

BRILHOS EXTREMOS EM IMAGENS METEOSAT 4 VIS NA AREA PARAIBANA

JUAN CARLOS CEBALLOS

Departamento de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal da Paraíba - Campus II
58109 Campina Grande - PB
email DCA@BRUFPB2

Abstract. Extreme count values were assessed for Meteosat 4 (VIS channel) images, for a region between 6 and 9 S, 40 and 34 W, period December 1990-January 1991. An iterative method is used; it is found that minima are well described by the mean value of 3x3 targets, whereas maxima can be properly assessed by the mean value of absolute maxima within a target. For the two-month period, consistent regional fields of extreme values are found. Minima are coherent with simple models for reflectance, although cloudiness is not fully filtered over some subregions.

1. Introdução

As nuvens são fator fundamental no controle do balanço energético regional; entretanto, quantificar essa influência ainda é motivo de numerosas pesquisas (Arking, 1991). Os satélites geoestacionários permitem o monitoramento contínuo de regiões extensas; em particular, os Meteosat 3 e 4 apresentam ângulos zenitais razoáveis para análises da região Nordeste do Brasil ($Z_s \leq 40^\circ$), e frequência de amostragem de uma imagem a cada meia hora.

Interessa-nos em particular a informação relevante para estimativas de radiação solar à superfície. O Meteosat vem sendo usado para estimativas operacionais na Alemanha e França (Diabate *et al.*, 1989; Stuhlmann *et al.*, 1990). No Brasil, existem esforços de implantação do modelo alemão em Santa Catarina; o método desenvolvido por Gautier *et al.* (1980) para GOES foi motivo de uma aplicação (Moraes, 1986). Para a região Nordeste, modelos alternativos estão em estudo no DCA.UFPb (Ceballos, 1990).

Dois parâmetros observacionais são imprescindíveis em todos os modelos: as refletâncias mínima e máxima de radiação solar. A primeira fornece informação sobre o comportamento do solo, e a segunda sobre propriedades de uma nuvem isolada (em situação de céu encoberto). Considerando que a previsão espacial do Meteosat no canal VIS é de 2,5x2,5 km no ponto subsatélite, níveis de cinza B intermediários entre os valores extremos Bmin e Bmax são indicativos de nebulosidade parcial; um raciocínio simples sugere estimar a nebulosidade (vista por satélite) como

$$C_s = (B - B_{min}) / (B_{max} - B_{min}) \quad (1.1)$$

O estimador (1.1) está sujeito a diversos questionamentos: Embora seja adequado para modelos de propagação, pode não coincidir com a nebulosidade Ca observada desde a superfície, devido ao ângulo de visada diferente, e a que nuvens cumuliformes podem apresentar áreas aparentes maiores para reflexão da luz solar. Ainda, tanto o solo como as nuvens podem ser superfícies não lambertianas. Por outro lado, o brilho Bmax para cobertura total

pode variar de acordo com a espessura vertical de um banco de nuvens, ou com a emergência de um núcleo convectivo dentro dele. Com relação à estimativa de Bmin, para filtrar a influência de nuvens pode ser necessária uma longa série de imagens; entretanto, o Nordeste do Brasil pode mudar seu albedo em pouco tempo, como resposta da vegetação às chuvas na época seca. Tais questionamentos justificam uma análise crítica das estimativas Bmin. Bmax baseadas em séries temporais de imagens relativamente curtas. O presente trabalho apresenta resultados preliminares desta análise.

2. Dados utilizados

Foram processadas imagens Meteosat 4 (canal VIS) fornecidas pela FUNCEME (Fortaleza, CE). Escolheu-se o bimestre dezembro 1990-janeiro 1991, com oito imagens horárias (entre 0700 e 1400 hora local), a cada dois dias. Portanto, a amostra tinha tamanho 30 para cada horário (no caso de falta de uma imagem, foi considerada aquela da meia hora anterior). As imagens constituíam arquivos binários gravados em disquete, cobrindo uma área de 150 colunas x 200 linhas da imagem global, suficiente para cobrir a maior parte do Nordeste. Escolheu-se para análise o segmento (6-9 S, 40-34 W), incluindo o estado da Paraíba e parte de Pernambuco e Ceará (figura 1). As imagens Meteosat já vêm navegadas; eventualmente, coordenadas de imagem foram corrigidas com relação a referências geográficas conhecidos no litoral. Uma subrotina simples permite determinar coordenadas de imagem a partir das coordenadas geográficas de um local.

3. Estimativa de extremos

Em princípio, Bmin pode ser avaliado por filtragem simples de uma série de imagens, escolhendo para cada pixel o valor mínimo da série. Todavia, 1) entre duas imagens sucessivas pode existir um deslocamento de pelo menos um pixel (erro de navegação); 2) ruídos de origem eletrônica introduzem flutuações na radiação detectada pelo sensor; 3) uma amostra relativamente limitada pode carecer de casos com céu claro. Estas observações sugerem a conveniência de trabalhar com alvos, antes do que com pixels

isolados. O critério é razoável, considerando que a informação de um pixel representa a média de brilho numa área de pelo menos 630 hectares (uma nuvem de 1 km² representa menos de 20% do pixel); ainda, em geral não há variações bruscas de refletância superficial média na escala de 10 km. Observe-se que a radiação refletida pelo sistema solo-atmosfera está restrita ao intervalo (400-1000 nm). Assim, foram processados alvos de 3x3 e de 5x5 pixels centrados em pontos de grade de 0,25°x0,25°. Além de valores mínimos e máximos absolutos de cada alvo, foram determinados extremos iterativos (Diabate *et al.*, 1989), como segue.

a. Mínimo B_m de um pixel no dia n, horário t:

- a.1. Cálculo de média e desvio padrão do alvo (M,s);
- a.2. Exclusão de pixels com nível de cinza superior a M, e cálculo de novo par (M,s)_{i+1}
- a.3. Retorno a (a.1) até que (M_{i+1}-M_i) < delta (prefixado) ou ficam só três pixels.
- b. Repetição do processo para cada uma das 30 amostras no horário t.
- c. Seleção de B_{min} como mínimo dos valores B_m da amostra.

Critério semelhante foi aplicado para avaliar máximos iterativos B_{max}. O procedimento tende a eliminar extremos singulares, não representativos do conjunto. Tanto para B_{min} como para B_{max}, esumativas baseadas em alvos 3x3 e 5x5 pixels forneceram resultados semelhantes. Optou-se por escolher alvos 3x3.

As figuras 2 ilustram perfis de extremos em três latitudes do perímetro paraibano, horário 0900. Os mínimos absolutos (retirando valores aberrantes evidentes por inspeção visual de tabelas ou gráficos) virtualmente coincidem com os iterativos. Por outro lado, em alguns locais os máximos absolutos são significativamente maiores que os iterativos. Observou-se que, na prática, estes últimos têm valores semelhantes à média dos extremos absolutos dos alvos da amostra. Estas semelhanças permitem simplificar o processo de cálculo para análise de distribuição regional de extremos.

B_{min} = 12 para o oceano, incrementando-se rapidamente na transição com o planalto da Borborema. A amostra de 30 imagens não consegue filtrar completamente a nebulosidade nesta transição: devido à ascensão de correntes de ar desde o oceano, a formação de nuvens é contínua. B_{min} decresce suavemente na direção do interior, até um mínimo na depressão central da Paraíba.

4. Distribuição de extremos no perímetro paraibano

As figuras 3 ilustram resultados para o horário 0900. Os valores B_{min} = 12 persistem no oceano até o meio-dia. No continente, observa-se um mínimo persistente nas regiões das represas de Itaparica, Oroz e Curemas (ITA, IGU, CUR). A interpolação numa grade de 25x25 km não permite evidenciar a presença da represa de Boqueirão (CAB). O núcleo com B_{min} = 41 se encontra sobre a Borborema; na amostra de 30 dias, a presença de nuvens não foi completamente filtrada. Com relação aos máximos, dois centros parecem ser sistemáticos: um, no oceano a sudeste da Paraíba; outro, no sul do Ceará e norte de Pernambuco (40°W). A Tabela abaixo resume valores característicos encontrados para diversos horários; sendo regionais, em princípio podem ser usados para estimativas de nebulosidade segundo a eq. (1.1). Os valores obtidos para 0900 são coerentes com os deduzidos a partir da medição de Ca à superfície e do valor de B observado, introduzidos na eq. (1.1) (Ceballos e Mou-

ra, 1992).

5. Coerência com modelos radiativos simples

No canal VIS (400-1000 nm), os efeitos de absorção associados a vapor d'água e CO₂ são muito fracos; o ozônio produz absorção muito forte no ultravioleta e relativamente fraca no visível (bandas de Chappuis: 450-700 nm). Para uma atmosfera sem nuvens nem aerossol, pode-se dizer que o satélite não receberá sinal no UV e que não perceberá a presença de vapor d'água e CO₂. Por outro lado, os efeitos de tipo dispersivo se situam basicamente em λ < 700 nm.

Uma parametrização simples para refletância numa atmosfera Rayleigh, incluindo absorção por ozônio é (Paltridge e Platt, 1976)

$$R(\mu) = 1 - (1 - r_s)(1 - R_o)/(1 - r_s \cdot r^*) \quad (5.1)$$

$$R_o(\mu) = 0.28/[1 + 6.43 \mu],$$

onde μ = cosZ (Z = ângulo zenital solar), r_s = refletância da superfície e r* = refletância da atmosfera para radiação difusa ("albedo esférico"). A função R_o descreve a refletância para r_s = 0, no intervalo espectral 300-3000 nm. As expressões (5.1) podem ser aplicadas para o canal VIS Meteosat, desde que R_o, r_s e r* se adaptem ao intervalo 400-700 nm. Este processo é simples, desde que a radiação refletida por dispersão Rayleigh se limita ao espectro visível; sendo S o fluxo direcional incidente no topo da atmosfera ("constante solar"), E↑ a irradiância difusa ascendente para solo com r_s = 0, e E↓ a irradiância difusa descendente refletida pela atmosfera, como resposta à incidência de S e de um fluxo difuso, serão

$$E\uparrow(\text{topo}) = \mu S R_o = \mu S_{vis} R_{o,vis}$$

$$E\downarrow(\text{dif refl}) = E\uparrow \cdot r^* = E\uparrow_{vis} \cdot r^*_{vis}$$

$$R_{o,vis} = \gamma R_o; r^*_{vis} = \gamma r^*; \gamma = S/S_{vis}$$

Nestas expressões, "vis" se refere ao intervalo VIS de Meteosat; γ = 1,5 para este intervalo. A refletância R é proporcional ao quociente B/μ (suposto um fluxo emergente isotrópico). Para evitar o uso da calibração do satélite, pode ser examinado o quociente β = R/R_{teó}, onde R_{teó} corresponde à observação de meio-dia. Os resultados (não ilustrados aqui) indicam que: 1) o ciclo diário do β teórico é pouco influenciado pelo valor de r_s; 2) sobre diversos locais (como CAB e BEL) o β experimental (obtido a partir dos B_{min}) excede levemente o ciclo de β teórico, evidenciando a presença de nuvens remanescentes; 3) o β experimental baseado em B_{max} é bastante próximo do teórico (com parâmetro r_s = 0,80), pelo menos até o meio-dia, sugerindo considerar o campo de nuvens como "solo" com alta refletância.

6. Conclusões

Os campos de valores extremos de "count" são razoavelmente avaliados com base em considerar alvos 3x3 e uma série (amostra) de 30 dias, para os quais se considera: 1) B_{min}: o mínimo absoluto nos

alvos da amostra, eliminando valores aberrantes evidentes; 2) Bmax: a média dos máximos dos alvos na amostra. Estes critérios fornecem valores que podem ser considerados representativos para caracterizar situações de céu limpo e encoberto. Potencialmente, os campos de Bmin e Bmax podem ser utilizados para estimativas de nebulosidade.

Agradecimentos. A FUNCEME forneceu imagens e informação sobre processamento, como parte de atividades de cooperação com a UFPb.

Referências

- Arking, A. 1991. The radiative effects of clouds and their impact on climate. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 72: 795-813.
- Ceballos, J.C. 1990. Radiação solar em atmosfera com duas camadas de nuvens: Um modelo estocástico de propagação. *Anais* pp. 860-864, VI Congresso Brasil. de Meteorologia.
- _____ e Moura, G.B.A. 1992. Estimativa de nebulosidade mediante satélite: Um estudo de alcances e limitações do método. *Anais* pp. 127-131, VII Congresso Brasil. de Meteorologia.
- Diabate, L.; Moussu, G. e Wald, L. 1989. Description of an operational tool for determining global solar radiation at ground using geostationary satellite images. *Solar Energy* 42:201-207.
- Gautier, C.; Diak, G. e Masse, S. 1980. A simple physical model to estimate incident solar radiation at the surface from GOES satellite data. *J. Appl. Meteor.* 19:1005-1012.
- Moraes, E.C. 1986. Dissert. Mestrado, INPE.
- Paltridge, G.W. e Platt, C.M.R. 1976. *Radiative processes in Meteorology and Climatology*. Elsevier, 318 pp.
- Stuhlmann, R.; Rieland, M. e Raschke, E. 1990. An improvement of the IGMK model to derive total and diffuse solar radiation at the surface from satellite data. *J. Appl. Meteor.* 29:596-603.

região genérica	hora	0700	0900	1200	1400
oceano	min	10-12	13-14	13-14	25-26
	max	45-50	100	100-120	120
núcleo nuboso Borborema	min	19	40-41	35	26
	max	55-60	120	120-140	120
região central da PB (PAT)	min	20	35	33	26
	max	50-60	110-120	140	130-140
sertão (CUR-CAJ)	min	18	31-33	29	24
	max	45-50	120	140-160	150-160
Sobradinho - Itaparica (ITA)	min	14-16	17-23	21-23	26
	max	50	120	140-160	140-160
Belém B. do Cruz	min	18-19	35	33	26-28
	max	50	110	140	140-150

FIG. 1

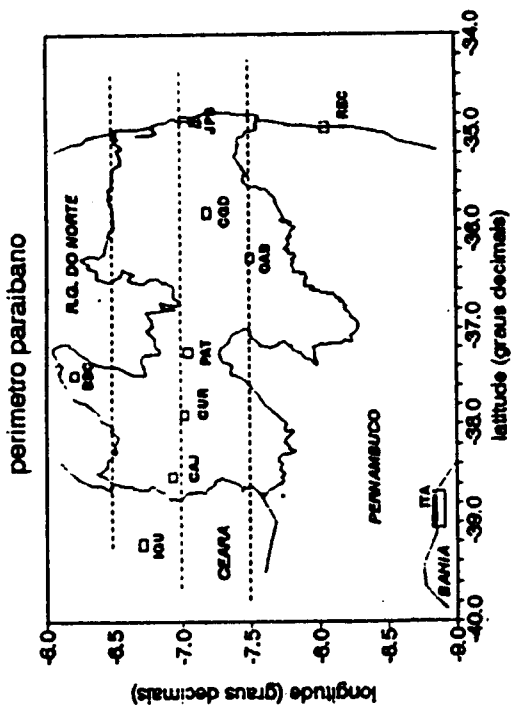
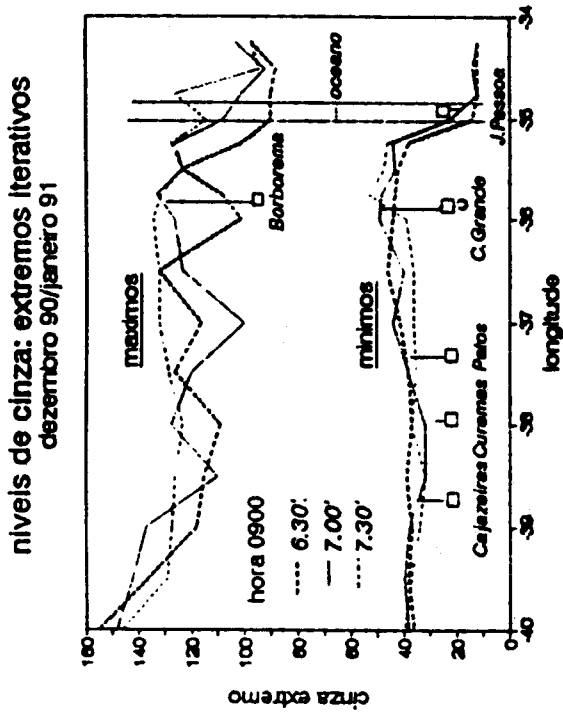


FIG. 2



Referências qualitativas

Sigla	Local	altit.	características
BBC	Belém Brejo do Cruz	400	alto sertão - árido
CAB	Cabaceiras		açude Boqueirão - Árido
CAJ	Cajazeiras		alto sertão - agrícola
CGD	Campina Grande	500	serra Borborema
CUR	Curumas		açude Curumas
IGU	Iguatu		açude Cruz
ITA	Itaparica		represa Rio S. Francisco
JPS	João Pessoa	000	litoral oceano
PAT	Patos		sertão - semiárido
REC	Recife	000	litoral oceano

A serra da Borborema (paralela ao oceano) representa o início de um planalto. Campina Grande se situa pouco depois da linha mais alta da serra; na direção do interior, inicia-se suave declive até Patos (centro de uma depressão); o terreno torna a elevar-se na direção de Cajazeiras.

Na linha Campina Grande-Cabaceiras tem-se o ageste. Uma serra (Cariri) separa Paraíba de Pernambuco.

Os açudes e represa mencionados representam uma área considerável de superfície líquida.

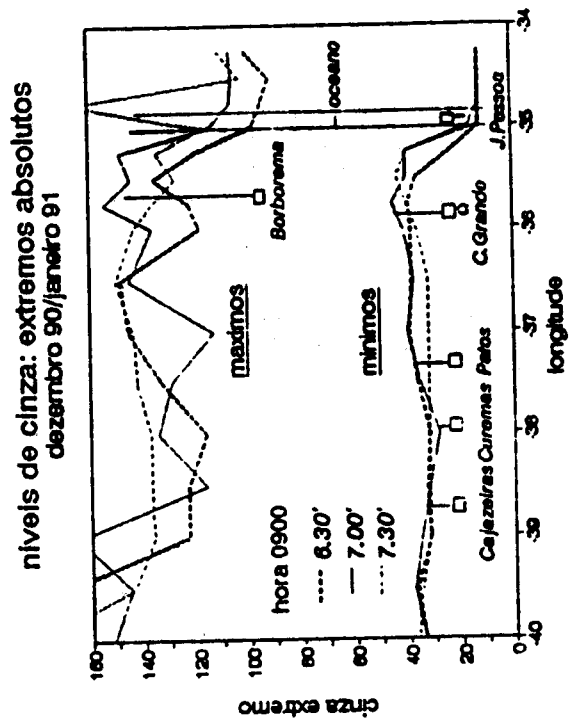
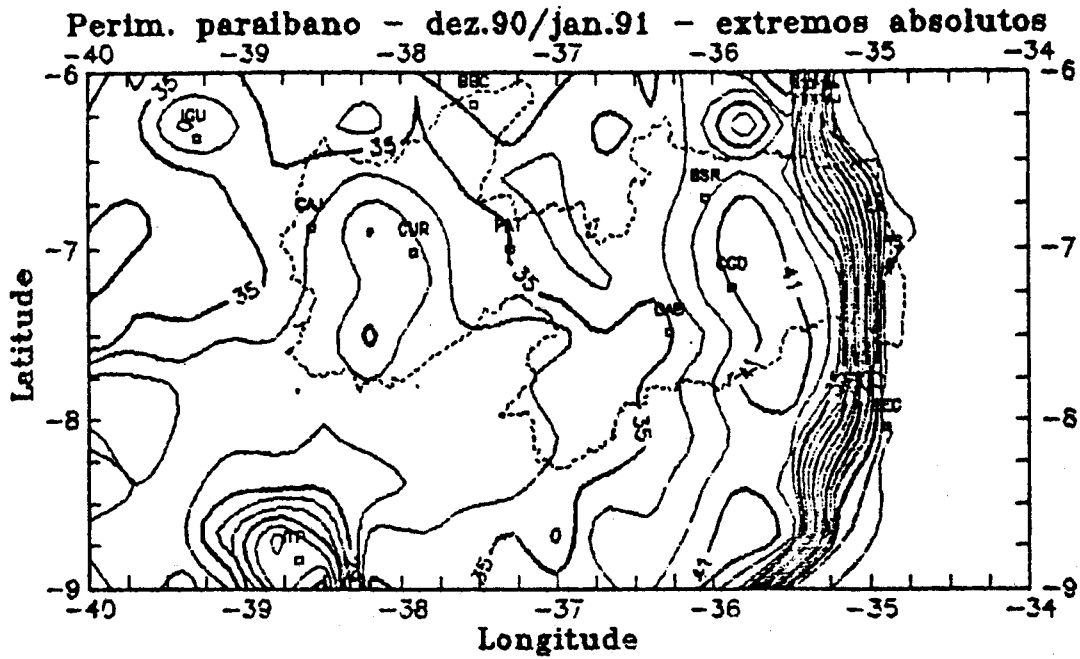


FIGURA 3

NIVEIS DE CINZA MINIMOS - METEOSAT 4 VIS - hora 0900



NIVEIS DE CINZA MAXIMOS - METEOSAT 4 VIS - hora 0900

