

## ADAPTAÇÃO DA TÉCNICA DE ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO NAW PARA A ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO RADAR DE BAURU, SP

GRAZIELA BALDA SCOFIELD<sup>1</sup>  
ÍRIA VENDRAME<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IPD –UNIVAP- Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba  
Av. Shishima Hifumi, 2911 – 12244-000 – São José dos Campos – SP, Brasil  
cgscofield@uol.com.br

<sup>2</sup>ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
Pça. Mal. Eduardo Gomes, 50 - V. das Acácias – 12228-900 – S. José dos Campos – SP, Brasil  
hiria@infra.ita.cta.br

**Abstract.** This study adjusts the rainfall estimates technique Negri Adler Wetzel Technique (NAW), using satellite infrared dataset, for several temporal and spatial scales in continental area. The Geostationary Operational Environmental Satellite 8 GOES-8 infrared images and rain data from the Bauru radar, São Paulo state, Brazil, were used. The specified time resolution ranges from 3 h to a month while the spatial resolution varies from 100 to 10000 km<sup>2</sup>. The adjusted technique was derived changing the rain and no-rain threshold temperature and the optimum rain rates of the original technique for several time and space scales.

**Keywords:** remote sensing, hydrology, image processing.

## 1. Introdução

A precipitação é uma das variáveis mais importante do ciclo hidrológico de nosso planeta. Para monitorar a precipitação na superfície terrestre existem redes de pluviômetros e pluviógrafos e radares meteorológicos, sendo que a grande maioria destes dispositivos estão localizados nos continentes em locais de fácil acesso. Portanto, a utilização de técnicas de estimativa de precipitação por sensoriamento remoto é importante pois as imagens de satélite abrangem grandes áreas tanto sobre o continente como sobre os oceanos, onde quase não existe o monitoramento desta variável. A técnica “Negri Adler Wetzel Technique” (NAW) (Negri et al., 1984), tem sido utilizada e testada em vários experimentos envolvendo intercomparações de algoritmos (Arkin e Xie, 1994; Smith et al., 1998). Como a NAW foi desenvolvida para os Estados Unidos, ajustes regionais e sazonais são necessários para a obtenção de bons resultados estatísticos em outras regiões do planeta.

O presente estudo adapta a técnica de estimativa de precipitação NAW utilizando dados de satélite do canal infravermelho para a área de abrangência do radar meteorológico de Bauru/SP. Esta adaptação consiste na determinação da temperatura limiar de chuva e não chuva, através do uso de imagens de satélite meteorológico e dados de radar meteorológico, além da obtenção das taxas de precipitação ótimas. Essas foram calculadas em função da variação em espaço e tempo, com o objetivo de estudar o comportamento da taxa de precipitação.

## 2. Revisão Bibliográfica

Várias técnicas de estimativa de precipitação foram desenvolvidas para aplicações em meteorologia e hidrologia e foram aplicadas principalmente em alguns experimentos meteorológicos e oceanográficos. Negri et al. (1984) identificaram as variáveis dominantes, entre elas a área da nuvem e volume de chuva, no cálculo da estimativa de precipitação utilizando a técnica GWT. Foram feitas simplificações para tornar as estimativas de precipitação independentes da evolução temporal da nuvem. Os pixels da imagem com precipitação foram determinados através de um limiar de temperatura, inicialmente de 253 K (Negri et al., 1984). Esta técnica foi denominada NAW. No caso da NAW, na rotina de estimativa de precipitação, calculam-se duas novas temperaturas,  $T_{10\%}$  e  $T_{50\%}$ , que definem, respectivamente, os pixels de precipitação presentes nos 10 % e 50 % da porção mais fria da nuvem. As taxas de precipitação utilizadas foram de 8 mm/h, para os pixels com  $T > T_{10\%}$ , e 2 mm/h, para os pixels com  $T_{10\%} < T < T_{50\%}$ . Para os pixels com  $T > T_{50\%}$ , assume-se que não ocorre precipitação (Negri et al., 1984). A NAW foi modificada utilizando-se os dados da Primeira Intercomparação de Algoritmos de estimativa de precipitação ocorrida no período de junho a agosto de 1989 sobre o Japão e circunvizinhanças (Negri e Adler, 1993). As principais modificações foram o limiar que mudou de 253 K para 235 K para melhorar a correspondência com as regiões de espalhamento detectadas pelo SSM/I (Spatial Sensor Microwave/Imager) a 86 GHz, e o estabelecimento de uma equação discriminante empírica para eliminar cirrus.

## 3. Dados e Metodologia

O período de estudo estende-se de 1º de dezembro de 1999 a 28 de Fevereiro de 2000. Os dados de satélite coletados para este estudo se referem às imagens da janela infravermelho de onda longa (10,2 – 11,2  $\mu\text{m}$ ) do satélite de órbita geoestacionária Geostationary Operational Environmental Satellite-8 (GOES-8). Estes dados foram fornecidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Clima (CPTEC/INPE). Para comparar com os resultados das técnicas de estimativas de precipitação via satélite foram também utilizados os dados Constant Altitude

Plan Position (CAPPI), com altura de 3,5 Km do Radar Meteorológico de Bauru, localizado no Município de Bauru, no Estado de São Paulo. A banda de operação do radar de Bauru é a banda S. Os dados de radar foram fornecidos pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMET) da Universidade do Estado de São Paulo (UNESP). A **Figura 1** mostra a área de abrangência do CAPPI do radar meteorológico de Bauru. Para comparar simultaneamente as taxas de precipitação obtidas por radar com as obtidas por satélite, os dados desses sensores devem ser convertidos para as mesmas resoluções espaciais e temporais. Como os dados do radar meteorológico de Bauru possuem a resolução espacial de 4 Km<sup>2</sup> e os de satélite GOES-8 de 16 Km<sup>2</sup>, foi necessário degradá-los para esta mesma resolução. Como as imagens desse radar disponibilizam informações sobre precipitação apenas em termos de níveis de cinza, foi necessário a conversão destes em refletividade (dBZ). Posteriormente, foi calculada a média dos 4 pixels adjacentes, que foram transformados em taxas de precipitação (mm/h) através da equação de Mashall e Palmer (1948).

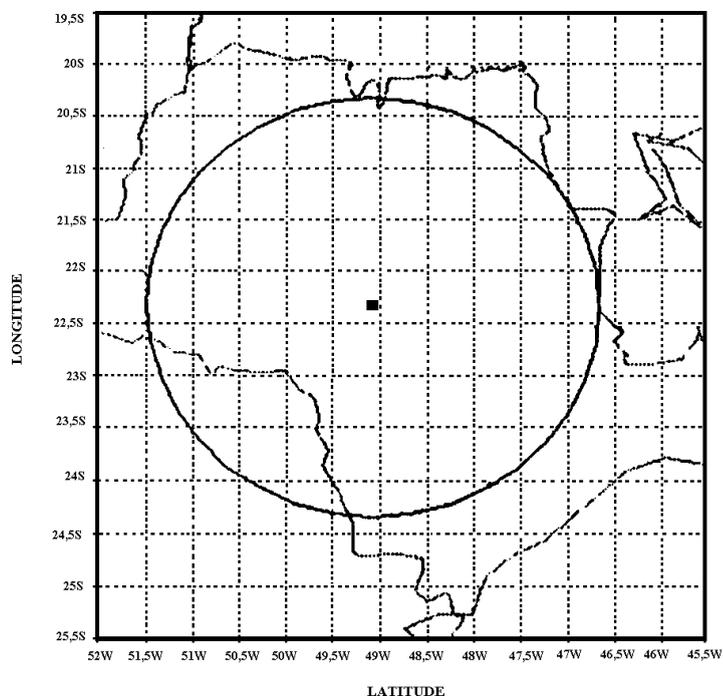


Figura 1 – Raio de abrangência (240 Km) do CAPPI do radar meteorológico de Bauru referente a altura de 3,5 Km. O ponto central da circunferência representa a localização do radar em 22° 21,5' S e 49° 1,6' W.

Foram selecionados 10000 conjuntos de imagens de radar e satélite meteorológico, levando-se em consideração a disponibilidade simultânea desses dados. Como os dados de radar foram obtidos a cada 10 minutos, e as imagens de satélite de meia em meia hora, utilizaram-se as imagens de satélite mais próximas de cada horário de radar. Utilizando-se os dados horários de radar e satélite, foi possível verificar todos os pontos de chuva do radar e determinar as correspondentes temperaturas nas imagens infravermelho. Desta forma, determinou-se a percentagem das temperaturas de topo de nuvens que correspondiam aos pontos de chuva no radar e posteriormente a temperatura limiar de chuva e não chuva para a área de Bauru.

Com o intuito de avaliar como a variabilidade espacial e temporal de uma série de imagens de radar e satélite modifica o comportamento das taxas das estimativas de

precipitação, foram definidas três formas de amostragem espacial distintas, para cada conjunto de dados. A primeira forma de amostragem espacial enfoca a área central das imagens analisadas, conforme mostrado na **Figura 2a**. A área central foi escolhida por minimizar o efeito de distância nos dados analisados, já que os dados dos píxeis com chuva mais distantes não terem sido utilizados no estudo. Na segunda forma de amostragem espacial foram utilizadas janelas de 100 Km<sup>2</sup>, 400 Km<sup>2</sup>, 900 Km<sup>2</sup>, 1600 Km<sup>2</sup>, 2500 Km<sup>2</sup> e 10000 Km<sup>2</sup>, sem a ocorrência de sobreposição de linhas e/ou colunas. O valor da taxa de precipitação foi calculado pela média dos pixels presentes em cada janela. Para todos os tamanhos de janela estudados, algumas linhas e colunas das bordas não foram utilizadas já que o tamanho da imagem não é múltiplo dos valores das janelas, como mostrado na **Figura 2b**. Na terceira forma de amostragem espacial, as imagens foram subdivididas em janelas de 100 Km<sup>2</sup>, 400 Km<sup>2</sup>, 900 Km<sup>2</sup>, 1600 Km<sup>2</sup>, 2500 Km<sup>2</sup>, 10000 Km<sup>2</sup>, com a ocorrência de sobreposição de linhas e colunas, conforme mostrado na **Figura 2c**, para a janela de 1600 Km<sup>2</sup>. Esta terceira forma de amostragem espacial foi selecionada para determinar se ocorre melhor desempenho das variáveis estatísticas em relação à segunda forma de amostragem espacial. Assim como na segunda forma de amostragem espacial, algumas linhas e colunas não foram utilizadas de acordo com a dimensão da janela utilizada.

As taxas de precipitação foram estimadas utilizando-se a técnica NAW para cada imagem de satélite e estas foram acumuladas para todas as combinações de resolução temporal e área de estudo. Posteriormente, foram criados gráficos de taxas de precipitação da NAW em relação ao radar meteorológico. Após a obtenção de cada gráfico das taxas de precipitação do radar para cada valor de taxa de precipitação da técnica para cada combinação, foi encontrada uma curva de ajuste com coeficiente angular igual a um e linear igual a zero. Esta curva mostra o quanto as estimativas de precipitação das técnicas estudadas estão sendo super ou subestimadas em relação aos dados do radar meteorológico. Com o intuito de otimizar a tendência, variou-se a taxa de precipitação das técnicas de satélite de forma a encontrar o valor ótimo para cada combinação de resolução temporal e área de estudo. Dentre todas as taxas de precipitação analisadas, considerou-se como o valor ótimo aquele que apresentou o melhor ajuste apresentando o valor do coeficiente angular mais próximo de 1. Assim, foi calculada uma taxa ótima de precipitação para cada combinação de resolução temporal e área de estudo/janela. Para encontrar os novos valores das taxas de precipitação da NAW para cada uma das combinações mencionadas, eliminou-se e/ou minimizou-se a tendência. Para isso, inicialmente, manteve-se a taxa de precipitação estratiforme de 2 mm/h e variou-se a taxa da precipitação convectiva de 3 mm/h até 15 mm/h. Quando não foram encontradas as taxas ótimas de precipitação, ambas as taxas de precipitação estratiforme e convectiva foram variadas até encontrar-se o valor ótimo. Assim, o valor da precipitação estratiforme foi modificada entre 0,1 e 1 mm/h e a convectiva entre 0,1 e 10 mm/h.

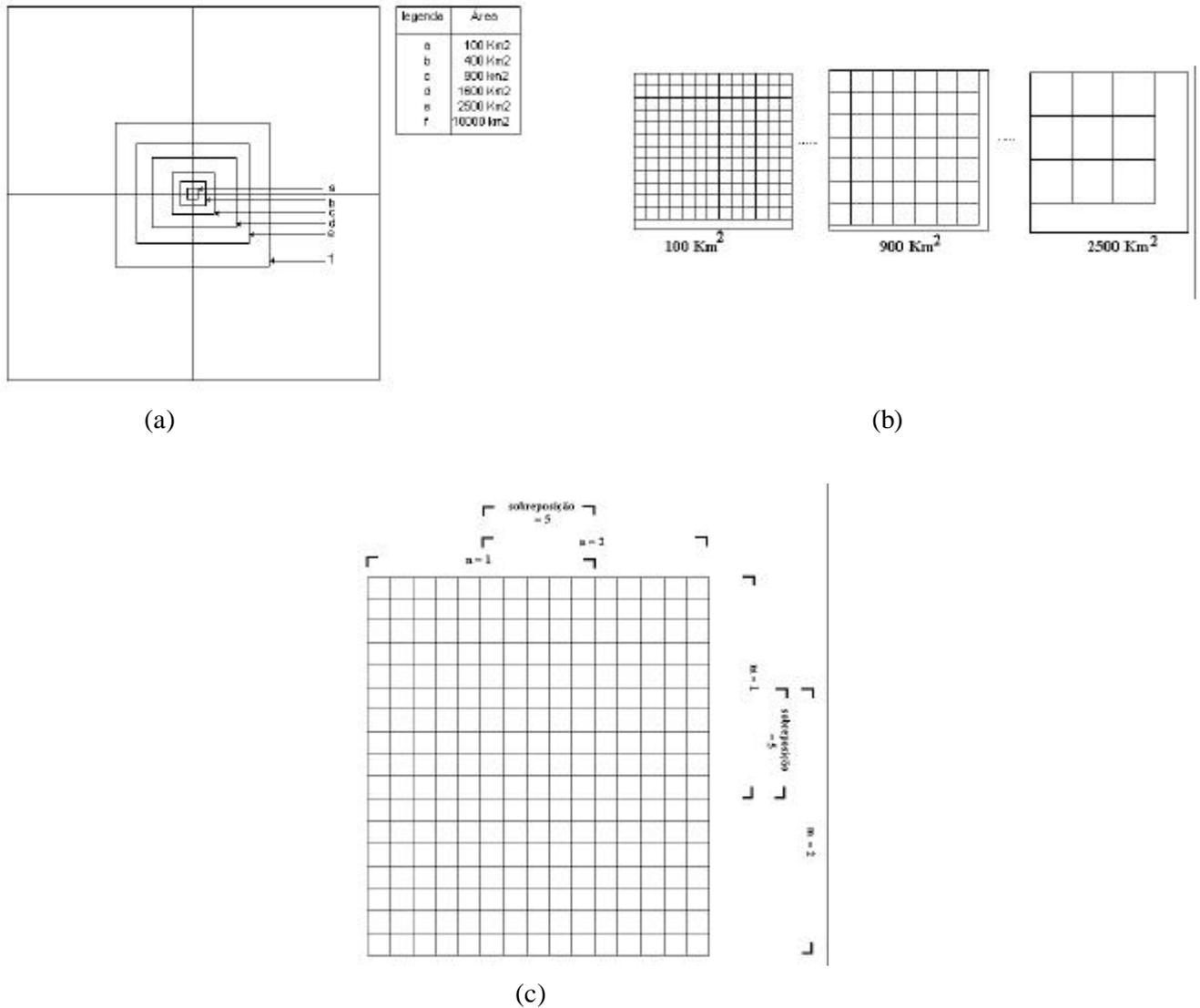


Figura 2 – Subdivisão das imagens de radar e satélite em janelas referente a: (a) forma de amostragem espacial 1, onde área de estudo foi subdividida em 6 quadrados cujos tamanhos estão apresentados na legenda acima; (b) forma de amostragem espacial 2, onde são mostradas as janelas de 100 Km<sup>2</sup>, 900 Km<sup>2</sup> e 2500 Km<sup>2</sup>, notando-se que para as duas últimas ocorre a não utilização de todas as linhas e colunas das imagens; e (c) forma de amostragem espacial 3, onde parte de uma imagem com janela de 1600 Km<sup>2</sup>, mostrando as colunas n = 1 e 2, e as linhas m = 1 e 2, apresentando uma sobreposição de 5 linhas e 5 colunas.

### 3- Resultados e Discussões

Com os dados CAPPI do radar de Bauru e as imagens infravermelho do satélite GOES-8, determinou-se a temperatura limiar correspondente à ocorrência de chuva e não chuva da região de abrangência do radar de Bauru. A temperatura encontrada foi de 235 K e refere-se a 83 % dos casos estudados. Este novo limiar é igual ao utilizado para a GPI e NAW no Japão (Negri e Adler, 1993). Scofield (1995) determinou uma temperatura limiar de 229 K para São Paulo utilizando dados do

radar de Ponte Nova e imagens infravermelho do Meteosat-3 para o período de novembro de 1993 a fevereiro de 1994. Por outro lado, Carvalho e Massambani (1990) encontraram um valor de 233 K com dados do radar de Bauru e imagens do satélite GOES-8 para o verão de 1989. As diferenças entre os 3 valores devem-se à utilização de diferentes períodos de estudo e radar e/ou satélite. A **Figura 3** apresenta as taxas ótimas de precipitação estratiforme e convectiva com a diminuição da resolução temporal para várias áreas de estudo, para a primeira forma de amostragem espacial, do caso do radar de Bauru. Analisando-se a precipitação estratiforme, observa-se que as taxas ótimas de precipitação são constantes para as áreas de 100 e 2500 Km<sup>2</sup> com a variação da resolução temporal. Por outro lado, essas taxas crescem com a diminuição da resolução temporal no caso das outras áreas. Nota-se que os valores se encontram entre 0,1 (para a área de 100 Km<sup>2</sup>) a 1 mm/h (para as resoluções de 5 dias e mensal e a área de 10000 Km<sup>2</sup>). Com relação às curvas de precipitação convectiva, as taxas ótimas de precipitação crescem com a diminuição da resolução temporal, exceto para a área de 100 Km<sup>2</sup> que é constante. O intervalo dessas taxas é de 0,5 (para a área de 100 Km<sup>2</sup>) a 3 mm/h (para a resolução mensal e áreas de 1600 e 10000 Km<sup>2</sup>). As **Figuras 4** e **5** apresentam a variação da taxa ótima de precipitação com a diminuição da resolução temporal para várias janelas, para a segunda forma de amostragem espacial e para a terceira forma de amostragem espacial, respectivamente, referente ao caso do radar de Bauru. Em ambas as figuras, as curvas da precipitação estratiforme e convectiva mostram que as taxas ótimas crescem com a diminuição da resolução temporal e o aumento da janela, sendo que a taxa estratiforme varia entre 0,15 a 1,0 mm/h e a convectiva entre 0,5 a 4 mm/h.

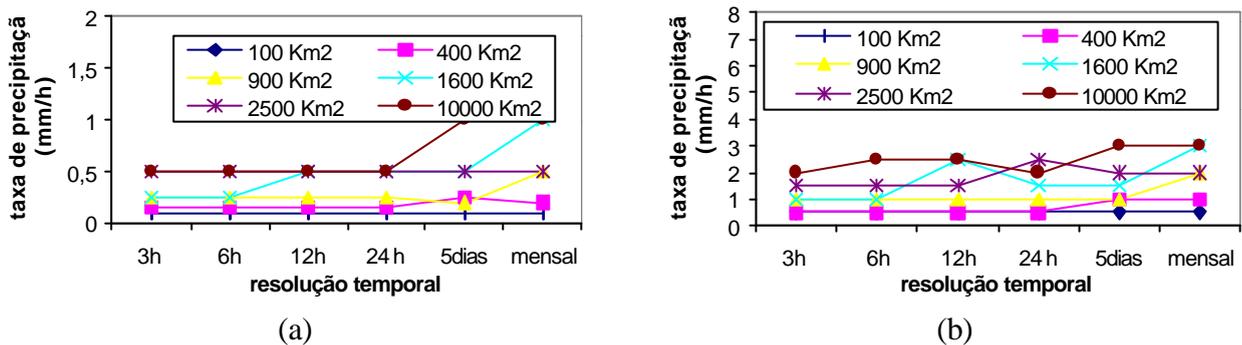
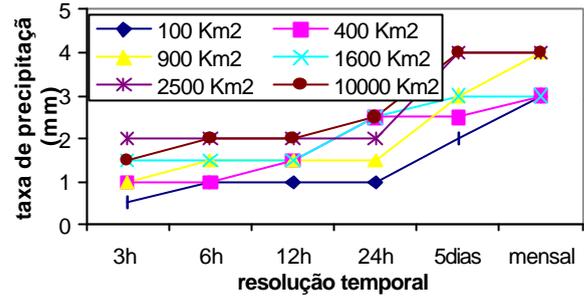
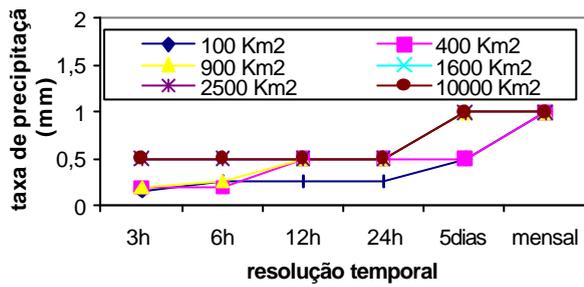


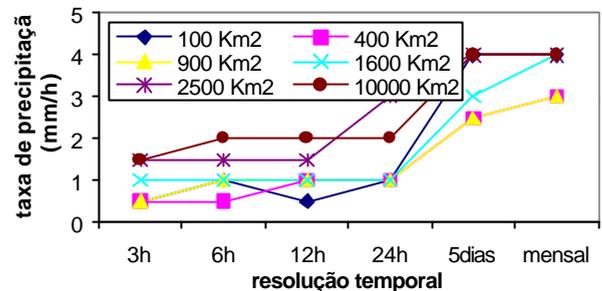
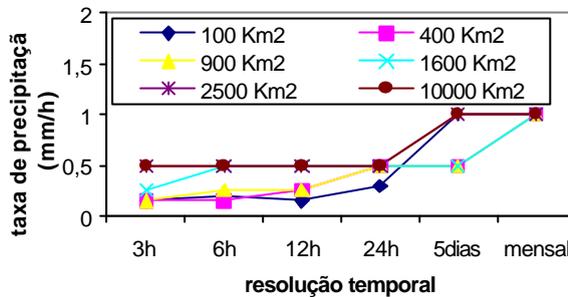
Figura 3 – Valores ótimas das taxas de precipitação correspondentes às equações de tendência ótima encontradas, modificando-se a taxa de precipitação da NAW (a) estratiforme original (2 mm/h) e (b) convectiva original (8 mm/h), para cada resolução temporal e área de estudo, para a primeira forma de amostragem espacial, referente ao caso do radar de Bauru.



(a)

(b)

Figura 4 – Valores das taxas de precipitação ótimas correspondentes às equações de tendência ótima encontradas, modificando-se a taxa de precipitação da NAW (a) estratiforme original (2 mm/h) e (b) convectiva (8 mm/h), para cada resolução temporal e janela, para a segunda forma de amostragem espacial, referente ao caso do radar de Bauru.



(a)

(b)

Figura 5 – Valores das taxas de precipitação ótimas correspondentes às equações de tendência ótima encontradas, modificando-se a taxa de precipitação da NAW (a) estratiforme original (2 mm/h) e (b) convectiva (8 mm/h), para cada resolução temporal e janela, para a terceira forma de amostragem espacial, referente ao caso do radar de Bauru.

## 5 – Conclusões

Neste estudo, determinou-se a temperatura limiar de chuva e não chuva, através do uso simultâneo de imagens de satélite meteorológico e dados de radar meteorológico. A temperatura limiar entre chuva e não chuva para Bauru foi de 235 K. Neste caso, não foi necessária a modificação da temperatura limiar na técnica adaptada, já que a temperatura limiar da NAW também é de 235 K. Esta temperatura pode estar relacionada à maior ocorrência de nuvens convectivas profundas em São Paulo.

Comparando-se as três formas de amostragem espacial notou-se que o aumento da taxa de precipitação convectiva e estratiforme com a diminuição da resolução temporal e aumento da área de estudo/janela. A primeira forma de amostragem mostra valores menores de taxas de precipitação estratiforme e valores quase constantes de taxas de precipitação convectiva quando comparados às outras formas de amostragem. Tanto para a forma de amostragem 2 como para a 3, as taxas de precipitação convectiva e estratiforme apresentam valores semelhantes para vários janelas. Verifica-se também que os resultados das taxas de precipitação das formas de amostragem 2 e 3 são bem próximos. Os valores das taxas da técnica NAW original foram encontrados utilizando-se estudos de caso, onde ocorreram chuvas convectivas (Negri et al, 1984, Negri e Adler, 1991). Desta forma,

as taxas de precipitação originais são maiores do que as encontradas para todas as combinações de áreas e resoluções temporais deste estudo, já que neste estudo foram analisados todos os eventos ocorridos durante o período. A próxima etapa deste estudo é a comparação estatística dos resultados da adaptação da técnica NAW nas três formas de amostragem, com dados de radar meteorológico.

## 6 – Agradecimentos

Este trabalho contou com os apoios financeiro da FAPESP; e técnico e científico do CPTEC/INPE, e do IPMET/UNESP, pelo fornecimento de imagens de satélite e de dados de radar meteorológico, respectivamente.

## 7 – Revisão Bibliográfica

Arkin, P.A.; Xie, P. “The Global Precipitation Climatology Project: First Algorithm Intercomparison Project.” *Bulletin American Meteorology Society*, Vol.75, 1994, pp.401-419.

Carvalho, L.M.V.C; Massambani, O. “A temperatura mínima local em imagens IV e a precipitação via radar em eventos semi-estacionários.” In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6., Manaus, 1990. *Anais. Sociedade Brasileira de Meteorologia*, 1990, v.2, p.743-747.

Marshall, T.S.; Palmer, W.McK., “The distribution of raindrops with size.” *Monthly Weather Review*, Vol.5, No. 1, 1948, pp.165-166.

Negri, A. J., Adler, R.F., e Wetzel, P.J. “Rain estimation of the Griffith Woodley Technique”, *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 23, No.1 , 1984, pp.102-116.

Negri, A. J., Adler, R.F. “An intercomparison of three satellite infrared rainfall techniques over Japan and surroundings waters”. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 32, No.2, 1993, pp.357-373.

Scofield, G. B. “*Estimativa de precipitação sobre a região de São Paulo utilizando a Técnica Convectiva Estratiforme.*” Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 1994, INPE-5667-TDI/560.

Smith, E.; Lamm, J.; Adler, R.; Alishouse, J.; Aonashi, K; Barrett, E.; Bauer, P.; Berg, W.; Chang, A.; Ferraro, R.; Feriday, J.; Goodman, S.; Grody, N.; Kidd, C.; Kummerow, C.; Liu, G.; Marzano, F.; Mugnai, A. Olson, W.; Petty, G.; Shibata, A.; Spencer, R.; Wentz, F.; Wilhelm, T. “Results of WetNet PIP-2 Project.” *Journal of Atmospheric Sciences*, Vol. 55, 1998, pp.1483-1536.