

# CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR DE NUVENS UTILIZANDO IMAGENS AVHRR DO SATÉLITE NOAA-14

JOSÉ RICARDO DE ALMEIDA FRANÇA\* E RICARDO RAPOSO DOS SANTOS<sup>1</sup>

*UFRJ-IGEO - Departamento de Meteorologia  
Av. Brigadeiro Trompowsky s/n - Cidade Universitária - 21949-900 Rio de Janeiro - Brasil*

## ABSTRACT

The preliminary multispectral cloud classification method is used to identify the main cloud types over Brazil. The discrimination is obtained by a thresholding procedure using the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) data. The method includes calibrated radiances, radiative temperatures, differences between channels and spatial coherence. The results show an agreement with synoptic observations.

## 1- INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma grande quantidade de técnicas para a análise dos parâmetros de nebulosidade com a utilização de dados nas bandas do visível e do infravermelho dos satélites meteorológicos. Cada técnica apresenta vantagens e inconvenientes, dependendo da região onde ela é aplicada. Na literatura disponível, pouca coisa tem sido feita no sentido de caracterizar os tipos de nuvens a partir dos dados dos satélites ambientais.

O objetivo deste trabalho é o de desenvolver um método digital de classificação de nuvens utilizando uma abordagem multi-espectral a partir dos dados AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) dos satélites da série NOAA-N. Este tipo de informação é de extrema importância na meteorologia moderna, pois fornece uma informação complementar sobre o comportamento dinâmico da atmosfera. Junto com o conhecimento dos campos da circulação em mesoescala, a interpretação dessas imagens (AVHRR) traduz-se em ferramenta importante na previsão do tempo.

## 2- DADOS E PRÉ-PROCESSAMENTO

Foram utilizados os dados AVHRR do satélite NOAA-14 recebidos na estação de recepção da DSA-INPE Cachoeira Paulista, SP. Os dados digitais são então calibrados e corrigidos radiometricamente seguindo os procedimentos da NOAA (NOAA Technical Reports). Em seguida eles são transformados em parâmetros geofísicos (albedo e temperatura radiativa) conforme França (1994) e França et al. (1996).

## 3- MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO

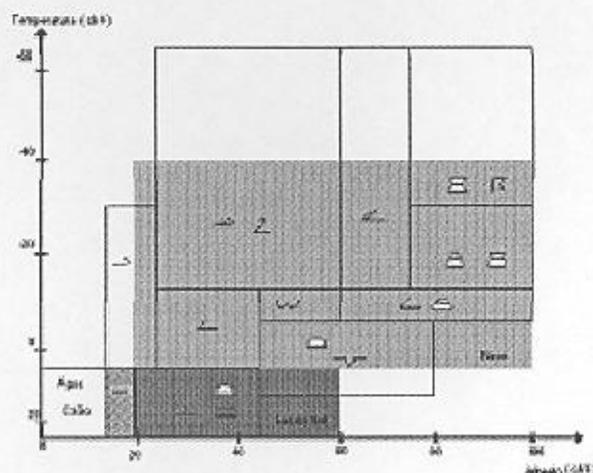
O método inicial é uma combinação de testes com limiares, no canal visível (canal 1) e no infravermelho (canal 4) e usado durante as condições diurnas. Para as imagens noturnas utiliza-se somente os canais nas bandas do infravermelho, porém neste trabalho não foi utilizada nenhuma passagem noturna.

Para o conhecimento do tipo de nuvem presente nas imagens, é utilizado o esquema apresentado na figura 1 proposto inicialmente por Karlsson e Liljas (1990) e utilizado com sucesso por França (1994). O canal 4 é principalmente utilizado para separar diferentes temperaturas do topo das nuvens. Para a maioria das nuvens, à exceção dos cirrus, cuja emissividade em  $11\mu\text{m}$  e no intervalo de  $0,3-0,7\mu\text{m}$  é freqüentemente fraca, a temperatura radiativa é próxima da temperatura termodinâmica do

\* Grupo de Aplicações de Satélites Meteorológicos - UFRJ/CPETC - INPE

<sup>1</sup> Bolsista de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq

topo da nuvem (Raustein et al., 1991). A reflexão no canal 1 está ligada à espessura e à concentração das gotas na nuvem. As nuvens mais brilhantes vistas por satélite são as que estão conectadas com precipitação ou são as grandes torres de cumulonimbus. Stratus, stratocumulus, altocumulus são preferencialmente cinzas e os cirrus são pouco visíveis. Este tipo de esquema (figura 1), pode com bom resultado separar as principais categorias de nuvens e fornecer uma primeira avaliação da assinatura espectral do "pixel".



**Figura 1-** Separação de diferentes tipos de nuvens no canal 1 (visível) e canal 4 (infravermelho). Neve e raios de Sol, sobrepondo os vários tipos de nuvens

Em seguida, foram utilizados a combinação de dois canais:  $\Delta T_{34}$  ( $T_3 - T_4$ ) e  $\Delta T_{45}$  ( $T_4 - T_5$ ), referentes às diferenças nas temperaturas nestes respectivos canais. Estes novos canais são habitualmente utilizados para separar diferentes tipos de nuvens (Gallaudet e Simpson, 1991, Yamanouchi e Kawaguchi, 1992, França, 1994).

$\Delta T_{34}$  ( $T_3 - T_4$ ) pode ser facilmente interpretada. Seu valor incorpora a componente da radiação emitida pela superfície, transmitida através das nuvens, a radiação emitida pelas nuvens e a reflexão da radiação solar pelas nuvens (somente para as imagens diurnas). As nuvens constituídas por gotículas de água líquida são relativamente boas refletoras durante o dia no canal 3. Com exceção das nuvens finas e das nuvens compostas de partículas mais grossas, a componente de reflexão é mais importante que a componente de emissão. Esta diferença torna-se mais importante para as partículas menores, em função das propriedades óticas das nuvens para estes dois comprimentos de onda (Yamanouchi et al., 1987). Ela é função da diferença de emissividade (mais importante para as partículas menores), independente do conteúdo da nuvem (gotas de água ou partículas de gelo). Esta diferença de emissividade entre os alvos, mostra a variabilidade deste novo parâmetro  $\Delta T_{34}$ , em função do tipo de nuvem e da sua granulometria (o mesmo que para  $\Delta T_{45}$ ).

Inoue (1987) mostrou que para as nuvens do tipo cirrus,  $\Delta T_{45}$  ( $T_4 - T_5$ ) é mais elevada que para o céu claro. Os cumulus e cumulonimbus apresentam pequenos valores de  $\Delta T_{45}$  (próximo de 0). Embora o valor no topo da nuvem seja dependente das condições da atmosfera, os resultados precedentes indicam que  $\Delta T_{45}$  é pequeno para as nuvens baixas do tipo cumulus, os cumulonimbus e stratocumulus. Para as zonas de céu claro, este valor é freqüentemente inferior a 1 K, entretanto para as regiões intertropicais, em razão da grande variação da quantidade de vapor d'água na atmosfera, este valor é muito mais variável que para as latitudes médias (França, 1994). Quanto mais a região é úmida mais o valor é pequeno. Para nuvens pouco densas, os valores de  $\Delta T_{45}$  são iguais ou superiores a 6 K (Saunders e Kriebel, 1987), podendo atingir valores da ordem de 20 K principalmente na presença de cirrus, cirrostratus e altostratus (França, 1994).

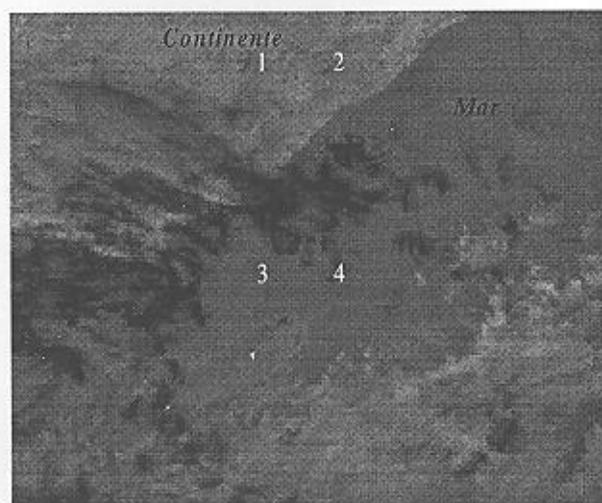
No caso dos "pixels" parcialmente ocupados por nuvens,  $\Delta T_{34}$  e  $\Delta T_{45}$  apresentam valores elevados. Os "pixels" correspondentes aos baixos valores de  $\Delta T_{45}$  e aos valores elevados de  $\Delta T_{34}$  são

representativos de nuvens de baixa altitude do tipo cumulus, stratus, stratocumulus e algumas nuvens de camadas médias como por exemplo os altocumulus.

Finalmente foi utilizado o método da coerência espacial, pelo qual a imagem é dividida em pequenas porções de 4 X 4 "pixels" na qual são calculados os valores de radiância média e o respectivo desvio padrão. Este método apresenta uma vantagem sobre os limiares estatísticos pois utiliza a estrutura espacial do campo de radiância infravermelha para determinar os "pixels" com e sem nuvens, inclusive determinando os valores destes limites (valor da radiância associado) e identificar os pixels que são parcialmente ocupados pelas nuvens.

#### 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi utilizada uma imagem dia 15 de outubro de 1997, abrangendo parte da região sudeste do Brasil. A imagem é composta por mar, continente e por uma grande área coberta por nuvens (figura 2).



**Figura 2-** Composição em falsas cores (R= canal 1, G= canal 3, B= canal 4) da imagem do satélite NOAA-14 15/10/1997.

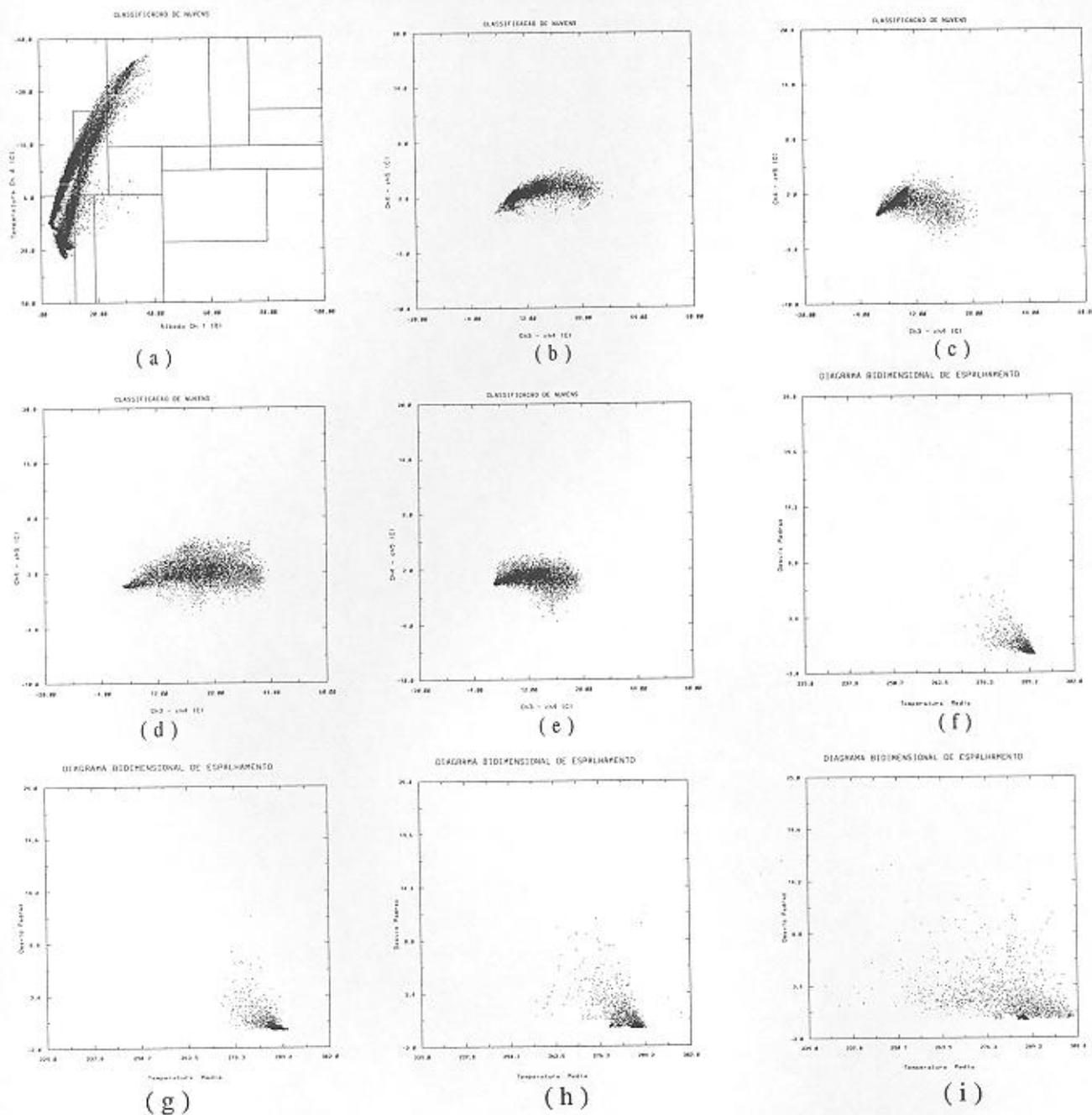
Foram escolhidos quatro setores na imagem para uma classificação e análise dos "pixels".

Inicialmente foi utilizado o método de classificação, que tem como base os dados de temperatura de brilho do canal 4 e de albedo do canal 1 (figura 3(a)). Aplicado este método sobre os quatro setores da imagem, foi verificado que há uma grande quantidade de "pixels" de nuvens altas da família dos cirrus. No box que representa a superfície terrestre e marítima, nota-se um "braço" superior representando os "pixels" da superfície marítima, enquanto que o inferior os da superfície terrestre. Este pôde separar com bom resultado as nuvens sobre os oceanos daquelas sobre o continente.

Para examinarmos a relação ( $\Delta T_{34}$  e  $\Delta T_{45}$ ) foram construídos diagramas bidimensionais de dispersão ( $\Delta T_{34}$  x  $\Delta T_{45}$ ), representados nas figuras 3(b) a 3(e). Nas figuras 3(b) e 3(c) dos setores 1 e 2, observa-se uma concentração de "pixels" com valores baixos de  $\Delta T_{34}$  ( $> 4$  e  $< 10$  K) e  $\Delta T_{45}$  ( $> 1,6$  e  $< 3,5$  K), que correspondem aos "pixels" da superfície terrestre; ainda na figura 3(b) do setor 1 nota-se um "braço", característico de nuvens médias do tipo altostratus. As figuras 3(d) e 3(e) relativas aos setores 3 e 4 apresentam "pixels" muito dispersos. Os pontos que estão afastado dos valores médios indicam as diferentes classes para os diversos tipos de nuvens presentes nestes setores (Yamanouchi e Kawaguchi, 1992). Os maiores valores de  $\Delta T_{34}$  e  $\Delta T_{45}$  nas figuras 3(d) e 3(e) dos setores 3 e 4, indicam a presença de "pixels" parcialmente cobertos por nuvens e de cirrus o que fica bem evidenciado na estrutura em arco na parte dispersa das figuras 3(h) e 3(i). A figura 3(d) do setor 3 possui "pixels" com baixos valores de  $\Delta T_{45}$  e com altos valores de  $\Delta T_{34}$  que indicam a presença de nuvens baixas.

Pelo método da coerência espacial nota-se em função da distribuição dos pontos que para os setores 1 e 2, figuras 3(f) e 3(g) os valores compreendidos entre 285 e 290 K representam "pixels" de céu claro. No setor 3 e 4 figuras 3(h) e 3(i) observamos a distribuição dos "pixels" em forma de um pequeno arco. Os valores dos "pixels" com pequeno desvio padrão, compreendido entre 283,6 e 287 K

representam "pixels" completamente coberto por nuvens. Os pontos mais dispersos indicam os "pixels" parcialmente ocupados por nuvens. Na figura 3(h), observa-se duas concentrações de pontos com baixo desvio padrão, indicando uma estrutura multi-camada da cobertura de nuvens sobre o setor 3.



**Figura 3-** Diagramas bidimensionais de dispersão. Diagrama (a), temperatura radiativa do canal4 e albedo canal1 para os quatro setores; diagramas (b), (c) (d) e (e), correspondem a diferença da temperatura radiativa  $\Delta T_{34}$  e  $\Delta T_{45}$  para os setores 1,2,3 e 4 respectivamente; diagramas (f) (g) (h) e (i), correspondem aos valores da temperatura radiativa média e do desvio padrão para os setores 1,2,3 e 4 respectivamente.

## 5 - CONCLUSÃO

Um grande número de fatores pode causar variabilidade nos dados dentro das classes e indesejáveis sobreposições, a topografia das nuvens com sombras e obscuridade, o Sol e as suas inclinações, a mistura das classes e a variabilidade de refletância dentro das classes, podem diminuir a porcentagem de acerto da classificação.

As imagens têm que ser ajustadas com uma elevação fixa do Sol. A variação da reflectividade com o ângulo do Sol em uma atmosfera livre de nuvens, é similar para as nuvens ralas ou semitransparentes.

Em geral a separação de classes requer mais de dois canais ou bandas espectrais. Outras propriedades derivada das imagens podem ser usadas, como por exemplo a textura espacial, são aspectos que podem ser incorporados na classificação da mesma forma que os canais espectrais.

No entanto, os resultados obtidos ilustram que esta classificação obtida para esta imagem coincidem com as nuvens observadas na observação de superfície (cartas do INMET). Entretanto alguns ajustes ainda são necessários para a operacionalização desta metodologia.

## 6 - AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos à Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB) pelo apoio dado a este trabalho, ao programa PIBIC-CNPq/UFRJ, ao DSA-INPE, ao grupo de aplicações de satélites meteorológicos do CPTEC-INPE, ao NCE-UFRJ, e a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste estudo.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRANÇA, J.R.A., 1994: Télédétection Satellitaire des Feux de Vegetation en Région Intertropicale- Application à l'Estimation des Flux des Composés en Trace Emis dans l'Atmosphère, Thèse de l'Universite Paul Sabatier Toulouse, France, May 20, n° 1749.

KARLSSON, K.G. and LILJLAS, E., 1990: " The Smhi modell for cloud precipitation analysis from multispectral AVHRR data ". PROMIS-REPORTS, 10, 75 pp.

RAUSTIN, E., SUNDQVIST, H., KATSAROS, K.B., 1991: " Quatitative comparison between simulated cloudiness and clouds objectively derived from sattelite data ". Tellus, 43A, 306-320.

SAUNDERS, R.W. and KRIEBEL, K.T., 1988: " An improved method for detecting clear sky and cloudy radiances from AVHRR data ". Int. J.Remote Sensing, 9, 123-150.

GALLAUDET, T.C., and SIMPSON, J.J., 1991: " Automated cloud screeninig of AVHRR imagery using Split-and-Merge Clustering ". Remote Sens. Environ., 38, 77-121.

YAMANOUCHI, T., SUZUKI, K., and KAWAGUCHI, S., 1987: " Detection of clouds in Antartica from infrared multispectral data of AVHRR ". J. Meteorol. Soc. Of Japan, 65, 949 -962.

YAMANOUCHI, and KAWAGUCHI, S., 1992: " Cloud distribution in the Antarctic from AVHRR data and radiation measurements at the surface ". Int. J. Remote Sensing, 13, 111 - 127.

FRANÇA, G.B., FRANÇA, J.R. , GONDIM, M.A., 1996: " Implantação do pré-processamento e produtos quantitativos para os dados dos satélites da séria NOAA-n ". IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Vol 1.