc. 15 nós.

0900 – Velocidade reduzida para 10 nós, a fim de evitar um barco a vela.

1000 – Rumo alterado para 145°, velocidade aumentada para 15 nós.

1030 – Rumo alterado para 075°, velocidade aumentada para 20 nós.

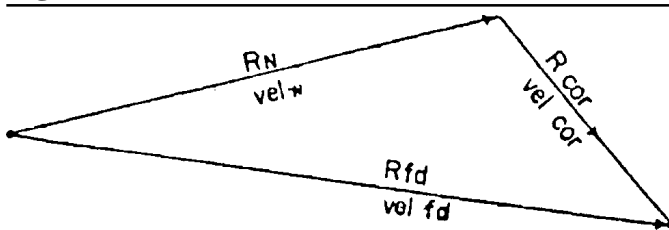
1115 – Posição determinada – Farol Maricás 020°/7M.

1130 – Rumo alterado para 090°, velocidade reduzida para 18 nós.

## 5.5 FATORES QUE INFLUENCIAM A POSIÇÃO ESTIMADA

Até agora considerou-se que o navio percorreu exatamente o rumo verdadeiro traçado, mantendo rigorosamente a mesma velocidade. Assim, não foram levados em conta vários fatores que podem ter alterado o movimento do navio, tais como:

Figura 5.6 -



- Correntes marítimas;
- Correntes de marés;
- Efeito do vento;
- Estado do mar (ação das vagas, fazendo a proa tomar direções diferentes do rumo desejado);

- Mau governo (efeito das guinadas que o timoneiro faz para manter o rumo);
- Pequenas diferenças de RPM entre os eixos (para navios de mais de um eixo);
- Pequenas diferenças de velocidade;
- Banda e trim; e
- Desvio da agulha não detectado ou mal determinado.

Na prática, chamamos de **corrente** à resultante de todos estes fatores sobre o movimento do navio (Figura 5.6).

## 5.6 TERMOS EMPREGADOS NA NAVEGAÇÃO ESTIMADA

**Velocidade do navio** ( $vel_N$ ) – ou, simplesmente, velocidade ( $vel$ ), é a distância percorrida em 1 hora na **superfície**.

**Velocidade no fundo** – é a distância percorrida pelo navio, em 1 hora, **em relação ao fundo**. É, então, a resultante da **velocidade do navio** com a **velocidade da corrente** (abreviatura:  $vel_{fd}$ ).

**Velocidade da corrente** – é o efeito combinado provocado pelos fatores mencionado no item anterior, durante cada hora, sobre o caminho percorrido pelo navio. O termo também é empregado para indicar, isoladamente, o deslocamento da massa líquida por ação exclusiva das correntes marítimas, ou, em águas restritas, pela ação conjunta das correntes marítimas e correntes de marés (abreviatura:  $vel_{cor}$ ).

**Rumo na superfície** ( $R_N$ ) – ou, simplesmente, **Rumo** ( $R$ ) é, conforme já visto, o ângulo entre o Norte Verdadeiro e a direção na qual governa o navio (em relação à superfície), contado de  $000^\circ$  a  $360^\circ$ , no sentido horário, a partir do Norte Verdadeiro.

**Rumo no fundo** ( $R_{fd}$ ) – é o ângulo entre o caminho efetivamente percorrido pelo navio (projetado sobre o fundo do mar) e o Norte Verdadeiro, contado de  $000^\circ$  a  $360^\circ$ , a partir do Norte Verdadeiro, no sentido horário.

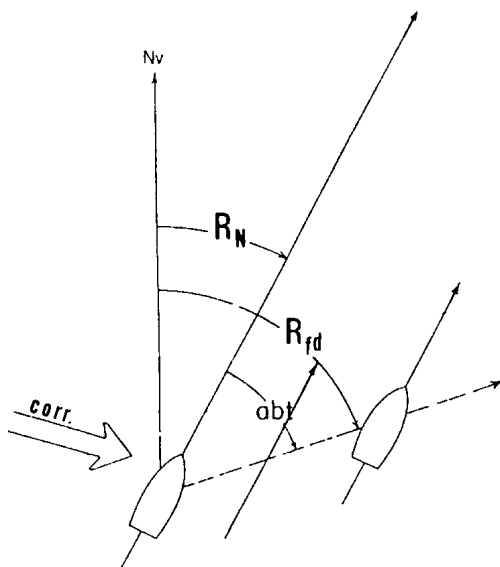
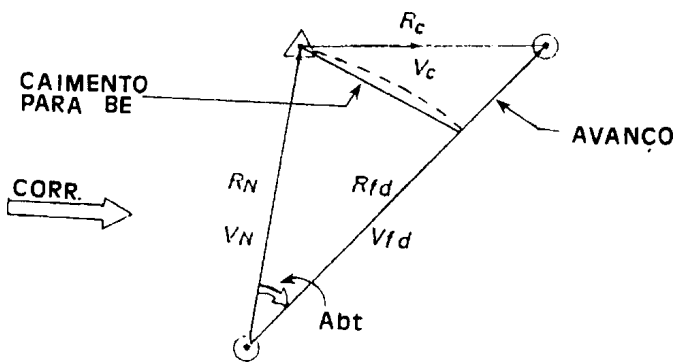


Figura 5.7 - Abatimento

**Abatimento** ( $Abt$ ) – é o ângulo entre o rumo na superfície ( $R_N$ ) e o rumo no fundo ( $R_{fd}$ ). Será contado para BE ou para BB, a partir do rumo na superfície (Figura 5.7).

Figura 5.8 - Caimento e Avanço

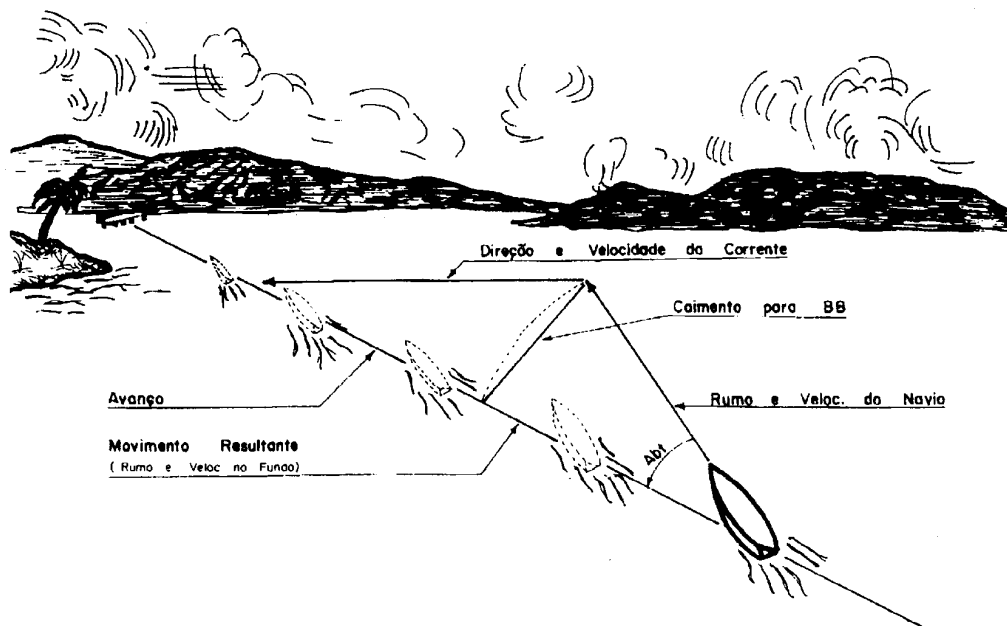


**Caimento, avanço e atraso** – quando se compara uma posição observada com a estimada para um mesmo momento, a distância entre os dois pontos é o efeito da corrente. Esta distância poderá ser decomposta em duas componentes: a primeira, denominada **avanço (ou atraso)**, é obtida pelo rebatimento do ponto estimado sobre o rumo no fundo e, conseqüentemente, igual à diferença das distâncias percorridas no fundo e na superfície. A Segunda, denominada **caimento**, é igual à corda compreendida pelo arco do rebatimento (Figura 5.8).

Há **avanço** quando a distância percorrida no fundo é maior que a distância percorrida na superfície, ou seja, quando  $vel_{fd} > vel_N$  e **atraso** quando  $vel_{fd} < vel_N$ . Evidentemente que, em termos vetoriais, ter-se-á sempre  $vel_{cor} = vel_{caimento} + vel_{avanço}$ .

Os conceitos acima definidos estão mostrados na Figura 5.9.

Figura 5.9 – Triângulo de Corrente e termos correlatos



**Posição estimada** – posição obtida pela aplicação, a partir de uma posição observada, de vetores definidos pelo **rumo do navio** e a **distância em relação à superfície**.

**Posição estimada corrigida** – posição obtida pela aplicação, a partir de uma posição observada, de vetores definidos pelo **rumo no fundo** e distância percorrida **em relação ao fundo**.

**Posição carteadada** – é a **posição que se prevê que o navio ocupará em horas futuras**. Dependendo da navegação em curso, poderá tomar como base uma posição observada, estimada ou estimada corrigida. Para ser plotada, poderá ser considerada ou não a corrente, dependendo dos elementos que o navegante dispuser. Se a corrente foi determinada com critério, o navegante não deverá omití-la na carteação dos próximos pontos, adotando, então, a premissa de que o navio irá se deslocar com o rumo e a veloc em relação ao fundo. A posição carteadada é bastante

útil como antecipação dos eventos que deverão ocorrer nas próximas horas, para alertar o pessoal de serviço (faróis que irão “boiar”, variações sensíveis nas isobatimétricas, proximidades de perigo, etc.). É representada por um pequeno traço cortando o rumo, com a indicação da hora.

## 5.7 O TRIÂNGULO DE CORRENTE

Para resolver graficamente o problema da corrente, empregam-se três vetores representativos, quais sejam:

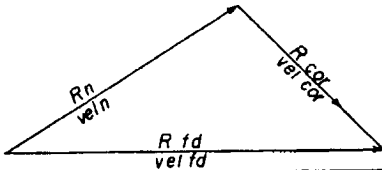
**Vetor fundo** – Definido, em direção, pelo **rumo no fundo** e, em grandeza, pela **velocidade em relação ao fundo** ( $R_{fd}$ ,  $vel_{fd}$ ).

**Vetor superfície** – Definido, em direção, pelo **rumo verdadeiro** e, em grandeza, pela **velocidade em relação à superfície** ( $R_N$ ,  $vel_N$ ).

**Vetor corrente** – Definido pela **direção para onde flui a corrente** e pela sua **velocidade** ( $R_{cor}$ ,  $vel_{cor}$ ).

O triângulo de corrente e seus elementos podem ser visualizados na Figura 5.10.

Figura 5.10 – O triângulo de corrente real e estimado



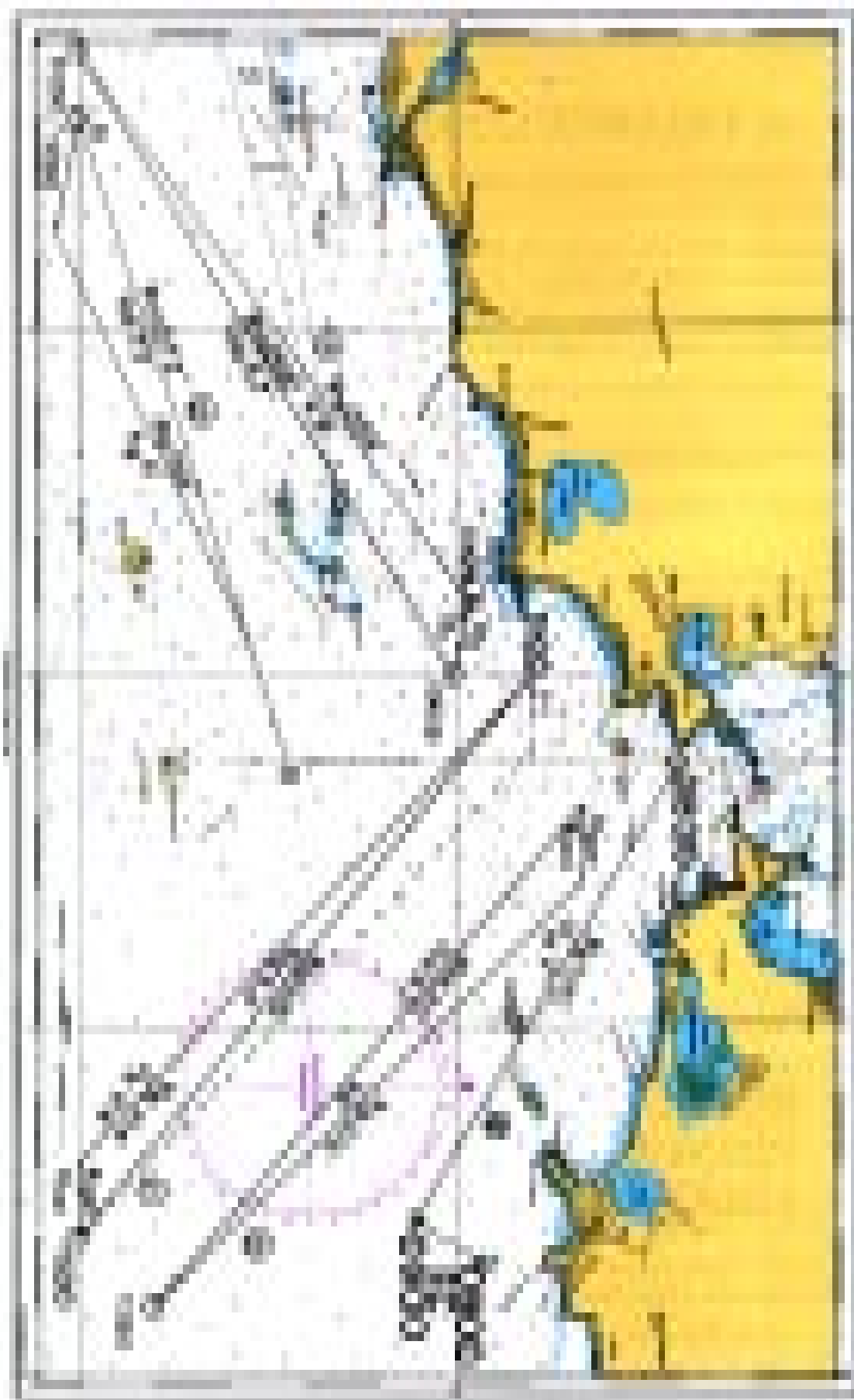
TRIÂNGULO DE CORRENTE (REAL)	TRIÂNGULO DE CORRENTE (ESTIMADO)	OBSERVAÇÕES
<p>1 - <b>CONHECIDOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumo e veloc do Navio (<math>R_n</math>, <math>vel_n</math>)</li> <li>- Rumo e veloc no fundo (<math>R_{fd}</math>, <math>vel_{fd}</math>): obtidos através de duas posições determinadas.</li> </ul> <p>2 - <b>DETERMINADOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumo e veloc da corrente (<math>R_{cor}</math>, <math>vel_{cor}</math>)</li> </ul>	<p>1 - <b>CONHECIDOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumo e veloc do Navio (<math>R_n</math>, <math>vel_n</math>)</li> <li>- Rumo e veloc estimados da corrente (<math>R_{cor}</math>, <math>vel_{cor}</math>): obtidos de Cartas Piloto, de Tábuas ou Cartas de Correntes de Marés, de outros documentos náuticos ou de observação direta, no período imediatamente anterior.</li> </ul> <p>2 - <b>DETERMINADOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumo e veloc no fundo (<math>R_{fd}</math>, <math>vel_{fd}</math>) previstos.</li> </ul>	<p>O Triângulo Estimado de corrente admite também outras variações, tais como:</p> <p>a) Conhecendo-se o rumo e a veloc estimados da corrente (<math>R_{cor}</math>, <math>vel_{cor}</math>) e o Rumo e a veloc no fundo (<math>R_{fd}</math>, <math>vel_{fd}</math>) desejados, podem ser determinados o Rumo e a veloc na superfície (<math>R_n</math>, <math>vel_n</math>) a serem usados.</p> <p>b) Conhecendo-se o rumo e a veloc estimados da corrente (<math>R_{cor}</math>, <math>vel_{cor}</math>), o Rumo no fundo desejado (<math>R_{fd}</math>) e a veloc na superfície a ser adotada (<math>vel_n</math>) podem ser determinados o Rumo do Navio (<math>R_n</math>) a ser ordenado e a veloc de avanço resultante no fundo (<math>vel_{fd}</math>).</p>

## 5.8 RESOLUÇÃO GRÁFICA DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS DO TRIÂNGULO DE CORRENTE

Sendo três os vetores e, portanto, seis os elementos que os constituem, os problemas consistem em determinar dois elementos, diante de quatro conhecidos.

Os problemas mais usuais apresentam-se sob as seguintes formas:

**Figura 5.11 -**





a. Determinação do rumo da corrente ( $R_{cor}$ ) e da velocidade da corrente ( $vel_{cor}$ ) tendo duas posições observadas.

**Exemplo** (Figura 5.11):

Investindo a barra do Rio de Janeiro, vindo de SW, sua **posição observada** de 0300 é Lat 23° 05.0'S Long 043° 19.0'W. O **rumo verdadeiro** é  $R_N = 055^\circ$ , **velocidade**  $vel_N = 9.0$  nós. Às 0400, a posição é novamente determinada, obtendo-se Lat 23° 00.0'S Long 043° 10.0'W. Determinar os **elementos da corrente** ( $R_{cor}$  e  $vel_{cor}$ ), o **rumo no fundo** ( $R_{fd}$ ) e a **velocidade no fundo** ( $vel_{fd}$ ).

Solução:

1. Plota-se a **posição observada** de 0300;
2. Da posição plotada trata-se o **rumo verdadeiro** (Rumo na Superfície)  $055^\circ$ ;
3. Plota-se a **posição estimada** de 0400, sobre a linha de rumo traçada ( $055^\circ$ ) e à distância de 9 milhas da posição de 0300, pois a **velocidade** (na superfície) é de 9 nós e o **intervalo de tempo** é de 1 hora.
4. Plota-se a **posição observada** de 0400.
5. O vetor que une as posições **estimada** e **observada** de 0400 representa o efeito da **corrente** no período 0300-0400.
6. O **rumo da corrente** ( $R_{cor}$ ) é a própria direção do vetor, no sentido posição estimada – posição observada ( $R_{cor} = 101^\circ$ ).
7. A **velocidade da corrente** ( $vel_{cor}$ ) é a distância entre as posições **estimada** e **observada** ( $vel_{cor} = 1$  nó), pois o **intervalo de tempo** entre as **posições observadas** foi de 1 hora.
8. O **rumo no fundo** é dado pela direção do vetor que interliga as **posições observadas** de 0300 e 0400:  $R_{fd} = 059^\circ$ . A **velocidade no fundo** é obtida pela distância entre as duas **posições observadas**, já que o **intervalo de tempo** entre elas foi de 1 hora:  $vel_{fd} = 9.7$  nós.
9. Pode-se afirmar, ainda, que, no intervalo 0300/0400 houve:
  - Um ABATIMENTO de  $4^\circ$  BE;
  - Um AVANÇO de 0,7 milha; e
  - Um CAIMENTO PARA BE de 0,7 milha.

No exemplo acima, o **intervalo de tempo** considerado foi de exatamente 1 hora (0300/0400). Se fosse maior, ou fracionário, a resolução seria a mesma, apenas acrescida do cuidado de dividir a **distância** entre as posições pelo **intervalo de tempo**, para obter a **velocidade** ( $v = e/t$ ).

**b. Determinação do rumo no fundo ( $R_{fd}$ ) e da velocidade no fundo ( $vel_{fd}$ ), conhecendo-se o rumo e a velocidade na superfície e os elementos da corrente.**

**Exemplo** (Figura 5.11)

Às 1300 na **posição observada** Lat. 23° 04.0'S Long. 043° 01.0'W, o navio assume o **rumo verdadeiro**  $R_N = 315^\circ$ , **velocidade**  $vel_N = 8$  nós. Sabe-se que existe na área uma **corrente** cujos elementos são:  $R_{cor} = 270^\circ$ ,  $vel_{cor} = 1.0$  nó. Determinar o **rumo no fundo** ( $R_{fd}$ ) e a **velocidade no fundo** ( $vel_{fd}$ ) em que se estima que o navio vai se deslocar.

**Solução:**

1. Plota-se a posição de 1300 e traça-se o **rumo verdadeiro**  $R_N = 315^\circ$ . Sobre o rumo traçado, marca-se a **velocidade na superfície** ( $vel_N = 8$  nós).
2. Da extremidade deste vetor, traça-se o vetor corrente ( $R_{cor} = 270^\circ$ ,  $vel_{cor} = 1$  nó).
3. Unindo-se a posição de 1300 ao ponto assim obtido, determinam-se o  $R_{fd} = 270^\circ$ ,  $vel_{fd} = 8,7$  nós.

As informações sobre a corrente poderão ter sido determinadas pelo próprio navio, no período imediatamente anterior, ou, então, serem oriundas de cartas piloto ou outros documentos Náuticos

A necessidade de previsão do  $R_{fd}$  e  $Vel_{fd}$  é bastante encontrada na prática, pois é rotineiro os navios informarem com antecedência o seu **ETA** (“estimated time of arrival” ou hora estimada de chegada), baseado no qual as autoridades do porto de destino tomarão uma série de providências, como práctico, rebocadores para as manobras de atracação, cais, etc. Poucas situações são mais constrangedoras a um navegante do que estar a várias milhas do porto de destino na hora em que estabeleceu o seu **ETA**, sabendo que diversas providências já foram tomadas, confiando na precisão de seus cálculos.

**c. Determinação do rumo e velocidade na superfície, conhecendo-se os elementos da corrente e o rumo e a velocidade no fundo desejados.**

**Exemplo** (Figura 5.11):

A **posição observada** do navio às 1500 é Lat.  $23^\circ 05.0'S$  Long.  $043^\circ 02.0'W$ . O navio deseja estar na posição Lat.  $22^\circ 59.0'S$  Long.  $043^\circ 10.0'W$ , onde receberá o práctico, **exatamente** às 1600. Sabendo-se que existe na área uma **corrente** cujos elementos são  $R_{cor} = 270^\circ$ ,  $vel_{cor} = 1,0$  nó, determinar o **rumo verdadeiro** ( $R_N$ ) e a **velocidade** ( $vel_N$ ) que o navio deve assumir.

**Solução:**

1. Plotam-se na Carta Náutica a **posição observada** de 1500 e a posição que se deseja alcançar às 1600. Determina-se, graficamente, que, para chegar ao ponto desejado às 1600, o **rumo no fundo** e a **velocidade no fundo** devem ser, respectivamente,  $R_{fd} = 270^\circ$ ,  $vel_{fd} = 9,6$  nós.
2. Aplica-se, ao ponto inicial, o **vetor corrente**, no **sentido**  $R_{cor} = 270^\circ$  e com grandeza igual a 1.0 milha (pois a  $vel_{cor} = 1,0$  nó e o **intervalo de tempo** é de 1 hora), e arma-se o **triângulo da estíma** (ou **triângulo de corrente**).
3. Lê-se, então, na Carta o **vetor superfície**, que interliga a extremidade do **vetor corrente** com o **ponto desejado**, obtendo-se  $R_N = 314^\circ$ ,  $vel_N = 8,8$  nós.

**d. Determinação do rumo na superfície e da velocidade no fundo, conhecidas as características da corrente, a velocidade na superfície e o rumo no fundo desejado.**

Esta situação ilustra o caso em que apenas um dos vetores tem os seus dois elementos conhecidos, enquanto que, dos dois vetores, conhecemos apenas um dos elementos da cada.

**Exemplo** (Figura 5.11):

Às 1000 a **posição observada** do navio (ponto A) é Lat. 23° 05.0'S Long. 043° 18.0'W. A **velocidade do navio** é  $vel_N = 6$  nós e não pode ser alterada, em virtude de uma avaria de máquinas. O navio deseja alcançar o ponto B, mostrado na Figura 5.11, situado no alinhamento Farol RASA – Farol LAJE. Sabendo-se que existe na área uma **corrente** cujos elementos são  $R_{cor} = 270^\circ$ ,  $vel_{cor} = 1.0$  nó, determinar:

- O **rumo verdadeiro** ( $R_N$ ) em que o navio deve governar;
- Qual a **velocidade no fundo** ( $vel_{fd}$ ) com que o navio se deslocará; e
- O ETA (“estimated time of arrival”) no ponto B.

**Solução:**

1. Unindo a **posição observada** de 1000 (ponto A) ao ponto B, obtém-se o **rumo no fundo** desejado:  $R_{fd} = 072^\circ$ .
2. Ainda na **posição observada** de 1000, trata-se o **vetor corrente** ( $R_{cor} = 100^\circ$ ,  $vel_{cor} = 1,5$  nós). Da extremidade do **vetor corrente**, aplica-se a **grandeza do vetor superfície**, isto é,  $vel_N = 6$  nós e, com esta abertura no compasso, cortamos o  $R_{fd}'$  obtendo, assim, o último vértice do **triângulo de corrente**.
3. O  $R_N$  e  $vel_{fd}$  são lidos diretamente na carta, obtendo-se:  
 $R_N = 065^\circ$ ;  $vel_{fd} = 7.3$  nós.  
 O  $R_N$  será a ordem a ser dada ao Timoneiro e a  $vel_{fd}$  permitirá a previsão do ETA no ponto B.
4. Para isto, mede-se na Carta Náutica a distância  $AB = 9$  milhas. Tendo-se  $vel_{fd} = 7,3$  nós, determina-se a **duração do trajeto** entre A e B: 74 minutos = 01 hora e 14 minutos.
5. Portanto, o ETA no ponto B será às 1114.

**e. Determinação da posição estimada corrigida.**

Conhecida a corrente da região em que se navega, torna-se simples determinar a **posição estimada corrigida** a partir de qualquer **posição estimada**.

Para isso, bastará aplicar à **posição estimada** o **vetor corrente** referente ao período em que a estima foi traçada.

**Exemplo** (Figura 5.11):

A **posição observada** do navio às 0800 é Lat. 22° 57.0'S Long. 043° 08.75'W (sobre o alinhamento Farol RASA-Farol LAJE). O navio governa no **rumo verdadeiro**  $R_N = 120^\circ$ ,  $vel_N = 7$  nós. A **corrente** na área apresenta os seguintes **elementos**:  $R_{cor} = 030^\circ$ ,  $vel_{cor} = 1.0$  nó. Plotar a **posição estimada corrigida** de 0900 e determinar suas coordenadas.

**Solução:**

1. Plota-se na Carta Náutica a **posição observada** de 0800. Traça-se, então, a **linha de rumo**  $120^\circ$  e, sobre ela, marca-se a **distância** de 7 milhas, determinando-se a **posição estimada** de 0900.
2. Aplica-se a essa posição o **vetor corrente**, no **sentido**  $R_{cor} = 030^\circ$  e com **grandeza** igual a **velocidade de corrente** ( $vel_{cor} = 1$  nó). Na extremidade deste vetor estará a **posição estimada corrigida** de 0900.

3. Suas coordenadas são:

Lat. 22° 59.6'S Long. 043° 01.6'W.

Se o navio estiver executando manobras sucessivas, torna-se conveniente plotar as **posições estimadas** dos pontos onde houver mudanças de **rumo** e/ou **velocidade**, conforme última **posição estimada** o **efeito da corrente** durante todo o período de manobras, obtendo a **posição estimada corrigida final**.

## 5.9 PRECISÃO E CONSISTÊNCIA DA POSIÇÃO ESTIMADA

Na prática, a determinação do **ponto estimado** é extremamente simples mas, para que possa satisfazer às exigências de uma boa navegação, deve ter sido precedida de escrupulosas determinações dos erros instrumentais dos equipamentos em que se fundamenta.

Por outro lado, o **ponto estimado corrigido**, a bordo, exige um perfeito conhecimento do navio e um acompanhamento constante das condições em que se processa a sua navegação.

Em vista do exposto, é necessário que o navegante nunca esqueça que o pontos estimados **representam apenas uma posição em que o navio tem maiores probabilidades** de se encontrar; em situações perigosas pode-se (e, às vezes, deve-se) substituir o ponto por uma **zona de probabilidade** (circunferência traçada em torno do **ponto estimado**, com maior ou menor raio, dependendo das circunstâncias).

O raio desta circunferência é denominado **consistência do ponto estimado**, sendo função dos **erros prováveis no rumo** e na **distância percorrida** (além do efeito da “corrente”, anteriormente estudado).

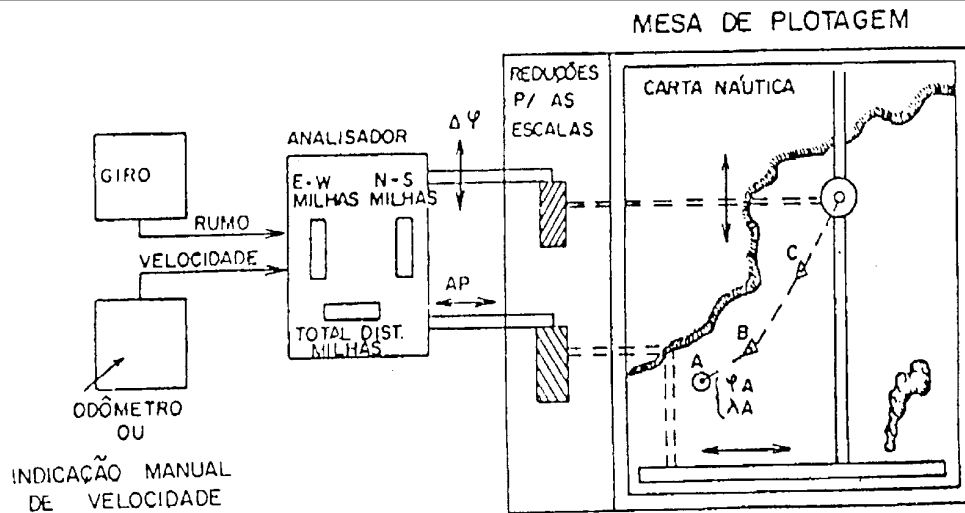
Assim, admite-se, empiricamente, que, mesmo com todos os cuidados citados, a **posição estimada** tem uma **consistência** de 0,1 (10%) da distância percorrida desde a última **posição observada**.

## 5.10 O EQUIPAMENTO DE DERROTA ESTIMADA (EDE)

### a. Conceito

O Equipamento de Derrota Estimada (EDE) é um computador eletro-mecânico que, a partir de uma posição inicial conhecida, indica continuamente a **posição estimada** do navio, em Latitude e Longitude, e executa um traçado da **derrota estimada** (Figura 5.12). O equipamento, recebendo informações elétricas de Rumo da Agulha Giroscópica e informações de velocidade do Odômetro (ou indicação manual de velocidade), resolve mecanicamente o problema da estima, fornecendo a posição do navio, por meio das indicações dos valores de Latitude e Longitude e por meio de um traçador, que plota diretamente numa carta ou folha de plotagem a sua navegação estimada.

Figura 5.12 – Equipamento de Derrota Estimada



$$\varphi_B = f(\varphi_A, \text{Distância}_{AB}, \text{Rumo}_{AB})$$

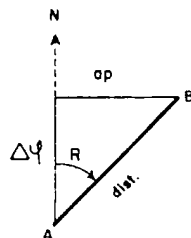
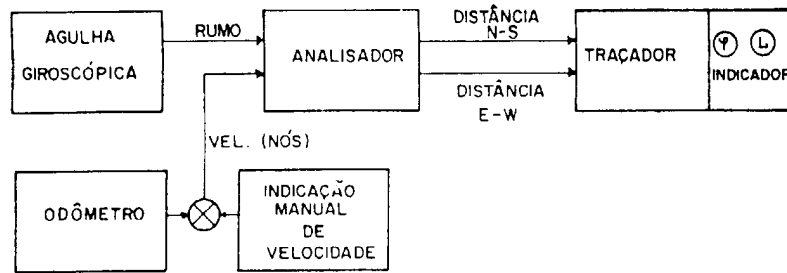
$$\lambda_B = f(\lambda_A, \text{Distância}_{AB}, \text{Rumo}_{AB}, \varphi_B)$$

O EDE, partindo de uma posição observada, calcula, com informações da giro e do odômetro (ou indicação manual de velocidade), uma posição estimada, pois não leva em consideração a existência da "corrente".

O EDE, seja em sua forma tradicional (sistema eletro-mecânico) ou em versões eletrônicas modernas, é um equipamento padrão nos navios de guerra, especialmente em unidades da Esquadra, por sua importância na guerra naval.

**b. Partes Principais**

Figura 5.13 – Diagrama em Bloco do EDE



$$\begin{cases} \Delta \varphi = \text{dist.} \cos R = \text{DISTÂNCIA N-S (em milhas náuticas)} \\ \text{op} = \text{dist.} \sin R = \text{DISTÂNCIA E-W (em milhas náuticas)} \end{cases}$$

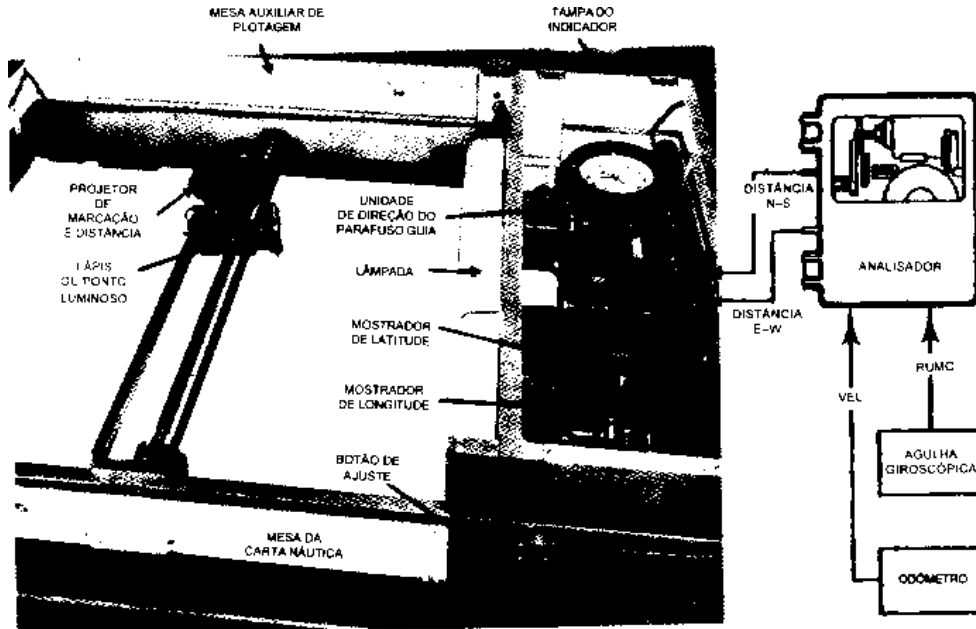
- ESTAS DUAS DISTÂNCIAS CONTROLAM O MOVIMENTO DO LÁPIS (OU PONTO LUMINOSO).  
 - NO INDICADOR É, ENTÃO, AUTOMATICAMENTE CALCULADO:

$$\begin{cases} \varphi_B = \varphi_A + \Delta \varphi \\ \Delta \lambda = \text{op.} \sec \varphi_m \\ \lambda_B = \lambda_A + \Delta \lambda \end{cases}$$

O EDE consiste, em essência, de um DECOMPOSITOR DE VETORES (DV), ou ANALISADOR (DRA – “Dead Reckoning Analyzer”) e de um TRAÇADOR DE DERROTAS (DRT – “Dead Reckoning Tracer”), mostrados nas Figuras 5.13 e 5.14.

O ANALISADOR recebe informações diretas de RUMO da Agulha Giroscópica e informações de VELOCIDADE do Odômetro (ou através de entrada manual – ‘dummy log’). A **velocidade** é integrada com o **intervalo de tempo**, resultando em **distância percorrida**.

**Figura 5.14 – Equipamento de Derrota Estimada – componentes principais**



As informações de Rumo e Distância são, então, transformadas no ANALISADOR em sinais elétricos proporcionais aos seus componentes nas direções NORTE-SUL (N-S) e LESTE-OESTE (E-W). As relações matemáticas utilizadas nesta transformação são as mesmas que resolvem o problema da NAVEGAÇÃO LOXODRÔMICA, ou seja (ver Figura 5.13):

$$\text{DIST\^A} \text{NCIA N - S} = \Delta\phi \text{ dist. } \cos R$$

$$\text{DIST\^A} \text{NCIA E - W} = ap = \text{dist. } \sin R$$

$$\Delta\lambda = ap. \sec \phi m$$

O ANALISADOR proporciona 3 leituras:

- MILHAS NAVEGADAS NA DIREÇÃO N-S;
- MILHAS NAVEGADAS NA DIREÇÃO E-W; e
- TOTAL DE MILHAS NAVEGADAS.

Alguns ANALISADORES apresentam, ainda, leituras de Latitude e Longitude. São os chamados ANALISADORES-INDICADORES (DRAI – “Dead Reckoning Analyzer – Indicator”).

O TRAÇADOR recebe as informações do ANALISADOR e proporciona a plotagem geográfica do movimento do navio através da água. Indica, ainda, continuamente, os valores de Latitude e Longitude, em dois mostradores localizados ao lado da **mesa de plotagem** (ver Figura 5.14).

A **mesa de plotagem** recebe as informações de DIFERENÇA DE LATITUDE ( $\Delta\phi$ ) e de APARTAMENTO (ap) e provê, por meios mecânicos, o registro gráfico do movimento do navio, através do deslocamento de um **ponto luminoso** (“bug”) ou de um **lápis** numa carta ou folha de plotagem, efetuando, assim, o traçado da DERROTA ESTIMADA.

Os mostradores de Latitude e Longitude devem ser ajustados com os valores da **posição inicial conhecida**, no início da operação. A partir daí, o mostrador de Latitude recebe diretamente a informação de DISTÂNCIA N-S, pois, em qualquer ponto da superfície da Terra, um grau de Latitude corresponde aproximadamente a 60 milhas. O mesmo não se dá, porém, no tocante à Longitude, pois a Diferença de Longitude é função do Cosseno da Latitude. Isto obrigou à colocação de um mecanismo de velocidade variável, que permite transformar o APARTAMENTO (DISTÂNCIA E-W) em Diferença de Longitude, para o mostrador de Longitude.



**Figura 5.14 (a) - EDE Marca NC-2, Mod. 2**

Alguns modelos mais modernos de EDE, como o Sistema NC-2 (“ASW PLOTTING SYSTEM MARK NC-2, MOD 2”), possibilitam o traçado da derrota estimada do navio simultaneamente com traçado das derrotas de 2 ou mais alvos, permitindo uma leitura constante da marcação e distância dos alvos. As informações dos alvos

são provenientes de entradas automáticas do RADAR e/ou SONAR (Figura 5.14(a)).

#### c. Escalas

O EDE permite o ajuste de diversas escalas, segundo as quais o ponto luminoso (ou lápis), que representa a posição do navio, se desloca. Em navegação, a escala ajustada no EDE deve ser igual à Carta Náutica que se utiliza na mesa de plotagem.

Existem **2** tipos de escala no EDEL: **emergência** e **“standard”**.

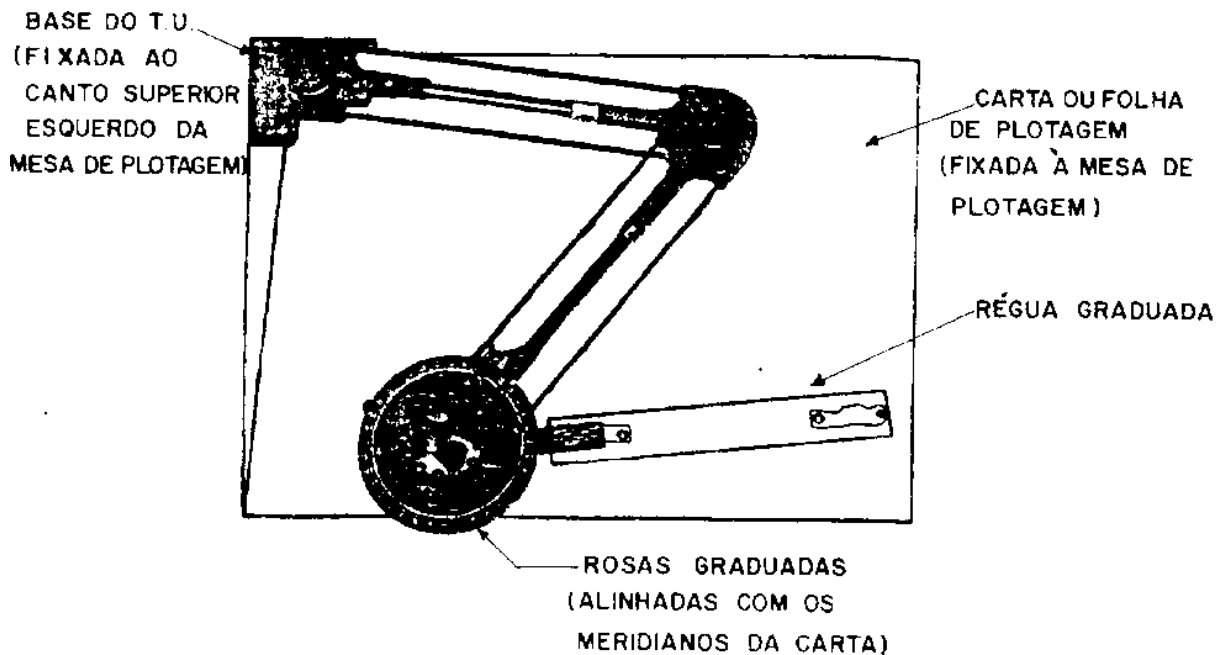
A escala de **emergência** é independente, sendo usada principalmente para a plotagem de **homem ao mar**. O seu valor é de 200 jardas por polegada (o que corresponde a uma escala de 1:7.200).

Na escala “standard” podem ser ajustados valores de 1/4 a 16 milhas por polegada (ou 1:18.000 a 1:1.152.000).

#### d. Acessórios à plotagem no EDE

Além dos compassos e réguas-paralelas, utiliza-se no EDE o TRANSFERIDOR UNIVERSAL (TU), mostrado na Figura 5.15.

O TRANSFERIDOR UNIVERSAL (“UNIVERSAL DRAFTING MACHINE”) é um instrumento de plotagem bastante conveniente. Sua régua pode ser fixada de modo a conservar a mesma direção, durante o seu movimento sobre toda a área de plotagem. Além disso, podem ser conectadas ao TU réguas de vários comprimentos e em escalas lineares diversas (régua de 200 jd/pol, etc.). Se a escala da carta ou folha de plotagem coincidir com a escala de uma das réguas disponíveis, as distâncias podem ser diretamente marcadas pelas escalas graduadas na réguas.

**Figura 5.15 - Transferidor universal**

O Transferidor Universal dispõe de uma rosa graduada de  $000^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ , concêntrica com uma outra rosa, que tem apenas quatro índices, defasados de  $90^{\circ}$  entre si.

Para utilizar-se o Transferidor Universal (TU), a Carta (ou folha de plotagem) deve ser primeiro fixada à mesa de plotagem. A régua é, então, alinhada com um meridiano da Carta (ou um paralelo) e fixada em posição, pela borboleta interna. Folga-se, então, a borboleta externa e ajusta-se a rosa graduada de modo que as graduações  $0^{\circ}$  e  $180^{\circ}$  (ou  $90^{\circ}$  e  $270^{\circ}$ , se a régua foi alinhada com um paralelo) estejam alinhadas com um índice existente na rosa interna. Fixa-se, então, a borboleta externa (e nela não se mexe mais), mantendo a rosa em posição. Com esta ajustagem, qualquer posição subsequente da régua é indicada na rosa como **direção verdadeira**, sendo, então, possível obter ou plotar **Rumos e Marcações verdadeiras** através do TU, sem necessidade de referências às rosas da Carta.

É óbvio que o uso do instrumento desta maneira requer que os meridianos da carta sejam linhas retas e paralelas entre si, como numa Carta de Mercator. Numa Carta de Lambert ou Gnomônica, onde os meridianos convergem, o instrumento não pode ser utilizado.

Para que resultados precisos sejam obtidos, a base do instrumento deve ser rigidamente fixada na mesa de plotagem, usualmente no seu canto superior esquerdo. Isto deve ser verificado de tempos em tempos, pois a base pode ser afrouxada por vibração ou uso continuado. Os pivôs na base do instrumento também devem estar firmes, sem folga. As cintas metálicas sem-fim do mecanismo de movimento paralelo devem estar firmes, para preservar a rigidez do instrumento.

O instrumento deve ser verificado quanto ao seu paralelismo por meio dos meridianos e paralelos das extremidades opostas de uma Carta de Mercator.

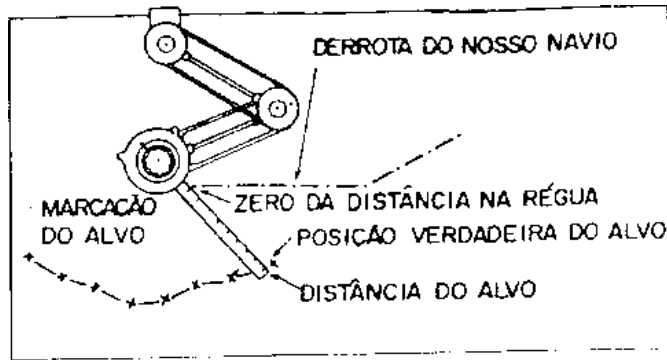
#### e. Operação do EDE

Para operação do EDE em navegação, coloca-se uma Carta Náutica sob o suporte do lápis na mesa de plotagem e ajusta-se a escala para um valor igual à escala da carta. O lápis, então, traçará a **derrota estimada** do navio sobre a carta.



Para emprego do EDE em operações navais, utiliza-se normalmente uma folha de plotagem, em papel vegetal, onde é traçada a derrota do navio e são plotadas as marcações e distâncias dos alvos, utilizando os instrumentos de plotagem anteriormente mencionados, a partir dos pontos da derrota de onde as marcações e distâncias foram obtidas. Esta plotagem é denominada PLOTAGEM GEOGRÁFICA e está mostrada e descrita na Figura 5.16.

**Figura 5.16 – Plotagem geográfica no EDE**



- A PLOTAGEM GEOGRÁFICA MOSTRA O MOVIMENTO VERDADEIRO DE ALVOS DE SUPERFÍCIE OU SUBMARI-NOS.
- O TRANSFERIDOR UNIVERSAL É UTILIZADO PARA PLOTAR MARCAÇÕES E DISTÂNCIAS DOS ALVOS.
- O RUMO DO ALVO PODE SER MEDI-DO DIRETAMENTE DA PLOTAGEM E SUA VELOCIDADE PODE SER CALCU-

LADA PELO TEMPO DESPENDIDO EM PERCORRER UMA DISTÂNCIA MEDIDA NA PLOTAGEM.

- PARA NAVEGAÇÃO RADAR A CARTA DA ÁREA É FIXADA À MESA DE PLOTAGEM E O T.U. É UTILIZADO PARA PLOTAR MARCAÇÕES E DISTÂNCIAS PARA PONTOS DE APOIO À NAVEGAÇÃO, DE MANEIRA A DETERMINAR A POSIÇÃO VERDADEIRA DO NAVIO.

#### f. Emprego do EDE

O EDE faz **navegação estimada** com as mesmas limitações que o processo gráfico-geométrico na carta, isto é, não leva em consideração o efeito da **corrente, visto que os instrumentos em que se fundamenta só informam o movimento do navio sobre a água.**

A maior utilidade do EDE situa-se na guerra naval, especialmente na guerra anti-submarino (GAS), uma vez que o posicionamento relativo das forças antagônicas independe da corrente, por se encontrarem todas as unidades no mesmo referencial, que é a massa líquida do mar (admitida homogênea, em virtude das distâncias normalmente envolvidas).

Assim, basicamente o EDE será empregado para:

- Navegação estimada;
- Plotagem geográfica;
- Plotagem de GAS;
- Apoio de Fogo Naval;
- Homem ao mar (escala de 200 jd/pol);
- Busca e salvamento.

Atualmente, o EDE foi substituído por versões digitais, baseadas nos mesmos princípios, porém muito mais completas e eficazes, uma vez que podem não só receber e integrar informações de vários equipamentos, como também enviar respostas e manter uma completa apresentação da situação tática e um registro do desenvolvimento das ações.

