

ANÁLISE DE FOTOGRAFIAS DO SATÉLITE ESSA-8

COM FINS ASTRONÔMICOS

Jair Barroso Junior
Observatório Nacional

Antonio Divino Moura
Instituto de Pesquisas Espaciais

Carlos Bergman Junior
Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Relatório LAFE-196

Junho, 1972

PR - Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq)
Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)
São José dos Campos - SP - Brasil



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
CONSELHO NACIONAL DE PESQUISAS
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS
São José dos Campos - Estado de S. Paulo - Brasil

*ANÁLISE DE FOTOGRAFIAS DO SATÉLITE ESSA-8
COM FINS ASTRONÔMICOS*

*Região: 13° a 25° lat. S
42° a 50° long. W*

*Este relatório contém elementos do programa de pesquisa
do INPE e sua publicação foi autorizada pelo abaixo assinado,*

Fde Mendonça
Fernando de Mendonça
Diretor Geral

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	1
DESCRIÇÃO GERAL DA UTILIZAÇÃO DAS FOTOS.....	5
1. Estudo do material e dos métodos utilizáveis.....	6
2a. Cálculo das coordenadas do ponto sub-satélite; tomadas de dados das efemérides.....	7
2b. Seleção de fotos que abrangem a área em estudo.....	10
3. Utilização das grades, sua construção e levantamento de erros considerados.....	10
4. Interpretação codificada e cálculo das médias para área individual.....	17
5. Resultados comparados e conclusões.....	23
AGRADECIMENTOS.....	27
BIBLIOGRAFIA.....	30

INTRODUÇÃO

A partir de 1964 o Observatório Nacional e outras instituições de pesquisa iniciaram o estudo de programas visando a Escolha de Sítio para a instalação do futuro Observatório Astrofísico Brasileiro (bibliografias 1 a 6), resultando no conhecimento e na definição de locais a maior parte das vezes sem reunir condições plenas que atendessem o objetivo em vista.

Entre os diversos parâmetros que influenciam a escolha de um sítio para a instalação de equipamento astronômico de modo geral, a nebulosidade é normalmente o mais importante, e seu comportamento sobre um local só pode a rigor ser bem determinado com observações ou registros feitos durante largo número de anos do próprio local, idealmente um pico se o local se destinar a utilização predominantemente noturna.

Tal situação, no entanto, é de difícil consecução, sendo tais dados inexistentes no Brasil a não ser para poucos pontos nos quais foram feitas observações naqueles moldes pelo grupo encabeçado pelo Observatório Nacional, e para dois anos no máximo, referentes a picos em Piedade, Mateus Leme, Maria da Fé e Brasópolis, em Minas Gerais.

Dados médios relativos à nebulosidade diurna encontram-se em publicações do Serviço de Meteorologia e do Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura (7 e 8) para períodos por vezes supe

riores a 30 anos; porém, a rarefação de estações em determinadas regiões, bem como a diversidade de situações em que as mesmas se encontram em relação ao relevo, fez com que interpretássemos tais dados com alguma reserva para nossos interesses conforme a região considerada.

Assim, a utilização das fotografias de satélites ESSA 8 em nosso caso, como elemento objetivo para um tratamento estatístico da cobertura diurna de nuvens sobre vastas regiões simultaneamente (em potencial também para áreas reduzidas), trouxe-nos uma significativa ampliação das informações, que evidenciaram ser possível em princípio restringir grandemente a escolha de áreas de interesse astronômico.

A cobertura de nuvens avaliada a partir de uma foto por dia, tomada usualmente no começo da manhã (local), não representa evidentemente a cobertura média para o dia. No entanto, tal vício só tende a nos beneficiar em razão da hora em que é tomada a foto, pois temos levado interesse em poder extrapolar a situação diurna como representativa da noturna.

Destaque-se por outro lado que os resultados aqui apresentados referem-se a um período da ordem de apenas um ano (1970), o que limita naturalmente o significado estatístico da amostra; além do mais as variações não periódicas e periódicas podem atingir percentuais não desprezíveis.

Um cotejo com mapas de nebulosidade já existentes - para fins de controle de resultados é conveniente, e será visto no capítulo final.

Existe pois um fato restritivo por serem diurnas as fotos analisadas, a correlação entre as coberturas diurna e noturna merecendo estudo mais aprofundado (9). Em boa parte das áreas estudadas, no entanto, excetuando o verão, que sabidamente não dá margem a uma definição do comportamento da nebulosidade, posteriormente aos períodos chuvos típicos do entardecer e do começo da noite, há licitude na extrapolação entre resultados de cobertura diurna e noturna; os pontos para os quais dispomos de observação em ambos períodos mostram-se aceitavelmente bem comportados. Essa amostragem é um tanto pobre, - apenas 10 datas utilizáveis, porém um exame de resultados dessas mesmas regiões em (7), onde há valores tomados às 14:00 h e às 07:00 h nos permite, admitindo que as observações das 07:00 h possam ser de algum modo representativas da situação noturna, incorporar algo mais à validade da extrapolação. Casos excepcionais em que, por exemplo, um abaixamento crítico do nível de inversão associado à configuração do relevo possa provocar modificações acentuadas na configuração dia-noite, como ocorre na costa Chilena, não são esperados nas regiões por nós estudadas mormente no inverno, onde importantes níveis de inversão associáveis à nebulosidade baixa situam-se ainda acima dos picos.

A utilização de fotos noturnas no infra-vermelho é viável, e seu significado é duplamente importante, pois dá as informações que se pretende da própria cobertura noturna e permite o estabelecimento da correlação com a diurna; tais fotos são de precisão intrínseca menor e de mais difícil interpretação.

Um mosaico de 96 quadriláteros de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ foi utilizado em nosso trabalho de interpretação da cobertura de nuvens, tendo por limites 13° e 25° em latitude Sul e 42° e 50° em longitude Oeste, abrangendo algumas regiões previamente selecionadas através de trabalhos publicados e de contatos com pessoal especializado em Meteorologia do Ministério da Agricultura e da FAB; além do mais tais regiões foram realisticamente consideradas em vista do caráter logístico acessível aos grupos astronômicos do Rio (Observatório Nacional), São Paulo (Instituto Astronômico e Geofísico da USP e Instituto Tecnológico de Aeronáutica de São José dos Campos) e Minas Gerais (UFMG), partícipes principais da Escolha de Sítio.

Aproximadamente 190 fotografias selecionadas foram interpretadas, abrangendo os meses de novembro, 1969, até dezembro, 1970.

DESCRIÇÃO GERAL DA UTILIZAÇÃO DAS FOTOS

O diagrama abaixo representa etapas do desenvolvimento
seguido:

1

Estudo do material e dos métodos utilizáveis

↓

2a

Cálculo das coordenadas do ponto sub-satélite;
tomadas de dados das efemérides

↓

2b

Seleção de fotos que abrangem a área em estudo

↓

3

Utilização das grades, sua construção e
levantamento de erros considerados

↓

4

Interpretação codificada e cálculo das médias
para cada área individual

↓

5

Resultados comparados e conclusões

Algum detalhamento das partes é exposto.

1 Estudo do material e dos métodos utilizáveis

O INPE (ex CNAE) mantém, independente dos arquivos originais da recepção dos sinais de satélites em filmes de 35 mm de sua estação APT, arquivos de cópias em papel (dimensões aproximadas de 10 x 10 cm) e que seriam utilizados inicialmente para a determinação da cobertura de nuvens. O número de fotos diárias é em média da ordem de 6, três para cada passagem do satélite, havendo necessidade de selecionar previamente as que abrangem a região de interesse (normalmente uma foto).

As cópias em papel não foram utilizadas, pois:

- a ampliação fotográfica não apresentava escala constante;
- o processamento não era uniforme, mascarando a interpretação de coberturas como cirrus, por ex.;
- a utilização de papel brilhante não era adequada;
- a deformação causada nas grades de meridianos e paralelos, numa fase intermediária para se obter transparências das mesmas, criava mais uma fonte de erro;
- a pouca facilidade de montagem das grades (transparências) em seu ajuste sobre as fotos retardaria grandemente o processo de "leitura".

Assim, optamos pela utilização dos originais em 35 mm, que foram projetados sobre as grades por meio de um amplificador fotográfico; o traçado das grades foi executado no ploter do computador Burroughs 3500, de grau em grau, para valores inteiros de latitude e longitude, escala de aproximadamente 1 cm para cada grau no centro da grade.

Alguns problemas práticos surgiram como a interpretação de fotos correspondendo ora a originais muito claros, ora escuros; por outro lado, o fato dos filmes se apresentarem em tiras com apenas algumas exposições em cada onerou em muito o tempo de montagem e ajuste de cada foto.

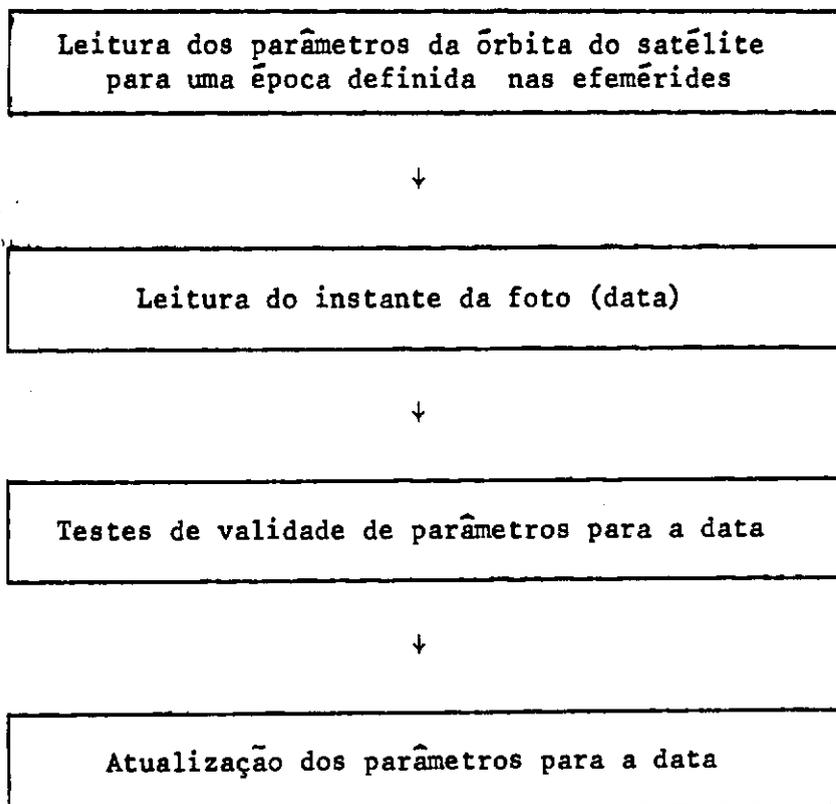
2.a Cálculo das coordenadas do ponto sub-satélite; tomadas de dados das efemérides

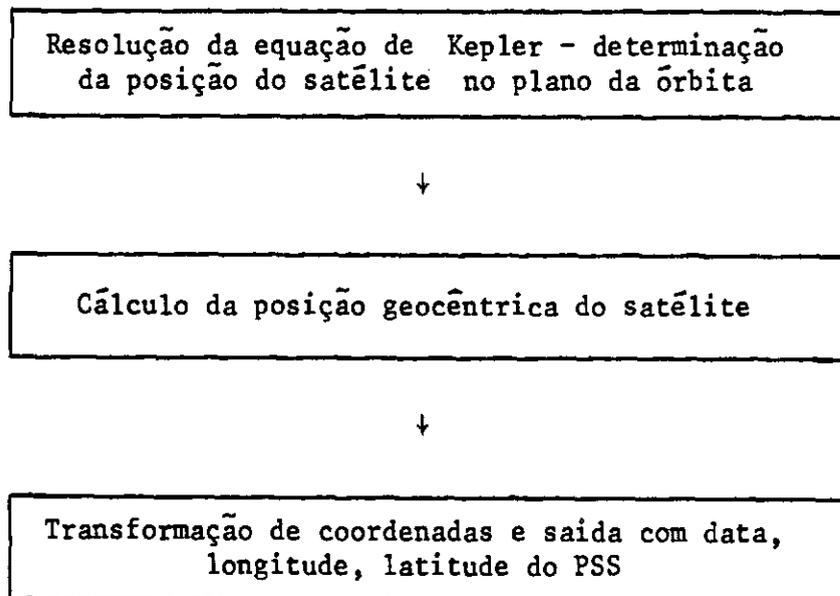
Define-se o ponto sub-satélite (PSS) como a interseção da vertical que passa pelo satélite, para dado instante, com a superfície terrestre (10). Teoricamente, o centro da foto caracterizado por uma marca no vidicon do satélite deve coincidir com a imagem do PSS, o que não ocorre usualmente.

O instante de cada foto é obtido normalmente com precisão de segundo de hora, o que corresponde a uma indeterminação da ordem de 7 km na superfície da Terra.

Um programa de cálculo das coordenadas do PSS, constante de (11), foi modificado fornecendo a data (ao segundo), a longitude e a latitude do ponto para cada foto anotada nas folhas de rastreio. As modificações do programa consistiram em retirar a recorrência que calculava os pontos de cruzamento do Equador e os comandos a ela relacionados - tal recorrência acumulava erros indesejáveis de forma relativamente rápida em função do tempo (nº da órbita); foi introduzida a leitura da data para o cálculo do PSS, bem como um dispositivo de teste de validade de parâmetros da órbita. O programa modificado tem a denominação MESITA.

Basicamente, o programa consta das etapas:





A colheita de dados relativos aos parâmetros da órbita foi feita das efemérides constantes de "Orbital elements", informações publicadas pela NASA, e a validade de tais parâmetros foi definida para um prazo de ± 15 dias em relação à época da efeméride.

A precisão com que se calcula a posição do PSS no atual programa depende fundamentalmente da precisão com que são fornecidas as efemérides relativas aos parâmetros da órbita, dos tipos de aproximações aceitas para variação dos parâmetros ao se afastarem da época de referência e da precisão com que é registrado o instante da foto, esta última já vista. Admitindo que as aproximações lineares usadas para a variação dos parâmetros da órbita sejam válidas no intervalo considerado (11), os erros inerentes à precisão das efemérides e os de afastamento à época de referência foram estimados como não superiores a 6 km.

As saídas de longitude e latitude foram dadas ao décimo de grau, compatível com a precisão de posicionamento das grades para leitura numa escala tal que não diluísse exageradamente a imagem fotográfica ampliada.

2.b Seleção de fotos que abrangem a área em estudo

O critério de seleção de fotos, já calculadas as coordenadas do PSS, definiu como utilizáveis em princípio aquelas em que fosse abrangido pelo menos um quarto da área a ser estudada. Veremos posteriormente que em tais casos extremos, em vista de uma violenta restrição imposta pela não correção das distorções nos programas de gradeamento, tais fotos assim selecionadas não chegaram a ser lidas; isto causou uma redução no valor estatístico da amostragem para um tratamento em larga escala a menor precisão, reduzindo efetivamente o número de elementos individuais interpretados.

O programa que dá conta da seleção foi designado por MESA 02 e sua utilização englobou aproximadamente 18 meses, dos quais 13 foram realmente analisados, à média de 15 fotos selecionadas por mês.

3 Utilização das grades, sua construção e levantamento de erros considerados

Reproduzir a imagem de como o satélite "vê" os meridianos e paralelos e traçá-los à escala da foto é o problema principal as

sociado à precisão com que poderá ser obtida a informação referente a cada quadrícula interpretada.

Na construção das grades é admitido em princípio que a atitude (posição) do satélite seja correta e que os erros de distorção ótica e eletrônica sejam desprezíveis. A posição do satélite definida por sua altura e pelas coordenadas do PSS permitem, entrando com os pa râ me tro s geométricos da câmara de bordo, estabelecer a deformação dos meridianos e paralelos no plano focal da câmara (12).

Convém a esta altura considerar em maiores detalhes al gu ns erros envolvidos quando é feita a superposição da grade sobre a projeção da foto.

Os três desvios de atitude responsáveis por erros na bor ca ç ã o das coordenadas das fotos são:

- o de inclinação ("pitch"), no plano da órbita;
- o de giro ("roll"), no plano perpendicular ao movimento, e;
- o de guinada ("yaw"), no plano tangente.

Os dois primeiros são responsáveis por translações nas coordenadas de qualquer ponto da foto, o de inclinação deslocando a re gi ã o "vista" pelo satélite na direção do traço de sua órbita na Terra e o giro provocando deslocamento lateral; os erros máximos admitidos nes

se caso, supondo não ocorram desvios angulares superiores a $0^{\circ}5$ no eixo vertical do satélite, correspondem a valores da ordem de 15 km para cada desvio na superfície. O de guinada acarreta um desvio crescente para regiões que se afastam do centro; um erro máximo da ordem de 25 km na superfície pode ser admitido para os pontos extremos, correspondendo ao desvio angular da ordem de 1° .

As fotos do ESSA 8 apresentam, além da marca central, marcas de referência nos cantos e lateralmente. A coincidência de tais marcas das grades e das fotos não significa como veremos posicionamento isento de erros.

As distorções não sendo levadas em conta no gradeamento acarretam um erro que pode atingir 160 km nos cantos (extremos diagonais) das fotos.

Os erros eletrônicos de transmissão das fotos, inclusive das marcas fiduciárias, a menos de problemas de interferência, são de pequena monta; entretanto, os erros de recepção e registro na estação APT podem ser relativamente elevados, destacando-se o de não linearidade de varredura horizontal na tela do cinescópio e que se caracteriza por distorcer lateralmente as fotos, e o de puxamento eletro-mecânico do filme o qual ora acarreta compressão ora alongamento na direção do movimento (fig. 1a). Os erros daí provenientes atingiram valores superiores a 100 km na direção do puxamento.

A idéia de diminuir o efeito das distorções, modificando de forma conveniente a escala de ampliação (projeção) das fotos, não foi levada adiante em vista do problema anterior, o qual não permitiu que uma decalagem intencional das marcas da foto e das grades pudesse ser feita no sentido correto (fig. 1b). Entretanto, com relação aos erros anteriores (não linearidade e puxamento), visto terem sinal bem definido na grande maioria das fotos, preferimos aplicar o critério acima, nesse caso distribuindo o erro nas duas dimensões das fotos, anotando os desvios como veremos adiante, e ponderando as fotos para efeito de médias das leituras nas quadrículas em função de tais desvios. Estimamos, então, que o erro residual não ultrapasse 20 km nas fotos de maior peso com tal procedimento.

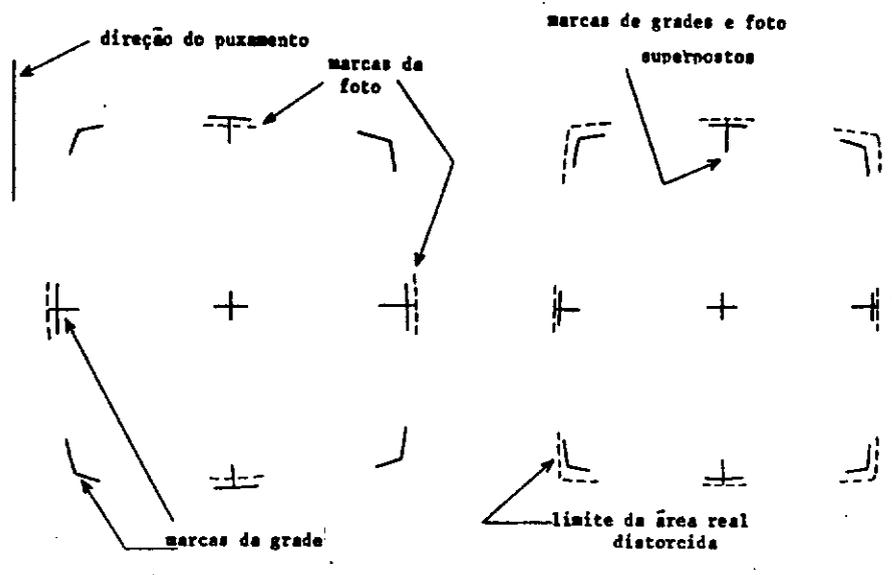


Fig. 1a Efeito do puxamento incorreto do filme.

Fig. 1b Efeito típico da distorção.

É suposto o posicionamento adotado para a quase totalidade dos casos com distribuição de erros nos dois eixos.

Apesar da coincidência das marcas grade-foto a região real correspondente não se superpõe.

A determinação de erros residuais baseados na identificação de marcas de terra, portanto de coordenadas conhecidas, provou ser impraticável na região em estudo.

Um número abusivo de grades seria traçado se fossem observadas as coordenadas do PSS calculadas ao décimo de gráu. Assim, a fim de reduzir tal número, foram traçadas grades para valores inteiros das coordenadas na faixa de interesse, longitude zero representando qualquer longitude calculada (12), o posicionamento da grade em relação à foto sendo feito por interpolação; a deformação diferencial das grades para valores menores que $0^{\circ}5$ é desprezível.

A figura 2 ilustra com um exemplo o posicionamento grade-foto; o décimo gráu é estimado.

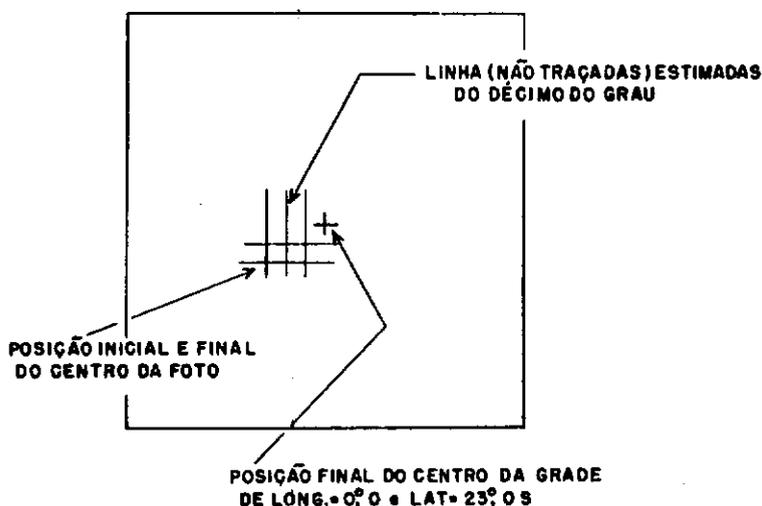


Fig. 2 Posicionamento grade-foto.

PSS: long. = $43^{\circ}3W$, lat. = $23^{\circ}2S$.

A fim de destacar as marcas de referência no traçado do ploter, os cantos e as marcas laterais principais foram reforçadas (a nanquim) a cada cruzamento de 5°. Ao erro de posicionamento do centro das fotos, que pode ser estimado como da ordem de 0,1 para cada coordenada, ou admitido como máximo de 11 km na superfície, somam-se os desvios introduzidos pelo desenhista nos traçados de reforço, mais largura de traços, estes estimados não superiores a 5 km.

Acrescente-se ainda que a resolução intrínseca da câmara do satélite ESSA 8 é da ordem de 4 km. (maior no centro) (10), e que a projeção de nuvens nos cantos das fotos sobre a superfície pode dar-se até 10 km deslocada em relação à grade (caso de cirrus nos bordos da foto).

Muito pequenos erros não foram considerados e só mereciam sê-lo em casos onde um super-refinamento fosse necessário, ou seja, na análise de micro-regiões, admitido que boa parte dos outros erros fosse parcial ou totalmente removida; entre esses erros encontramos o problema do encolhimento ("shrinkage") irregular da emulsão fotográfica, a ondulação própria de traçado do ploter, as incorreções providas de montagem eventualmente incorreta dos filmes no ampliador (inclinação incorreta do porta-chassi), interferências prolongadas durante o registro das fotos, erros intrínsecos aos sistemas eletrônicos usados no satélite e na estação de recepção, admissão de uma altura média do satélite, etc.

Encontra-se a seguir um resumo dos erros máximos considerados no presente trabalho para centro e cantos das fotos (tab. 1), conhecendo-se de modo aproximado como variam tais erros, a resultante sendo tipicamente exponencial. Claramente, o erro devido às distorções ótica e eletrônica responde pela restrição que foi feita de ler apenas o quarto central de área das fotos, limitando o erro máximo a valores superiores a 30 km.

	centro	cantos
Instante da foto	7	7
Afastamento a época das efemérides	6	6
Distorções não consideradas no gradeamento	0	160
Resíduo de não linearidade e puxamento	20	20
"Pitch"	15	15
"Roll"	15	15
"Yaw"	0	25
Ajuste de centros da foto e da grade, em long.	11	11
Idem, em lat.	11	11
Traçado das grades	5	5
Resolução	< 4	4
Perspectiva de nuvens altas	0	10
	<hr/>	<hr/>
Erro resultante	35	163

Tab. 1. - Resumo de erros máximos considerados (km)

Erros admitidos independentes.

4 Interpretação codificada e cálculo das médias para área individual

O exame da aparência das fotos quanto aos tipos de cobertura encontrados nos levou a adotar um critério de interpretação baseado tanto na tonalidade quanto na distribuição de massas (9).

O uso da tonalidade, (I) na tab. 2, como elemento indicador de cobertura é, pelo que já se anotou, bastante capcioso, exigindo extremo cuidado na interpretação a fim de distinguir nebulosidade de véu fotográfico, pioradas as circunstâncias pela reflexão do Sol em massas líquidas, com bastante difusão associada na atmosfera que pode mascarar o que se deveria ver; a razão de se considerar a tonalidade se prendeu em grande parte ao fato de que em princípio é cabível cirrus ténues em larga escala e mesmo névoa seca densa em fotos de muito boa qualidade, o que é altamente importante do ponto de vista astronômico.

A distribuição de massas de nuvens permite um tratamento bem mais objetivo; tais massas foram, para efeito de interpolação, separadas em - massas de aparência fragmentada ou esparsa (II), que podem caracterizar a pertinência de um "buraco" sobre determinada área de dimensões reduzidas, digamos 50 x 50 km, - grandes massas de aparência contínua (III), não obrigatoriamente correspondendo a cobertura contínua, pois a simples inspeção, cúmulos espaçados a menos do poder de resolução da câmara (ou encobertos uns pelos outros conforme o ângulo sob o qual são vistos), e estratos-cúmulos podem ser confundidos exigindo um apuro na "leitura" das fotos no que concerne a percepção de uniformida

de em tais massas.

Os percentuais de cobertura admitidos para cada quadrícula encontram-se discriminados no quadro que segue (tab. 2) com a codificação correspondente e utilizada tanto na ocasião da leitura das fotos como no programa de computador.

	I	II	III	
0 - 25%	1	2	3	céu aberto
25 - 75	4	5	6	meio aberto
75 - 100%	7	8	9	céu coberto

Tab. 2. - Codificação para cobertura de nuvens por quadrícula

I - tonalidade

II - massa fragmentada

III - massa contínua

Assim, 7, 8 e 9, por exemplo, se correspondem como céu coberto, porém, para situações diferentes do tipo de cobertura. Neste trabalho não foi feita, entretanto, para efeito de cálculo de médias, distinção entre tais tipos de cobertura, por razões já expostas, valendo no caso do exemplo apenas o significado coberto.

Um estudo preliminar dos diversos tipos característicos de formações nebulosas foi feito com base no "Practical interpretation of meteorological satellite data" (Air weather Service, U.S.A.).

A leitura codificada foi anotada diretamente em folhas de dados para computação eletrônica, considerando-se os seguintes parâmetros:

- Qualidade das fotos: 2 (boa), 1 (aceitável)

Qualidade aqui se refere a contraste e presença ou não de interferência e redundou no primeiro valor objetivo baseado na inspeção das fotos, e que permitiu um critério de ponderação das mesmas.

- Data: com dois dígitos para dia, dois para mês e dois para ano

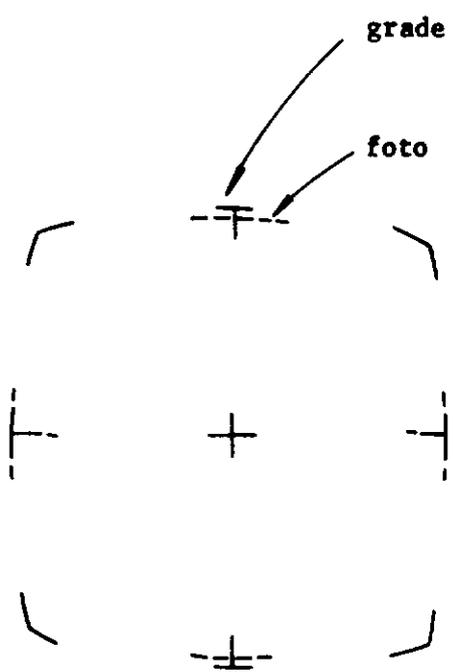
Inicialmente, era prevista uma distribuição sazonal da nebulosidade e por tipo de cobertura, o que não chegou a ser feito pelo número não muito elevado de valores por estação.

- Leituras de cobertura: dígitos de 1 a 9, correspondendo cada posição (quadrícula) a um valor conforme a tabela 2, dispostos em 12 grupos de 8, sequencialmente

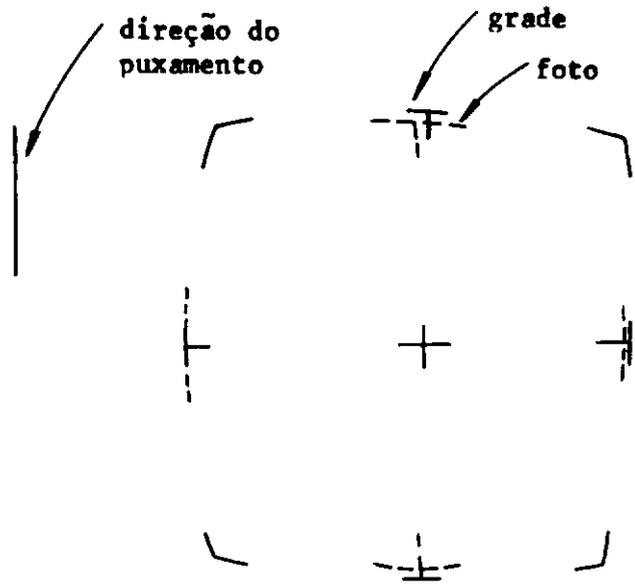
O zero foi reservado para ausência de leitura.

- Codificação complementar

Foram usados símbolos alfabéticos representando o efeito dos erros de varredura e puxamento do filme, já aludidos, e que se caracteriza por causar uma assimetria das marcas laterais (e de cantos) das fotos, ajustada a posição dos centros (figs. 3a e 3b).



Os cantos das fotos não se encontram representados.



Apenas centro e uma lateral coincidentes.

Fig. 3a Ex. de erro isolado de puxamento.

Fig. 3b Ex. de erro conjugado de puxamento e não linearidade de varredura.

Marcas laterais coincidentes; com pressão na vertical.

D significou afastamento da ordem ou maior que 5 mm ($\sim 0^05$) nas marcas laterais de orientação das fotos.

d representou valores menores que 5 mm.

Valores superiores a 9 mm causaram a rejeição da foto.

Os valores em milímetros dos afastamentos superior e inferior (aproximadamente orientação N. S.) bem como das laterais (na E.W.) foram anotados em duas posições de codificação com dígitos de 1 a 9 (mais o zero), representando por simplicidade médias na direção aproximada N. S. e E. W. Assim 00 significa uma situação ideal em que todas as marcas laterais coincidem; 99 foi considerada situação extrema, além da qual as fotos não foram lidas.

- Ponderações das fotos

Individualmente não foi feita distinção de peso referente a cada quadrícula lida. Entretanto, atribuíram-se pesos às fotos de acordo com a distribuição que segue:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{qualidade das fotos, } 50 \text{ (peso } P_1 \text{)} \\ \text{assimetria de marcas, } 50 \text{ (peso } P_2 \text{ e } P_3 \text{)} \end{array} \right.$$

Qualidade 2 correspondeu a 50, enquanto que qualidade 1 a 25.

A assimetria das marcas foi desdobrada em duas parcelas de 25 cada - assimetria propriamente dita e afastamento das marcas; pouca assimetria correspondendo a peso 25 e grande assimetria a peso 12.5. A última parcela (P_3) se refere aos valores em milímetros dos afastamentos anotados entre as marcas laterais das fotos e das grades, calculando-se o peso pela expressão:

$$\text{peso} = \left(25 - \frac{25}{18}\right) \times (\text{afastamento horizontal} + \text{afastamento vertical})$$

Convém lembrar que o afastamento máximo medido ao qual fizemos corresponder peso nulo é de 9 mm.

- Cálculo das médias por quadrícula

Para cada área individual ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$) são fornecidas para o cálculo da média informações relativas; - aos pesos (P_1 , P_2 e P_3) correspondentes, respectivamente, à qualidade da foto, à assimetria das marcas e seus afastamentos, e - ao código prescrito para o percentual e tipo de cobertura.

Fundamentalmente, o programa acumula o número de dias em que cada área foi anotada, bem como os produtos (tipo de cobertura x peso da foto) e, necessariamente, os pesos de cada área.

O programa constante do apêndice é em realidade mais de talhado, pois fora previsto para executar médias relativas, inclusive, a cada tipo de cobertura. Entretanto, em vista de limitação de informação causada pelo uso parcial da área das fotos o tratamento final não levou em conta tal discriminação.

A saída do programa é fornecida em forma de uma malha quadrada (com linhas de asterísticos simulando meridiânos e paralelos), tendo no centro de cada quadrado impresso o valor do percentual encontrado e correspondendo a cada área de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ lida.

5 Resultados comparados e conclusões

A fim de ilustrar a coerência entre as linhas dominantes de nossos resultados e os obtidos no Atlas Climatológico do Brasil, que constituiu a primeira fonte utilizada na seleção de áreas de interesse astronômico, bem como nas Normais Climatológicas, apresentamos as figuras 4a e 4b. Na primeira são superpostos alguns valores de (8), aos nosso resultados em que aparecem representadas as isolinhas de cobertura média anual obtidas a partir das fotos. Na segunda são reproduzidas de (7) as isolinhas de cobertura média anual a partir de dados de observação de Terra.

Uma comparação direta entre os percentuais obtidos em (7) e (8) com aqueles por nós determinados, se bem que de certo modo imprópria pode ser feita, desde que se levem em conta dois aspectos essen

ciais.

- a. Os percentuais médios de nebulosidade definidos em (7) e (8) referem-se a observações tomadas de Terra em horas determinadas durante o dia, sendo os valores anotados médias anuais dos valores médios diários. A rigor nesse aspecto nossa média anual, obtida a partir de valores diários tomados das fotos para o começo das manhãs, devia ser comparada com a média obtida de observações feitas aproximadamente à mesma hora e que em parte originaram os resultados em (7) e (8). Teríamos, assim que ir aos originais de cada dia de registro de cada estação meteorológica, o que significaria um desdobramento impraticável do trabalho.

Ora, como foi observado no início, o que se visa principalmente é o estabelecimento e a correlação entre os resultados das observações diurnas com a situação noturna, para o que se prestam melhor as médias obtidas das fotos para o começo das manhãs.

- b. O poder de resolução da câmara do satélite sendo inferior a 4 km, a crescido o fato de haver superposição da projeção de nuvens situadas a alturas diferentes acentuadas para os bordos da foto, nos leva a obter coberturas percentualmente maiores via fotos do que via estações de Terra para determinados tipos de nuvens (tipicamente estratos-cúmulos e similares).

A predominância de estratos-cúmulos ao longo do ano em boa parte da área por nós estudada (14), não só bem explica a diferença para mais encontrada nos percentuais via fotos, pois trata-se de nuvens com separações comumente abaixo do poder de resolução da câmara do satélite, como também nos dá uma maior margem de segurança na extrapolação dia-noite, pois são nuvens que podem ser encontradas em ambos os períodos em boa parte da área estudada e ao longo do ano. Já os cúmulos ascendentes, típicos de verão, mostrados de frequência não desprezível em (14), não são comumente encontrados desenvolvidos à hora em que foram tomadas as fotos.

Uma análise da fig. 4a relativa aos mais baixos percentuais de cobertura encontrados, da ordem de 50%, se dependente do fator altitude que é essencial quando se tem abundância de névoa seca, elimina de imediato as regiões aí englobadas - uma delas cai à margem do São Francisco ... Convém esclarecer que regiões de baixa latitude só seriam consideradas se excepcionais.

Excluindo as regiões que por motivos logísticos são desfavoráveis - distância e inaccessibilidade orográfica, o que corresponde a alto custo de montagem e operacional, encontramos restritos, no momento, em vista de contarmos com observações noturnas feitas de picos no Sul Mineiro (Maria da Fé, Brasópolis e Caldas mais recentemente), a uma área de ~ 200 x 200 km - faixa entre os paralelos 21°S e 23°S e meridianos 45°W e 47°W. Nesta região tanto as condições altitude como latitude nos são favoráveis, em que pese a elevada umidade.

Como a flutuação das isolinhas de cobertura pode atingir 100 km em torno da posição média em relação a fatores sazonais ou periódicos de origem não bem determinada, podemos restringir ainda mais a faixa de melhores condições, situando-a entre os paralelos 21°S e 22°S e meridianos 46°W e 47°W . De tal região o pico em estudo que mais se aproxima situa-se em Caldas a uma altitude de cerca de 1.800 m.

Agradecimentos

Especialmente a contribuição de Lynton Ferreira de Barros e de Rosalvo Pinheiro dos Santos na fase inicial do trabalho, de Mr. Chandrakanta Moreshwara Dixit e de Heloisa Moreira Torres Nunes na leitura e crítica do original, e do Dr. Luiz Gylvan Meira Filho durante todo o desenrolar do trabalho, merecem particular citação.

Por outro lado a responsabilidade do texto corre unicamente por conta de Jair Barroso Junior.

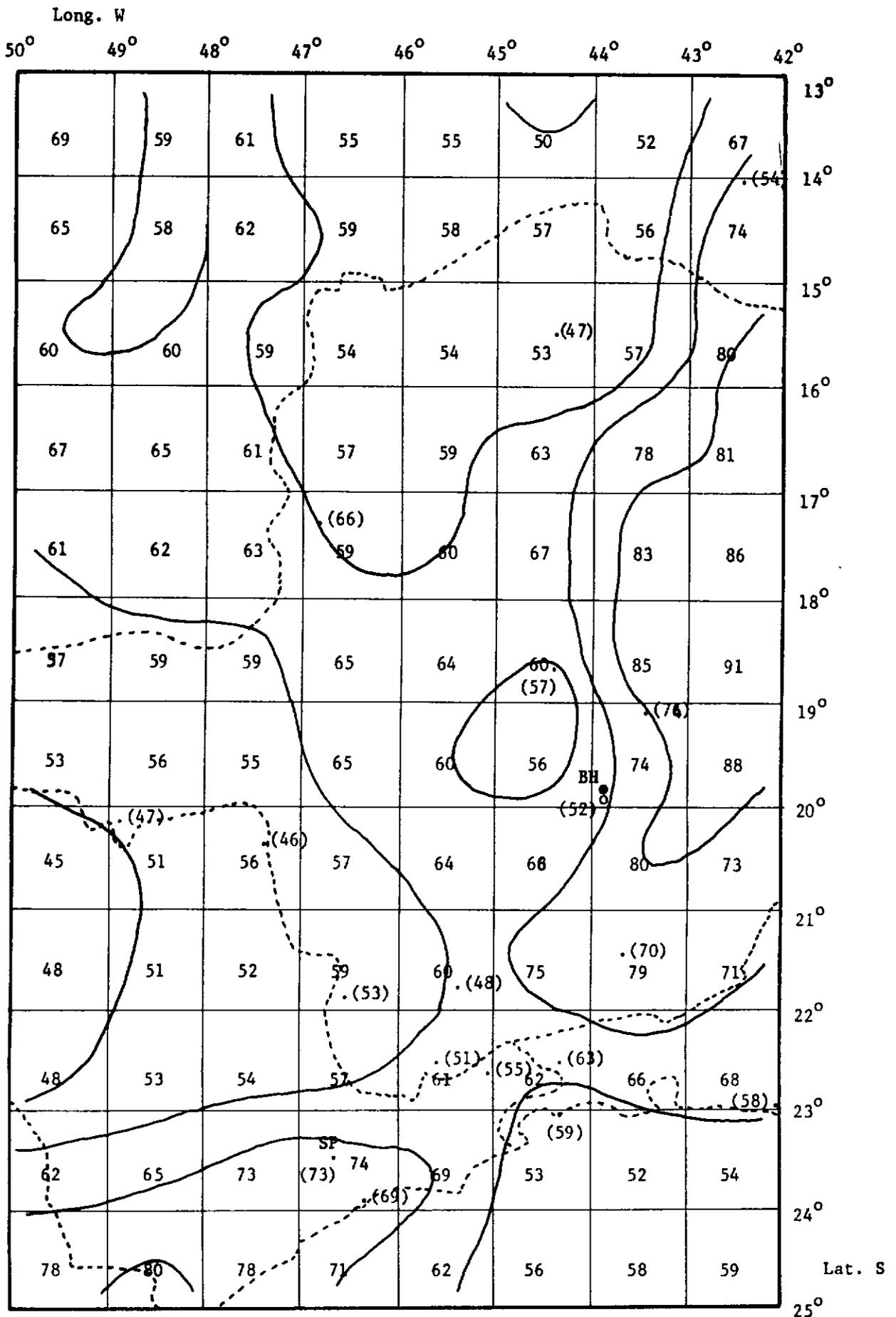


Fig. 4a - Isolinhas de percentual médio anual de nebulosidade via fotos.

Os números entre parêntesis representam valores tomados das Normais Climatológicas.

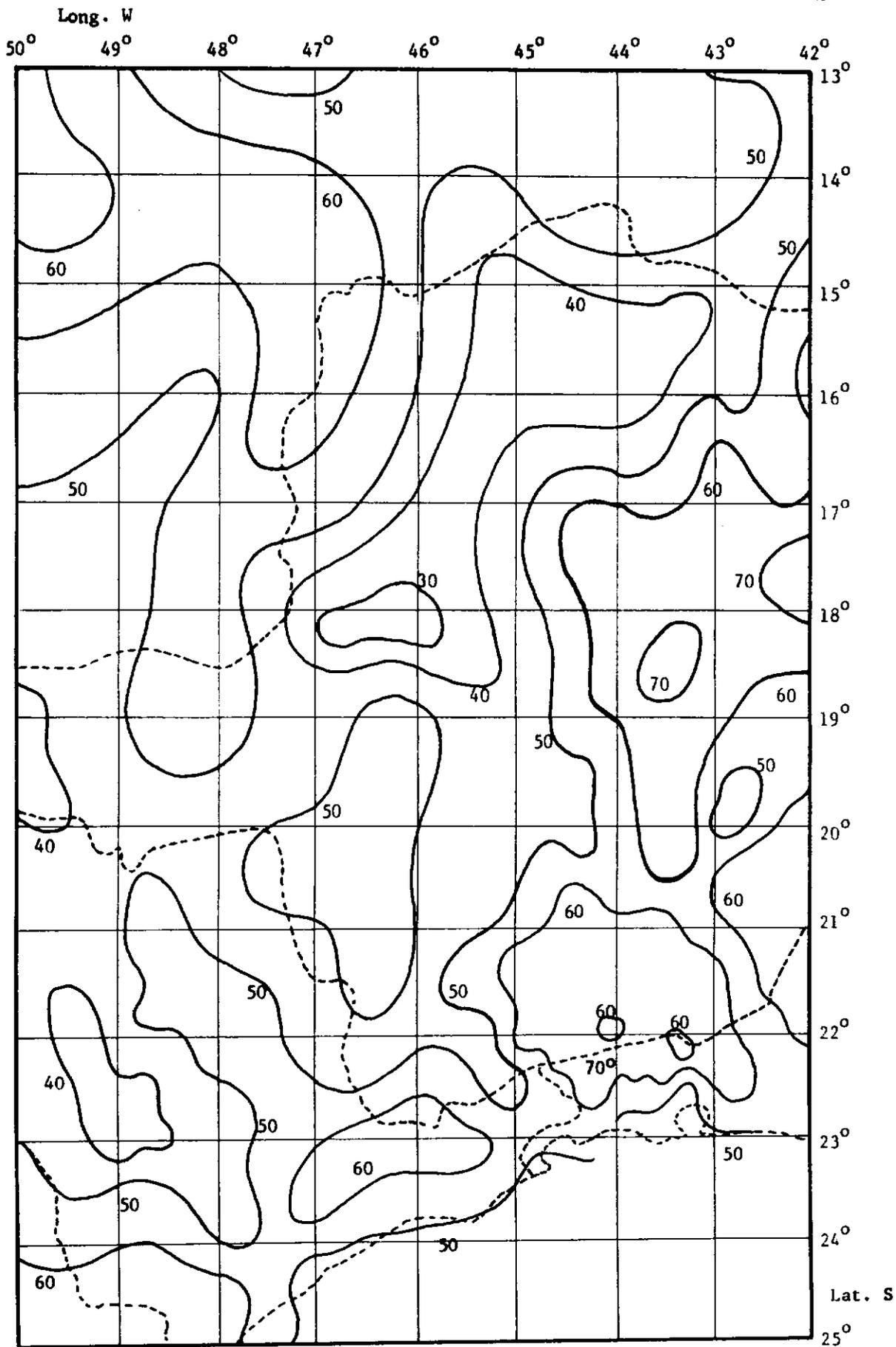


Fig. 4b - Isolinhas de percentual médio anual do Atlas Climatológico do Brasil.

Bibliografia

1. Escolha de sítio para Observatório Astrofísico.
Luiz Muniz Barreto (Obs. Nac., Inf. interna nº 7, 1968).
2. Instruções para a pesquisa de escolha de sítio.
Luiz Muniz Barreto (Obs. Nac., Rel. prel. nº 3, 1969).
3. Étude préliminaire sur le choix de l'emplacement d'un observatoire
astrophysique au Brésil.
Jean Rosch (Obs. Nac. Inf. interna nº 15, 1969).
4. Colóquio brasileiro sobre escolha de sítio.
Situação geral em abril de 1969.
Luiz Muniz Barreto (Obs. Nac., Inf. interna nº 18, 1969).
5. Colóquio brasileiro sobre escolha de sítio.
Relatório sobre outros locais.
Luiz Muniz Barreto (Obs. Nac., Inf. interna nº 19, 1969).
6. Colóquio brasileiro sobre escolha de sítio.
Estação experimental da Serra da Piedade.
Rogério Carvalho Godoy (Obs. Nac., Inf. interna nº 33, 1969).

7. Atlas Climatológico do Brasil.
Adalberto Serra (Conselho Nac. de Geogr. e Serviço de Meteorologia, 1955).
8. Normais climatológicas.
(Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1970).
9. "Satellite cloud cover survey".
Eric M. Jones and A. D. Cock (Wisconsin University, 1967).
10. "Weather satellites".
L. F. Hubert (Blais del Publ. Co., Mass. U.S.A., 1966).
11. Previsão de passagem para satélites em órbitas elípticas ou circulares sem perturbações.
Carlos José Zamlutti (CNAE Rel. LAFE 89, 1969).
12. Curso de Treinamento para Operadores de Estação APT.
Roberto Vicente Calheiros, Antonio Divino Moura e Rosalvo Pinheiro dos Santos (INPE Rel. LAFE 167, 1971).
13. Errors in Operational gridding of APT pictures.
J. Shrinivasan (India Meteorol. Depart., SE report 122, 1969).

14. Frequency of cloud type over South America East of the Andes Mountains.

G. A. Dean, Getúlio Soriano de S. Nunes and Heloisa Moreira Torres Nunes. (Florida State University - em fase de impressão).

Informação pessoal de Heloisa Moreira Torres Nunes sobre a publicação.

KFIM = INDICA PROCEDIMENTO QUE O PROGRAMA DEVE SEGUIR
 KFIM=0 - CONTINUA NORMALMENTE
 KFIM=1 - IMPRIME OS RESULTADOS E CONTINUA
 KFIM=2 - FIM DO PROGRAMA
 INTER(I)-VALOR ATRIBUÍDO SEGUNDO CÓDIGO, A COBERTURA, NA ÁREA I
 NOBS(I)-SOMATÓRIA DOS DIAS NÃO OBSERVADOS NA ÁREA I
 SOBS(I)-SOMATÓRIA DOS DIAS OBSERVADOS NA ÁREA I
 ACOB1(I)---MÉDIA-- DE COBERTURA DO TIPO 1 NA ÁREA I
 ACOB2(I)---MÉDIA-- DE COBERTURA DO TIPO 2 NA ÁREA I
 ACOB3(I)---MÉDIA-- DE COBERTURA DO TIPO 3 NA ÁREA I
 KUAL-ATRIBUI PESO DEVIDO A QUALIDADE DA FOTO KUAL=1 QUALIDADE
 DE ACEITÁVEL KUAL=2 QUALIDADE BOA
 MDIST-ATRIBUI PESO DEVIDO A DISTORÇÕES NA DIREÇÃO N-S
 MDIST=2 DISTORÇÃO GRANDE MDIST=1 DISTORÇÃO MENOR
 KAF1=AFASTAMENTO EM MILÍMETROS DAS MARCAS SUPERIORES E INFERIORES
 DAS FOTUS E DAS MÁSCARAS
 KAF2=O MESMO COM RELAÇÃO AS MARCAS LATERAIS
 A1,A2,...,A9-VALORES ATRIBUÍDOS AS COBERTURAS ATRAVÉS DO
 CRITÉRIO ESCOLHIDO
 SACOB(I)-SOMA DOS TIPOS DE COBERTURA NA ÁREA I
 ITAB(I)-VALOR DE SACOB*1000 PARA EFEITO DE TABELA
 NDOB1(I)- NÚMERO DE DIAS OBSERVADOS NA ÁREA I P/ COBERTURA 1
 NDOB2(I)- IDEM PARA COBERTURA DO TIPO 2
 NDOB3(I)- IDEM PARA COBERTURA DO TIPO 3
 PESO1(I)-SOMATÓRIA DOS PESOS DO TIPO DE COBERTURA 1 NA ÁREA I
 PESO2(I)- IDEM PARA COBERTURA DO TIPO 2
 PESO3(I)- IDEM PARA COBERTURA DO TIPO 3

DIMENSION COBE1(96),COBE2(96),COBE3(96),NOBS(96),SOBS(96),PESO(96),
 INTER(96),ACOB1(96),ACOB2(96),ACOB3(96),SACOB(96),TABEL(96),ITAB(96),
 NDOB1(96),NDOB2(96),NDOB3(96),PESO1(96),PESO2(96),PESO3(96)

CABECALHO

8 WRITE(3,5)

5 FORMAT(1H1)

9 WRITE(3,10)

10 FORMAT(15X,11HCOBERTURA ,11HDIAS OBS. ,11HCOBERTURA ,11HDIAS OBS.
 1S. ,11HCOBERTURA ,11HDIAS OBS. ,11H SOMA DAS ,11H DIAS ,8
 2H DIAS)

WRITE(3,11)

11 FORMAT(15X,11HDO TIPO 1 ,11HDO TIPO 1 ,11HDO TIPO 2 ,11HDO TIPO
 1 2 ,11HDO TIPO 3 ,11HDO TIPO 3 ,11HCOBERTURAS ,11HOBSERVADOS ,1
 22HN.OBSERVADOS)

ZERAR AS VARIÁVEIS

DO 20 I=1,96

PESO1(I)=0.

PESO2(I)=0.

PESO3(I)=0.

NDOB1(I)=0

NDOB2(I)=0

NDOB3(I)=0

COBE1(I)=0.

COBE2(I)=0.

COBE3(I)=0.

SOBS(I)=0.

NOBS(I)=0.

20 PESO(I)=0.

LEITURA

READ(2,30)A1,A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8,A9

30 FORMAT(9F5.2)


```
ACOB2(I)=COBE2(I)/PESU2(I)
ACOB3(I)=COBE3(I)/PESU3(I)
95 SACUB(I)=(COBE1(I)+COBE2(I)+COBE3(I))/PESU(I)
DO 400 I=1,96
400 WRITE(3,200)I,ACOB1(I),NDOB1(I),ACOB2(I),NDOB2(I),ACOB3(I),NDOB3(I)
1),SACUB(I),SDOB1(I),NDOB1(I)
200 FORMAT(6X,4HAREA,13,3X,F7.3,5X,15,5X,F7.3,5X,15,5X,F7.3,5X,15,5X,F
17.3,5X,F5.0,7X,15)
C PREPARAR A TABELA
WRITE(3,700)
700 FORMAT(1H1)
DO 699 I=1,96
TABEL(I)=SACUB(I)*100 .
699 ITABE(I)=TABEL(I)
N=N+1
DO 799 J=1,12
M=M+1
N=N+8
WRITE(3,701)
701 FORMAT(31X,33(2H* ))
WRITE(3,702)
702 FORMAT(31X,9(8H* ))
WRITE(3,703)(ITABE(I)YI=M,N)
703 FORMAT(31X,1H*,1X,15,1X,1H*,11,15,1X,1H*,1X,15,1X,1H*,1X,15,1X,1H*
1,1X,15,1X,1H*,1X,15,1X,1H*,1X,15,1X,1H*,1X=15,1X,1H*)
799 WRITE(3,704)
704 FORMAT(31X,9(8H* ))
WRITE(3,705)
705 FORMAT(31X,33(2H* ))
GO TO 8
600 FINAL=0.
CALL EXIT
END
```