

CHUVA MÉDIA DECENDIAL EM ÁREA: TESTE POR RADAR E PLUVIÔMETROS PARA USO NA AGRICULTURA

ZILDENE PEDROSA O. EMIDIO¹, MAURICIO DE A. ANTONIO²

¹Meteorologista, Ms., pedrosa@ipmet.unesp.br, ²Eng. Civil, Prof. Dr., mauricio@ipmet.unesp.br
Instituto de Pesquisas Meteorológicas, UNESP, Bauru-SP, Fone (14) 3103 6030

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 –
Aracaju - SE

RESUMO: Pluviômetros e Radares meteorológicos medem a chuva em escalas diferentes, porém a acurácia das medidas de um radar vem da comparação de ambos. Nesse trabalho foi feita a comparação entre a chuva média acumulada em uma área (região de Piracicaba/SP) por pluviômetros e radar. A chuva foi coletada por 11 pluviômetros e transformada em chuva média em área através do Método dos Polígonos de Thiessen. Utilizou-se no radar duas diferentes equações Z-R para a quantificação da chuva em distintos horários. O intervalo de análise foi abril de 2004 a outubro de 2005, o qual foi dividido em 21 períodos decendiais. Pelos resultados obtidos, verificou-se que o radar estava subestimando a chuva média em períodos chuvosos e o contrário, ocorrendo em períodos secos.

PALAVRAS-CHAVE: radar meteorológico, pluviômetros, método de Thiessen.

MEAN DEKADAL AREA RAINFALL : TESTS WITH RADAR AND RAIN GAGES FOR AGRICULTURAL APPPLICATIONS

ABSTRACT: Rain gages and meteorological Radar make measurements of rainfall at different scales, but the accuracy of the measurements comes from a comparison between both. In this work a comparison between the accumulated area mean rainfall over a given region (region of Piracicaba/SP) as derived from radar and rain gages, is performed. Rain was collected by 11 rain gages and transformed into area mean rainfall through the Method of Thiessen Polygons. For the radar two different Z-R relationships were used for rain quantification at different times. The analysis interval was from April 2004 to October 2005, which was stratified in 21 dekadal periods. Results indicated that the radar underestimated the mean area rainfall for rainy periods, while for dry periods the opposite occurred.

KEYWORDS: weather radar, rain gages, Thiessen method.

INTRODUÇÃO

O estudo da distribuição das precipitações é muito importante, tendo em vista que o conhecimento dos padrões e regimes da precipitação determina o clima, a produtividade e desenvolvimento de uma região, assegurada aos setores econômicos da agricultura, indústria, energia, etc. A chuva, forma mais comum de precipitação, pode ser medida por pluviômetros e radares meteorológicos, mas em altura e amostragens volumétricas diferentes. O pluviômetro mede a chuva efetivamente precipitada que ocorre de forma pontual, exatamente sobre o equipamento, e o radar mede de forma espacial a chuva potencialmente precipitável. O uso do radar meteorológico possibilita o monitoramento de grandes superfícies e a quantificação da chuva média em área com a vantagem das medidas serem feitas sem descontinuidade horizontal e com alta resolução espacial e temporal. Contudo, a acurácia das medidas de chuva obtidas pelo radar tem sido avaliada através das comparações de dados de radar e pluviômetro, onde as fontes de erros de comparação, as causas dos desvios e métodos

de correção dos dados de radar, já foram publicadas por diversos autores, tais como: WILSON e BRANDES (1979), CALHEIROS e ZAWADZKI (1987), MOSZKOWICZ (2001), CALVETTI et al. (2003) e MOREIRA (2005), entre outros. Nesse sentido, pretende-se com esse trabalho, comparar a chuva média acumulada em uma área (região de Piracicaba/SP), medida por pluviômetros e obtida através do Método dos Polígonos de Thiessen, com a chuva média obtida por um radar meteorológico, para aplicações posteriores em cálculos de balanços hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O período de acumulação das chuvas foi outubro de 2004 a abril de 2005, sendo a área de estudo delimitada pela Carta Pedológica Semidetalhada do Estado de São Paulo, na forma de quadrícula 30' x 30' de latitude e longitude, na escala de 1:100.000, correspondente à quadrícula de Piracicaba.

Chuva média em área - Pluviômetros

A contabilização da chuva média na região de Piracicaba foi obtida através dos dados de 11 pluviômetros, instalados em postos pertencentes ao IAC e DAEE, e localizados em municípios dentro e nas proximidades da quadrícula, conforme ilustrado na Figura 1, que apresenta a disposição dos pluviômetros na área. As medidas de chuva de cada pluviômetro são feitas em intervalos de 24 horas, diariamente às 07 horas da manhã. Em cada ponto, a chuva foi acumulada em períodos de 10 dias, totalizando 21 períodos decendiais entre 01 de outubro/2004 a 29 de abril/2005. A determinação da chuva média foi feita através do método estatístico dos polígonos de Thiessen.

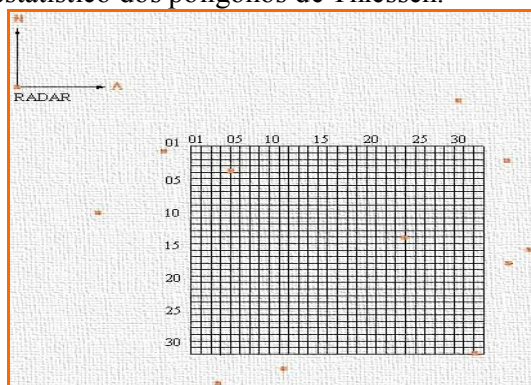


Figura 1 - Representação da distribuição dos pluviômetros na grade da região da quadrícula de Piracicaba e localização do radar de Bauru.

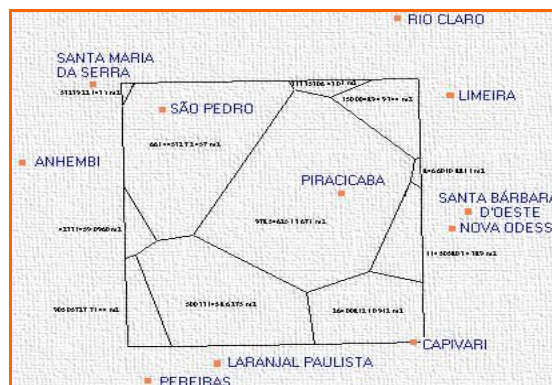


Figura 2 - Traçado dos Polígonos de Thiessen na quadrícula de Piracicaba para determinação das áreas de influências dos pluviômetros

Método dos polígonos de Thiessen

Foram determinadas as áreas de influências para cada posto pluviométrico na região de Piracicaba. Ressalta-se que devido à pequena quantidade de pluviômetro na área delimitada pela quadrícula (fato esse motivado pela ausência de equipamentos e/ou por grandes falhas de dados no período selecionado) foram utilizadas as informações dos pluviômetros fronteiros para determinação das áreas de influência e melhor representação da chuva na área. A Figura 2 ilustra a localização dos pluviômetros e o traçado dos polígonos de Thiessen indicando a área de domínio de cada pluviômetro. As áreas obtidas foram aplicadas na equação (1) da média ponderada de Thiessen, para se obter a chuva média acumulada na área em cada período decendial.

$$\bar{h} = \frac{\sum P_i \cdot A_i}{\sum A_i} \quad (1)$$

Chuva média em área – Radar Meteorológico

Os dados de chuva utilizados são do radar meteorológico Doppler, banda S, localizado em Bauru/SP (Lat 22°21'28" S e Lon 49°01'36"W, altitude de 620 m) e operado pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas - IPMet da UNESP. Resumidamente o funcionamento do radar baseia-se na medida da energia eletromagnética de microondas que retorna ao radar, refletida pela precipitação (chuva, granizo, etc), a qual é quantificada em área e em tempo real. Através de imagens geradas pelo produto CAPPI (Constant Altitude Plan-Position Indicator) com altura de 3,5 km, a cada 7,5 ou 15 minutos amostradas pelo radar, foi convertida a refletividade (Z) da chuva (em dBZ), para taxa de precipitação (R) ou intensidade de chuva (em mm/h) através da relação Z-R (equação (2)) cuja integração em tempo dá o total de chuva ocorrida: $Z = aR^b$ (2)

Os valores de a e b variam significativamente, pois dependem da origem e tipo das precipitações, da distribuição das gotas de chuva e seu tamanho, localização geográfica, condições meteorológicas, etc. Nesse trabalho foram utilizadas as seguintes equações Z-R, citadas por BATTAN (1973):

Equação de Jones: no horário das 15:00h às 18:00h (chuvas convectivas) $\rightarrow Z = 486 R^{1,37}$

Equação de Marshall-Palmer: nos demais horários (chuvas estratiformes) $\rightarrow Z = 200 R^{1,6}$

A quantificação da chuva pelo radar na região de Piracicaba, foi feita através de um programa específico que permitiu a integração das chuvas em períodos decendiais sobre “pixels” do radar com resolução de 1 km x 1 km, gerando matrizes (grades) com a chuva acumulada a cada 1 km², para os 21 períodos decendiais. O horário de acumulação da chuva com radar foi o mesmo utilizado pelos pluviômetros, ou seja, diariamente, às 07:00h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 apresentam-se as datas dos períodos decendiais, os totais da chuva acumulada nos respectivos períodos pelos pluviômetros em cada posto/município, os valores das áreas encontradas pelo traçado dos polígonos de Thiessen referentes a cada posto, além dos totais da chuva média obtida pelo método de Thiessen para cada período analisado.

Tabela 1 – Totais da chuva nos períodos decendiais na quadrícula de Piracicaba (área total: 2.846,8 km²) e a chuva média pelo Método de Thiessen.

datas	Período	Pira	S.Pedro	SMSerra	Capi	NOdes	SBD'Oes	Lime	RClaro	Anhe	L Pta	Pere	Thiessen
01/10 a 11/10/04	1°	39,4	53	34	19,2	38,8	33,4	44,4	51	40,9	17,5	18	36,5
11/10 a 21/10/04	2°	102,5	61	54,4	90,2	94,4	73	47,5	47,1	79,2	56,6	45,4	77,5
21/10 a 31/10/04	3°	45,2	38,8	59,6	33,6	57,4	65,8	15,8	13,8	54,1	18,1	14,4	35,7
31/10 a 10/11/04	4°	1	29,8	5,6	21	18,4	31,6	11,7	29,1	16,8	11,3	39,6	14,5
10/11 a 20/11/04	5°	86,4	139,6	77	110,6	114,9	92,8	78,2	133,2	90,2	66,7	67,8	98,2
20/11 a 30/11/04	6°	23,6	35,6	11,2	33,2	25,1	11,4	48,6	30	6,3	18,9	0	26,8
30/11 a 10/12/04	7°	10,2	27,8	33,1	17,2	67,7	36	60	21,2	42,7	0,7	24,7	19,4
10/12 a 20/12/04	8°	3	45,6	42,4	76	53,2	88	28	2,3	38,5	19,5	58,9	28,5
20/12 a 30/12/04	9°	66,2	157,8	66,9	46,4	91,3	79,8	83,9	118,8	53,3	94,6	92,5	93,8
30/12 a 09/01/05	10°	105	106,2	56,4	52,4	70	90,6	110,3	100,8	101,8	35,1	81	86,0
09/01 a 19/01/05	11°	40,6	54,4	47,6	62,4	127,8	28,8	63,2	21,9	32,2	124,5	102,2	66,9
19/01 a 29/01/05	12°	83,3	115,8	108	128,4	167,2	81,4	101,5	225,9	92,3	113,8	128,9	107,9
29/01 a 08/02/05	13°	51,6	198	58,6	7,8	15,2	49,4	101	177,7	58	13,3	53	77,5
08/02 a 18/02/05	14°	5	0	1,8	0,5	7,3	4,2	3,5	2,5	8,4	0	0	2,4
18/02 a 28/02/05	15°	22,2	39,1	35	38	39,6	55	36,5	26	45,6	35,6	46,6	32,7
28/02 a 10/03/05	16°	0	0	0	0	0,4	0	0	0,7	0	0	1,7	0,1
10/03 a 20/03/05	17°	57	53,4	56	70	105,2	96,6	104,5	126,2	92,9	95,8	76,4	70,7
20/03 a 30/03/05	18°	37,8	92,2	89,4	162,4	130,6	107,4	46,2	40,6	68,4	62,8	26,9	71,0
30/03 a 09/04/05	19°	17,8	81	17	12,6	35,2	47	8,6	25,3	51,8	9	6,5	31,0
09/04 a 19/04/05	20°	2	0	8,6	0	0	0	0	0	0	2,6	18,4	1,7
19/04 a 29/04/05	21°	7,6	11	10,6	12,4	24	18,2	26,6	6,3	5,4	18,3	18,6	12,7
Área-estac. km ²		978,6	661,5	5,3	264,0	114,5	8,5	150,0	31,4	42,3	500,3	90,5	

Observa-se pelos resultados que a maior frequência das chuvas, ocorre nos primeiros períodos do intervalo de análise, convergindo exatamente com a distribuição sazonal da chuva no Estado de São Paulo, ou seja, com a estação chuvosa concentrada entre a primavera e o verão. Nessas estações, as chuvas normalmente são de caráter frontal que se associam com áreas de instabilidade tropicais sobre o país, provocando chuvas contínuas e estratiformes, e de caráter convectivo, com grande variabilidade espacial. Assim, nota-se pelos totais das chuvas que alguns períodos foram extremamente chuvosos (períodos 5º e 12º) e outros, secos (16º e 20º), os quais devem estar associados, provavelmente, a ocorrência de veranicos.

Na determinação das áreas pelo método de Thiessen, a distribuição não uniforme e a ausência de postos mais próximos permitiram que determinados polígonos tivessem áreas maiores e com maior peso na contabilidade da área total. A área do polígono de Piracicaba, por exemplo, foi a maior com 978,6 km², seguida por São Pedro, com 661,5 km². Embora a maioria dos pluviômetros estivesse fora da área delimitada pela quadricula, a área de influência de cada um dos pluviômetros foi considerada na avaliação da média, no que refletiu em melhores resultados. A Figura 3 mostra a comparação da chuva média em área quantificada pelo radar com a chuva média quantificada em área pelo método de Thiessen:

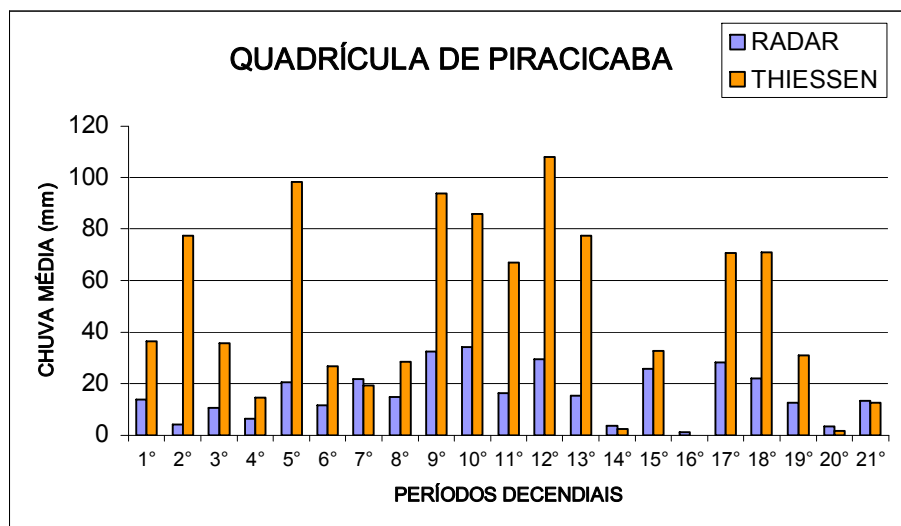


Figura 3 – Chuva média em área/período: radar x Thiessen na região de Piracicaba.

Pelos resultados obtidos verificou-se uma subestimação da chuva média quantificada pelo radar na maioria dos períodos decenciais com relação ao método de Thiessen. A exemplo, podemos considerar o período 12º, que obteve chuva em torno de 108 mm na média quantificada em área. Pelo radar, a quantificação da chuva em área, no mesmo período, foi de 25 mm. Por outro lado, valores baixos de chuva obtidos por Thiessen em períodos secos, como o 16º e o 20º, foram mais altos na contabilização da chuva média pelo radar.

A Figura 4 representa a distribuição espacial da chuva na área da quadricula de Piracicaba pelo radar no 12º período, e de acordo com a Figura 3, observa-se que na maior parte da região a chuvas ficaram em torno de 25 mm, apresentando apenas um núcleo (lado esquerdo da figura) com 60 mm. Nos períodos 17º e 21º foram registrados núcleos de chuva (166 mm e 134 mm, respectivamente) com os maiores níveis de intensidade em todo o intervalo analisado. Entretanto, de acordo com os totais da chuva acumulada pelos pluviômetros em cada período decencial, no período 17º apenas o posto de Rio Claro acumulou 126,2 mm e no período 21º o maior total acumulado foi no posto de Limeira com 26,6 mm.

CONCLUSÕES

A acurácia das medidas de chuva observada com radar tem normalmente sido estudada através das comparações de dados de radar e pluviômetro. Na Figura 3, observa-se uma disparidade nos resultados, os valores apresentados da chuva média em área quantificada pelo radar estão bastante discrepantes quando se compara a chuva média do pluviômetro. Embora o pluviômetro seja a medida da chuva em ponto e radar em área, nesse trabalho as chuvas obtidas pelos pluviômetros foram estimadas para chuva média em área através do método de Thiessen. Porém, os resultados encontrados da chuva média por Thiessen nos períodos chuvosos estão muito acima dos encontrados radar no mesmo período.

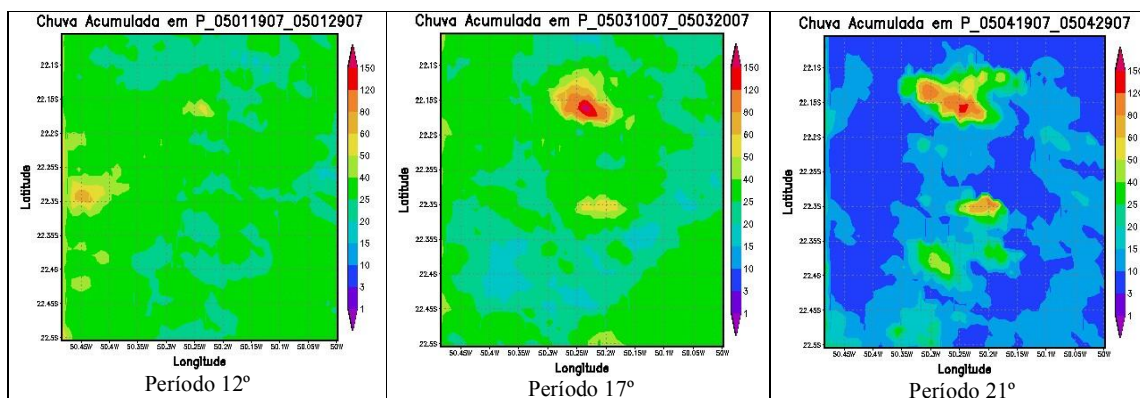


Figura 4 - Distribuição espacial da chuva média pelo radar na área - quadrícula de Piracicaba.

Em períodos mais secos, quase sem chuva pelas informações dos pluviômetros, a chuva quantificada pelo radar tem valores mais altos. De maneira geral, espera-se que realmente ocorra um erro na medida do radar, porém que ele não desvie significativamente dos resultados obtidos pelos pluviômetros. É possível que o erro, nesse caso, possa estar associado à utilização da equação do radar (relação Z-R) ou na calibração do radar e devido a isso, estudos posteriores poderão ser feitos com aplicações de outras relações Z-R que podem ser ajustáveis ao caso, conforme é expresso no manual do sistema IRIS do radar de Bauru.

BIBLIOGRAFIA

- BATTAN, L. J. *Radar observation of the atmosphere*. Chicago: University of Chicago Press, p.141, 1973.
- CALVETTI, L.; BENETI, C. A. A.; PEREIRA FILHO, A.J.P. Integração do radar meteorológico Doppler do Simepar e uma rede de pluviômetros para a estimativa da precipitação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. *Anais...*São José dos Campos: INPE, p.1137-1144, 2003.
- CALHEIROS, R.V.; ZAWADZKI, I. Reflectivity-rain rate relationships for radar hydrology in Brazil. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, v. 26, p.118-132, 1987.
- MOREIRA, I. A. *Modelagem hidrológica chuva-vazão com dados de radar e pluviômetros*. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidrológica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- MOSZKOWICZ, S. Bayesian approach for merging radar and gauge rainfall data and its application for model rainfall verification, 2001. Disponível em: <http://www.smhi.se/cost717/doc/WDD_02_200110_1.pdf>. Acesso em: 10 nov 2003.
- WILSON, J. W. & BRANDES, E.A. Radar measurements of rainfall. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 60, p.1048-1058, 1979.