

ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO SOBRE A REGIÃO DE SÃO PAULO UTILIZANDO-SE OS DADOS DE MICROONDAS DO SSM/I

Palavras chave: microondas, SSM/I

Helio CAMARGO Junior ¹, Nelson Jesus FERREIRA¹

ABSTRACT

Since sixties when the Earth started to be observed by meteorological satellites, algorithms, most of them using visible and infrared techniques, started to be developed as an attempt to get better observations in regions where no satisfactory observations were made from Earth. In the last two decades, microwave algorithms started to be an alternative way of getting precipitation information from space. In this work two microwave based algorithms, NESDIS, proposed by Ferraro *et al.* (1994) and Ferraro and Marks (1995) and GSCAT (Goddard Scattering Algorithm), proposed by Adler *et al.* (1991) and Negri *et al.* (1994), were used in order to estimate rainfall over the region covered by the meteorological Radar in Bauru – São Paulo. Both algorithms use data provided by SSM/I. Results suggest that these algorithms overestimate the detected radar rainfall. The qualitative estimates are quite reasonable, but much effort has to be done to get better quantitative estimates.

1 - INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos sobre o uso de microondas para estimativas de precipitação surgiram com o lançamento dos dois primeiros Sensores Imageadores Especiais de Microondas (SSM/I), do Programa de Defesa por Satélites Meteorológicos (DMSP). A partir daí, surgiram diversos trabalhos sobre estimativas de precipitação em latitudes médias. Particularmente no Brasil, estudos sobre este tipo de aplicação ainda são recentes. Massambani *et al.* (1997) compararam medidas de precipitação estimadas pela técnica GSCAT (Goddard Scattering Algorithm) com a estrutura tridimensional da precipitação inferida através do Radar Meteorológico de São Paulo. Os resultados obtidos revelaram uma correlação razoável entre as taxas de precipitação estimadas e as alturas máximas dos ecos de precipitação. Com o intuito de avaliar a performance das técnicas para estimativas de precipitação via microondas no Brasil, o objetivo deste trabalho é avaliar os métodos GSCAT e NESDIS, amplamente conhecidos pela comunidade científica, em estimativas de precipitação sobre a região de São Paulo durante o período de 21 a 30 de janeiro de 1997.

¹ Departamento de Meteorologia por Satélites (DMS) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
e-mail: helio@cptec.inpe.br

No caso de chuva, o principal efeito, é a redução das temperaturas de brilho devido ao espalhamento da radiação emergente da superfície. Partículas de gelo nas nuvens são as principais responsáveis por esse espalhamento. Um aumento de temperatura de brilho com o aumento da frequência, indica que determinado tipo de superfície está absorvendo radiação em um determinado intervalo de comprimento de onda (ou frequência). Por outro lado, uma diminuição da temperatura de brilho com a frequência, indica que determinado tipo de superfície está espalhando radiação no intervalo considerado. Poe *et al.* (1973) observaram que existe grande dependência entre a frequência na região das microondas e a emissividade. Superfícies absorvedoras apresentam um aumento da emissividade com o aumento da frequência, enquanto que superfícies espalhadoras, apresentam uma diminuição da emissividade com o aumento da frequência (Jiankang *et al.* 1990). A baixa emissividade dos oceanos e a alta emissividade de nuvens de chuva facilitam a definição de áreas e taxas de precipitação para baixas frequências. Uma dificuldade dos algoritmos que utilizam microondas em geral é a detecção de precipitação sobre terra. A grande variabilidade e a alta emissividade da superfície terrestre são fatores que dificultam devido à alta emissividade de nuvens de chuva.

2 - DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados nesse trabalho dados de radar (radio detection and ranging) meteorológico e temperaturas de brilho obtidas pelo SSM/I.

2.1 - Dados de Radar

Foram utilizados dados obtidos pelo radar meteorológico de Bauru, no interior de São Paulo. No caso do CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) a antena do radar é programada para dar uma volta completa e mudar sua altura em relação ao horizonte, varrendo a atmosfera. O alcance do radar no caso do CAPPI é de um raio de 240 km a partir do ponto do radar. De cada varredura uma informação é extraída e a imagem é composta gerando o resultado final. No caso desse trabalho, a altura do CAPPI utilizada foi de 3,5 km.

Através da refletividade das gotas, é possível saber a intensidade de chuva em determinada região, sendo que quanto maior a refletividade, maior a intensidade da chuva. Para a conversão de refletividade (Z) para taxa de precipitação (R) foi utilizada a distribuição de Marshal e Palmer (1948) (Equação 3.1):

$$Z = aR^b \quad (3.1)$$

As constantes a e b valem respectivamente 200 e 1,6. A banda de operação do radar de Bauru é a banda S (frequência entre 1,5 e 3 GHz ou comprimento de onda entre 20 e 10 cm) e a refletividade mínima detectada é de 15 dBZ.

2.2 - Dados do SSM/I

Os dados utilizados foram provenientes de medidas de temperaturas de brilho do satélite F13 a bordo do SSM/I. O sensor recebe energia, na forma de microondas, emitida pela superfície terrestre em 4 frequências, três das quais são duplamente polarizadas. A polarização vertical (V) refere-se a sensibilidade preferencial do canal para radiação de microondas verticalmente polarizada. Polarização horizontal (H) refere-se a sensibilidade preferencial do canal para radiação polarizada horizontalmente (Ferraro, 1993). A Tabela 2.1 sintetiza as informações básicas sobre os canais do SSM/I.

TABELA 2.1 - CANAIS, FREQUÊNCIAS E CAMPOS DE VISADA DO SSM/I

Canal	Frequência (GHz)	Campo de Visada (Km)
19V	19,35	70x45
19H	19,35	70x45
22V	22,235	60x40
37V	37,0	38x30
37H	37,0	38x30
85V	85,5	16x14
85H	85,5	16x14

Adaptada de Ferraro, 1993, p. 229

3.3 - METODOLOGIA

Os algoritmos utilizados para a estimativa de precipitação foram o NESDIS, desenvolvido por Ferraro *et al* e Ferraro e Marks (1995) e o GSCAT, desenvolvido por Adler *et al.* (1991) and Negri *et al.* (1994). Uma breve discussão sobre os algoritmos se encontram nos itens abaixo.

3.3.1 - NESDIS

Um dos modelos de estimativa de precipitação utilizado neste trabalho é o desenvolvido por Ferraro *et al.* (1994) e Ferraro e Marks (1995) (NESDIS). Por ser um método multiespectral, onde se utilizam de várias frequências, três delas em dupla polarização, motivou-se o uso desse algoritmo para tentativa de validação do mesmo para aplicações em latitudes tropicais no hemisfério sul. Esse

método tem como primeiro propósito obter os tipos de superfície que podem ser confundidas com os sinais de chuva (Figura 3.1).

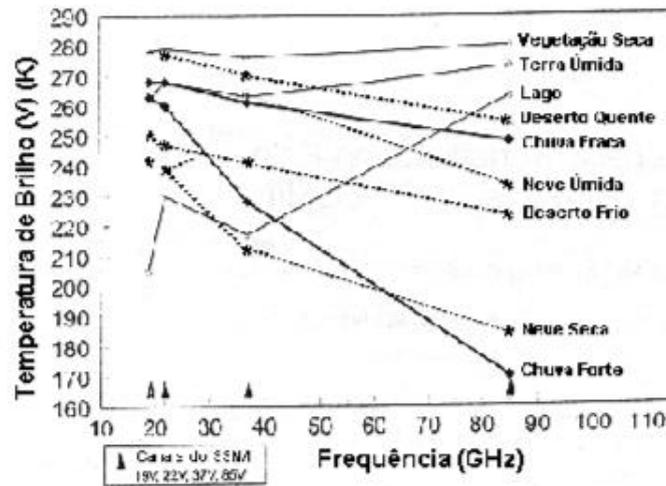


Fig. 3.1 – Variação de Temperatura de Brilho com a frequência nos canais do SSM/I
Adaptada de Ferraro *et al.* (1994)

Uma adaptação do algoritmo foi feita para a região em estudo, e superfícies como desertos e cobertura de neve não são encontradas na área de abrangência do radar. Com a Equação 3.2, elimina-se as superfícies cujo sinal se confunde com o sinal de espalhamento (presença de chuva).

$$T_b(22v) > T_b(85v) \quad (3.2)$$

Posteriormente, foi definido um índice de espalhamento (SI) como sendo a diferença entre a temperatura de brilho estimada em 85 GHz (Equação. 3.3) e a medida:

$$SI_T = F_S - T_b(85v) \quad (3.3)$$

Onde F_S é a temperatura de brilho estimada em 85 GHz via combinação de frequências mais baixas e $T_b(85v)$ é a temperatura de brilho medida em 85 GHz na polarização vertical. Para valores de SI maiores que 10 K aparece a presença de espalhamento sobre terra.

Para a conversão de Índice de Espalhamento (SI_T) para Taxa de Precipitação (R) foi utilizada a equação desenvolvida por Ferraro e Marks (1995). Nesse estudo, as equações de conversão foram determinadas tendo como base dados de radar. A chuva mínima detectada sobre terra é de aproximadamente 0,5 mm/h. A Equação 3.4 representa a conversão dos valores encontrados de SI para taxa de precipitação em mm/h sobre terra.

$$R = 0,00513 \cdot SI_T^{1,9468} \quad (3.4)$$

3.3.2 - GSCAT

O GSCAT (Goddard Scattering Algorithm), desenvolvido por Adler *et al.* (1991) e Negri *et al.* (1994), é baseado em uma regressão linear entre um modelo de equação de transferência radiativa e um modelo de nuvens propostos por Adler *et al.* (1991). O algoritmo opera tanto em áreas continentais quanto oceânicas e utiliza temperaturas de brilho no canal de 85 GHz na polarização horizontal. Essa técnica é fisicamente mais ligada a processos de espalhamento em nuvens onde predominam cristais de gelo, ou seja, essa técnica não detecta chuva abaixo do nível de congelamento (Adler *et al.* 1994).

A relação entre a temperatura de brilho ($T_b(85h)$) e a taxa de precipitação (RR) em mm/h sobre o continente é dada pela Equação 3.5:

$$RR = \frac{251,0 - T_b}{4,19} \quad (3.5)$$

Os resultados de comparação desses algoritmos (NESDIS e GSCAT) com outras técnicas na faixa espectral de microondas mostram que os mesmos se encontram no atual estado da arte no que se refere a estimativas passivas de precipitação tanto sobre terra quanto sobre oceano.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

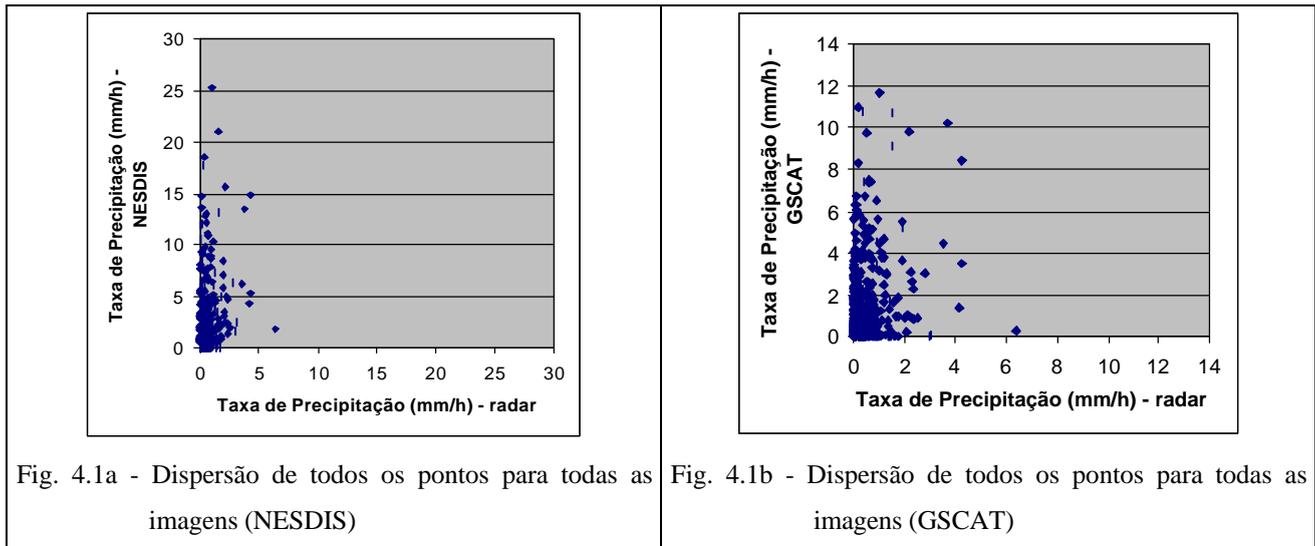
Com o objetivo de analisar os resultados obtidos, foi feita uma análise estatística (correlação, raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE), tendência (bias) e gráficos de espalhamento dos pontos estimados pelo algoritmo e detectados pelo radar) do comportamento da estimativa da taxa de precipitação obtida através dos algoritmos NESDIS e GSCAT em relação a detectada através do radar. O total de casos escolhidos foram 8. A Tabela 4.1 sintetiza os valores médios de erro quadrático médio (RMSE), correlação (CORR) e bias (BIAS). Os valores de RMSE obtidos para o par NESDIS-radar foram superiores aos obtidos para o par GSCAT-radar. Para os 8 casos individualmente foi observado o mesmo comportamento. Em se tratando de estimativa passiva de precipitação as correlações obtidas são satisfatórias.

Scofield (1994) utilizou a técnica CST (Convective Stratiform Technique) para estimativas de precipitação sobre a Região de São Paulo e obteve uma correlação média de aproximadamente 0,25 entre a precipitação estimada pelo algoritmo e a detectada pelo radar. As Figuras 4.1a e 4.1b mostram o espalhamento dos pontos para ambos os pares. Nota-se que existe uma grande quantidade de pontos nos quais a taxa de precipitação foi igual a zero tanto para a estimativa pelos algoritmos quanto para a detecção pelo radar.

TABELA 4.1 – VALORES MÉDIOS DE RMSE, CORRELAÇÃO e BIAS PARA OS PARES NESDIS-RADAR E GSCAT-RADAR

Par	RMSE (mm/h)	CORR	BIAS (mm/h)
NESDIS-radar	1,62	0,44	0,72
GSCAT-radar	0,98	0,36	0,44

Evidentemente esse fator influenciou nos relativamente altos valores de correlação obtidos.



Existe uma maior concentração dos pontos nas proximidades do eixo das ordenadas, correspondentes às respectivas estimativas. Isso vem a confirmar a superestimativa das estimativas em relação à detecção através do radar. Os valores de tendência (bias) indicam que o GSCAT superestima menos os valores detectados pelo radar. Possivelmente o uso de dados de temperaturas de brilho de baixas frequência no caso do NESDIS possam ter influenciado na maior superestimativa em relação ao GSCAT. Este último utiliza a temperatura de brilho em 85 GHz para a estimativa. Esta frequência detecta o espalhamento essencialmente devido a cristais de gelo presente nas nuvens, sendo portanto fisicamente mais ligada a precipitação. Não se pode descartar a hipótese de efeitos de atenuação e de calibração do radar. Os resultados obtidos por Negri e Adler (1993), os quais utilizaram-se de três técnicas via infravermelho para estimativas de precipitação, mostraram que, assim como observado neste trabalho, os métodos superestimam os valores detectados pelo radar.

CONCLUSÃO

Em geral, modelos de estimativa de precipitação conseguem fazer uma boa estimativa qualitativa da precipitação detectada pelo radar. Os valores médios obtidos indicam que ambos os algoritmos superestimam os valores detectados pelo radar, sendo que o GSCAT superestima menos. O GSCAT

é um algoritmo que se utiliza apenas da frequência de 85 GHz, na qual o espalhamento é o processo dominante. O NESDIS é um algoritmo desenvolvido para escala global e que se utiliza das quatro frequências na faixa espectral de microondas que o SSM/I recebe radiação emitida pela superfície. As frequências mais baixas, nas quais o processo predominante é a absorção, podem contaminar o sinal “regional” da estimativa, superestimando demasiadamente os valores detectados pelo radar. O coeficiente de correlação obtido para o par NESDIS-radar foi superior ao obtido para o par GSCAT-radar. Uma maior quantidade de pontos onde não foram observadas chuvas simultaneamente na estimativa e na detecção através do radar para o par NESDIS-radar contribuiu para um melhor coeficiente de correlação do par. A possível não calibração do radar, atenuação e relação ZxR imprópria para o radar na região em questão podem inferir erros na estimativa. Além disso, algoritmos que se utilizam de dados do SSM/I necessitam de um maior número de imagens para uma melhor avaliação estatística. Apesar dos possíveis erros, radares meteorológicos vêm sendo usados amplamente na tentativa de melhorar algoritmos que tentam estimar passivamente a precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, R.F.; Yeh, H.Y.M.; Prasad, N.; Tao, W.K. ;Simpson. J. Microwave simulations of a tropical rainfall system with a three-dimensional cloud model. **Journal of Climate Applied Meteorology**, 30(7):924-953.Jul.,1991.
- Ferraro, R. R.. An introduction to the DMS Special Sensor Microwave/Imager. A new tool for weather forecast and analysis. **Conference on Weather Analysis and Forecasting Including Symposium on Flash Floods**,13, August 2-6, p.229-231, 1993.
- Ferraro, R.R.; Grody, N.C.; Marks, G.F. Effects of Surface Conditions on Rain Identification Using the DMSP-SSM/I. **Remote Sensing Reviews**. 11, 195-209, 1994.
- Ferraro, R. R.; Marks, G. F. The development of SSM/I rain rate retrieved algorithms using ground-based radar measurements. **Journal of Atmospheric Oceanic Technology**, 12, 755-770, 1995.
- Jiankang, W.; Ferraro, R.; Scofield, R.; Alishouse, J. C.. A Preliminary NESDIS tri-spectral rainfall algorithm . **Conference on Operational Precipitation Estimation and Prediction**. Published by the American Meteorological Society, Boston, Mass., Feb., 1990.
- Marshal, J.S.; Palmer, W.M.K. The distribution of raindrops with size. **Journal of Meteorology**, 5:165-166, 1948.
- Massambani, O.; Negri, A. J.; Oliveira, J. L.; Ferreira, N. J. A comparison of passive microwave measurements to estimate rainfall and its 3-D structure as infrared via radar. **Weather Radar Technology for Water Resources Management**, p. 68-76, 1997.

Negri, J. A.; Nelkin, E. J.; Adler, R. F.; Huffman, G. J.; Kummerow, C. Evaluation of Passive Microwave Precipitation Algorithms in Wintertime Midlatitude Situations. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**. 12:20-31, Feb, 1994.

Poe, G.; Meeks, D.; Edgeton, A.T. Airbone Passive microwave measuremets of NOAA hidrology sites. Aerojet Electrosystems Company, Azura, California. Report No. 1752FR-1(NOAA Contract No. 2-31116),1973.