

# Nomogramas de Altura Solar

Carlos Alberto Steffen (\*)

## Introdução

Este trabalho descreve uma técnica simples de se obter informações sobre a posição do sol com relação a uma área objeto de sensoriamento remoto fotográfico ou levantamento aerofotogramétrico.

O correto planejamento de uma missão aerofotográfica exige o conhecimento prévio das condições direcionais e temporais da insolação, na área pesquisada, uma vez que a quantidade e qualidade da radiação solar total, incidente na superfície, são funções da elevação solar e constituem fatores importantes, a serem considerados, para a obtenção de imagens que reproduzam fielmente as características dos alvos de interesse.

Mesmo quando não exista um forte compromisso entre a altura solar e a qualidade da imagem, é necessário o conhecimento do período em que o sol

## Resumo

Uma técnica para a obtenção de dados temporais e direcionais de insolação em áreas do hemisfério sul é discutida. Os resultados, condensados sob a forma de nomogramas, são apresentados visando sua utilização no planejamento de missões de sensoriamento remoto ou aerofotogrametria. Um gabarito com as distâncias focais mais comuns é utilizado para controlar a posição do reflexo solar em imagens de superfícies líquidas.

permanecerá acima de determinada elevação, considerada mínima para os objetivos da missão.

Quando missões aerofotográficas são conduzidas sobre rios, lagos ou áreas oceânicas, é possível que o reflexo do sol seja enquadrado no campo de visada da câmara. Nesse caso a imagem registrada será caracterizada por uma região de brilho excessivo, onde o baixo contraste dificultará o reconhecimento de detalhes. Por outro lado, a missão pode ser executada com a finalidade específica de obtenção de imagens do reflexo solar, cujas características permitem inferir o estado de agitação da superfície, ventos etc.

Frente a essas situações os nomogramas apresentados neste trabalho constituem um instrumento simples, e de razoável precisão, na obtenção de dados da posição solar, fator indispensável ao correto planejamento da missão.

## Geometria do Nomograma

Cada curva do nomograma, representa o deslocamento diário do reflexo solar sobre uma superfície líquida plana, tal como seria visualizado por um observador na posição da plataforma utilizada.

As figuras 1a e 1b, permitem determinar, na escala da foto, as coordenadas da posição do reflexo:

$$\overline{RP} = f / \operatorname{tg} a \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$NPR = \alpha \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

onde a altura solar ( $a$ ) e o azimute ( $\alpha$ ) são dados a cada instante por

$$\begin{aligned} \operatorname{Sen} a &= \operatorname{Sen} \varphi \operatorname{Sen} \delta + \\ &\operatorname{Cos} \varphi \operatorname{Cos} \delta \operatorname{Cos} h \dots \dots \dots \quad (3) \\ \operatorname{Sen} \alpha &= \operatorname{Cos} \delta \operatorname{sen} h / \operatorname{Cos} a \dots \dots \dots \quad (4) \end{aligned}$$

onde:

$\varphi$  = latitude do observador

$\delta$  = declinação do sol

$h$  = ângulo horário do sol

As equações 3 e 4 foram resolvidas para:

$\delta$ , de  $0^\circ$  a  $-60^\circ$  (hemisfério sul) em intervalos de  $5^\circ$ , exceto para  $-5^\circ$ ,  $-15^\circ$  e  $-25^\circ$ .

$\delta$ , de  $-23,5^\circ$  (Solstício de Verão) a  $+23,5^\circ$  (Solstício de inverno), em intervalos de  $5^\circ$ .

$h$ , de  $-97,5^\circ$  a  $+97,5^\circ$ , em intervalos de  $7,5^\circ$  (0,5 hora).

As datas foram associadas aos nomogramas por meio das correspondentes declinações extraídas do Almanaque Náutico para 1974.

Como a maior parte dos trabalhos aerofotográficos é conduzida sob elevações superiores a  $20^\circ$ , este foi o menor valor aplicado na solução da equação 1.

As coordenadas foram calculadas em um computador B-6700 e os seus valores plotados através de um "plotter". Calcomp/470/565 do INPE.

(\*) Engenheiro, Cientista e Pesquisador do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)

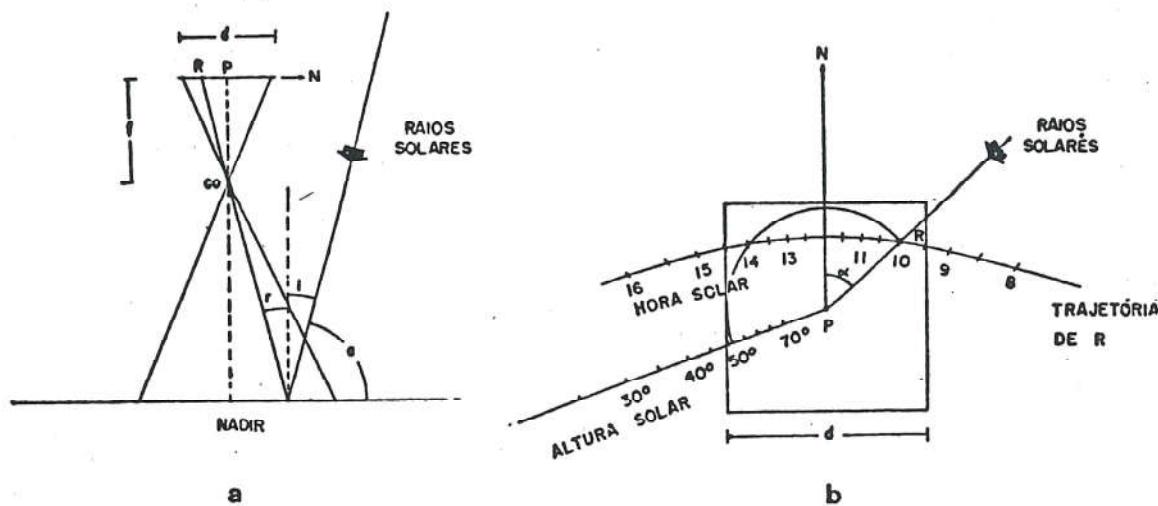


Fig. 1 — Geometria do Nomograma

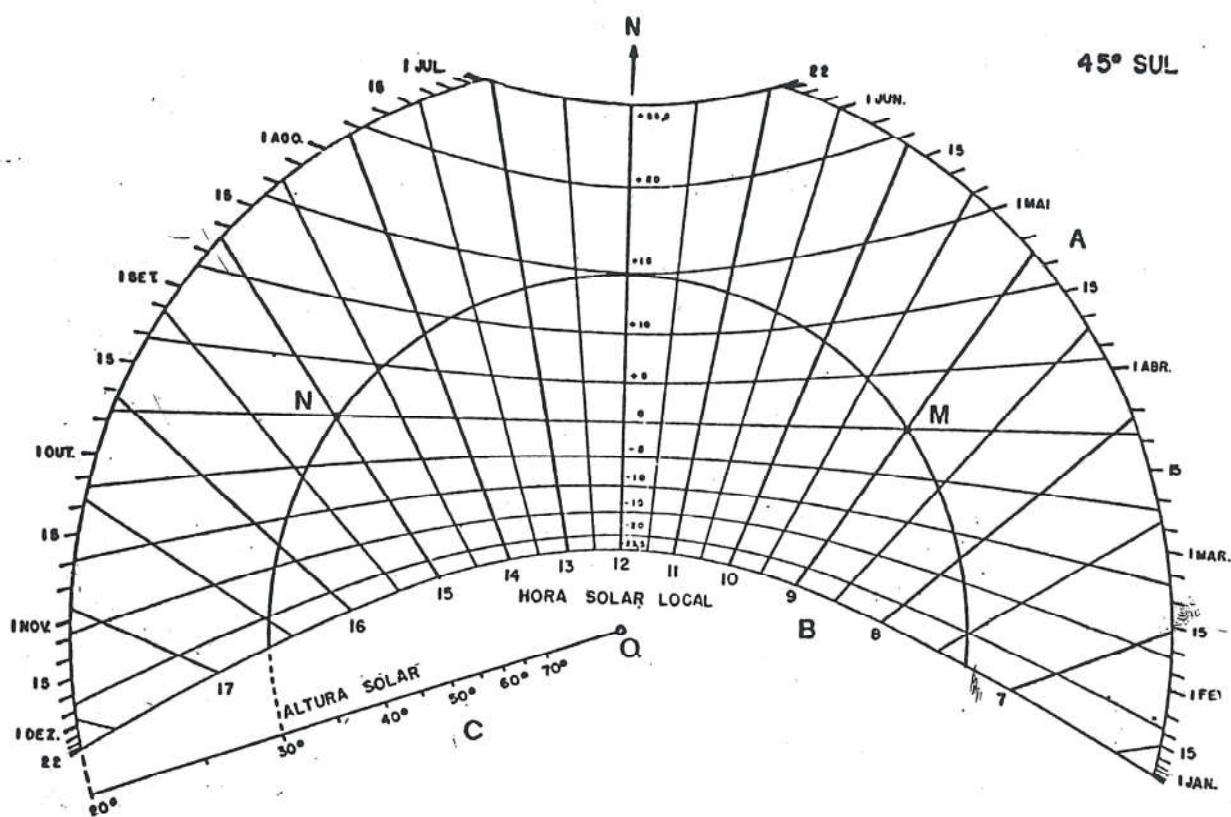


Fig. 2 — Utilização dos Nomogramas

#### Utilização dos Nomogramas

Determinação da Altura e Azimute Solar

Como pode ser observado na

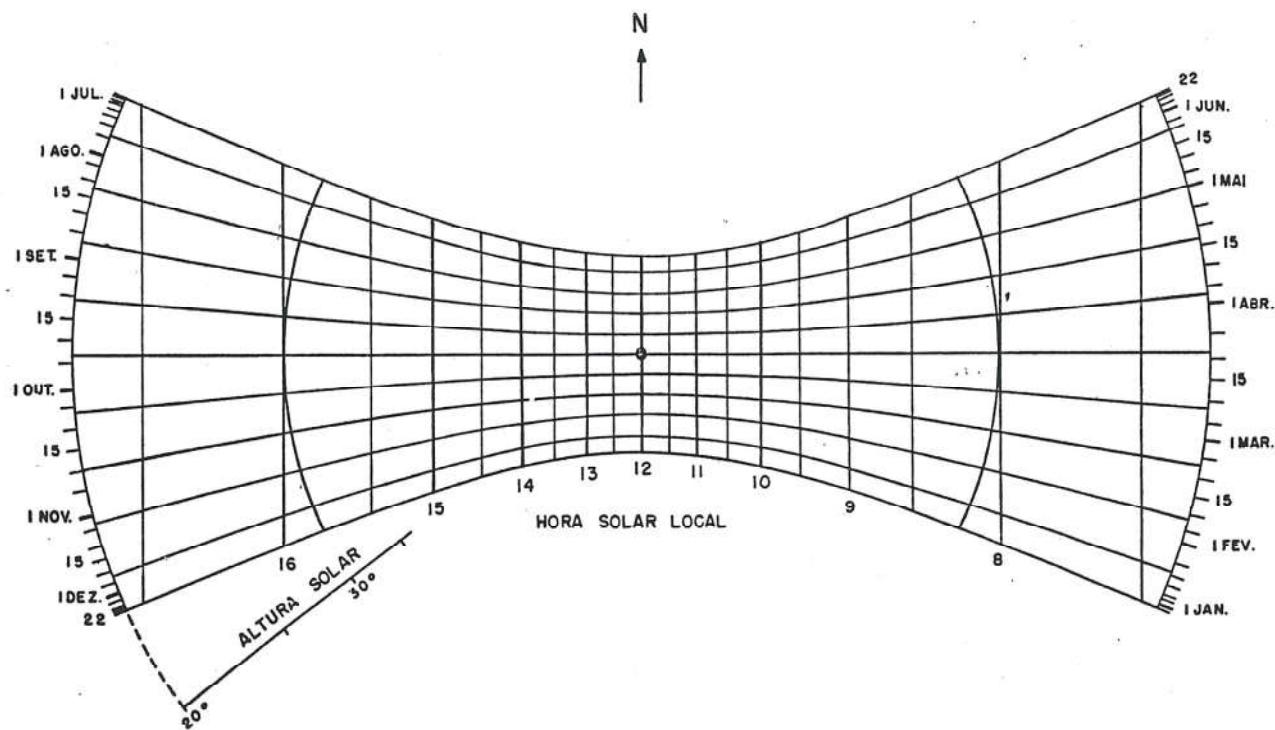
Figura 2, cada nomograma apresenta 3 escalas:

- A — escala das datas
- B — escala da hora-solar local
- C — escala da altura solar

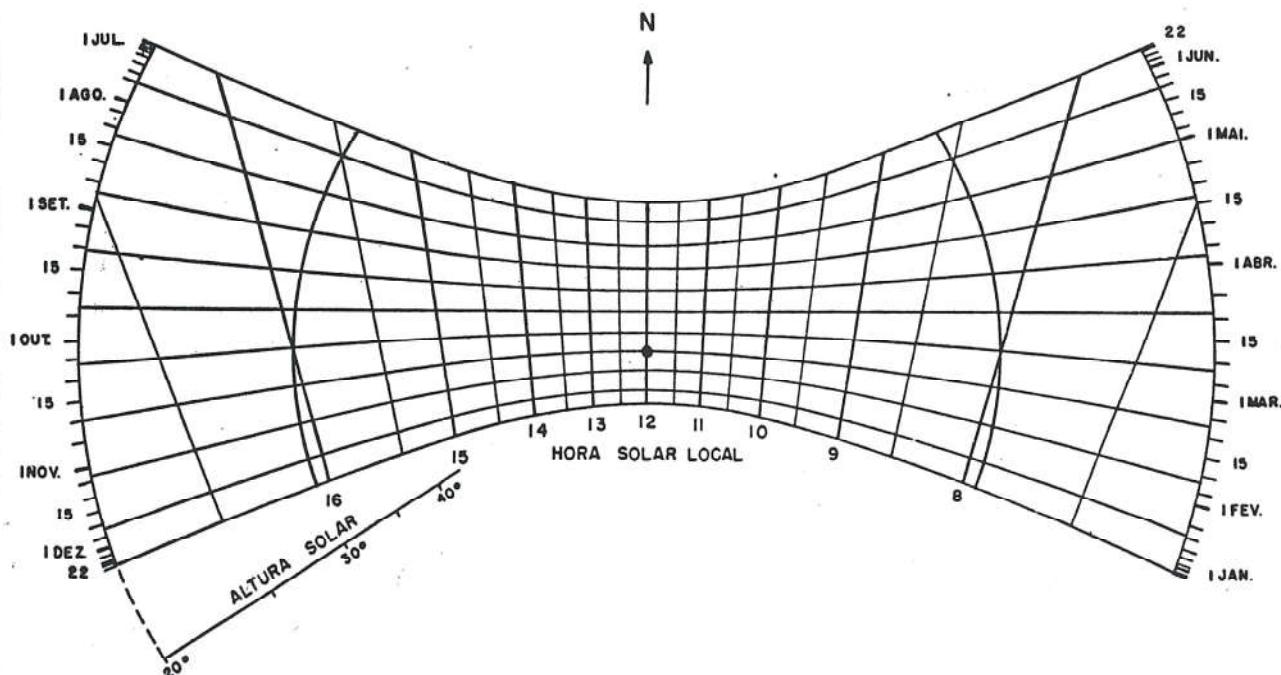
Para determinar a altura e o

azimute solar num dado instante, comece por selecionar o nomograma mais adequado à latitude da área a ser fotografada. Nesse nomograma, localize, nas escalas A e B, a data e hora de

0° SUL



10° SUL

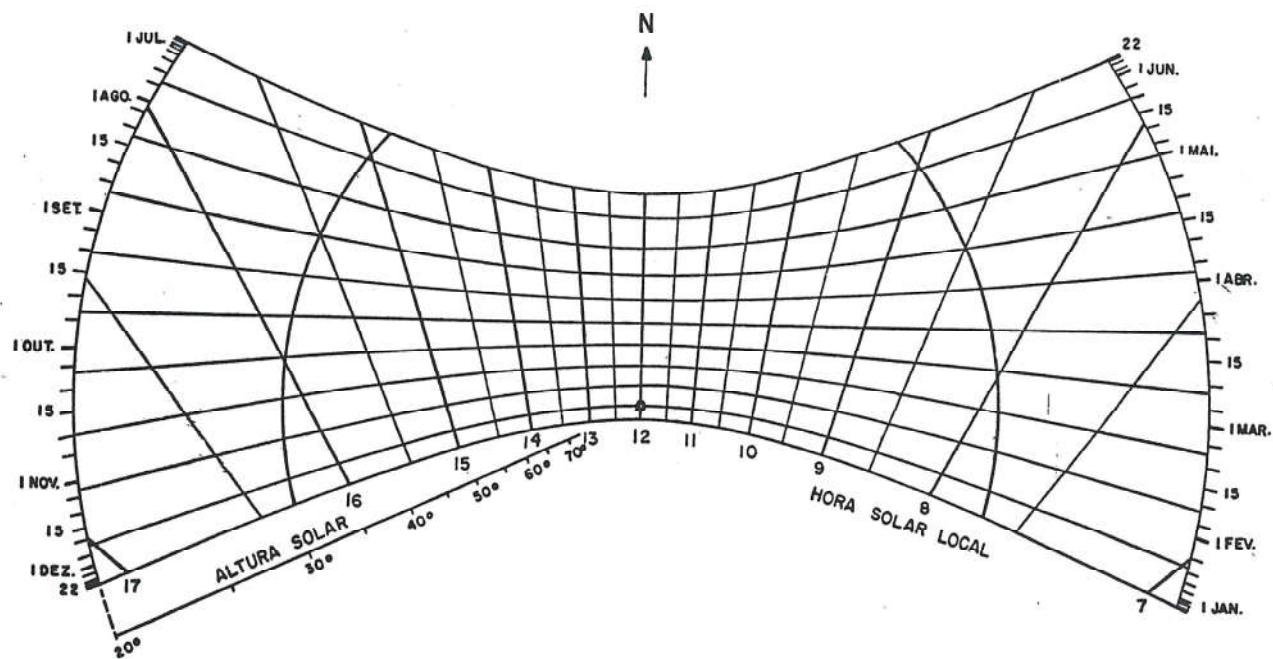


interesse, interpolando, se necessário, e determine o ponto de intersecção (M) das curvas correspondentes. Com centro

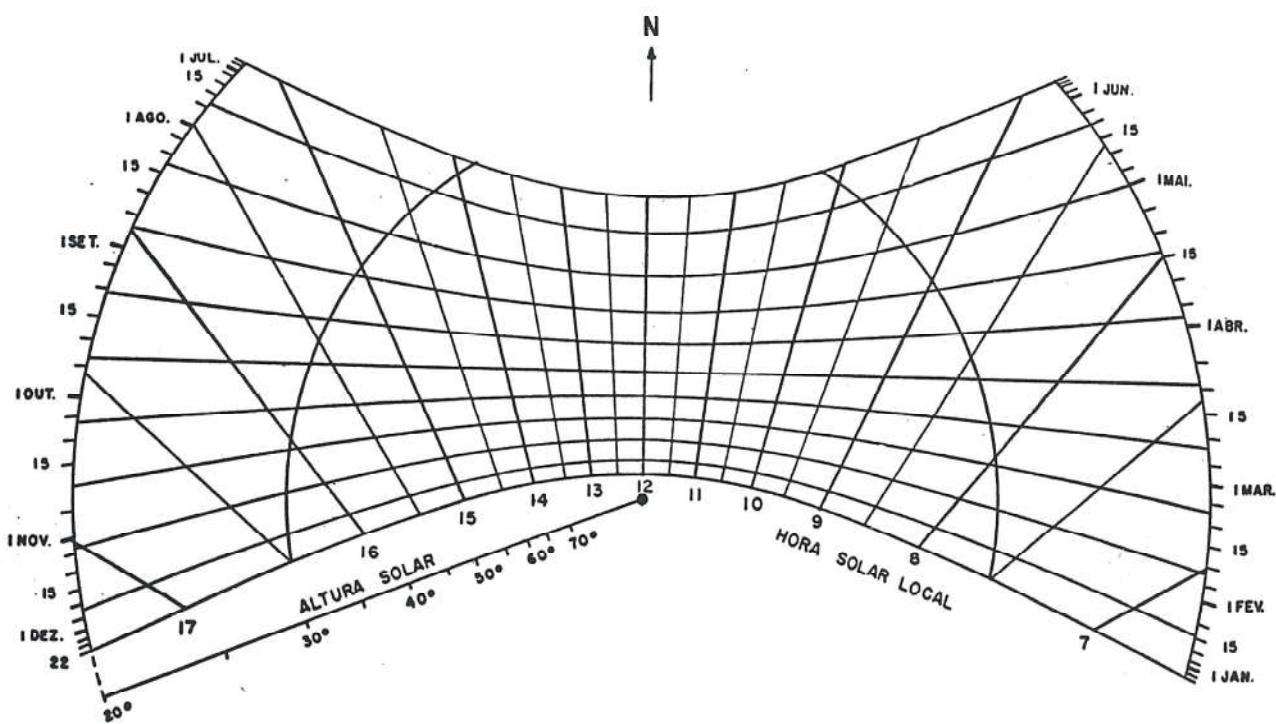
em Q, transporte esse ponto (M) para a escala da altura solar (C) e leia o seu valor. A direção norte associada a cada nomograma

permite a determinação do azimute do ponto de intersecção (M) que corresponde ao azimute solar no instante considerado.

20° SUL



30° SUL

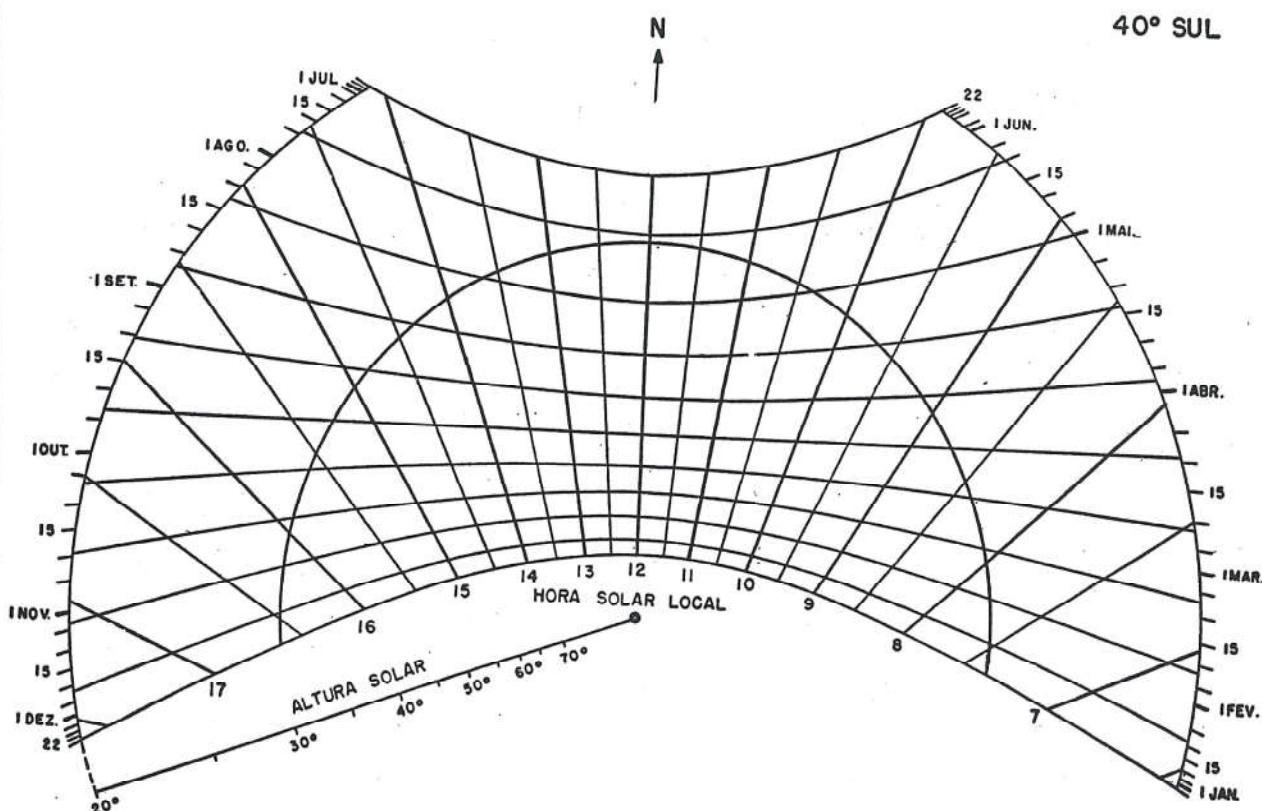
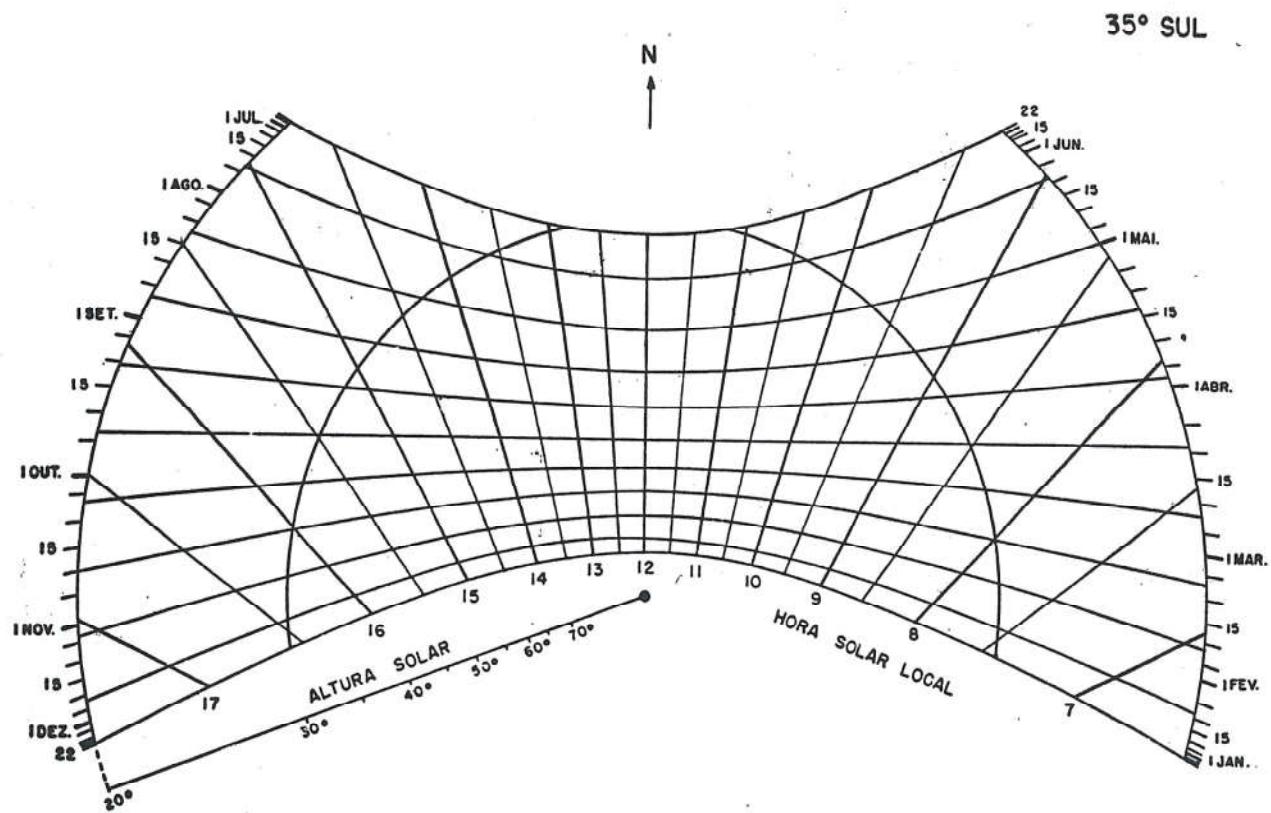


### Duração do Período Fotográfico

O procedimento inverso ao descrito, permite a determina-

ção do período diário em que o sol se mantém acima de determinada altura. Para tanto, selecione na escala da altura solar

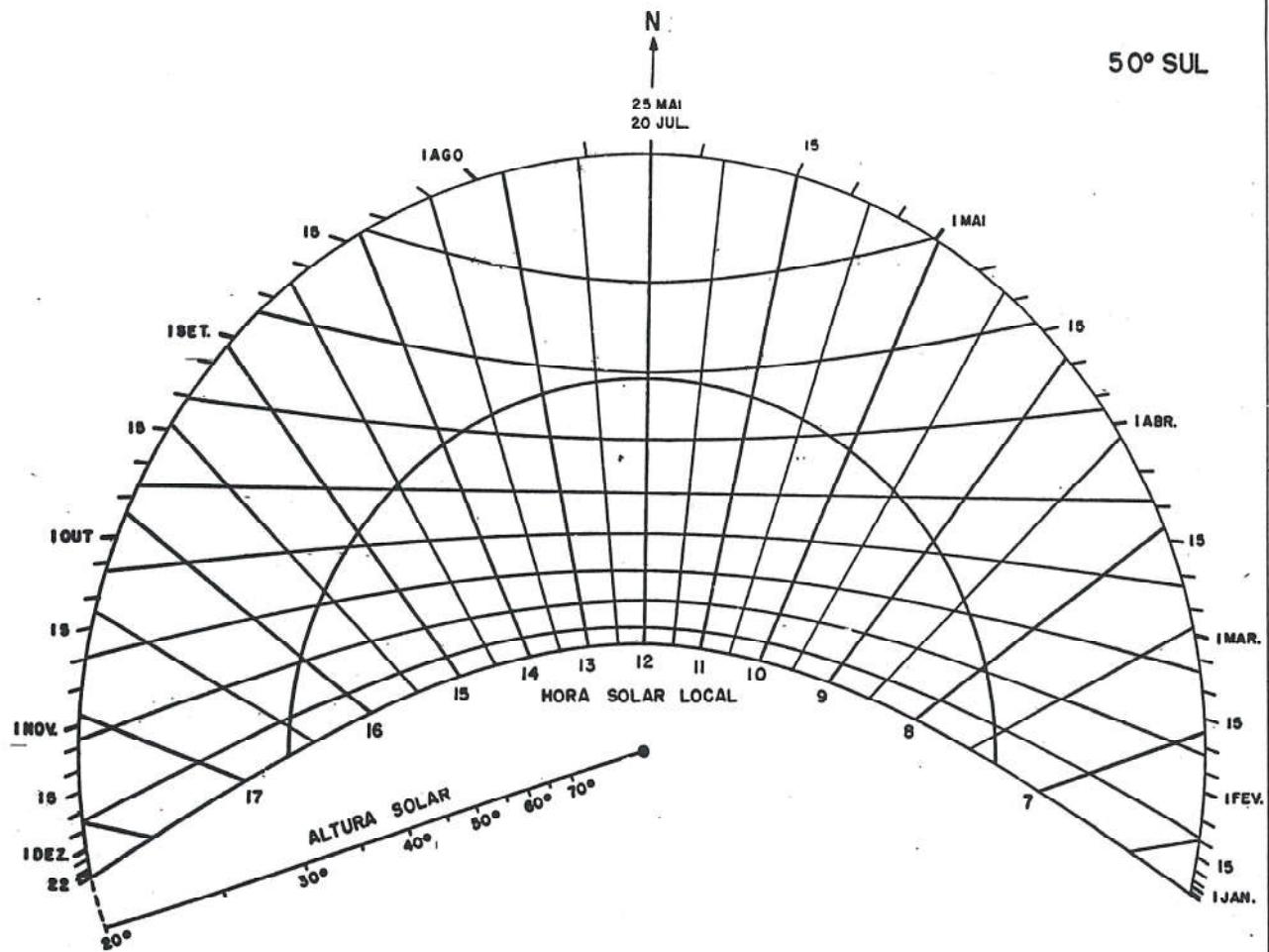
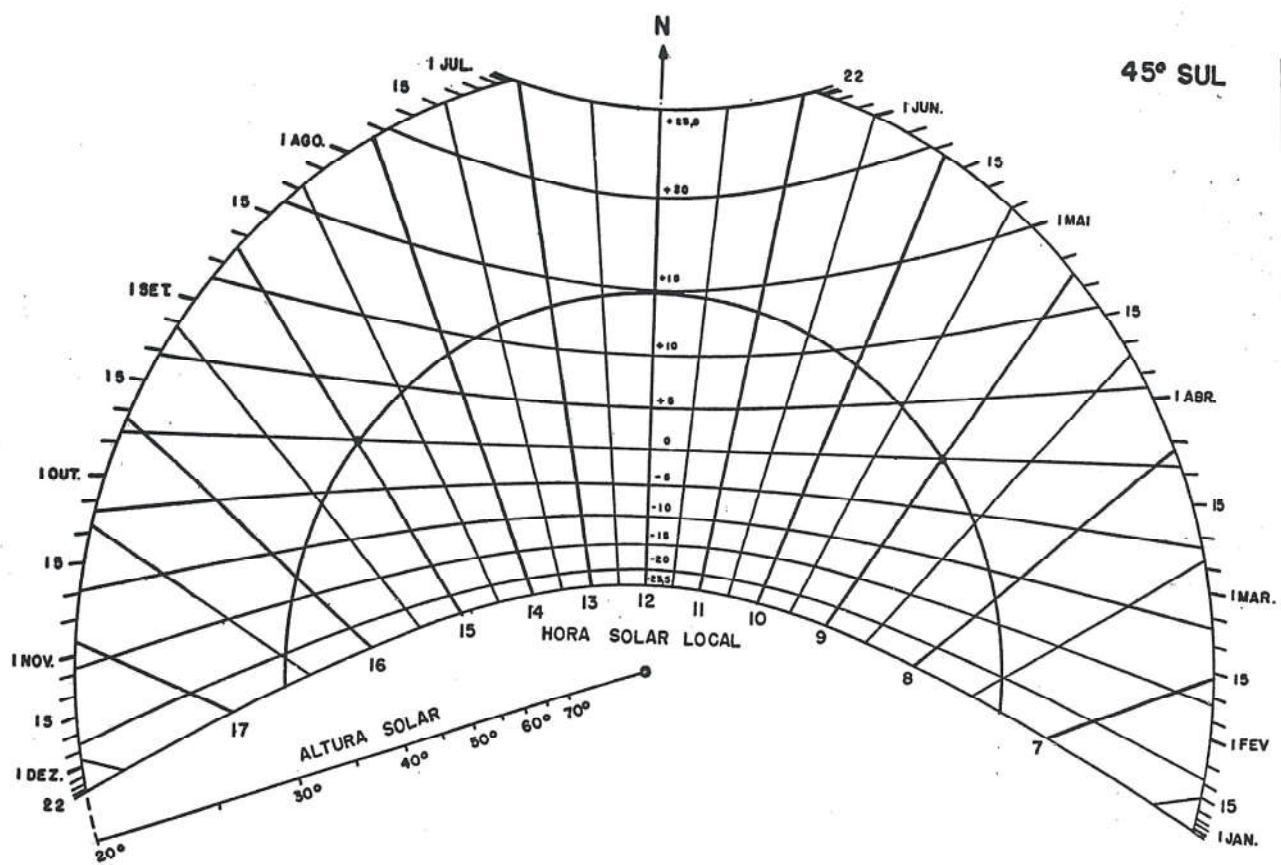
o valor mínimo admissível e, com centro em Q, trace um arco sobre o nomograma escondido; as intersecções desse ar-

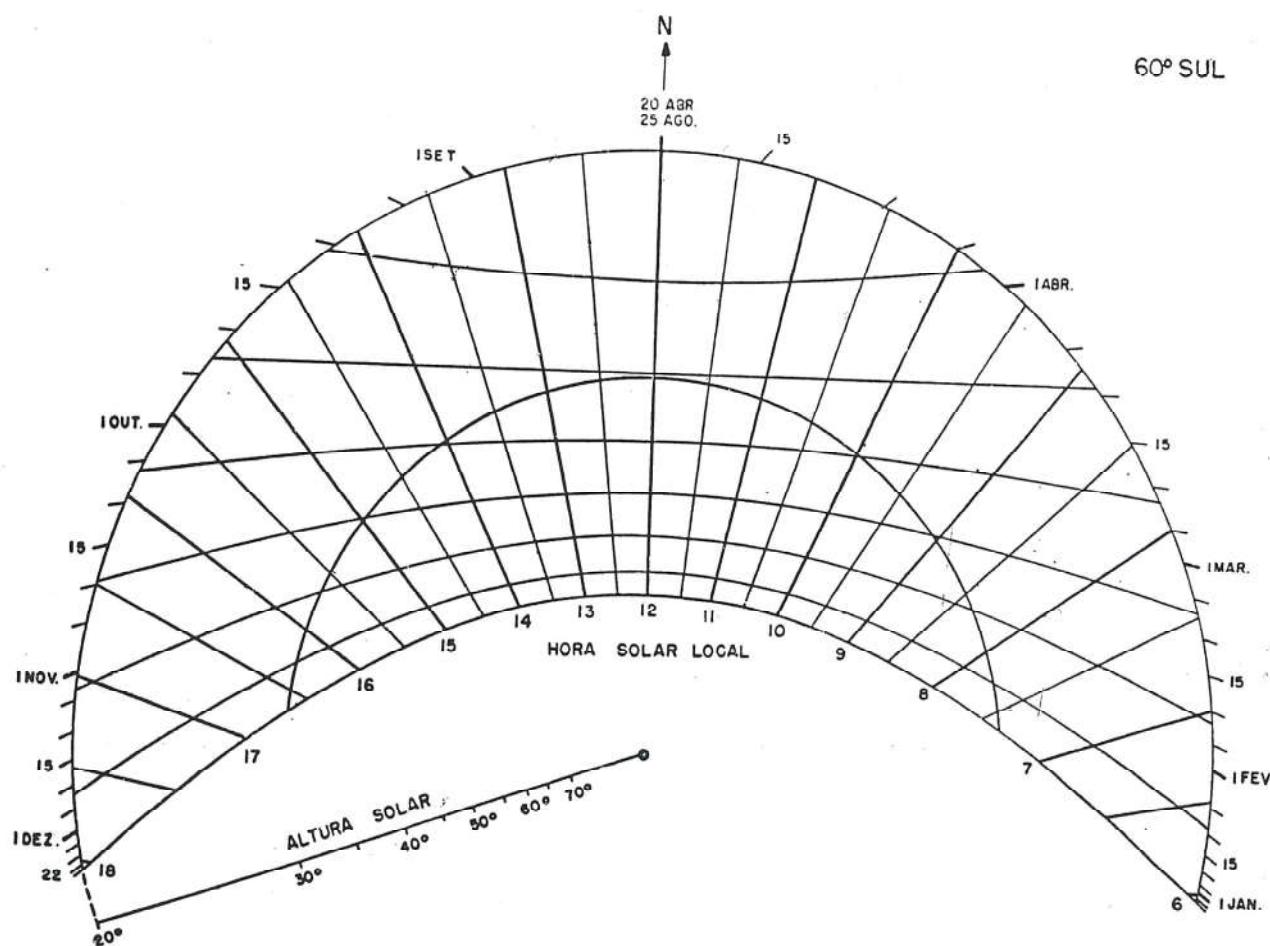
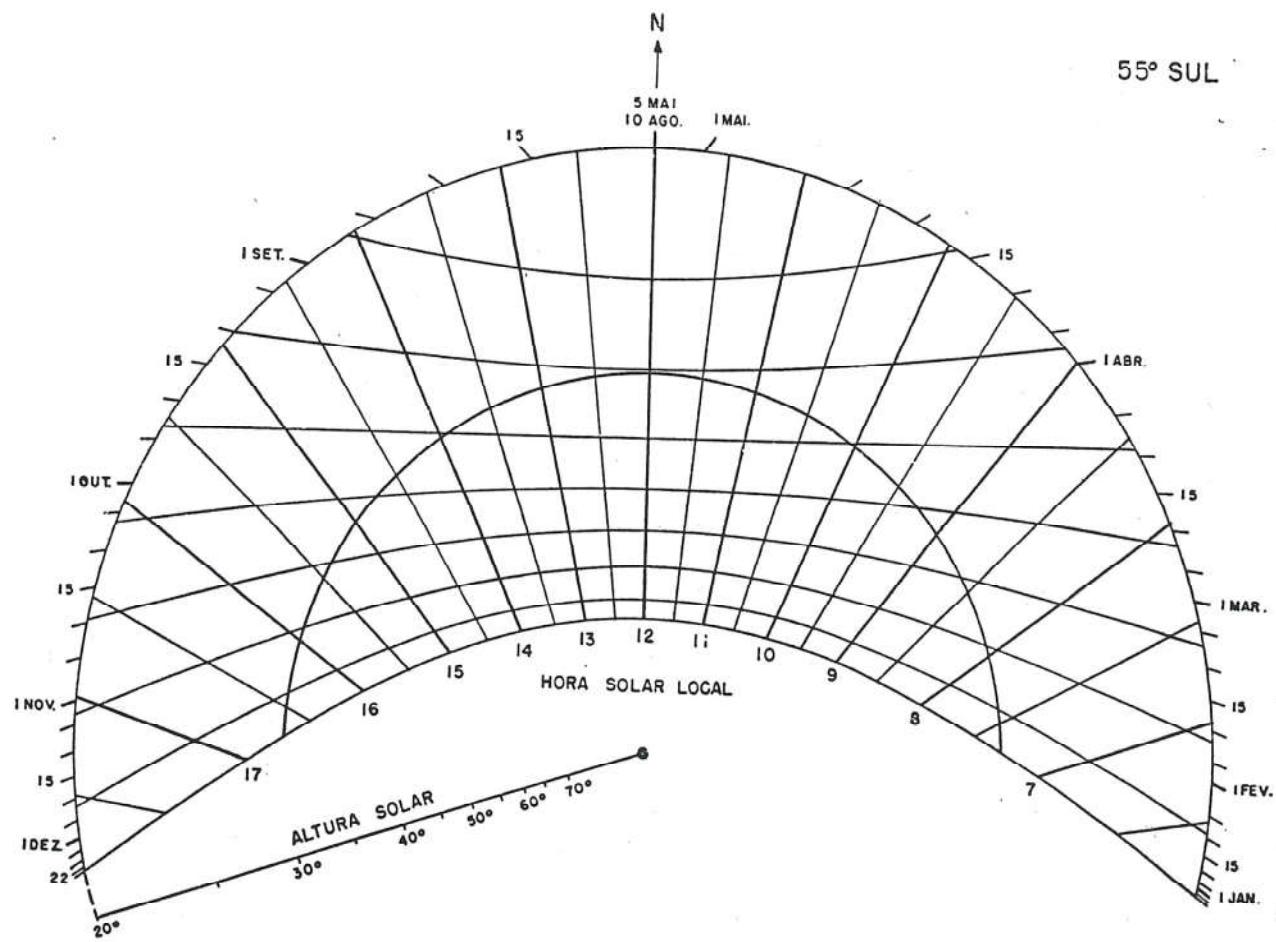


co, com a curva da data de interesse (M e N) estabelecem os limites de duração do período fotográfico, cujo início e término

no podem ser lidos na escala da hora solar local.

Para este caso, um conjunto de gabaritos (templates), representando os campos de visada das objetivas mais comuns, é

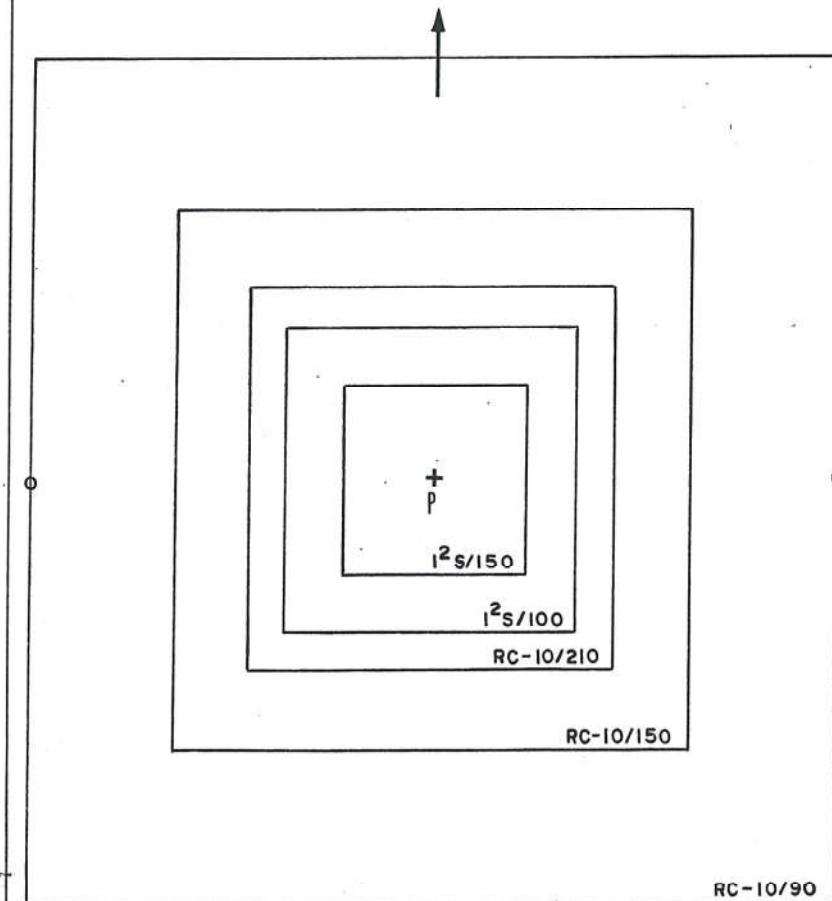




utilizado juntamente com o nomograma relativo à área de interesse. Assim, ajustando-se o centro P, dos gabaritos, com o centro (Q) do nomograma, e lembrando que as suas curvas representam o deslocamento diário do reflexo solar sobre uma superfície "quida, tal como seria observado da plataforma, torna-se bastante simples determinar em cada data, o período em que a imagem não é afetada pelo reflexo, ou ainda em que instante o reflexo se encontra em determinada posição da imagem.

O estado de agitação da superfície desfaz o seu comportamento especular e o reflexo pode se estender sob a forma de cintilações, sobre uma área consideravelmente maior. Segundo Fleming, estudos realiza-

## LINHA DE VÔO



dos pela U.S. Coast and Geodetic Survey, mostraram que a área afetada pela reflexão, numa imagem de 23 x 23 cm, tomada com objetivo de 150 mm, pode variar de 3% em águas calmas a 60% em águas agitadas. Desta forma, uma margem de segurança deve ser considerada, para evitar que a imagem seja prejudicada, mesmo quando o centro do reflexo esteja localizado fora do campo de visada da câmara.

## Conversão do Tempo

Os horários determinados por meio dos nomogramas, referem-se a hora solar local (HSL) e a conversão para a hora média de Greenwich (GMT) pode ser obtida de:

$$GMT = HSL \pm \frac{\text{Longitude Local}}{15^\circ}$$

## Conclusão

Embora a precisão que se pode conseguir com o emprego dos nomogramas não seja muito grande, a sua utilidade se torna evidente quando se necessita de um meio rápido de obter informações sobre as condições de insolação na área a ser fotografada, fator indispensável ao correto planejamento da missão aérofotográfica.

## Bibliografia

BRASIL MINISTÉRIO DA MARINHA  
Diretoria de Hidrografia e Navegação. Almanaque Náutico. 1974.

COX, C.; MUNK, W. Measurement of The Roughness of The Sea Surface from Photographs of the Sun's Glitter. *Journal of the Optical society of America*, 44 (11):838-850.

FLEMING, E.A. Solar Altitude Nomo-  
grams. *Photogrammetric Eng.*, 31  
(2): 680-683, 1965.

GORDON, R. H. HOT SPOT Determination. **Photogrammetric Eng.**, 39 (11): 1205-1214. 1973

LIST, R.J. Smithsonian Meteorological Table. s.l., s.c.p., 1971, p. 495-505.