ESTUDOS DE CLASSIFICAÇÃO DE CENAS COM NUVENS EM IMAGENS DO SATÈLITE GOES

Renilson Adriano da Silva¹, Juan Carlos Ceballos²

¹Unisal/matemática, Avenida Dom Bosco, <u>renilson_matematica@yahoo.com.br.</u> ²DSA/CPTEC/INPE, Rodovia Presidente Dutra km 40 – 12630-000 – Cachoeira Paulista – SP, <u>ceballos@cptec.inpe.br</u>

Resumo-Neste trabalho apresentamos resultados da análise de imagens GOES da América do Sul. É descrita a distribuição de refletâncias e temperaturas de brilho em várias cenas. Analisando imagens classificadas segundo o tipo de nuvens, encontra-se que a distribuição de freqüências de refletância é semelhante em diversas regiões da América do Sul. Encontrou-se que a transição entre uma nuvem cúmulus e uma estratos corresponde a um valor t[pico de 30% na refletância.

Palavras-chave: nuvens, classificação, GOES12, refletância Área do Conhecimento: I - Ciências Exatas e da Terra

Introdução

A distribuição espacial de nebulosidade é de grande importância para diversas áreas da meteorologia, transportes aviação civil, agronomia, turismo, saúde, etc.

Usualmente ela é reportada por observadores meteorológicos e de aeroportos a partir da inspeção visual. Observações meteorológicas geralmente são feitas por observadores que estão abaixo dos fenômenos, o que não acontece com os satélites principalmente os de órbita geoestacionária que permite ao observador das imagens enviadas terem uma nocão mais ampla do que está acontecendo num período de tempo e espaco consideráveis em relação ao observador terrestre que vê as cenas dispersas e em um ângulo de perspectiva não muito favorável para possíveis analises.

O principal objetivo do trabalho é verificar se os resultados da classificação são homogêneos em toda a América do Sul para cada tipo de nuvem, assim como analisar a refletância típica da transição de cúmulos para estratiformes, para fins de estimativa de nebulosidade parcial.

Materiais e Métodos

O satélite GOES enquadra-se na categoria de satélite de uso meteorológico. Existem dois tipos de satélites meteorológicos, os de órbita geoestacionária e os de órbita polar. Os satélites geoestacionários têm uma órbita circular contida no plano do equador. Esse tipo de satélite mantém a mesma posição em relação a um ponto fixo na superfície dando a impressão de que está estacionado no espaço, obtendo assim uma imagem da Terra sempre na mesma posição geográfica. Estes satélites orbitam a uma altitude de 35000 km.

O satélite GOES 12 coleta dados sobre o fluxo de energia emergente no topo da atmosfera, com uma resolução espacial de entre 1 e 4 km, fornecendo uma imagem a cada 30 minutos. O sensor imageador opera um canal no espectro visível e 4 canais no infravermelho (0,55-0,75 μ m; 3,9 μ m; 6,3 μ m; 10,7 μ m; 13,3 μ m).

O canal 1 fornece fator de refletância. A refletância é a razão entre fator de refletância e o cosseno do ângulo zenital do sol.

$$F = \pi L_{\lambda} / S_{\lambda} \qquad R = f F/cosZ$$

Aqui, F é o fator de refletância, L_{λ} é a radiância espectral detectada no canal 1, S_{λ} é fluxo espectral especifico e Z é o ângulo zenital solar. R é a refletância. O fator *f* representa uma correção para a anisotropia da refletância de qualquer superfície do sistema terra atmosfera.

Os outros canais permitem avaliar temperatura de brilho. Um corpo negro à temperatura T emite um espectro de radiação que varia com o comprimento de onda e é descrito pela função de Planck:

 $B_{\lambda} = a \lambda^{-5} / [exp(-b/\lambda T) - 1)]$

As constantes a e b são universais; B_{λ} uma densidade espectral de fluxo radiativo. A Terra não é um corpo negro, porque em cada comprimento de onda emite uma densidade L_{λ} que corresponde a diferentes temperaturas na função de Planck. Essas temperaturas denominam-se de temperatura de brilho em cada comprimento de onda. Um mesmo pixel apresenta uma temperatura de brilho diferente para cada um dos canais 2 a 5.

A DSA processa imagens aplicando um programa de classificação automática, que considera vários canais simultaneamente. O resultado da classificação realizada na DSA é a definição do tipo de nuvem em cada "pixel" classificadas em 30 tipos de superfícies. A figura 1c (colorida) ilustra um resultado correspondente às duas imagens superiores.

As Figuras 1 (a, b, c) ilustram imagens do canal 1, do canal 4 e a correspondente classificação, baseada na informação desses dois canais.



Figura 1. Imagens GOES (a) do canal 1, (b) do canal 4, (c) classificada.

Este trabalho analisou imagens GOES da América do Sul em 5 canais, assim como sua relação com imagens classificadas.

Foram realizados 4 tipos de análise. 1) construção de histogramas bidimensionais descrevendo relações entre a refletância e a temperatura de brilho; 2) histogramas de freqüência de refletância para cada tipo de nuvem; 3) histogramas de freqüência acumulada para 3 regiões diferentes, a fim de analisar as diferenças no comportamento de refletância entre cúmulus e estratiformes; 4) aplicação desta análise a várias regiões da América do Sul, a fim de conferir características regionais da freqüência de nuvens.

Como ferramentas de análise, foram redigidos e aplicados programas em Fortran90 (para computar freqüências observadas nas imagens). As análises de freqüência e construção de histogramas utilizaram-se dos programas Excel e Surfer.

Resultados e discussões

O objetivo inicial foi a análise de distribuições espaciais de brilho e histogramas de freqüência, típicos de diferentes tipos de nebulosidade. Foram analisadas imagens de guatro canais (1, 2, 3 e 4).

A figura 2 é um histograma de freqüência de pixels em função do fator de refletância. O fator de refletância não equivale totalmente à refletância, mas permite enxergar como os pixels se distribuem conforme a refletância da imagem. Verificamos que a moda do fator de refletância se situa entre 50 e 60% e que a freqüência decresce rapidamente para brilhos superiores.

Note-se que o histograma não corresponde a um único tipo de nuvem e sim ao conjunto de objetos da imagem.



Figura 2. Histograma de freqüência versus fator de refletância.

A figura 3 representa a distribuição de pixels em função da temperatura; para os canais 2, 3, 4. Nesse gráfico é possível notar que no canal 3 houve um considerável acumulo de pontos na 240⁰K (que temperatura de equivale а aproximadamente -33ºC), a principio isso pode ser explicado pela presença de vapor, pelo vapor d'água que emite radiação desde camadas mais altas da atmosfera, e pela radiação dos tipos de nuvens. O canal 2 tem seu acumulo maior próximo aos 300°K (aproximadamente 27°C) também podemos aceitar esses resultados, pois o canal 2 tem influência da radiação solar; durante a noite, o canal 2 registra radiação emitida pela terra em 3,9 um; durante o dia, não apenas emite, mas também há reflexão de luz solar e o fluxo aumenta, interpretando-se como se fosse uma temperatura de brilho maior. O canal 4 tem maior numero de pontos entre 270°K e 290°K (aproximadamente – 3°C e 17°C). Nesse canal, situado numa região espectral com pouca absorção pelos gases da atmosfera ("janela atmosférica"), tem-se idéia mais precisa da temperatura das regiões observadas tem temperaturas de até 300°K (correspondente ao solo), e a faixa de -3° a +7°C pode ser atribuída aos topos de nuvens



Figura 3. Histogramas de temperatura de brilho, para os canais 2, 3, 4.

Na segunda parte do projeto foram analisadas as classes e sua relação com o canal VIS. A questão pesquisada era a seguinte: existe um valor de refletância típico que separa a categoria cúmulus da categoria estratos? No primeiro caso, as nuvens produzem cobertura parcial; no segundo a cobertura é total, e um estrato pode ter sido formado a partir do crescimento e união de cúmulus.

Foram considerados histogramas de dias diferentes e regiões diferentes:

Região	longitudes	latitudes
Amazônia	-70 a -56	+2 a -12
Sudeste	-55 a -42	-18 a -26
Argentina Central	-68 a -62	-34 a -40

Trabalhamos com apenas duas classes de nuvens: os cúmulus e os estratos. Como ilustração, na Figura 1c o grupo dos cúmulus é representado em tons de amarelo e o dos estratos em tons de roxo.

Região Amazônica

A fig 4a mostra histogramas de densidade de freqüência de diversos tipos de classes de cúmulos. Alguns destes são pequenos e menos brilhantes. Os de tipo 18, 20 e 23 são extensos e produzem cobertura total embaixo deles. Ao considerar histogramas de freqüência acumulada do conjunto 18+20+23 (fig 4b) eles se assemelham aos das classes dos estratos 12+22.



40

60

80

100

20

0

Figura 4. Histograma de densidade de freqüência (a) e acumulada (b), para cúmulos na região Amazônica.

Região Sudeste

A figura 5 mostra os histogramas acumulados para o conjunto de cúmulus 2+3+5+6+10+13+18, têm origem em 2,5% de refletância (por causa de incluir o mar), o que difere da região Amazônica que tem sua origem em 5-10% (vegetação). A união de estratos 12+22+24+26+29 tem origem entre 25 e 30%.



Figura 5. Histograma de freqüência acumulada (estratos e cúmulos), região Sudeste.

Região Argentina Central

O mínimo da freqüência acumulada da união de cúmulos 2+3+5+6+10+13+18 está entre 10 e 15%, (solos). A união dos estratos 12+22+24+26+29, tem um mínimo entre 20 e 25%, próximo dos valores verificados para as

84

outras duas regiões. A fig. 6 ilustra os histogramas para esta região.



Figura 6. Histograma de freqüência acumulada (estratos e cúmulos), para a Argentina Central

Foi verificado que a distribuição de freqüência acumulada de pixels varia pouco entre as regiões tanto para cúmulos como para estratos. O mínimo de refletância na freqüência acumulada varia de região para Região. No caso dos cúmulos pode ser devido a distintas refletâncias do solo. No caso dos estratos, apesar de alguns fatores como a anisotropia da refletância, altura de topo, espessura, o mínimo do histograma se situa em refletâncias semelhantes.

Para fins de analisar melhor a transição entre refletâncias de cumuliformes e estratiformes foi considerada a diferença entre os histogramas de freqüência acumulada. Para os cúmulos foi considerada a união 2+3+5+6+10+13+18; para os estratos, a união 12+22+24+26+29. Adotou-se a mesma união para as três regiões. As figuras 7 ilustram o resultado. Podemos notar que a curva Difer acompanha a curva CumSoma e depois muda tendendo a ser o inverso da curva de StrSoma. Nesse momento o grupo de CumSoma passa a ser confundidas por StrSoma. Observa-se onde uma refletância pode tanto provir de cúmulos como de estratos. Os valores estão entre 22 e 24% de refletância e nos levam a deduzir a situação em que pode começar a existir confusão nebulosidade entre parcial (cúmulos) е nebulosidade total (estratos). A confusão termina para refletâncias superiores a 40%, nas quais só têm estratiformes.

Podemos escolher um critério intermediário para definir a separação entre os dois tipos de nuvens. Foi escolhido o critério de restar apenas 10% dos cúmulos mais brilhantes e acumular apenas 10% dos estratiformes menos brilhantes. Neste caso a faixa de refletâncias se situa entre 27 e 32%.

Conclusões

O uso de imagens GOES em vários canais permite discriminar os tipos de nuvens presentes em uma região.

Analisando imagens classificadas na DSA/CPTEC foram avaliados histogramas de fregüência para cada tipo de nuvens em varias regiões da América do Sul. Para todas elas os histogramas de cúmulus e estratos são semelhantes embora possam diferir ligeiramente nos valores mínimos de refletância associados a cada classe. Ao estudar a transição entre o tipo cumuliformes e estratiformes encontrou-se que 30% representa um valor de refletância típico de tal transição, para todas as regiões consideradas.



Figura 7. Histogramas de freqüência acumulada de cúmulos (CumSoma) e estratos (StrSoma), incluindo a diferença entre as duas curvas (Difer).

Referências

[1] Bottino M.J. e J.C. Ceballos, Classificação de cenas de imagens GOES multiespectrais mediante um método de "grupamento dinâmico". XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais** 3915-3923, 2000 (publicado em CD-ROM).

[2] Novo, E.M.L.de.M. Sensoriamento remoto. Princípios e aplicações. Editora E. Blucher Ltda. 2^a edição. 1992. 308pp.

[3] Varejão-Silva, M.A. **Meteorologia e climatologia**. INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). 2^a edição 2001. 450pp.