

UM SISTEMA PARA A DETERMINAÇÃO  
DE CAMPOS DE VENTOS A PARTIR  
DO RASTREIO DE NUVENS

Eni Alvim de Oliveira  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515  
12201 - São José dos Campos, SP

1 - INTRODUÇÃO

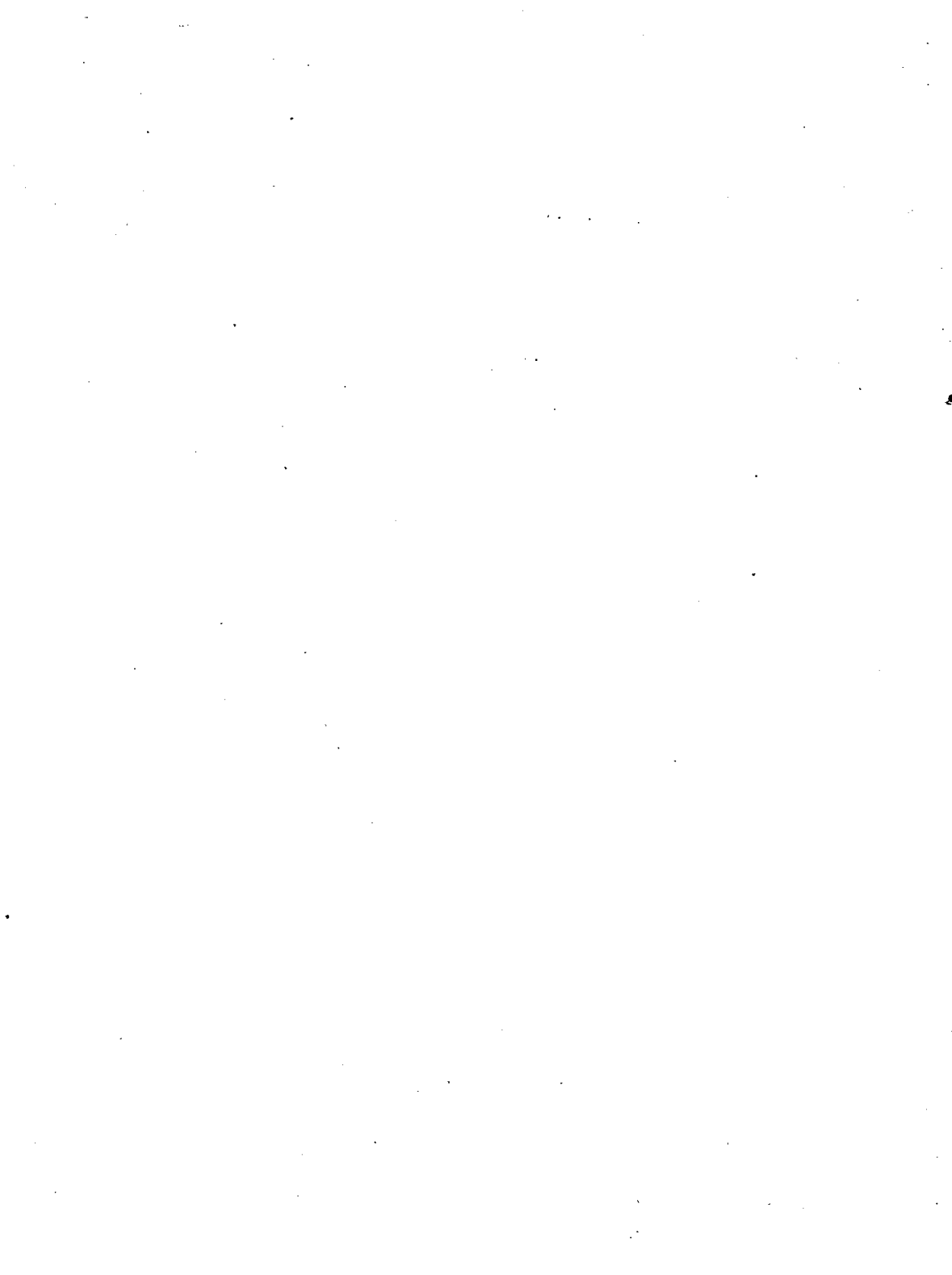
A determinação de campos de ventos através de uma seqüência de imagens de satélites meteorológicos geoestacionários baseia-se em princípios descritos em trabalhos da década de 70 (Endlich et alii, 1971; Fujita et alii, 1975; Hubert e Whitney, 1971; Leese et alii, 1971; Smith e Phillips, 1972). O fundamento está na possibilidade de medir o deslocamento das nuvens quando se observa uma seqüência de imagens de uma dada região, alinhadas de maneira que as linhas dos continentes e do disco da Terra sejam coincidentes. Uma vez determinados os vetores velocidade do vento, atribui-se a eles a altitude das nuvens correspondentes, que pode ser calculada a partir das informações dos canais infravermelho e visível, e do perfil vertical de temperatura.

Os campos de ventos são determinados separadamente em altos níveis e em baixos níveis, através do processamento dos dados disponíveis nas imagens e nas medidas de radiossondas referentes à área sob análise.

Os sistemas que efetuam a determinação de ventos podem ser automáticos, manuais, ou uma combinação de ambos, e compõem-se em geral dos seguintes módulos (Mosher, 1978):

- navegação das imagens;
- seleção de nuvens candidatas a rastreio;
- rastreio das nuvens selecionadas;
- atribuição da altitude para os vetores obtidos;
- controle de qualidade.

As próximas seções apresentam uma breve descrição desses



componentes e do sistema em desenvolvimento no INPE, e uma discussão dos resultados obtidos até o presente.

## 2 - ETAPAS NA DETERMINAÇÃO DE VENTOS

Uma parte dos dados de entrada para um sistema de determinação de ventos consiste em uma seqüência de imagens (pelo menos três) de um satélite meteorológico geoestacionário, espaçadas por um intervalo de tempo conhecido. Estas imagens, entretanto, não se encontram alinhadas na maioria das vezes, devido a variações na órbita do satélite e na atitude (orientação) do seu eixo de rotação. Há necessidade então do conhecimento da correspondência entre o sistema de coordenadas do satélite e um sistema de coordenadas terrestres, para que se possa efetuar o alinhamento, ou registro, das imagens. Esta correspondência pode ser determinada por um processo denominado navegação, o qual permite converter linha e coluna de uma imagem em latitude e longitude, por exemplo, e vice-versa.

A próxima etapa consiste na seleção das nuvens candidatas a rastreamento, através de uma separação por camadas (altos níveis e baixos níveis), seguida de uma verificação dos requisitos que devem ser atendidos. O procedimento de seleção visa reter as nuvens que conservam a forma em pelo menos duas imagens consecutivas da seqüência, movem-se com o vento e não em função do seu desenvolvimento, e têm de 10 a 20 km no mínimo em uma dimensão. A classificação e a escolha das nuvens podem ser feitas por métodos de interpretação de imagens ou por técnicas de reconhecimento de padrões, empregando ainda análises de histogramas e dados de radiossondagens.

Após a escolha da classe de nuvens a serem rastreadas, passa-se à fase de rastreamento, na qual se acompanham várias configurações ao longo da seqüência de imagens, determinando os deslocamentos e a seguir os vetores velocidade do vento. Podem ser empregados métodos manuais e automáticos, estes em geral aplicados apenas a nuvens baixas, que têm melhor definição nas imagens. Os métodos manuais aplicam-se mais a nuvens altas e a misturas de nuvens em várias altitudes; neles, o cursor é utilizado pelo operador como indicador de posição ou de velocidade das nuvens, que são assinaladas em um dispositivo visualizador ou em um "movie-loop" de fotografias. Os métodos automáticos utilizados operacionalmente efetuam o rastreio

treio ou por técnicas de reconhecimento de padrões (agregação de dados), em que se registram os centros de brilho dos grupos, ou por técnicas de registro translacional, em que se estabelece uma medida de similaridade entre áreas de referência e de busca pré-determinadas.

Uma vez determinados os vetores, deve-se atribuir a eles a altitude correspondente à nuvem ou à configuração de nuvens rastreada. A atribuição da altitude pode ser feita ou com base na climatologia da região, ou utilizando a temperatura do topo da nuvem, a emissividade e um perfil vertical de temperatura da região de trabalho.

A última etapa compreende procedimentos de controle de qualidade, automáticos e interativos, para identificação e remoção de vetores incorretos. O controle é feito por inspeção visual, e também por meio do uso de informações geradas durante a fase de rastreamento ou provenientes de outras fontes (prognósticos, análises e dados de radiossondagens).

### 3 - METODOLOGIA UTILIZADA

Está em andamento uma pesquisa que deve fornecer subsídios para a implantação de um sistema automático de determinação de campos de ventos em baixos níveis. Utiliza-se como modelo o sistema do Meteorological Satellite Center, da Japanese Meteorological Agency (GMS User's Guide, 1984), o qual dispõe de um critério objetivo para a seleção de áreas contendo nuvens baixas e utiliza o método da correlação cruzada para o rastreamento.

O trabalho está sendo desenvolvido em um minicomputador Sisco MB 8000, com 64 Kb de memória, expansível até 256 Kb, um disco de 300Mb, duas unidades de fita magnética, uma unidade de visualização, uma impressora e dois terminais.

São utilizadas três seqüências de imagens do satélite GOES-W, cada uma composta por três imagens nos canais infravermelho e visível, com intervalo de trinta minutos entre elas, focalizando regiões do Oceano Pacífico.

Para cada par de imagens em horários consecutivos, que ser

vem de entrada para o sistema junto a dados de radiossondagens quando disponíveis, resultam os vetores correspondentes e os coeficientes de correlação para cada combinação área de referência - área de busca.

O módulo de navegação (Hambrick e Phillips, 1980) foi implantado no Sisco e integrado ao SITIM - Sistema Interativo de Tratamento de Imagens, sistema que permite operações sobre as imagens e sua visualização. Do ponto de vista de pesquisa, estão sob análise os resultados da seleção e do rastreio de nuvens. Os módulos de atribuição de altitude e controle de qualidade ainda não foram abordados.

A Figura 1 apresenta um diagrama que mostra a seqüência de procedimentos para a determinação de ventos, desenvolvidos e em fase final de teste.

Foram executados 36 testes, até a obtenção dos vetores, resultantes da combinação de 3 seqüências compostas cada uma por 3 imagens (portanto 6 pares de imagens em horários consecutivos), cada par submetido ou não a um pré-processamento antes do rastreio, que pode ser feito em um ou dois estágios. O rastreio foi feito para três tipos de imagens: imagens originais no canal visível, imagens realçadas e imagens mapeadas (estes dois últimos tipos são resultantes do pré-processamento).

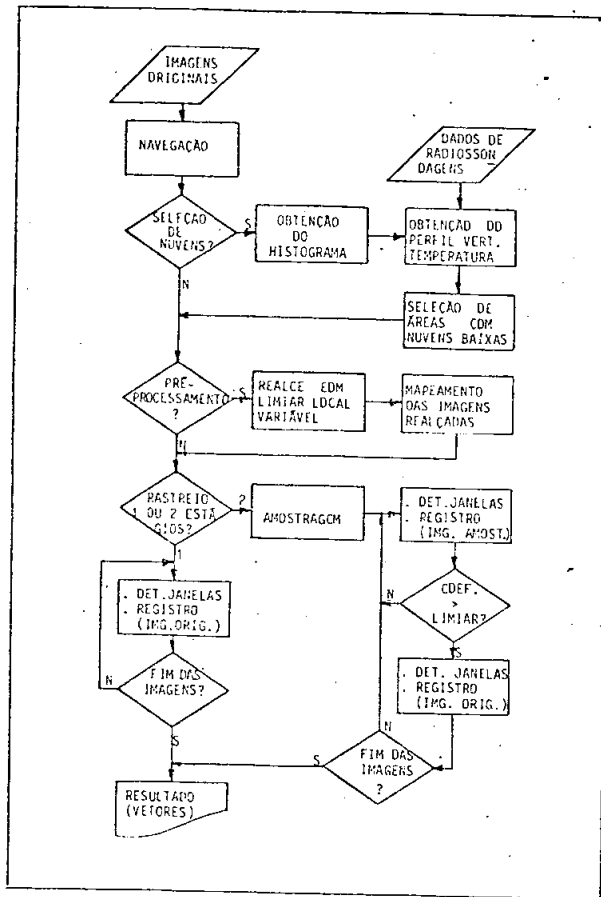


Fig. 1 - Procedimentos para a determinação de campos de ventos.

### 3.1 - SELEÇÃO DE NUVENS

A seleção de nuvens é feita a partir de um histograma da imagem no canal infravermelho e do perfil vertical de temperatura, traçado com base nos dados de radiossondagens (Figura 2). São levantados parâmetros, a seguir incorporados aos critérios de seleção, e resulta uma classificação em áreas com e sem nuvens baixas. É possível também uma classificação por meio de limiares determinados interativamente, produzindo a identificação de quatro áreas: sem nuvens, com nuvens baixas, com nuvens médias e com nuvens altas.

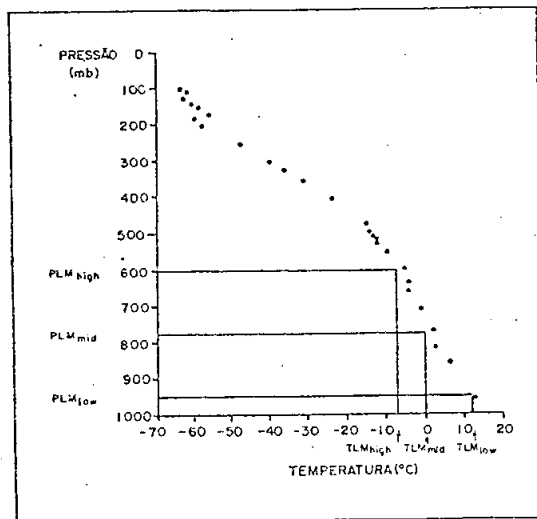


Fig. 2 - Perfil vertical de temperatura.

### 3.2 - PRÉ-PROCESSAMENTO

O pré-processamento de cada imagem é efetuado em três etapas:

- geração de uma imagem suavizada, em que cada ponto é resultante da substituição do ponto na imagem original pela média na região 21 x 21 ao seu redor;

- b) comparação da imagem original com a imagem suavizada, produzindo uma imagem realçada que contém os pontos da imagem original com brilho superior às médias que lhes são correspondentes (técnica de realce que utiliza um limiar local variável);
- c) mapeamento da imagem realçada para uma outra, tal que o ruído constituido por pontos isolados seja eliminado (brilho de 0 a 20 mapeado para 0, e de 21 a 63 mapeado para 21 a 63).

### 3.3 - RASTREIO DE NUVENS

O rastreio de nuvens em áreas selecionadas resume-se a uma questão de registro translacional, em que se procura em uma área de busca a sub-imagem mais semelhante a uma área de referência escolhida, adotando-se no presente trabalho o coeficiente de correlação como medida de similaridade.

O rastreio pode ser efetuado em um ou dois estágios. Em um estágio, trabalha-se com as imagens na resolução original, causando um tempo de processamento proibitivo para fins operacionais. Em dois estágios, faz-se inicialmente uma amostragem de cada par área de referência - área de busca, e determina-se um coeficiente de correlação grosseiro. Se este coeficiente for superior a um dado limiar, passa-se para um segundo estágio, em que o registro é refeito, calculando-se o coeficiente de correlação a partir das áreas de referência e de busca na resolução original. A amostragem pode ser feita de duas maneiras: ou saltando pontos, ou montando áreas em que cada ponto corresponde a uma média numa região.

O resultado é apresentado sob a forma de vetores, tendo-se um exemplo na Figura 3.



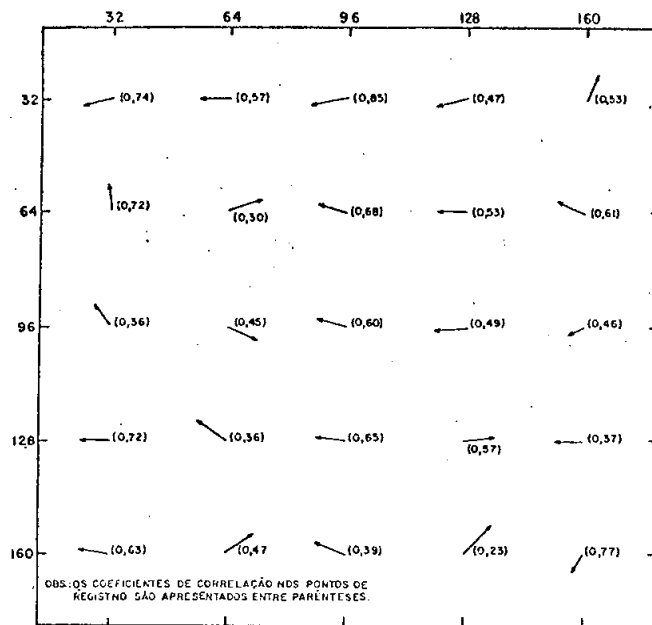


Fig. 3 - Campo de ventos gerado para um setor pertencente a um par de imagens.

#### 4 - CONCLUSÕES

Uma avaliação preliminar dos campos de ventos obtidos aponta para as seguintes conclusões:

- os métodos de seleção utilizados são aplicáveis apenas a áreas sobre o oceano, e não sobre o continente;
- o rastreamento em dois estágios produz melhores resultados quando a amostragem é feita utilizando a média dos pontos numa vizinhança em vez do salto de pontos;
- os tamanhos mais adequados das janelas de referência e de busca são 15 x 15 e 31 x 31 pontos respectivamente, no canal visível, para o rastreamento em resolução original, reduzidos a 4 x 4 e 8 x 8 após a amostragem;
- a adoção do rastreamento em dois estágios reduz o tempo de processamen

to em 20%, mas este ainda assim é proibitivo (3h de execução para um setor de 256 x 256 pontos no canal visível, com centros de janelas situadas a ca da 32 pontos).

Uma avaliação conclusiva só poderá ser feita após o término da análise dos resultados. É evidente, no entanto, a necessidade de uma validação dos resultados através da comparação com dados de radiossondagem, por exemplo, para eliminação dos vetores incorretos gerados durante o processo.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ENDLICH, R.M.; WOLF, D.E.; HALL, D.J.; BRAIN, A.E. Use of a pattern recognition technique for determining cloud motions from sequences of satellite photographs. *Journal of Applied Meteorology*, 10 : 105-117, Feb. 1971.

FUJITA, T.T.; PEARL, E.W.; SHENK, W.E. Satellite tracked cumulus velocities. *Journal of Applied Meteorology*, 14 : 407 - 413, Apr. 1975.

GMS USER'S GUIDE. Tokyo, MSC, 1980, rev. 1984. cap.3.1, p.33 - 49.

HAMBRICK, L.N.; PHILLIPS, D.R. *Earth location image data of spin-stabilized geosynchronous satellites*. Washington, D.C., NOAA/NESS, 1980. (NOAA Technical Memorandum NESS 111).

HUBERT, L.F.; WHITNEY JUNIOR, L.F. Wind estimation from geostationary-satellite pictures. *Monthly Weather Review*, 99 (9): 665-672, Sept. 1971.

LEESE, J.A.; NOVAK, C.S.; CLARK, B.B. An automated technique for obtaining cloud motion from geosynchronous satellite data using cross correlation. *Journal of Applied Meteorology*, 10: 118 - 132, Feb. 1971.

MOSHER, F.R. Cloud drift winds from geostationary satellites.

*Atmospheric Technology*, 10: 53 - 60, Winter 1978-1979.

SMITH, E.A.; PHILLIPS, D.R. Automatic cloud tracking using precisely

aligned digital ATS pictures. *IEEE Transactions on Computing*,

C-21: 715 - 729, 1972.