

τ_r = fração da energia solar incidente considerando apenas a atenuação pelas moléculas de ar seco;

τ_a = fração da energia solar incidente considerando apenas a atenuação pelos aerossóis;

α_w = absorvância associada ao vapor d'água;

I_{sc} = constante solar ($1367 \text{ J.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$).

Resultados

O ângulo α_r , obtido a partir do produto interno entre os vetores unitários $\hat{u}_r$ e $\hat{u}_n$, pode ser calculado como

$$\alpha_r = \arccos[|-\sin\beta \cos\beta \sin\theta \cos\alpha + \cos\beta \cos\theta - \sin^2\beta \cos\alpha|].$$

Desta forma, tendo-se o valor de α_r , a irradiância solar refletida sobre a superfície horizontal plana poderá analiticamente determinada como segue:

$$I_{dr} = F f_r C_r \cos \alpha_r,$$

sendo f_r o fator de correção da distância Terra-Sol.

Finalmente, para o cálculo do fluxo radiante associado aos raios refletidos (J/s), multiplica-se I_{dr} pela área de interseção entre os raios refletidos e a superfície do coletor solar (MATTA et alii, 1994).

Bibliografia

IQBAL, M. An Introduction to Solar Radiation. Academic Press, Toronto. 390 p. 1983

MATTA, C.R.B.; ALVES, A.R.; SOUZA e SILVA, J; VIEIRA, H.A. - Determinação analítica da área definida pela interseção dos raios refletidos com o plano do coletor solar num sistema refletor-coletor. In: Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - Campinas, Julho, 1994. p 86.

Estimativa de precipitação sobre a região de São Paulo: comparações entre as técnicas CST, NAWT e ARKIN

Meiry Sayuri Sakamoto
Graziela Balda Scofield
Nelson Jesus Ferreira
Thelma Kru

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INP

Abstract

Three METEOSAT rain estimation techniques (CST, NAWT and ARKIN) were tested over Sao Paulo state during the Summer of 1993. Comparing with the radar data from Sao Paulo only CST was able to capture the main rain features shown by the radar. However, to implement CST in a routine basis over Southeastern Brazil still there is a need to calibrate it introducing a new temperature threshold for cloud tops identification and another cirrus/thunderstorm discrimination.

1. Introdução

A precipitação é um dos elementos meteorológicos mais variáveis em espaço e tempo, e um dos principais parâmetros responsáveis pelas características climáticas de uma região.

Apesar do conhecimento do regime de precipitação ser de fundamental importância, o monitoramento deste parâmetro através de meios convencionais apresenta dificuldades relativas à resolução temporal e espacial, quando se trata da rede de estações de superfície (pluviômetros e pluviógrafos); e ao alto custo relacionado à montagem de uma rede de estações automáticas e de radares meteorológicos, e a obtenção destas informações em tempo real.

O advento dos satélites meteorológicos na década de 60, fez surgir uma ferramenta poderosa no monitoramento das condições meteorológicas, pois permitiu a cobertura de áreas extensas e de difícil acesso, bem como o fornecimento de informações com continuidade espacial e temporal, em tempo quase real.

As primeiras técnicas desenvolvidas utilizaram-se de dados do canal visível (VIS) e/ou infravermelho (IV), buscando inferir de forma indireta a distribuição e a intensidade da precipitação, baseando-se nas informações de brilho e de temperatura de brilho do topo das nuvens.

Atualmente tem-se desenvolvido técnicas que utilizam dados na faixa de microondas, no entanto, estas ainda não tem caráter operacional, e apesar de apresentarem resultados bastante eficientes, a baixa resolução temporal dos dados (12 horas), tem-se apresentado como um dos grandes impedimentos.

Este trabalho visa o estudo comparativo entre três técnicas de estimativa de precipitação via-satélite, a Convective Stratiform Technique (CST) (Adler e Negri (1988), Negri e Adler (1993)), a técnica de Negri et al (1984) (NAWT) e a de Arkin (1979) (ARKIN).

2 - Dados e metodologia

A técnica CST, desenvolvida por Adler e Negri (1988) estima a precipitação convectiva e estratiforme a partir de dados do canal IV. Após a eliminação das nuvens cirrus (não precipitantes), a técnica define os centros convectivos e determina a taxa e a área de precipitação baseadas na temperatura de brilho do canal IV e no modelo unidimensional de nuvem proposto por Adler e Mack (1984).

A técnica NAWT e a ARKIN são de natureza basicamente empírica. A primeira define duas regiões correspondentes às áreas 10% e 50% mais frias da imagem, atribuindo taxas de precipitação de 8 mm/h e 2 mm/h, respectivamente. A técnica ARKIN associa às regiões com temperatura menores do que um certo limiar uma taxa de 3 mm/h, e àquelas com temperaturas mais altas, ausência de precipitação. Ambas as técnicas utilizam-se de imagens do canal IV.

Estas três técnicas estão embutidas no modelo originalmente desenvolvido pela NASA, em linguagem Fortran 77. O dado de entrada do modelo é basicamente uma imagem digital do canal IV em resolução espacial plena e a tabela de conversão entre nível de cinza e temperatura correspondente à imagem. Como dado de saída, o modelo fornece imagens digitais correspondentes aos resultados de cada técnica, além de tabelas com a localização dos núcleos convectivos definidos pela técnica CST.

Para este estudo foram selecionados alguns eventos de precipitação observados no verão de 1993. Utilizando-se imagens provenientes do satélite meteorológico Meteosat 3, em intervalos de 30 minutos, setorizadas sobre o estado de São Paulo.

3. Resultados e conclusões

Dentre os eventos analisados selecionou-se uma imagem do dia 5 de fevereiro de 1994, às 06 GMT (correspondente às 4 horas local do horário de verão); através desta imagem foi estimada a precipitação pelas três técnicas, CST, NAWT e ARKIN, como pode ser visto nas Figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

Desde que as resoluções espaciais dos dados de satélite e de radar diferem, a comparação destes dados não pode ser realizada diretamente, sendo necessária uma transformação de coordenadas. Esta transformação foi realizada através de um software especialmente desenvolvido para esse fim. O NAVRAD, descrito nos anais deste congresso, sob o título "Detecção de chuvas convectivas: comparação radar-satélite", transforma os dados de radar, primeiramente em coordenadas cartesianas, através da coordenada Mercator, e a seguir em coordenadas de satélite. No ponto subsatélite o pixel do satélite ocupa uma área de 5 x 5 km e o do radar, 2 x 2 km, assim para tornar as amostragens dos dados coerentes, testou-se duas alternativas, a média e a moda dos dados de radar, optando-se por esta última que mostrou-se mais adequada.

O CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) do radar de São Paulo, das 04:03 horas do dia 05 de fevereiro, pode ser vista nas Figuras 1, 2 e 3, assim como a imagem de satélite amostrada para a região de São Paulo, a moda dos dados de radar e o campo de precipitação estimado pelas três técnicas.

Como pode ser visto nas figuras, o campo resultante da técnica CST é a que melhor captura as características da precipitação observada pelo radar, definida aqui como a verdade terrestre. A técnica CST consegue separar a chuva convectiva e a estratiforme, associando o valor de 2 mm/h (resultado de observações) para esta última e valores variáveis para a chuva convectiva, estes decorrentes do modelo unidimensional de nuvem de Adler e Mack (1984).

As técnicas NAWT e ARKIN, são de natureza basicamente empírica, ou seja, os valores das taxas de precipitação associadas são resultado de estudos observacionais.

Dentre as três técnicas, somente a CST apresenta uma filtragem de nuvens cirrus não precipitantes, eliminando portanto, nuvens que embora com temperaturas abaixo do limiar, não estão associadas a chuva. Esta filtragem é feita através do cálculo do slope, que consiste basicamente do cálculo do laplaciano da temperatura de cada topo de nuvem delimitado.

A comparação qualitativa com os dados de radar mostram a necessidade de modificar o limiar de temperatura, adequando-o as condições das nuvens precipitantes da região. Pelos resultados, um novo limiar seria menor ao atualmente utilizado pelas técnicas, ou seja, as estimativas de precipitação via satélite estariam superestimando os resultados.

Os coeficientes da equação do slope devem ser definidos para cada região, pois deles dependem a eliminação das nuvens não precipitantes. Estes coeficientes serão definidos após a determinação do limiar de temperatura e aplicação deste limiar para determinação dos núcleos convectivos e cirrus em cada imagem. A partir deste conjunto de dados

realiza-se uma regressão onde a função discriminante será calibrada para as duas variáveis, a temperatura mínima e o slope correspondente.

Agradecimentos

Agradecemos ao Sr. Egídio Arai pelo apoio computacional e ao Centro de Tecnologia e Hidráulica (CTH) pela cessão dos dados de radar. Este trabalho foi parcialmente suportado pelo CNPq e pela Universidade de Washington (projeto EOS - Earth Observing System).

Referências bibliográficas

- Adler, R.F. e Mack, R.A. Thunderstorm cloud height-rainfall relations for use with satellite rainfall estimation techniques. *J. Clim. Appl. Meteor.*, **23**:280-296, 1984.
- Adler, R.F. e Negri, A.J. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *J. Clim. Appl. Meteor.*, **27**:30-51, Jan. 1988.
- Arkin, P.A. The relationship between fractional coverage of high cloud and rainfall accumulations during GATE over B-scale array. *Mon. Wea. Rev.*, **107**:1382-1387, 1979.
- Negri, A.J. e Adler, R.F. An intercomparison of three satellite infrared rainfall techniques over Japan and surrounding waters. *J. Appl. Meteor.*, **32**:357-373, 1993.
- Negri, A.J. e Wetzel, P.J. Satellite rain estimation: an analysis of the Griffity-Woodley technique. *J. Clim. Appl. Meteor.*, **23**:102-116, 1984.

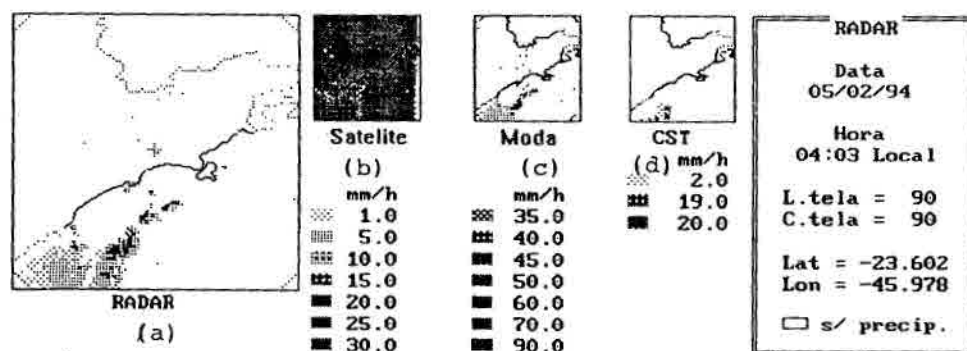


Fig. 1 - Sobreposição dos dados de radar (04:03 hora local) e da imagem do satélite METEOSAT 3 (06 GMT). (a) CAPPI; (b) imagem de satélite; (c) moda dos dados de radar; (d) CST.

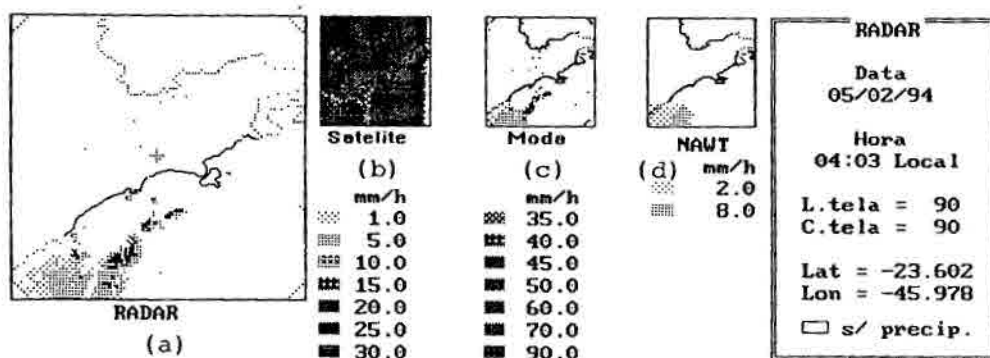


Fig. 2 - Sobreposição dos dados de radar (04:03 hora local) e da imagem do satélite METEOSAT 3 (06 GMT). (a) CAPPI; (b) imagem de satélite; (c) moda dos dados de radar; (d) NAWT.

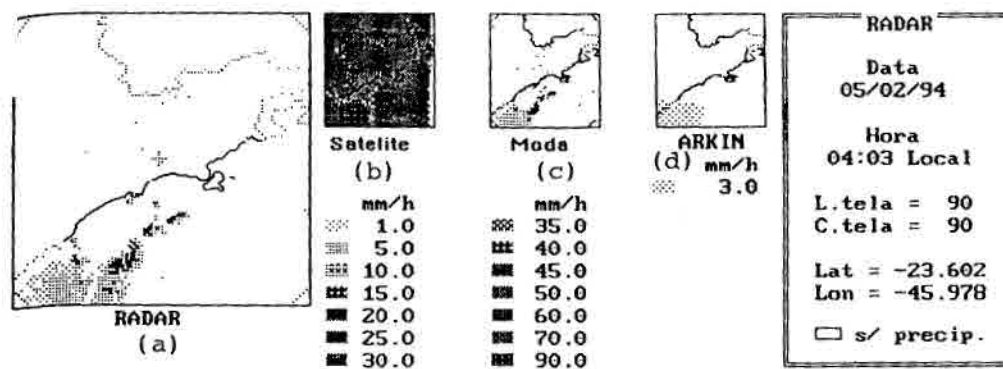


Fig. 3 - Sobreposição dos dados de radar (04:03 hora local) e da imagem do satélite METEOSAT 3 (06 GMT). (a) CAPPI; (b) imagem de satélite; (c) moda dos dados de radar; (d) ARKIN.

Estudo de insolação efetiva e incidência de radiação solar global no Estado de Minas Gerais

Carlos Magno Ribeiro
Vanderlei de Oliveira Ferreira
IGC-Universidade Federal de Minas Gerais

Abstract

This paper discusses the spacial-temporal distribution of insolation and solar radiation in Minas Gerais State (Brazil), using: a. data collected by 32 heliographic stations from the 5^o DISME; b. estimated data of solar radiation at the surface, obtained by Angström equation. The results are shown as maps of "isolines". The maximum values for insolation occur in the northern part of the State (2700 h/yr) and the minimum in Ouro Preto and Juiz de Fora. The number of hours/day of insolation does not correspond to the duration of the day. The highest values of solar radiation (nearly 6000 wh/m²) occur on the far north of the state while the smallest was observed in Juiz de Fora. The solar radiation follows the apparent movement of the sun: maximum in summer and minimum in winter. The northern part of the Minas Gerais State is an area with good perspectives regarding the use of solar energy.

1 - Introdução

O estudo da distribuição temporal e espacial da insolação efetiva e incidência de radiação solar global é de grande interesse para os projetos de pesquisa de fontes alternativas de energia, para os projetos de desenvolvimento do turismo e lazer e ainda para os estudos e diagnósticos de tipos de tempo.

Pretende-se, com os resultados aqui expostos, apresentar e discutir a distribuição temporo-espacial de tais elementos no Estado de Minas Gerais. Apesar dos problemas relacionados à qualidade e à distribuição temporal dos dados utilizados, procurou-se identificar padrões de comportamento anual e regionalizar a intensidade dos elementos enfocados. Espera-se que os resultados ora obtidos contribuam para o melhor conhecimento das características ambientais do Estado e estimulem novas abordagens sobre a questão.

2 - Metodologia

Ocupou-se, inicialmente, da seleção de estações meteorológicas que representassem, de forma eficiente, as várias particularidades geoclimáticas do Estado e que a distribuição espacial das mesmas não deixasse nenhuma região a descoberto. De início, constatou-se a impossibilidade de se trabalhar com dados de períodos comuns a todas as localidades escolhidas, optando-se pela seleção de 32 estações do 5^o DISME, cujos dados não são totalmente simultâneos, porém compreendidos no período 1960-1990.