

# RADIOGONIOMETRIA\*

## MAPAS E DETERMINAÇÃO DE POSIÇÕES

### 3 — Marcações — Traçados nos mapas

#### 3.1 — Generalidades

No que se segue trata-se da aplicação dos mapas na radiogoniometria e da determinação da posição de uma estação, isto é, de efectuar a marcação no mapa. Indicar-se-á também a forma de calcular rosas de direcção, bem como o estabelecimento de coordenadas numéricas nas margens do mapa (designadas por coordenadas marginais) que permitam o estabelecimento de marcações sem auxílio de rosas de direcção.

Conhecidos estes procedimentos é relativamente fácil traçar um azimute num mapa gnomónico sem necessidade de determinar uma rosa de direcções completa para cada localização. É o caso, por exemplo, de uma estação radiogoniométrica móvel, quando se aproxima da localização de um emissor determinada a grande distância, por estações radiogoniométricas fixas. Não será viável, praticamente, estar a determinar rosas de direcção para as localizações possíveis da estação móvel.

Quando se faz a marcação de azimutes de estações a pequena distância (até 100 km), admite-se que o mapa utilizado é do tipo apropriado para o fim em vista e que, portanto, ele não introduz novos problemas a considerar. Quando se trata de azimutes a grande distância (acima de 150 km), é necessário ter em conta as características do mapa utilizado.

Para tirar o máximo de vantagens do facto de que uma linha recta, num mapa gnomónico, representa um círculo máximo, será conveniente encontrar um método pelo qual seja possível obter o azimute verdadeiro em qualquer ponto do mapa, o que se traduz pela determinação da rosa de direcções para esse ponto ou pela determinação das coordenadas marginais referidas também a esse ponto.

Todos estes problemas se simplificariam se fosse praticável utilizar um globo terrestre de dimensão suficientemente grande para se obter a necessária precisão. Em todo o caso, um globo pode ser útil em certos casos.

Quando se trata de marcar azimutes num mapa o procedimento variará se se trata de uma estação a grande distância ou de uma estação

a curta distância, entendendo-se ser de cerca de 100 km a distância que separa os dois casos.

Um azimute para curta distância pode ser traçado com suficiente aproximação usando, apenas, um transferidor normal ou uma rosa de direcções, não distorcida, centrada no local da estação radiogoniométrica. Os azimutes para grande distância devem ser traçados por outros meios, consoante o tipo de mapa.

#### 3.2 — Traçado de azimutes a curta distância em mapas de grande escala

Um mapa de grande escala é um mapa que representa apenas uma área geográfica relativamente pequena. É o caso, por exemplo, de um mapa na escala 1:250 000.

Em muitos de tais mapas traçam-se os azimutes por linhas rectas, medindo-se os ângulos com um transferidor normal. Isto pressupõe:

- a) que a diferença entre a linha recta que representa o azimute e a linha que, no mapa, representaria o círculo máximo correspondente a esse azimute, é desprezável;
- b) que o ângulo formado por duas linhas rectas que, no mapa, se intersectam no local correspondente à estação emissora, não depende do ponto onde se dá a intersecção ou dos pontos de origem dessas rectas (estações radiogoniométricas).

Estas hipóteses aproximam-se mais ou menos da verdade consoante o tipo de projecção dos mapas utilizados.

Já vimos que existe apenas uma projecção em que todos os círculos máximos são representados por linhas rectas, a projecção gnomónica. Em todas as outras projecções os círculos máximos são representados por curvas, excepto em casos especiais, como por exemplo os meridianos e o equador na projecção de Mercator.

\* Publicação devidamente autorizada pela «Direcção dos Serviços Radioeléctricos da Administração Geral dos C. T. T.» (Continuação do n.º 33).

Mesmo quando a representação de um círculo máximo se faz por uma curva, é de notar que um pequeno troço dessa curva não difere apreciavelmente de uma recta. É por esta razão que os azimutes a curta distância podem ser representados por linhas rectas. Quanto maior for, porém, a distância tanto maior será a divergência entre essa linha recta e a linha que representará o verdadeiro círculo máximo. Enquanto essa divergência for muito inferior ao erro provável da obtenção radiogoniométrica do azimute, pode considerar-se como não existente.

A determinação de posições ou marcações de azimutes em mapas de Mercator, Lambert ou policónicos de grande escala, para distâncias até cerca de 100 km, pode fazer-se por meio de linhas rectas. No caso das projecções de Lambert ou policónica, é importante que o mapa usado esteja centrado perto da área em que se utiliza o mapa.

Se se utilizar uma projecção gnomónica de grande escala, o traçado pode fazer-se sem grande erro, usando um transferidor simples, desde que o ponto de tangência esteja perto da zona em que é utilizado o mapa.

Existem transferidores especialmente construídos para medida de ângulos e distâncias em mapas aeronáuticos, traçados geralmente em projecção de Lambert, os quais são muito úteis para traçar azimutes em quase todos os mapas de grande escala.

Esses transferidores são, por exemplo, o Weems Mark II e o Warner, (designados por «aircraft plotters»).

### 3.2.1 — Transferência de azimutes de um mapa para outro

É muitas vezes necessário transferir ou prolongar um azimute traçado num mapa para outro que cubra uma região adjacente. Para tal, os dois mapas devem conter uma área comum que seja atravessada pelo azimute.

Para efectuar a transferência escolhem-se, na linha do azimute os dois pontos a maior distância situados na área comum e procede-se à localização desses dois pontos no mapa para onde se pretende efectuar a transferência. A ligação desses dois pontos dá a linha do azimute no segundo mapa.

Pode-se efectuar a verificação tomando um terceiro ponto e verificando se ele coincide com as duas linhas nos dois mapas.

### 3.2.2 — Azimutes a curta distância num mapa Mercator

Se bem que a projecção de Mercator não seja ideal para traçar azimutes, mesmo a curta distância (não incluindo distâncias da ordem de uma ou duas dezenas de quilómetros), tais mapas estão tão espalhados que é conveniente analisar as possibilidades do seu uso.

A projecção de Mercator pode ser utilizada para traçar azimutes a partir de um dado ponto desde que se aplique uma correcção designada por «meia convergência».

A meia convergência é metade da diferença das longitudes dos dois pontos (o local da estação radiogoniométrica e o local do emissor) multiplicada pelo seno da latitude média dos dois pontos, isto é:

$$C = \frac{1}{2} \cdot (Lg_1 - Lg_2) \cdot \text{sen} \frac{L_1 + L_2}{2}$$

em que  $Lg_1$  e  $Lg_2$  são as longitudes dos dois pontos e  $L_1$  e  $L_2$  as respectivas latitudes.

A aplicação desta correcção (só possível quando se conheça a localização, pelo menos aproximada, dos dois pontos, o que em geral não sucede na radiogoniometria nos Centros de Fiscalização) dá resultados com precisão de 10 minutos de arco em distâncias até cerca de 2000 km. Para distâncias inferiores a 150 km a correcção

é muitas vezes desprezável, atingindo o erro valores que não excedem um grau a latitudes elevadas.

Para a radiogoniometria a partir de estações móveis, em que geralmente se está a curta distância do emissor, tal precisão é satisfatória e podem usar-se mapas de Mercator de grande escala (isto é, de pequena superfície coberta) para traçar os azimutes a curta distância.

Quando se aplica a correcção é necessário determinar se ela é positiva ou negativa. Pode, para tal, tomar-se a regra seguinte. No hemisfério norte, um círculo máximo na projecção de Mercator tem a curvatura voltada para o Norte (desenho 2502); o contrário se dá no hemisfério Sul. Quando o emissor estiver para Leste da estação radiogoniométrica, deve-se somar o valor da correcção ao valor do azimute radiogoniométrico, para obter o ângulo que se deve marcar no mapa; se o emissor estiver para Oeste, há que subtrair o valor da correcção.

O quadro seguinte dá valores arredondados a meio grau, da correcção a aplicar aos azimutes verdadeiros para serem marcados num mapa de Mercator, para diferenças de longitude até 3 graus.

Latitude média (graus)	Diferença de longitudes		
	1.º	2.º	3.º
0	0	0	0
5	0	0	0
10	0	0	0,5
15	0	0,5	0,5
20	0	0,5	0,5
25	0	0,5	0,5
30	0,5	0,5	1,0
35	0,5	0,5	1,0
40	0,5	0,5	1,0
45	0,5	0,5	1,0
50	0,5	1,0	1,0
55	0,5	1,0	1,0
60	0,5	1,0	1,5
65	0,5	1,0	1,5
70	0,5	1,0	1,5

Como um grau de longitude é igual a cerca de 100 km (60 milhas marítimas), no equador e a distâncias cada vez menores à medida que a latitude aumenta, até ser nulo no polo, do quadro anterior obtêm-se indicação aproximada, em relação à latitude média das distâncias a que uma correcção se aplica.

Como no caso da radiogoniometria praticada nos Centros de Fiscalização se não conhece senão um dos pontos (o da estação radiogoniométrica) não é possível traçar com exactidão a linha recta cujo ângulo corresponderia ao azimute radiogoniométrico.

Muito embora a projecção de Mercator possa ser utilizada para radiogoniometria a curta distância, ela não tem qualquer vantagem, excepto a sua mais fácil obtenção, que outras projecções (cónica, Lambert ou policónica). Há, porém, uma vantagem da projecção Mercator: a de ser possível representar num único mapa a maior parte da superfície terrestre, o que não sucede com as outras projecções susceptíveis de ser usadas na radiogoniometria. Mas em tal caso, a escala tem que ser pequena, o que não convém para o traçado de azimutes a curta distância.

Para o serviço radiogoniométrico a curta distância efectuado pelos Centros de Fiscalização qualquer tipo de projecção, em grande escala, é satisfatório, visto os mapas de grande escala deverem ser usados apenas em ligação com as estações móveis radiogoniométricas.

A mobilidade e a rapidez em determinar azimutes é, em regra, muito mais importante do que a existência de pequenos erros resultantes do tipo de mapa. Quanto mais a estação radiogoniométrica móvel se aproximar do seu objectivo, de menor importância se torna o tipo

de projecção e, por fim, será o mapa que disponha de maior pormenor, qualquer que seja a projecção, aquele que será mais útil. Quando existam disponíveis mapas Lambert, é, no entanto, preferível adoptar estes para os azimutes a curta distância e utilizar os mapas Mercator de cidades ou pequenas regiões, ou os mapas de estradas, para a fase final da localização do emissor.

### 3.3 — Traçados de azimutes a grande distância em mapas de pequena escala

#### 3.3.1. — Mapas Mercator

Como se viu em 3.2.2 podem traçar-se num mapa Mercator linhas rectas que dêem o azimute, desde que se introduza uma correcção no valor obtido radiogoniométricamente. Essa correcção implica, porém, que se conheça não só o ponto onde se localiza o radiogoniómetro, como aquele em que se situa o emissor, este, pelo menos, de modo aproximado.

Poder-se-ia traçar, para cada local onde se situasse uma estação radiogoniométrica, uma série de curvas como as curvas a cheio do desenho 2502, sendo o afastamento entre curvas de, por exemplo, dois graus. Tais curvas poderiam ser traçadas no próprio mapa ou num material transparente que se sobrepusse ao mapa. Seria, então, possível, segundo as curvas correspondentes aos azimutes obtidos, fazer a marcação do emissor.

Embora tal método seja praticável quando existem duas ou três estações radiogoniométricas, ele dá, porém, uma representação muito confusa.

O traçado de uma rede de curvas como essa, a partir do ponto onde se situa um Centro de Fiscalização, pode ser útil para esse Centro como auxiliar para o seu serviço geral de fiscalização, especialmente para verificar se para um dado sinal recebido a direcção de chegada, isto é, o azimute radiogoniométrico, coincide com o normal em face do indicativo da estação e, portanto, se se não trata de um sinal cuja identificação é errada.

#### 3.3.2 — Mapas Lambert e policónicos

Se necessário, poder-se-ia adoptar um método análogo ao anterior para estes mapas, para o caso de azimutes a grande distância. Como, porém, além da desvantagem de serem curvas as linhas que representariam os círculos máximos, seriam necessários vários mapas para a cobertura de uma parte apreciável da superfície terrestre. Tais mapas não são, em regra, usados na radiogoniometria a grande distância.

#### 3.3.3 — Mapas gnomónicos

Estes mapas são, como já vimos, os mais convenientes para a radiogoniometria a grande distância.

Para se aproveitar a vantagem de que quaisquer círculos máximos são, nesta projecção, representados por linhas rectas, há que encontrar um meio pelo qual seja possível traçar linhas de azimute correctas a partir de qualquer outro ponto do mapa que não seja o ponto de tangência. Com efeito, já vimos que só para o ponto de tangência, os ângulos medidos no mapa são iguais aos ângulos reais.

Como as estações radiogoniométricas a grande distância são, em geral, estações fixas, é possível determinar para cada localização de estação radiogoniométrica, a direcção da linha no mapa (medida com um transferidor) que corresponde a um dado valor do azimute real. Isto conduz à determinação de uma rosa de direcções distorcida.

Algumas vezes é necessário traçar azimutes a partir de um local para que não existe calculada uma rosa de direcções, pela utilização de um radiogoniómetro móvel ou transportável ou de acrescentar azimutes obtidos de outras fontes que não a rede própria de estações radiogoniométricas.

As formas de procedimento que se indicam adiante dão o método básico para calcular as rosas de direcção para qualquer tipo de mapa gnomónico. Em muitos casos não será, porém, necessário, fazer a determinação completa dessa rosa.

Indicar-se-á primeiramente o método de cálculo para a projecção polar, por ser mais fácil e de mais simples compreensão. O método geral, para a projecção oblíqua, pode ser também aplicado à projecção polar, de que esta é caso particular.

Por meio de fórmulas é possível corrigir o valor do azimute real, obtido radiogoniométricamente, de molde a obter-se o valor a utilizar no traçado no mapa gnomónico, utilizando um transferidor normal.

É possível determinar, em tempo curto, a correcção para um dado azimute. Uma vez isso feito, determinam-se facilmente as correcções para outros azimutes tirados do mesmo local, visto não ser necessário repetir vários cálculos.

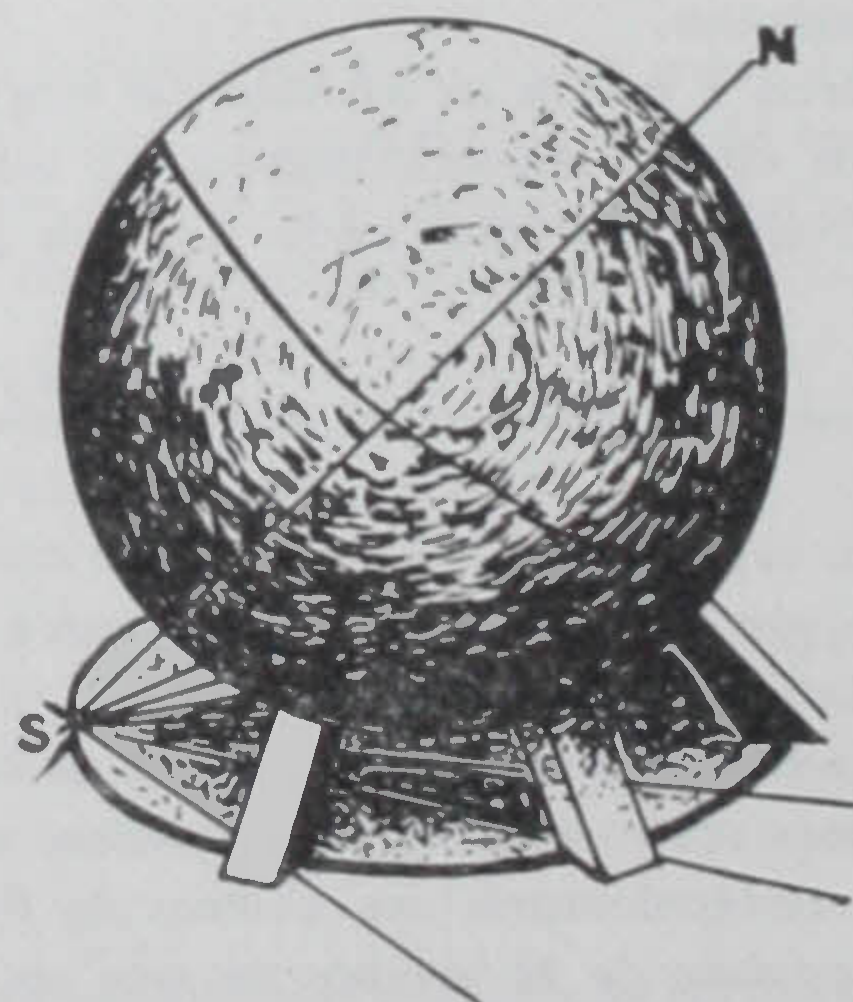
Consideremos (desenho 10 135) um globo terrestre que repousa, pelo seu ponto de tangência, num mapa gnomónico *oblíquo*, no qual estão traçados os meridianos, que são linhas rectas convergentes no polo. A circunferência traçada no mapa está centrada no ponto de tangência e corresponde ao lugar geométrico dos pontos equidistantes do ponto de tangência, visto ser a intersecção da superfície cónica com vértice no centro da esfera e eixo perpendicular ao mapa, superfície essa que corta a esfera segundo uma circunferência traçada na esfera com centro no centro de tangência e de que a circunferência no mapa é a projecção.

Chamemos, para simplificar, circunferência de localização à circunferência traçada no mapa, circunferência essa que está representada no desenho 10 136.

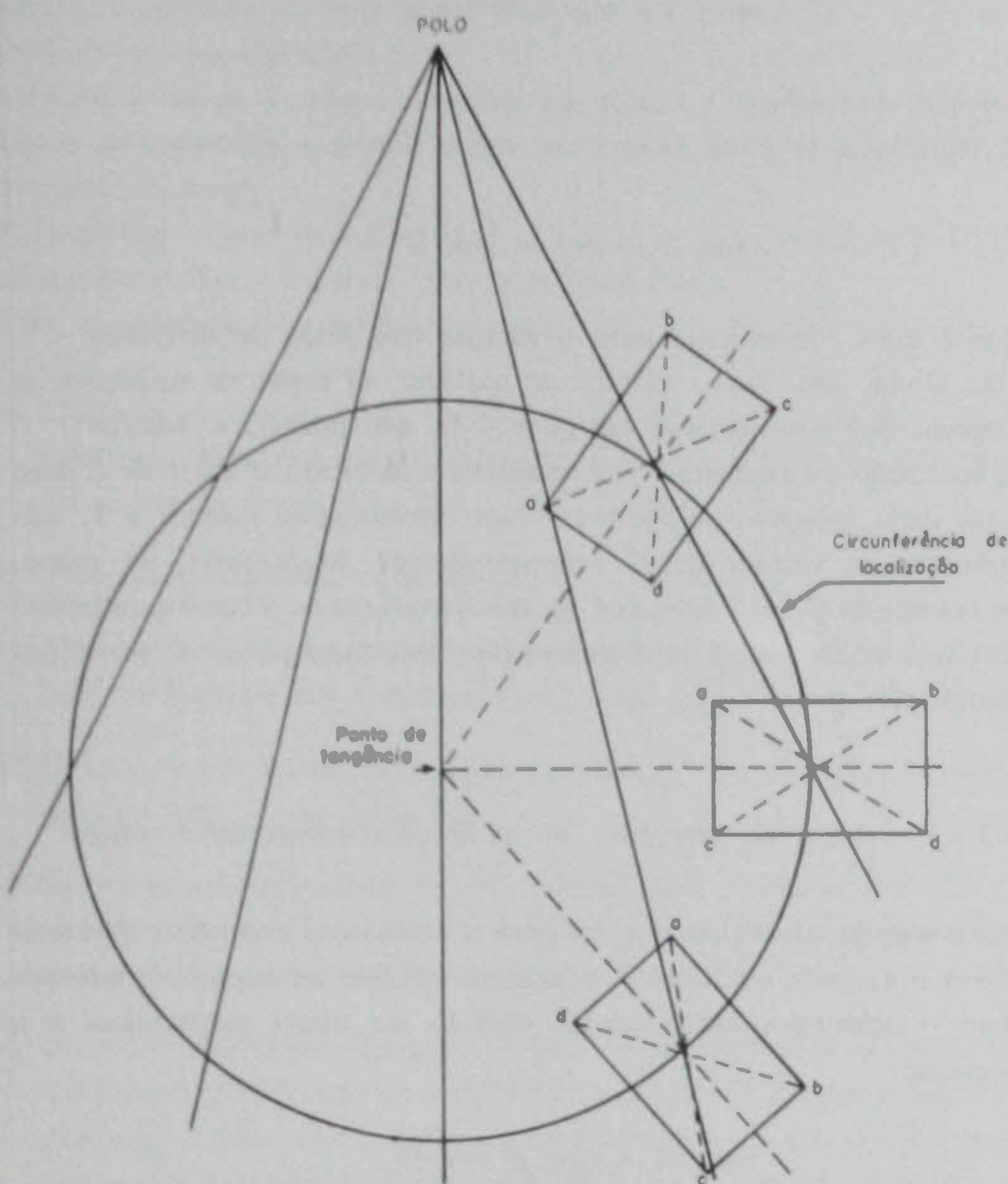
Os três prismas que saem da esfera e de base quadrada, representam as projecções de rosa de direcções regulares, existente na esfera, em três pontos diferentes da circunferência de localização. Cada uma das arestas de cada prisma é a linha de projecção de pontos igualmente espaçados na rosa de direcção (tomam-se apenas quatro pontos da rosa, por simplificação).

A intersecção de cada prisma com o mapa (indicada no desenho 10 136) corresponde à rosa de direcções projectada no mapa; e vê-se que o quadrado na esfera se transforma num rectângulo no mapa. Como as diagonais do quadrado (que corresponde a pontos a 90° dos outros) são perpendiculares entre si e as diagonais do rectângulo (que representam pontos a 90° entre si) o não são, conclui-se que a rosa de direcções virá distorcida no mapa.

DESENHO 10135



DESENHO 10136



À medida que o prisma toma várias posições ao longo da circunferência de localização, vê-se (desenho 10 136) que a distorção roda em direcção à sua posição original, e que essa rotação é total (360°) quando se percorre toda a circunferência de localização.

Isto não significa, porém, que seja correcto calcular uma rosa de direcções para um dado ponto da circunferência de localização e fazê-la rodar de modo que a linha 0-180° da rosa coincida com o meridiano em qualquer ponto da circunferência de localização. Isso será correcto apenas na projecção polar.

A rosa de direcções em qualquer ponto será, portanto, determinada pela distorção já referida e ainda pela sua orientação em relação ao meridiano do mapa nesse ponto, orientação essa que, como já vimos, varia ao longo da circunferência de localização.

Deve notar-se que, na projecção polar, a distorção tem sempre a mesma posição em relação ao meridiano do local.

Por outro lado, a circunferência de localização numa projecção oblíqua não pode intersectar todos os meridianos, como sucede na projecção polar, pelo que introduz um elemento de dissimetria.

### 3.3.3.1 — Construção da rosa de direcções

Como se viu, a distorção da rosa de direcções num ponto de um mapa gnomónico depende da distância angular do ponto considerado ao ponto de tangência.

Na esfera, essa distância é equivalente ao comprimento do arco do círculo máximo que liga esse ponto ao ponto de tangência. No mapa, uma circunferência traçada com centro no ponto de tangência passará por pontos todos a igual distância angular desse ponto de tangência. Poder-se-á determinar o valor dessa distância, em graus, medindo o comprimento do raio da circunferência na escala de latitudes do meridiano que passa pelo ponto de tangência.

### 3.3.3.2 — Rosas para projecção polar

A todos os pontos à mesma latitude corresponderão rosas de direcção idênticas.

A distorção é nula no polo e aumenta à medida que diminui a latitude, isto é, à medida que aumenta a distância ao polo.

A linha 0-180° da rosa coincidirá sempre com o meridiano do local. A linha 90°-270° não sofre qualquer distorção seja qual for a latitude (esta condição não se verifica na projecção oblíqua).

A distorção que se verifica no sector 0-90° repete-se, em sentido inverso, no sector 90-180°. Dada a simetria, a distorção do sector 360°-270° é a mesma que no sector 0-90°.

Como um azimute e o seu recíproco correspondem a um círculo máximo, que é representado por uma recta no mapa gnomónico, a distorção num quadrante determina a distorção no quadrante oposto.

Em cada quadrante há uma direcção para a qual a distorção é máxima, direcção essa que varia com a latitude do local. A distorção diminui para cada lado do máximo e é nula nos pontos 0, 90°, 180° e 270°. Se, por exemplo, a distorção for máxima a 32 graus, será máxima também a 148°, 212° e 328°.

A expressão que relaciona o azimute obtido radiogoniométricamente com o azimute correspondente no mapa gnomónico polar é

$$\text{tang } S = \frac{\text{tang } C}{\text{sen } L} \quad 1)$$

ou

$$\text{tang } S = \text{tang } C \text{ cosec } L \quad 2)$$

em que é:

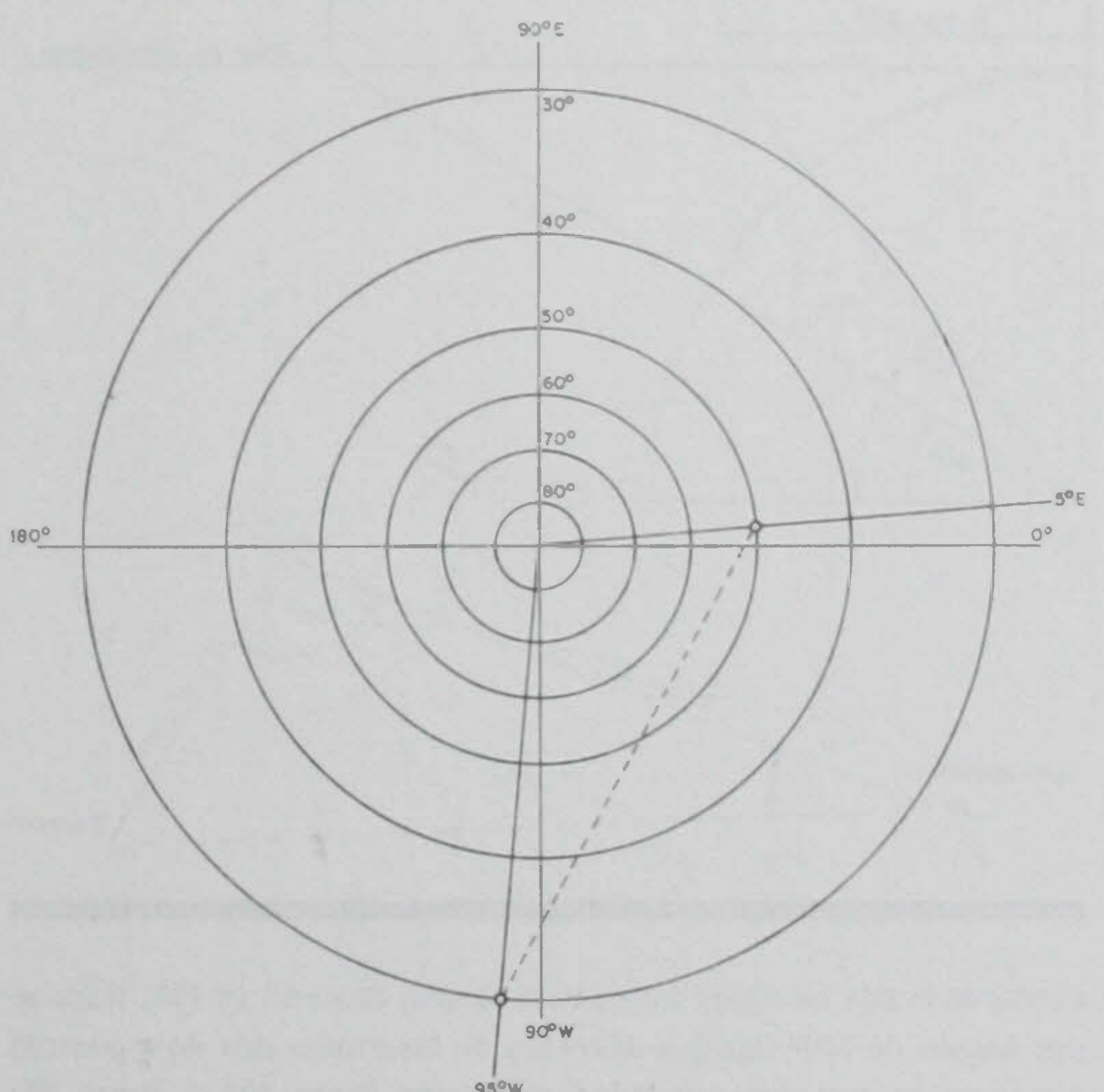
$S$  — o azimute real, obtido radiogoniométricamente ou medido numa esfera

$C$  — o azimute correspondente no mapa, isto é, aquele que se mede no mapa com um transferidor normal

$L$  — a latitude do local do radiogoniómetro.

Como para qualquer local é cosec  $L$  maior do que a unidade,  $S$  é sempre maior do que  $C$ , quando  $C$  está compreendido entre 0 e 90°. A distorção num dado ponto será dada pela diferença entre  $S$  e  $C$ .

DESENHO 10137



A expressão anterior pode ser usada em conjunto com um mapa gnomónico polar para, a partir deste, determinar o azimute real de um dado local em relação à estação radiogoniométrica. Para isso, determina-se a localização dos dois pontos (o da estação radiogoniométrica e a do local) no mapa e traçam-se:

- a) a linha que liga o polo à estação radiogoniométrica;
- b) a linha que liga o local considerado à estação radiogoniométrica.

Mede-se, com um transferidor normal o ângulo entre as duas linhas, que será o ângulo  $C$  da expressão anterior. Como é conhecida a latitude  $L$  da estação radiogoniométrica, a expressão referida permite determinar  $S$ , isto é, o azimute real.

Se o local estiver a *Leste* da estação radiogoniométrica, deve subtrair-se  $S$  de  $360^\circ$  para se obter o azimute real.

Na realidade não é necessário traçar as linhas no mapa para resolver este problema.

De facto, o que é necessário é construir um ângulo cujo valor seja igual à diferença de longitudes dos dois pontos e cujos lados sejam proporcionais às cotangentes das latitudes desses pontos, como resulta da expressão dada em 2.5 e que se repete

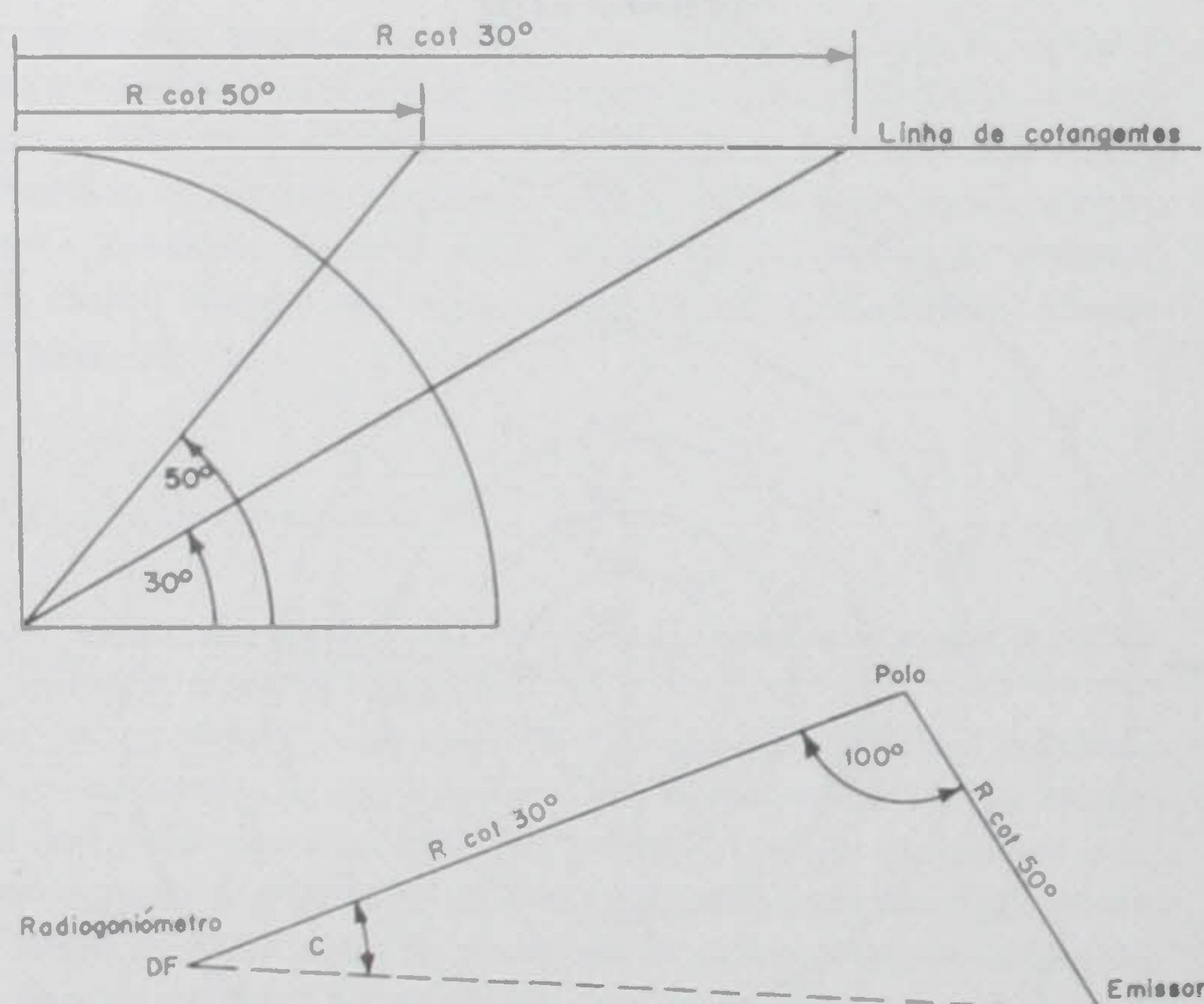
$$r = R \cot L$$

Ligando os extremos desses lados por uma recta, ter-se-á um triângulo em que um dos dois outros ângulos é o ângulo  $C$ .

Com efeito, no desenho 10 137 indica-se, num sistema de coordenadas da projecção gnomónica polar, o triângulo formado pelos pontos  $30^\circ\text{N}$  e  $95^\circ\text{W}$ , onde por hipótese se situaria a estação radiogoniométrica e pelo ponto  $50^\circ\text{N}$  e  $5^\circ\text{E}$ , onde se situaria o emissor.

Para a resolução do problema bastará, como se indica na figura superior do desenho 10 138, traçar um arco de círculo com raio  $R$  igual à unidade (por simplicidade, 10 cm) e marcar os ângulos correspondentes às latitudes ( $30^\circ$  e  $50^\circ$ ). O prolongamento dos raios correspondentes dará na linha horizontal superior os valores  $R \cot 30^\circ$  e  $R \cot 50^\circ$ .

DESENHO 10138



Como se indica na figura inferior do mesmo desenho 10 138, traça-se um ângulo de  $100^\circ$  (igual à diferença de longitudes dos dois pontos) e marcam-se, nos seus dois lados, os valores  $R \cot 30^\circ$  e  $R \cot 50^\circ$  obtidos na figura superior.

A ligação dos extremos dá o ângulo  $C$ .

A expressão 2) atrás indicada, que se transforma em

$$\text{tang } S = \text{cosec } 30^\circ \text{ tang } C$$

permite determinar  $S$ , valor do azimute real.

A expressão 1) pode escrever-se sob a forma

$$\text{tang } C = \text{sen } L \text{ tang } S \quad 3)$$

que é mais conveniente para o cálculo das rosas de direcções.

Há, ainda, um outro método de calcular as rosas de direcções, o método das coordenadas marginais, de que falaremos adiante.

A aplicação da expressão 3) é imediata. Conhecido o valor de  $L$  para uma dada estação radiogoniométrica, atribuem-se valores a  $S$ , calculam-se os valores de  $C$  correspondentes. Marcam-se, no mapa, os valores de  $C$ , mas numeram-se com os valores de  $S$  correspondentes. Ter-se-á assim a rosa de direcções para um dado ponto de um mapa gnomónico polar.

### 3.3.3.3 — Rosas de direcções em projecções equatorial e oblíqua

Para a projecção equatorial ou para a oblíqua, a expressão que relaciona o azimute real, isto é, o azimute medido na superfície esférica, com o azimute correspondente medido no mapa gnomónico, é a seguinte:

$$\text{tang } C = \text{tang } S \cos D \quad 4)$$

em que é (ver desenho 10 139)

- $C$  — o ângulo na estação radiogoniométrica (ponto  $O$ ) entre o círculo máximo  $TO$  (isto é o círculo máximo que passa pelo ponto de tangência do mapa e a estação radiogoniométrica) e o círculo máximo que passa pela estação radiogoniométrica e pelo emissor, medido no mapa com um transferidor normal
- $S$  — o valor real do mesmo ângulo na superfície terrestre, e que será, portanto, o valor que corresponde ao ângulo  $C$  medido no mapa
- $D$  — a distância angular (em graus de círculo máximo) entre o ponto  $T$  de tangência do mapa e o ponto  $O$  (estação radiogoniométrica).

A expressão 4) dá, pois, a conversão entre  $C$  e  $S$ , ângulos estes medidos não em relação ao Norte, isto é, ângulos que não são azimutes, mas sim medidos a partir da linha  $OT$ . A linha  $OT$  é, assim, a origem dos ângulos, isto é, o ponto  $0^\circ$  das rosas de direcções correspondentes (distorcida e não distorcida) a que a expressão relacionada coincide não com o meridiano da estação radiogoniométrica mas sim com a linha  $T$  no sentido  $TO$ .

Deste modo, para marcar no mapa um *azimute* determinado radiogoniométricamente, é necessário, visto a expressão 4) ser aplicável quando os ângulos são medidos a partir da linha que liga a estação radiogoniométrica ao ponto de tangência e não a partir do Norte, isto é, do meridiano que passa pela estação radiogoniométrica:

- a) Determinar o valor da distância angular  $D$ , em graus e minutos, do local do radiogoniómetro ao ponto de tangência do mapa.
- b) Determinar no mapa o valor do ângulo  $C_1$ , medido com um transferidor normal, ângulo formado pela linha que une a estação radiogoniométrica ao ponto de tangência e o meridiano que passa pela estação radiogoniométrica.

Entrando com estes dois valores na expressão 4) determina-se o ângulo  $S$  (que designaremos por  $S_1$ ) que, na realidade, corresponde ao ângulo  $C_1$  medido no mapa.

Então, conhecido  $S_1$  poder-se-á traçar no mapa qualquer azimuth medido radiogoniométricamente. Para tanto, ao valor medido do azimuth, soma-se o valor  $S_1$  e é a soma assim obtida que serve para entrar na expressão 4) como valor de  $S$  e obter o valor de  $C$  que se marcará no mapa.

Para melhor compreensão explicar-se-á a seguir o procedimento com maior pormenor e terminar-se-á com exemplos.

Para a aplicação da expressão 4) proceder-se-á do modo seguinte:

- Traça-se no mapa uma recta (que representará um círculo máximo) que ligue o local do radiogoniómetro ( $O$  do desenho 10 139) ao ponto de tangência ( $T$ )
- Traça-se o meridiano que passa por  $O$  ( $PO$ )
- Mede-se a distância angular  $TO$ , usando como escala as graduações em latitude que cortam o meridiano; essa será a distância  $D$
- Coloca-se um transferidor normal centrado em  $O$  e com o zero dirigido para  $T$ , na linha  $TO$
- Anota-se o ângulo, medido pelo transferidor, formado por  $TO$  e  $OP$  (ângulo  $C_1$ ). Este ângulo mede-se no sentido do movimento dos ponteiros de um relógio, de  $OT$  até  $OP$
- Na expressão 4) substituem-se  $D$  pelo valor obtido em c) e  $C$  pelo valor de  $C_1$  obtido em e) e determina-se o valor de  $\text{tang } S$  e daqui  $S$  que será o valor de  $S_1$  definido anteriormente. ( $S_1$  é o ângulo real entre o círculo máximo que passa pela estação radiogoniométrica e pelo ponto de tangência do mapa e o meridiano que passa pela estação radiogoniométrica)
- Soma-se o valor de  $S_1$  ao azimuth obtido radiogoniométricamente e que se pretende marcar no mapa. Se a soma for maior do que  $360^\circ$ , subtraem-se  $360^\circ$
- Na expressão 4) substitui-se  $S$  pelo valor assim obtido, e  $D$  pelo valor obtido em c) e determina-se  $C$
- Marca-se no mapa, a partir de  $OT$  e no sentido do movimento dos ponteiros de um relógio, o ângulo  $C$  obtido em h), usando um transferidor normal. A linha assim obtida, dará o azimuth real do emissor em relação ao local da estação radiogoniométrica.

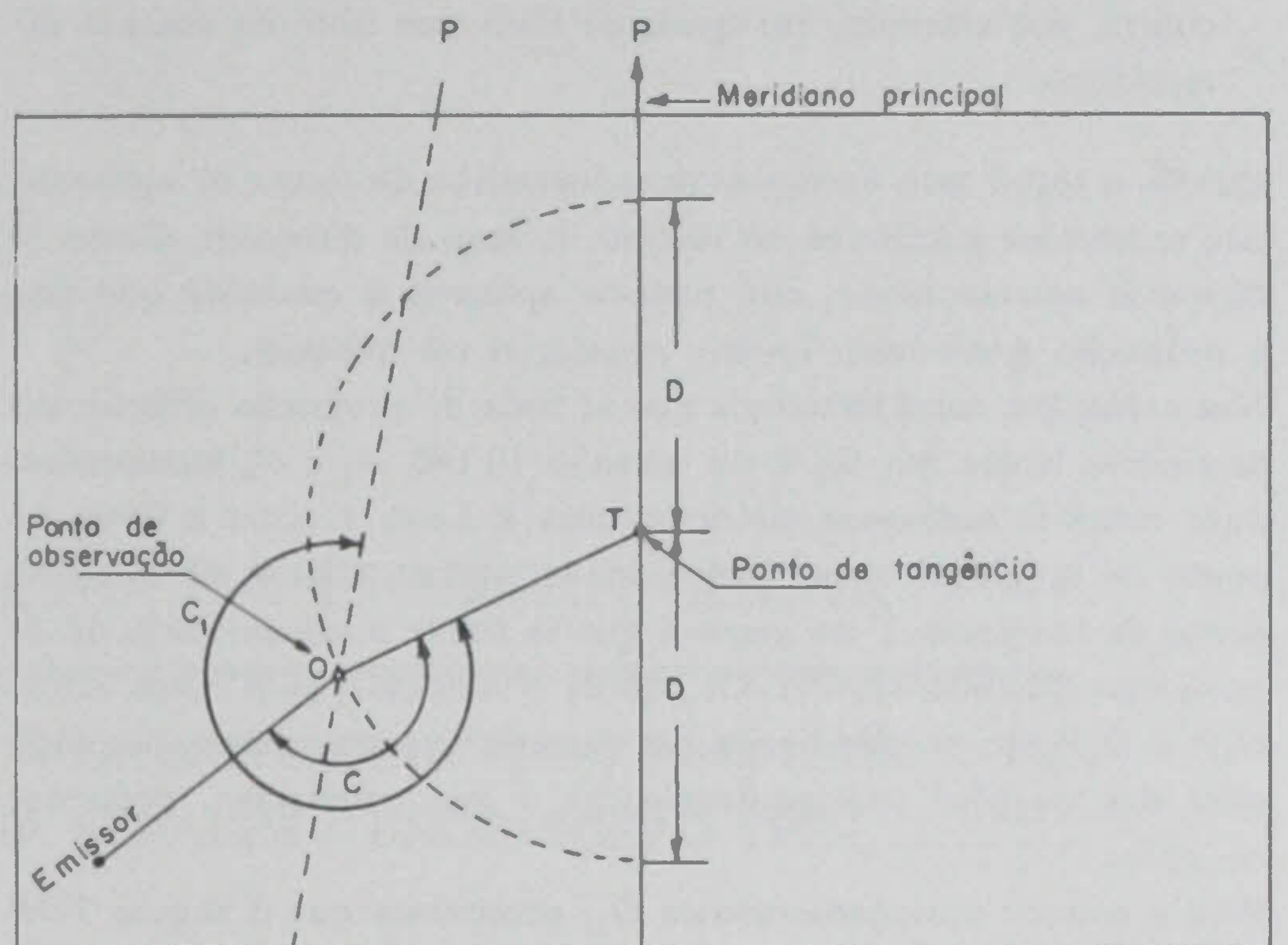
Deve notar-se que se houver que traçar mais do que um azimuth a partir da mesma estação radiogoniométrica, não é necessário repetir os cálculos a) a f). Estes fazem-se uma vez para uma dada estação radiogoniométrica e são válidos para quaisquer azimuths obtidos radiogoniométricamente.

De modo análogo, os cálculos a) a f) são desnecessários no caso de uma projecção polar, visto os pontos  $P$  e  $T$  coincidirem em tal caso (o meridiano que passa por  $O$  é um círculo máximo que passa por  $T$ ). Em tal projecção,  $D$  será igual à diferença de  $90^\circ$  para a latitude da estação radiogoniométrica.

No caso das projecções equatorial ou oblíqua, se o mapa for de configuração rectangular, e abranger uma maior faixa de longitudes do que latitudes, pode suceder que a estação radiogoniométrica esteja situada perto dos bordos do mapa. Nesse caso, a distância do ponto de tangência à estação radiogoniométrica pode ser grande demais para que se possa medir ao longo do meridiano principal do mapa. Então, pode calcular-se a distância angular  $D$  por um dos dois métodos seguintes.

- Mede-se, em milímetros, ao longo do meridiano que passa pelo ponto de tangência, o comprimento do meridiano que vai do ponto de tangência a um ponto correspondente a um dado afastamento

DESENHO 10139



de latitude (por exemplo, 10 graus). Designemos por  $X_1$  esse comprimento.

Mede-se o comprimento de  $TO$  em milímetros. Seja esse comprimento  $X_2$ .

O ângulo  $D$  será dado por

$$\text{tang } D = X_2 \frac{\text{tang } 10^\circ}{X_1}$$

Este método é baseado na expressão referida em 2.5. Para um dado mapa, o factor  $\text{tang } 10^\circ/X_1$  é uma constante, pelo que será necessário determiná-lo apenas uma vez.

DESENHO 10140

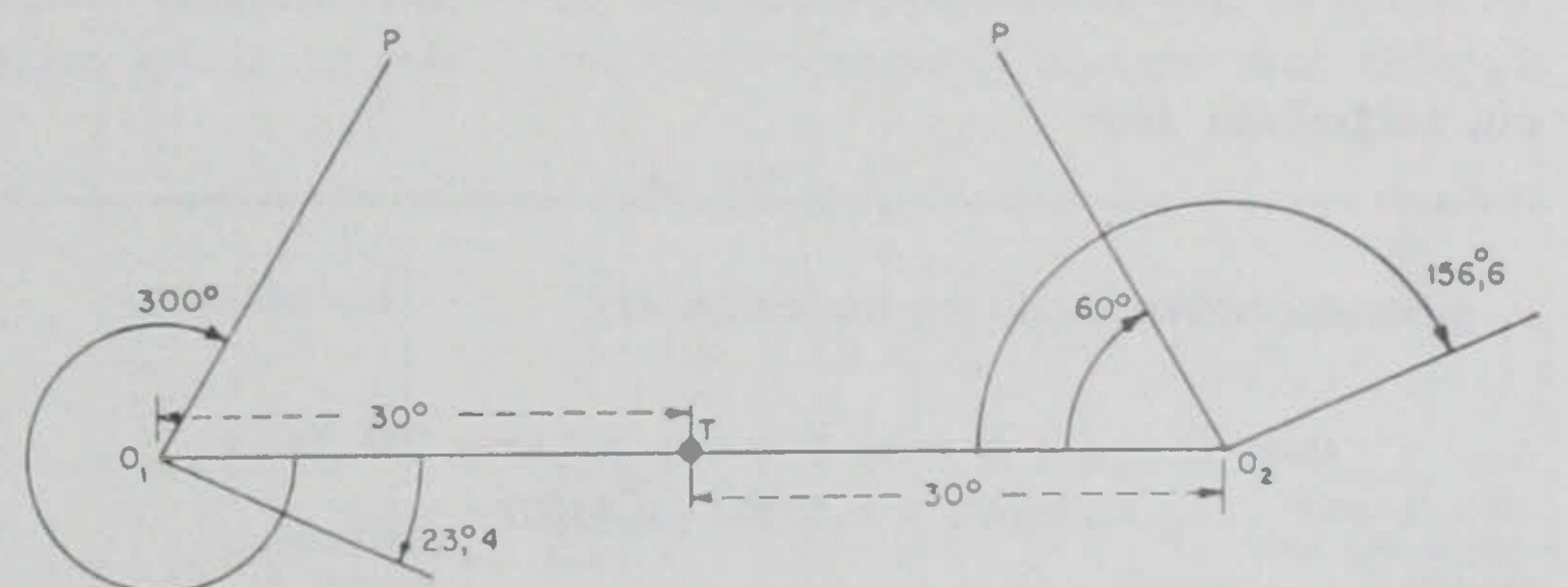


Fig. 1

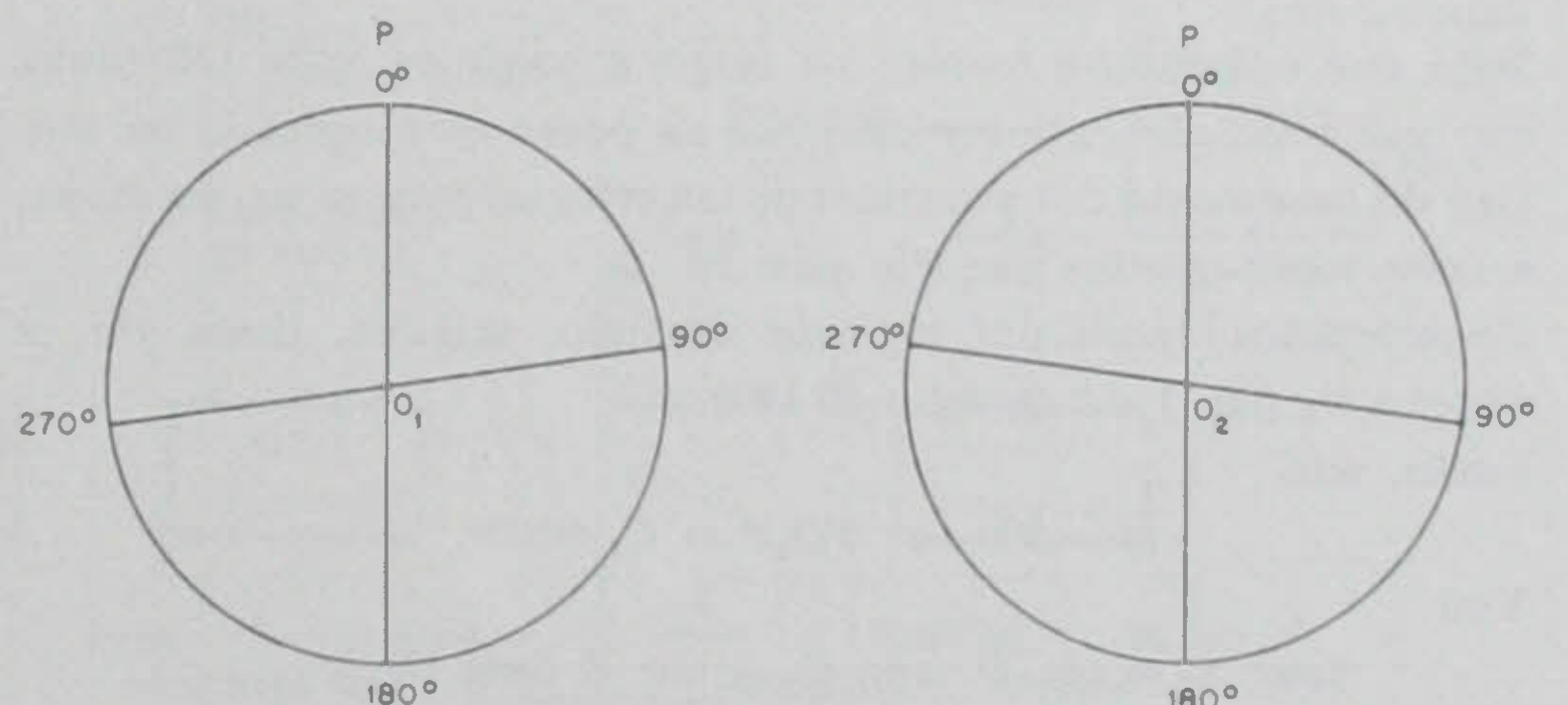


Fig. 2

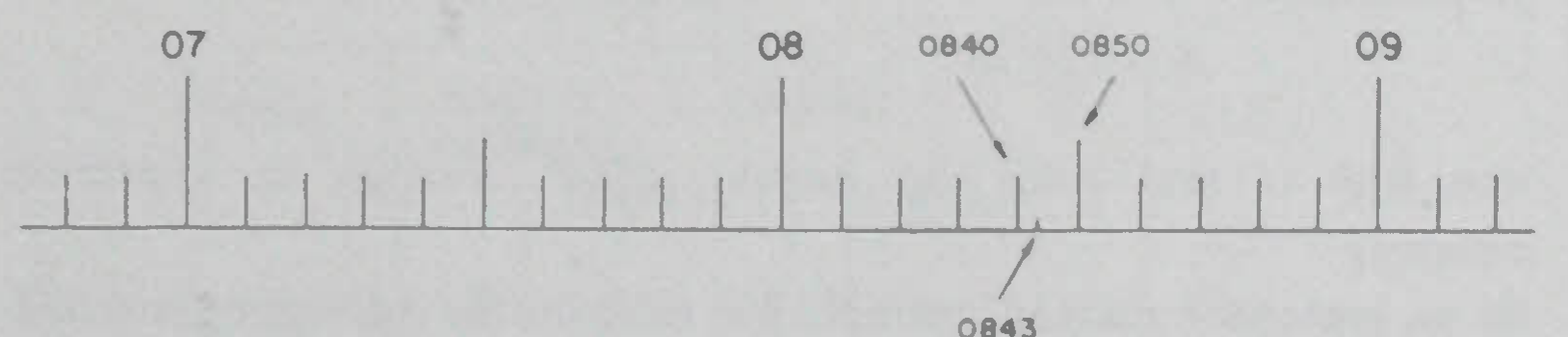


Fig. 3

b) Outro método será o de calcular analiticamente a distância angular  $D$ . Não entramos aqui nos pormenores desse cálculo, que se encontra, por exemplo, em qualquer livro que trate de antenas direccionais.

Damos a seguir dois exemplos demonstrativos da forma de aplicação das expressões anteriores no cálculo de rosa de direcções. Como já dissemos anteriormente, este método aplica-se a qualquer que seja a projecção gnomónica (polar, equatorial ou oblíqua).

Nos exemplos, consideraremos que se trata de projecção oblíqua, no hemisfério Norte. Na fig. 1 do desenho 10 140,  $O_1$  e  $O_2$  representam duas estações radiogoniométricas, uma a Leste e outra a Oeste do ponto de tangência  $T$  do mapa a que se refere o cálculo. Seja de 30 graus essa distância angular. Os pontos  $P$  indicam o polo norte, isto é,  $O_1P$  e  $O_2P$  são os meridianos que passam, respectivamente, por cada uma das estações radiogoniométricas e que convergem, portanto, no polo.

Para a estação radiogoniométrica  $O_1$ , admitamos que o ângulo  $TOP$  é de  $300^\circ$ , isto é, será  $C_1 = 300^\circ$  e já se indicou que é  $D = 30^\circ$ .

Então, a aplicação da expressão 4) dará

$$\begin{aligned} \text{tang } S_1 &= \sec D \text{ tang } C_1 = \sec 30^\circ \text{ tang } 300^\circ = \\ &= \sec 30^\circ (-\text{tang } 60^\circ) = 1,1547. (-1,7321) = -2,0000 \end{aligned}$$

donde

$$S_1 = -63^\circ 26' = 360 - 63^\circ 26' = 296^\circ 34'$$

Este valor de  $S_1$  é o valor real do ângulo  $TOP$  medido na superfície esférica.

Suponhamos que se pretende marcar na carta um azimuth de  $90^\circ$  obtido radiogoniométricamente na estação  $O_1$ . Então o valor real do azimuth será aquele e haverá que determinar o ângulo que se deve marcar no mapa, a partir de  $OT$ , isto é, da linha que une a estação radiogoniométrica ao ponto de tangência, para se obter a linha que corresponde àquele azimuth real.

Então será

$$S = 90^\circ + S_1 = 90^\circ + 296^\circ 36' = 386^\circ 34'$$

ou, subtraindo  $360^\circ$

$$S = 26^\circ 34'$$

e, portanto, substituindo na expressão 4):

$$\begin{aligned} \text{tang } C &= \cos D \text{ tang } S = \cos 30^\circ \text{ tang } 26^\circ 34' = \\ &= 0,86603 \times 0,5000 = 0,43302 \end{aligned}$$

donde

$$C = 23^\circ,4$$

Seria este o ângulo a marcar no mapa a partir da linha  $OT$  (linha que une a estação radiogoniométrica ao ponto de tangência) no sentido do movimento dos ponteiros de um relógio, para se ter, no mapa, a linha representativa daquele azimuth.

Consideremos agora um segundo exemplo, relativo, desta vez, à estação  $O_2$  (fig. 1 do desenho 10 140).

Então, será

$$D = 30^\circ \text{ e } TO_2P = C_1 = 60^\circ$$

Virá

$$\begin{aligned} \text{tang } S_1 &= \sec D \text{ tang } C_1 = \sec 30^\circ \text{ tang } 60^\circ = \\ &= 1,1547 \times 1,7321 = 2,0000 \end{aligned}$$

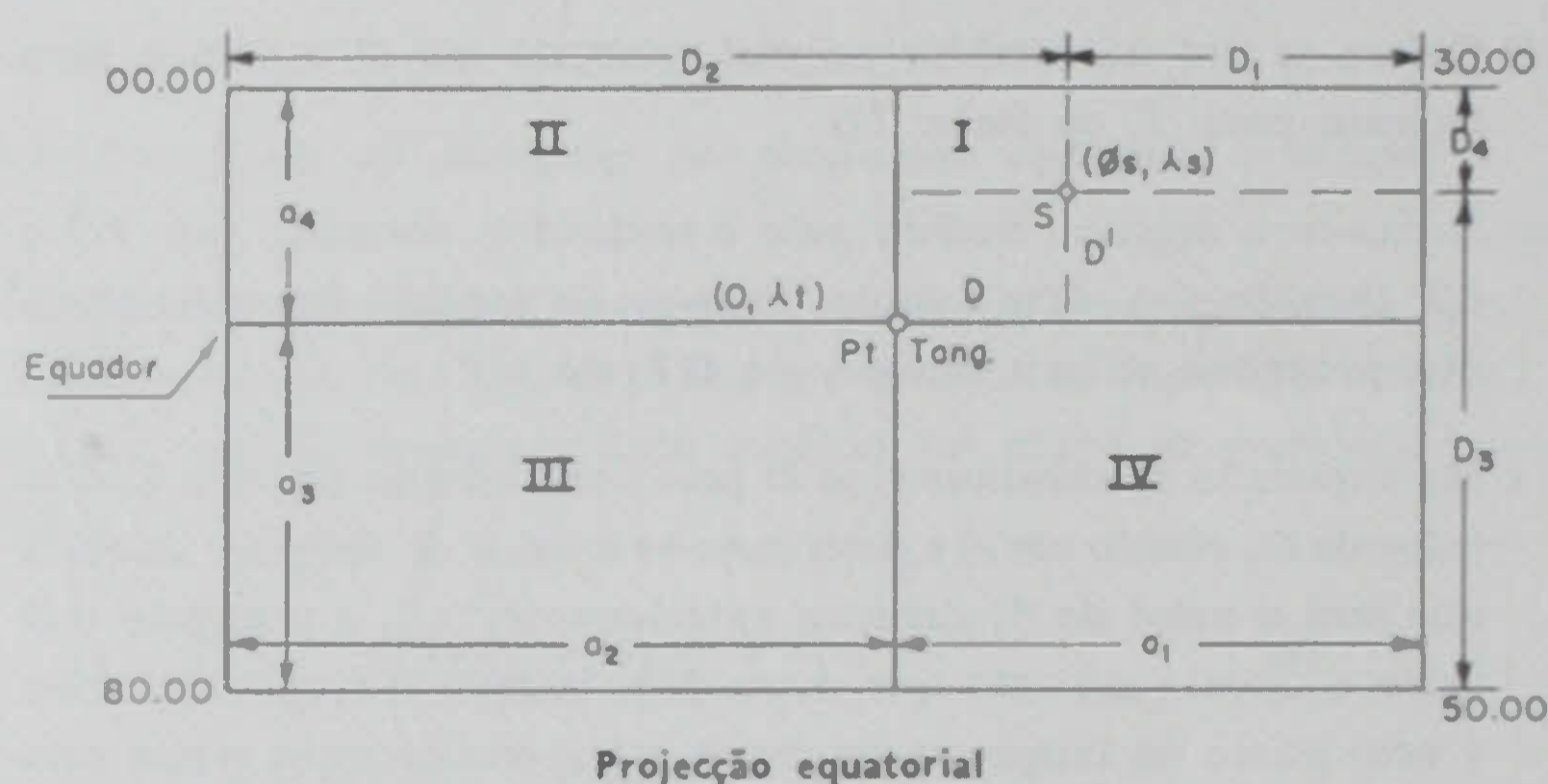
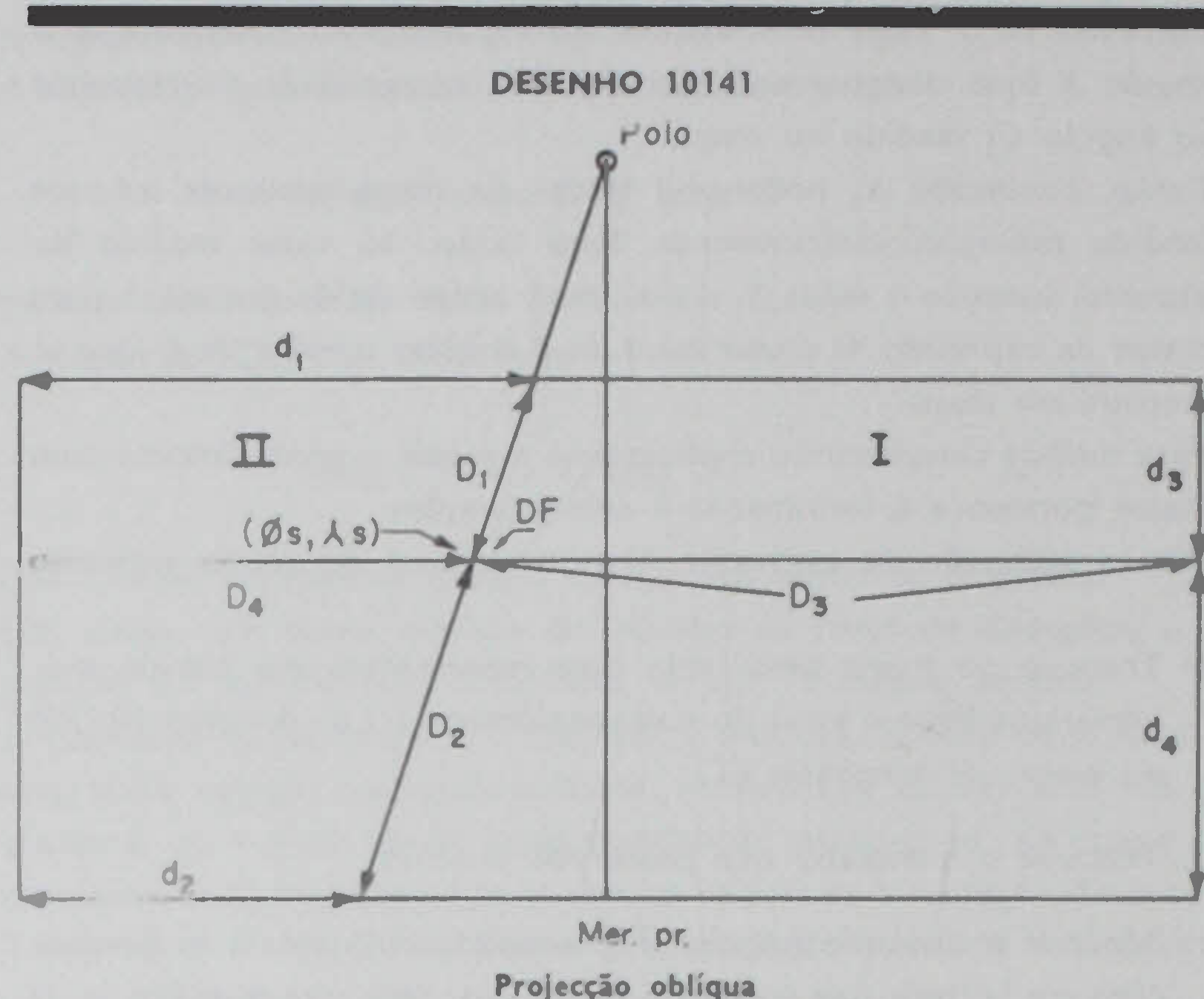
e, portanto

$$S = 63^\circ 24'$$

que será o real valor do ângulo  $TO_2P$ , medido na superfície esférica.

Se se pretender marcar um azimuth real, obtido radiogoniométricamente, de  $90^\circ$ , será

$$S = 90^\circ + 63^\circ 26' = 153^\circ 26'$$



c

$$\begin{aligned} \text{tang } C &= \cos D \text{ tang } S = \cos 30^\circ \text{ tang } 153^\circ 26' = \\ &= (-0,5000). (0,86603) = -0,43302 \end{aligned}$$

donde

$$S = 23^\circ 25' = 180^\circ - 23^\circ 25' = 156^\circ 35'$$

ângulo este que se marcará no mapa a partir de  $O_2T$ , e que representará a linha do azimuth real de  $90^\circ$ .

Dos exemplos anteriores vê-se que, contrariamente ao que sucedia na projecção polar, a linha  $90^\circ - 270^\circ$  de azimutes reais não fica sempre perpendicular ao meridiano que passa pela estação radiogoniométrica. A fig. 2 do desenho 10 140 está traçada, de modo exagerado, para mostrar a distorção que se verifica nas duas rosas de direcções correspondentes às estações  $O_1$  e  $O_2$  da fig. 1 do mesmo desenho. As linhas dos azimutes  $0-180^\circ$  e  $90-270^\circ$  não dividem a circunferência em quatro quadrantes iguais, como sucedia na projecção polar. A rosa de direcções ficará, portanto, comprimida num quadrante e expandida nos adjacentes.

Acentue-se, uma vez mais, que os ângulos são marcados no mapa não a partir do meridiano que passa pela estação radiogoniométrica, mas sim a partir da linha que une esta ao ponto de tangência do mapa gnomónico, equatorial ou oblíquo, que se utiliza. Esta linha coincide com o meridiano, no caso da projecção polar.

É evidente, porém, que uma vez calculada e traçada a rosa de direcções para um dado mapa e uma dada estação radiogoniométrica, os azimutes são marcados nessa rosa directamente a partir do Norte.

(Continua no próximo número)

M. AMARO VIEIRA  
Engenheiro Electrotécnico (I. S. T.)  
Director dos Serviços Radioeléctricos da  
Administração Geral dos C. T. T.