
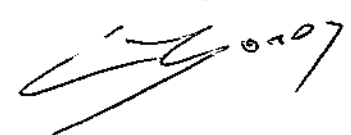
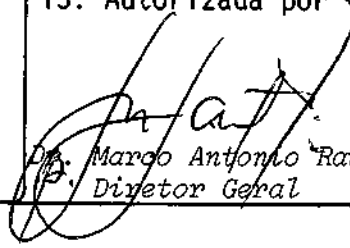


Imprimir

Fechar

*Referência Completa*

**Tipo da Referência** Conference Proceedings  
**Repositório** sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.05.02  
**Metadados** sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.05.02.31  
**Site** mtc-m05.sid.inpe.br  
**Rótulo** 5748  
**Chave Secundária** INPE-4492-PRE/1256  
**Chave de Citação** Oliveira:1987:ExIN  
**Autor** Oliveira, Eni Alvin  
**Grupo** DPI-INPE-BR  
**Título** Um sistema para a determinacao de campos de ventos a partir do rastreio de nuvens: a experiencia do INPE   
**Nome do Evento** Seminário Latino Americano sobre Sensores Remotos, 2.  
**Ano** 1987  
**Data** nov. 1987  
**Cidade da Editora** Sao Jose dos Campos  
**Editora (Publisher)** INPE  
**Localização do Evento** Bogota, CO  
**Resumo** Este trabalho descreve parte de uma pesquisa visando ao desenvolvimento de um sistema automatico para a determinacao de ventos em baixos niveis sobre o oceano. Sao descritos em detalhes duas etapas do sistema (selecao e rastreio de nuvens), acrescida de uma, de pre-processamento, com influencia sensivel na qualidade dos resultados. As diversas alternativas consideradas em cada uma das fases e os resultados obtidos sao apresentados, indicando-se as melhores solucoes.  
**Páginas** 16  
**Idioma** Pt  
**Tipo Secundário** PRE CN  
**Projeto** PREPRO  
**Ultima Atualização dos Metadados** 2015:04.27.14.36.02 sid.inpe.br/bibdigital@80/2006/04.07.15.50 administrator  
**Estágio do Documento** concluido  
**e-Mail (login)** marciana  
**Grupo de Usuários** administrator  
**Visibilidade** shown  
**Transferível** 1  
**Tipo do Conteúdo** External Contribution  
**Unidade Imediatamente Superior** 8JMKD3MGPCW/3EQCCU5  
**Conteúdo da Pasta source** não têm arquivos  
**Conteúdo da Pasta agreement** não têm arquivos  
**Histórico** 2015-04-27 14:36:02 :: administrator -> marciana :: 1987

1. Publicação nº <i>INPE-4492-PRE/1256</i>	2. Versão	3. Data <i>Março 1988</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DPI</i>		Programa <i>PREPRO</i>	
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>CAMPOS DE VENTOS PRE-PROCESSAMENTO</i> <i>SELEÇÃO E RASTREIO DE NUVENS REGISTRO DE IMAGENS</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:551.509.52</i>			
8. Título <i>INPE-4492-PRE/1256</i> <i>"UM SISTEMA PARA A DETERMINAÇÃO DE CAMPOS DE VENTOS A PARTIR DO RASTREIO DE NUVENS - A EXPERIÊNCIA DO INPE"</i>			10. Páginas: <i>16</i>
9. Autoria  <i>Eni Alvim de Oliveira</i>			11. Última página: <i>15</i>
Assinatura responsável <i>Eni Q. Oliveira</i>			12. Revisada por  <i>Gerald Jean Francis Banon</i>
14. Resumo/Notas  <p><i>Este trabalho descreve parte de uma pesquisa visando ao desenvolvimento de um sistema automático para a determinação de ventos em baixos níveis sobre o oceano. São descritos em detalhes duas etapas do sistema (seleção e rastreio de nuvens), acrescidas de uma, de pré-processamento, com influência sensível na qualidade dos resultados. As diversas alternativas consideradas em cada uma das fases e os resultados obtidos são apresentados, indicando-se as melhores soluções.</i></p>			13. Autorizada por  <i>Dr. Marco Antonio Raupp</i> <i>Diretor Geral</i>
15. Observações <i>Trabalho aceito na "Segunda Reunión de Trabajo en Proceso de la Información", Buenos Aires, Argentina, julho de 1987, e apresentado no II Seminário Latinoamericano sobre Sensores Remotos, Bogotá, Colombia, novembro de 1987.</i>			

**PROPOSTA PARA PUBLICAÇÃO**

DATA  
09/12/86

IDENTIFICAÇÃO	TÍTULO UM SISTEMA PARA A DETERMINAÇÃO DE CAMPOS DE VENTOS A PARTIR DO RASTREIO DE NUENS	
	AUTORIA ENI ALVIM DE OLIVEIRA	PROJETO/PROGRAMA PREPRO
		DIVISÃO DSL
		DEPARTAMENTO DPI
DIVULGAÇÃO <input checked="" type="checkbox"/> EXTERNA <input type="checkbox"/> INTERNA MEIO: _____		

REVISÃO TÉCNICA	REVISOR TÉCNICO GERALD JEAN FRANCIS BANON	APROVADO: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> VER VERSO	APROVAÇÕES
	RECEBI EM: <u>6/12</u> REVISADO EM: <u>8/12</u>	DATA _____ CHEFE DIVISÃO _____	
	OBSERVAÇÕES: <input checked="" type="checkbox"/> NÃO HÁ <input type="checkbox"/> VER VERSO	APROVADO: <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> VER VERSO	
	DEVOLVI EM: <u>2/12</u> <i>[assinatura]</i>	DATA <u>2/2/88</u> <i>[assinatura]</i>	CHEFE DEPARTAMENTO <u>[assinatura]</u>

REVISÃO DE LINGUAGEM	Nº: <u>456</u> PRIORIDADE: <u>1</u>	O(S) AUTOR(ES) DEVERÃO MENCIONAR O NOME DO DEPARTAMENTO DE ORIGEM	
	DATA: <u>09.12.86</u>	VERSO, OU ANEXAR NORMAS E/OU INSTRUÇÕES ESPECIAIS	
	REVISADO <input type="checkbox"/> COM <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> CORREÇÕES <input type="checkbox"/> VER VERSO	RECEBIDO EM: _____	
	POR: <i>[assinatura]</i>	CONCLUÍDO EM: _____	
	<u>09.12.86</u> <i>[assinatura]</i>	DATILÓGRAFA: _____	
	DATA ASSINATURA	ASSINATURA	

PARECER

FAVORÁVEL:  SIM  NÃO  VER  VERSO

DATA \_\_\_\_\_ RESPONSÁVEL/PROGRAMA \_\_\_\_\_

EM CONDIÇÕES DE PUBLICAÇÃO EM: \_\_\_\_\_

AUTOR RESPONSÁVEL \_\_\_\_\_

AUTORIZO A PUBLICAÇÃO:  SIM  NÃO

DIVULGAÇÃO  INTERNA  EXTERNA MEIO: \_\_\_\_\_

OBSERVAÇÕES: \_\_\_\_\_

DATA 10 MAR 1988 DIRETOR \_\_\_\_\_

SEC	PUBLICAÇÃO: <u>4492 PRE/1256</u> PÁGINAS: _____ ÚLTIMA PÁGINA: _____
	CÓPIAS: _____ TIPO: _____ PREÇO: _____

## I - INTRODUÇÃO

O trabalho aqui descrito teve início há dois anos, com a finalidade de dotar o Departamento de Meteorologia do INPE com um sistema para a determinação de ventos através do rastreio de nuvens em uma seqüência de imagens de um satélite meteorológico geostacionário, com mínima intervenção de um operador. Com este propósito, partiu-se de artigos escritos na década de 70 (Endlich et alii, 1971; Fujita et alii, 1975; Hubert e Whitney, 1971; Leese et alii, 1971; Smith e Phillips, 1972), que descrevem os esforços feitos nos Estados Unidos nessa área, e de contatos com representantes da Japanese Meteorological Agency, além de consulta a materiais desta agência, como o GMS User's Guide (1984). A experiência adquirida no decorrer do trabalho demonstrou a viabilidade das técnicas utilizadas, porém com um tempo de execução muito elevado para fins operacionais; resultou assim um protótipo de sistema, composto por quatro programas que podem ser executados em seqüência com resultados satisfatórios, mas para fins de pesquisa e não de produção, devido especialmente a restrições de "hardware".

Os fundamentos dos sistemas existentes para determinação de ventos encontram-se nas referências acima citadas, e o relato detalhado de parte dos experimentos efetuados no INPE acha-se em Oliveira (1986) e Oliveira et alii (1986). De modo geral, os sistemas podem ser automáticos, manuais, ou uma combinação de ambos, e compõem-se dos seguintes módulos:

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

Tais sistemas utilizam normalmente dados de dois níveis representativos, referentes a nuvens altas e baixas, disponíveis em imagens de satélites meteorológicos geostacionários (canais infravermelho, visível e de vapor d'água) e em medidas de radiossondas.

O sistema em desenvolvimento no INPE propõe-se ao rastreio automático de nuvens baixas sobre o oceano, utilizando para isto imagens do satélite meteorológico geostacionário GOES-W, focalizando uma região do Oceano Pacífico próxima à costa do Chile.

Este artigo trata em detalhes de duas etapas do sistema (seleção de nuvens candidatas a rastreamento, e rastreamento em áreas pré-determinadas), acrescentando ainda uma de pré-processamento, que verificou-se causar uma melhoria nos resultados. A fase de navegação não é abordada aqui por já estar bastante detalhada no trabalho de Hambrick e Phillips (1980), a partir do qual foi feita a implantação no INPE. As fases de atribuição de altitude às nuvens e de controle de qualidade também não são mencionadas por ainda não terem sido especificadas para o sistema, porém reconhece-se que são imprescindíveis.

## II - DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A implementação tem sido feita em um minicomputador SISCO MB8000, com a configuração esquematizada na Figura 1, dispondo de 64 Kb de memória, expansível até 256 Kb, um disco de 300 Mb, duas unidades de fita magnética, uma unidade de visualização, uma impressora e dois terminais. O sistema operacional é DOS e a linguagem utilizada é o FORTRAN.

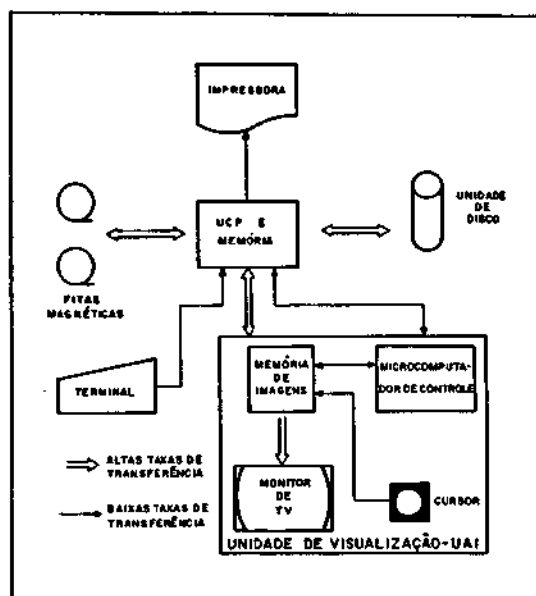


Fig. 1 - Configuração do sistema utilizado, baseado no computador SISCO MB8000. Fonte: Santellano (1986), Fig. 4.

A Figura 2 apresenta um fluxograma do protótipo implementado no INPE, composto de quatro programas: navegação, seleção, pré-processamento e ras

treio.

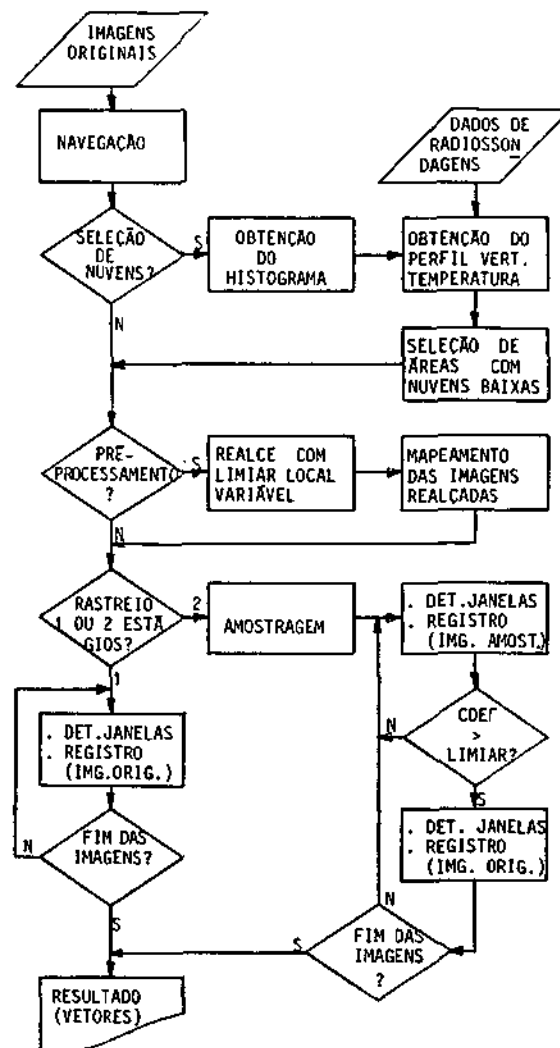


Fig. 2 - Fluxograma do sistema.

Uma parte dos dados de entrada do sistema consiste em uma seqüência de imagens (pelo menos três) de uma mesma região, espaçadas por um intervalo de tempo conhecido, que neste caso é de trinta minutos. Como estas imagens em geral não se encontram alinhadas, devido a variações na órbita do satélite e na atitude do seu eixo de rotação, há necessidade do conhecimento da correspondência entre o sistema de coordenadas do satélite e um sistema de coordenadas terrestres. Esta correspondência pode ser determinada através de um processo denominado *navegação*, o qual permite converter linha e coluna de uma imagem em latitude e longitude, por exemplo, e vice-versa, possibilitando assim o registro das imagens.

Serão detalhadas a seguir as fases de *seleção de nuvens*, *pré-processamento* e *rastreio*.

## II.1 - SELEÇÃO DE NUVENS

Como o sistema está preparado para tratar apenas nuvens baixas, é necessário identificá-las primeiramente, para depois efetuar o rastreio. Pode-se operar com setores de imagens escolhidos visualmente, observados numa UAI-Unidade de Análise de Imagens, ou automaticamente, através do programa de seleção. Neste caso, devem ser fornecidos ao sistema os dados de radiossondagens referentes ao setor sob análise, que permitem o traçado de um perfil vertical de temperatura. A Figura 3 mostra um setor de trabalho de uma imagem no canal infra-vermelho, delimitado pelo cursor, centrado na estação meteorológica de Puerto Montt. A Figura 4 mostra o perfil vertical de temperatura correspondente a esta região.

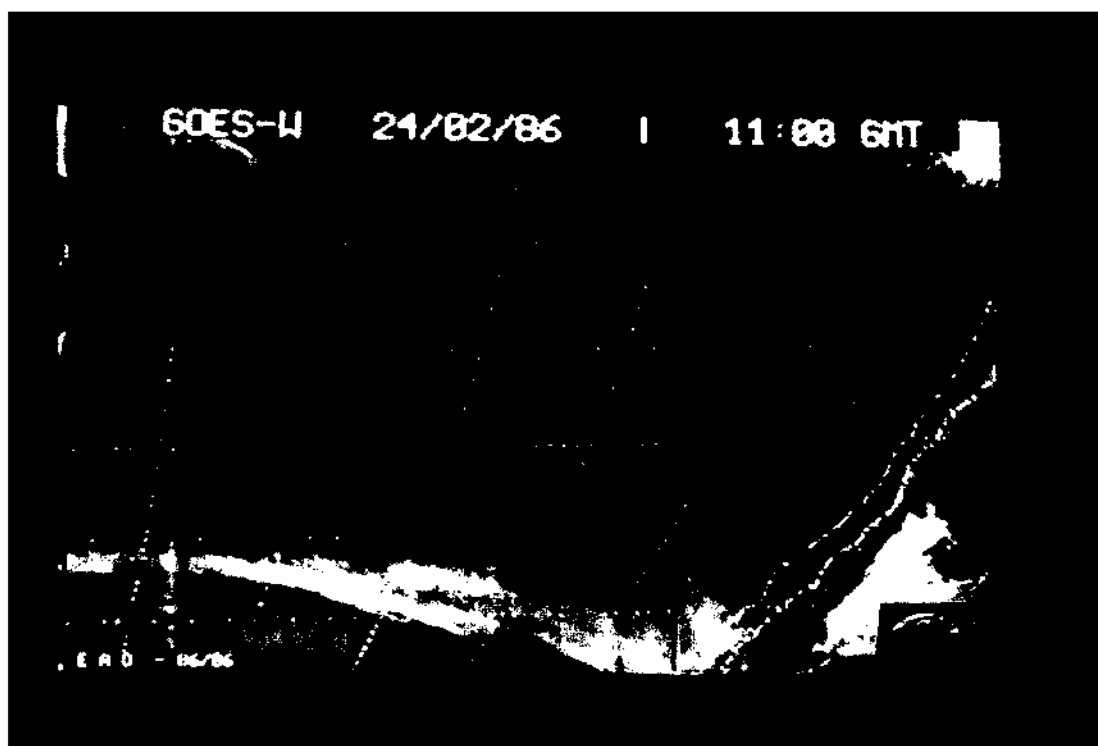


Fig. 3 - Setor de trabalho no canal infravermelho.

Serão detalhadas a seguir as fases de *seleção de nuvens*, *pré-processamento* e *rastreio*.

## II.1 - SELEÇÃO DE NUVENS

Como o sistema está preparado para tratar apenas nuvens baixas, é necessário identificá-las primeiramente, para depois efetuar o rastreio. Pode-se operar com setores de imagens escolhidos visualmente, observados numa UAI-Unidade de Análise de Imagens, ou automaticamente, através do programa de seleção. Neste caso, devem ser fornecidos ao sistema os dados de radiossondagens referentes ao setor sob análise, que permitem o traçado de um perfil vertical de temperatura. A Figura 3 mostra um setor de trabalho de uma imagem no canal infra-vermelho, delimitado pelo cursor, centrado na estação meteorológica de Puerto Montt. A Figura 4 mostra o perfil vertical de temperatura correspondente a esta região.

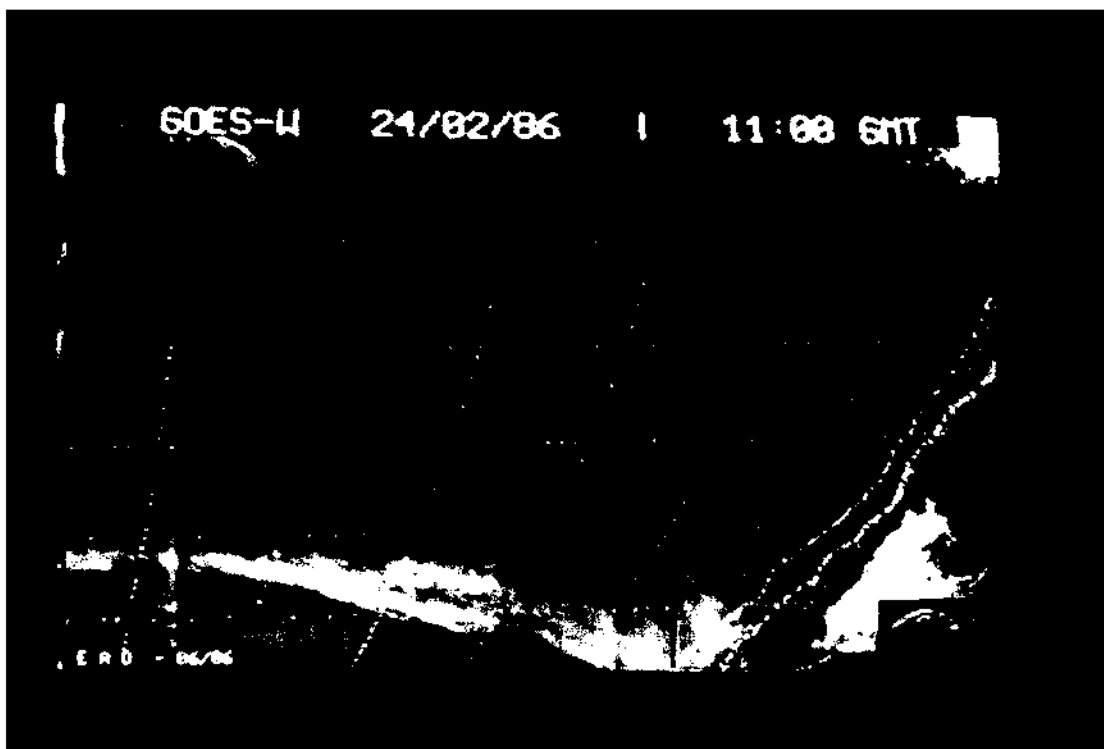


Fig. 3 - Setor de trabalho no canal infravermelho.



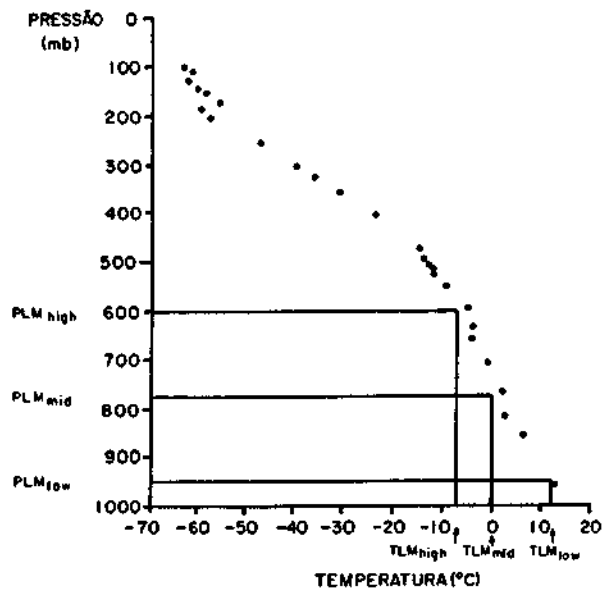


Fig. 4 - Perfil vertical de temperatura.

O procedimento de seleção de nuvens consiste basicamente em dividir o setor de trabalho no canal infravermelho, que neste caso era de 64x64 pontos, dentro do raio de validade dos dados de radiossondagens, em janelas de 16x16 pontos, e para cada uma delas obter o histograma respectivo. A seguir utilizam-se os parâmetros extraídos do perfil vertical de temperatura junto com o histograma de cada janela para determinar a existência de nuvens baixas, de acordo com critérios que especificam a faixa de temperatura válida para as nuvens, as suas dimensões, os ângulos zênite do sol e do satélite, entre outros. Estes critérios são apresentados em detalhes em *GMS User's Guide* (1984), e foram incorporados ao programa desenvolvido no INPE.

Outra maneira de efetuar a seleção de nuvens compreende a classificação em nuvens altas, médias e baixas e região sem nuvens, através de uma linearização utilizando níveis de cinza determinados interativamente para a região em questão (Seddon e Hunt, 1985). É possível ainda uma classificação mais precisa em dez classes de interesse seguindo as técnicas de Parikh (1976).

## II.2 - PRÉ-PROCESSAMENTO

O pré-processamento tem por finalidade o destaque das configurações selecionadas, permitindo maior precisão no rastreamento tanto automático, via computador, como manual, por inspeção visual. Ele é efetuado em três etapas, so

bre a imagem no canal visível:

- a) geração de uma imagem suavizada, em que cada ponto é resultado da substituição do ponto na imagem original pela média na região 21x21 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 constituído por pontos isolados seja eliminado (níveis de cinza de 0 a 20 mapeados para 0, e de 21 a 63 mapeados para 21 a 63).

A Figura 5 apresenta o resultado de cada uma das fases descritas. No canto superior esquerdo (a) tem-se um setor da imagem original, no canal visível. Em (b) observa-se a suavização de (a) pela substituição dos pontos pelas médias. Comparando (a) e (b), e retendo apenas os pontos que têm brilho superior às médias, resulta a imagem realçada (c). Nesta imagem os pontos isolados são prejudiciais ao rastreo e são eliminados através do mapeamento, resultando a imagem (d).

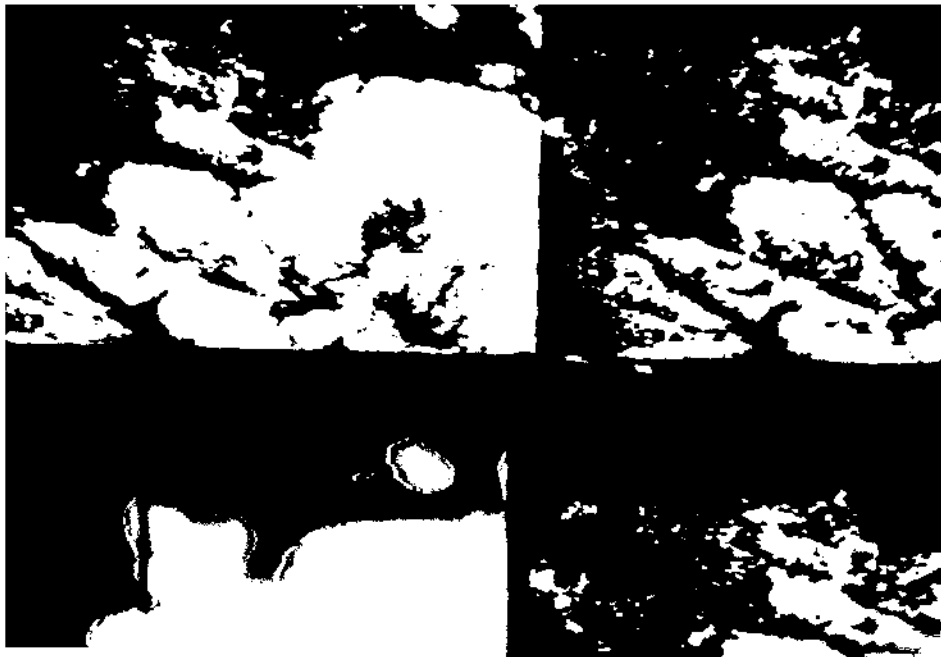


Fig. 5 - Resultado do pré-processamento aplicado a uma imagem.

A Figura 6 também resulta do pré-processamento, aplicado a uma imagem de outra seqüência utilizada nos testes.



Fig. 6 - Resultado do pré-processamento aplicado a outra imagem.

### II.3 - RASTREIO

Uma vez que o sistema em desenvolvimento propõe-se a rastrear apenas nuvens baixas, partiu-se para a elaboração de um programa que determinasse automaticamente o deslocamento das nuvens, não incluindo assim o rastreio manual, feito interativamente junto a observações visuais, e mais adequado a nuvens altas. O deslocamento das nuvens, que é indicador do vento numa região, pode ser estimado automaticamente por técnicas de reconhecimento de padrões, como "clustering" (Endlich et alii, 1971), em que são registrados os centros de brilho de grupos de nuvens, ou por técnicas de registro translacional, nas quais se escolhe uma área de referência em uma imagem e uma área de busca em outra, e através de uma medida de similaridade se estabelece a posição em que há um melhor casamento ("matching") entre ambos (Rosenfeld e Kak, 1982).

Optou-se neste trabalho pelo registro translacional entre janelas localizadas previamente em duas imagens de cada seqüência, tendo como medida de similaridade o coeficiente de correlação. A linha que une o centro de cada área de referência com o centro da área de busca correspondente no ponto de registro define o respectivo vetor velocidade do vento. O registro, ou rastreio, pode ser

efetuado em um ou dois estágios. O rastreo em um único estágio é feito utilizando as imagens em sua resolução original; disso resulta um tempo de execução excessivamente elevado para fins operacionais. O rastreo em dois estágios, por outro lado, minimiza o tempo de execução. Inicialmente é feita uma amostragem de cada par área de referência - área de busca, faz-se o registro, e determina-se um coeficiente de correlação grosseiro. Quando este coeficiente ultrapassa um determinado limiar, o par de áreas passa para um segundo estágio, desta vez na resolução original, e o registro é refeito, resultando um coeficiente de correlação mais preciso. A amostragem pode ser feita saltando pixels com um dado intervalo, ou substituindo um certo número de pontos pela sua média.

A Figura 7 mostra um dos resultados obtidos.

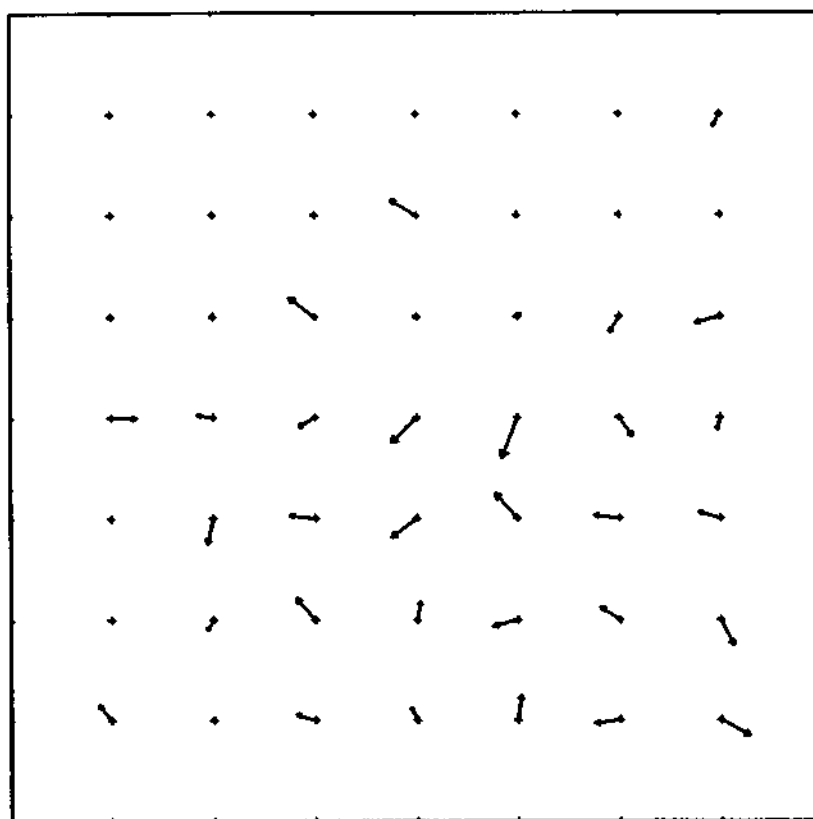


Fig. 7 - Campo de ventos correspondente a uma seqüência de imagens.

### III - TESTES EFETUADOS E RASTREIO

Os testes foram feitos com quatro seqüências de imagens obtidas pelo satélite GOES-W, cada seqüência sendo composta por três imagens nos canais infravermelho e visível, geradas em intervalos de trinta minutos. O programa de

navegação foi utilizado para um registro preliminar dos setores escolhidos em cada seqüência.

A primeira seqüência, da qual faz parte a imagem mostrada na Figura 3, foi submetida ao processo de seleção automática descrito no item II.1, não passou pelo pré-processamento, e teve o rastreo efetuado em um único estágio, gerando o resultado da Figura 8. Neste campo de ventos, observam-se diversos vetores cujo sentido não é condizente com o da maioria, e que deveriam ser eliminados por um processo de controle de qualidade. Este teste teve por finalidade avaliar o processo quanto à sua viabilidade em termos operacionais, o que foi constatado como impossível, já que o tempo de processamento chegou a ser dez vezes superior ao desejado, devido às limitações do equipamento e à não otimização do rastreo, efetuando-o em um só estágio.

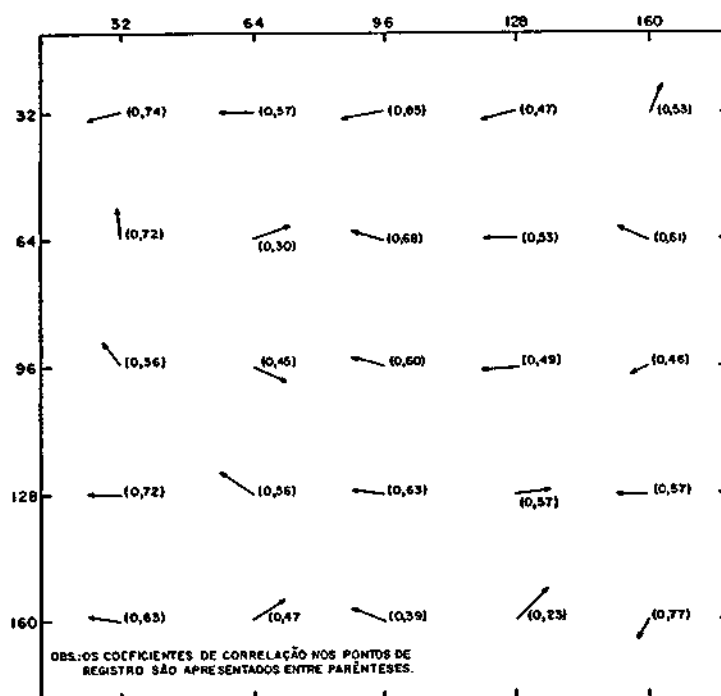


Fig. 8 - Campo de ventos para a primeira seqüência de imagens.

Os testes seguintes foram feitos utilizando três outras seqüências de imagens no canal visível, sendo que a primeira de cada uma é mostrada na Figura 9. Os setores apresentados foram escolhidos visualmente, selecionados por terem apenas nuvens baixas, pois não passaram pelo processo de seleção automática devido à indisponibilidade de dados de radiossondagens.

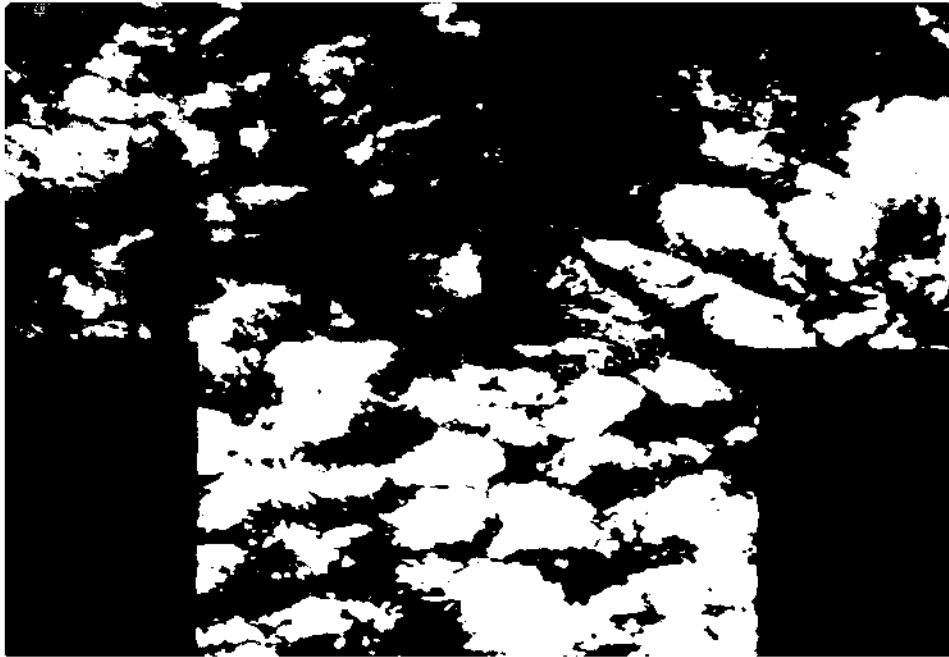


Fig. 9 - Primeira imagem de cada uma das três seqüências restantes.

Para cada setor foi efetuado o prē-processamento indicado no Ítem II.2. A Figura 10 mostra o resultado da suavização para cada setor da Figura 9, acrescido de um mapeamento em até oito patamares e adição de cor, com a finalidade de de melhor destacar as nuvens ou camadas de nuvens situadas em uma mesma altitude.



Fig. 10 - Resultado do prē-processamento aplicado a cada setor da Figura 9.

Este tipo de processamento auxilia tanto o rastreo automático quanto o manual, em que um operador segue o deslocamento das nuvens em uma Unidade de Análise de Imagens, que tem a facilidade de mostrar imagens com efeito de animação. Neste caso, os vetores são traçados em uma película transparente colocada sobre a tela, ou os pontos extremos das trajetórias das nuvens são fornecidos ao sistema computacional, que irá determinar os deslocamentos.

As Figuras 11 e 12 ilustram o efeito do pré-processamento. A Figura 11 é o resultado do pré-processamento e adição de cor aplicados a cada imagem suavizada da seqüência que tem a Figura 9 (a) como primeira imagem. A Figura 12 corresponde à seqüência que tem a Figura 9 (b) como primeira imagem. Observar como o mapeamento em patamares e a adição de cores numa graduação de tons auxiliam o processo de identificação e rastreo visual, tornando mais nítidos os contornos das camadas de nuvens, seus deslocamentos e suas mudanças de forma ao longo de cada seqüência.



Figura 11 - Pré-processamento aplicado às imagens suavizadas correspondentes à seqüência da Fig. 9 (a).



Fig. 12 - Prê-processamento aplicado às imagens suavizadas correspondentes à seqüência da Fig. 9 (b).

O rastreo automático em dois estágios foi aplicado a cada uma das três seqüências, utilizando os seguintes tipos de imagens:

- a) imagens na resolução original (exs.: Figuras 5 (a) e 6 (a), para a primeira e a segunda seqüência);
- b) imagens suavizadas (exs.: Figuras 5 (b) e 6 (b));
- c) imagens realçadas (exs.: Figuras 5 (d) e 6 (d));
- d) imagens suavizadas mapeadas para patamares (exs.: Figuras 11 e 12).

A amostragem foi feita tanto pela média quanto pelo salto de pixels.

A Figura 7, já mencionada, é um dos resultados obtidos, e corresponde ao registro das imagens que aparecem na Figura 12. Aqui também fica evidenciada a necessidade de um controle de qualidade através da validação dos resultados, o que não foi possível efetuar devido à ausência de dados de radiossondagens.

#### V - CONCLUSÕES

Os testes realizados com as quatro seqüências de imagens conduziram às seguintes conclusões:

- a) a seleção automática de nuvens utilizando as técnicas descritas aplica-se apenas a áreas sobre o oceano, conduzindo a resultados



- errados sobre o continente (verificação feita utilizando as ima  
gens da primeira seqüência);
- b) o prē-processamento conduz a uma melhoria na identificação vi  
sual das nuvens e no rastreio, aumentando a quantidade de veto  
res corretos obtidos;
  - c) o rastreio em dois estāgios ē efetuado em 20% do tempo gasto  
com o rastreio em um sō estāgio, para as seqüências em estudo  
e com os mesmos recursos de "hardware" e "software" disponí  
veis, mas ainda assim o tempo de execução ē proibitivo em um  
ambiente operacional;
  - d) a amostragem pela mēdia dos pontos numa vizinhança (3x3, no ca  
so) produz melhores resultados no rastreio do que a amostragem  
pelo salto de pixels (1 pixel a cada 4);
  - e) os tamanhos das āreas de referēncia e de busca que conduziram  
a melhores resultados sō 15x15 e 31x31 pontos respectivamente,  
no canal visível, com resoluçō de 1 km por pixel (resoluçō o  
riginal);
  - f) os resultados em ordem decrescente de qualidade foram obtidos  
com as seguintes imagens:
    - 1ª: imagens suavizadas, mapeadas em patamares, amostradas pela  
mēdia;
    - 2ª: idem, porē m amostradas por salto de pixels;
    - 3ª: imagens realçadas;
    - 4ª: imagens originais;
  - g) ē imprescindível a adoçō de critērios de controle de qualida  
de durante a fase de rastreio.

## VI - AGRADECIMENTOS

Aos Drs. Alberto W. Setzer, Gerald J.F.Banon e Nelson D.A.Mascare  
nhas, e a Manoel A.Gan, M.Sc., pelas discussōes tēcnicas durante a realizaçō do  
trabalho. Ao Dr. Carlos A. Barroso, pelo trabalho de fotografia. A Carlos A.Fel  
gueiras, M.Sc., pelo auxīlio ās saídas grāficas. A Janete da Cunha, pela datilo  
grafia do texto, e ao Setor de Desenho do INPE.

## 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.
- OLIVEIRA, E.A. Determinação de campos de ventos a partir do deslocamento de nuvens em seqüências de imagens de satélites geoestacionários. Dissertação de mestrado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, Dez.1986 (INPE-4099-TDI 256).
- OLIVEIRA, E.A.; MASCARENHAS, N.D.A.; SETZER, A.W. Um sistema para a determinação de campos de ventos utilizando satélites meteorológicos geoestacionários. São José dos Campos, INPE, Abr. 1987 (INPE-4161-PRE/1063). Publicado nos Anais do Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto, em agosto de 1986, Grande, RS.
- PARIKH, J.A. Cloud pattern classification from visible and infrared data. College Park, MD, University of Maryland - Computer Science Center, 1976. (Computer Science Center Technical Report, 442).
- ROSENFELD, A.; KAK, A.C. Matching. In: *Digital picture processing*. New York, NY, Academic, 1982, cap. 9, p. 11-54.
- SANTELLANO, J. *Projeto e implementação do módulo supervisor de um sistema de processamento de imagens*. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada, São José dos Campos, INPE, Mar. 1986 (INPE-3835-TDL/211).

SEDDON, A.M.; HUNT, G.E. Segmentation of clouds using cluster analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 6 (5): 717-731, 1985.

SMITH, E.A.; PHILLIPS, D.R. Automatic cloud tracking using precisely aligned digital ATS pictures. *IEEE Transactions on Computing*, C-21: 715-729, 1972.