

Eventos extremos de precipitação na cidade de Nova Iguaçu: Identificação e estimativa por radar

Wellerson Pinto da Costa¹; Gleison Rodrigues da Silva¹; Fabricio Polifke da Silva¹; Gisele Dornelles Pires¹; Rafael João Sampaio¹

¹Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

wellersoncostawp@gmail.com, gleisonro2012@gmail.com, briciopolfke@gmail.com, unigengenharia@gmail.com, samprafael@gmail.com

Resumo - *Eventos extremos de precipitação favorecem a ocorrência de cheias, deslizamentos de encostas e causam inúmeros transtornos à sociedade. Neste contexto, a análise da precipitação estimada por radar auxilia na quantificação espacial dos acumulados pluviométricos conducentes a ocorrência destes eventos críticos. Este trabalho utilizou os dados de refletividade medidos pelo radar meteorológico do Sumaré para estimar a chuva observada em dois eventos de chuvas extremas ocorridos na cidade de Nova Iguaçu em 2013. A estimativa da precipitação foi realizada utilizando as relações físicas e matemáticas propostas por Mashall-Palmer, Battam e Thunderstorms. Para avaliar a chuva estimada, utilizaram-se os dados das estações hidrológicas GBM Nova Iguaçu e Catavento pertencentes ao Sistema de Alerta de Cheias do Instituto Estadual do Ambiente. Através de uma análise quantitativa da série de dados, verificou-se que a chuva estimada pelo radar superestimou a chuva para as relações estratiformes e subestimou a chuva para a relação convectiva quando comparados os dados estimados em relação aos observados. Entretanto, através de uma análise qualitativa, foi possível verificar que a chuva estimada acompanhou bem os picos de precipitação observados.*

Palavras-chave: Chuva, radar, correlação.

Abstract - *Extreme rainfall events favor the occurrence of floods, landslides and slopes cause numerous disruptions to society. In this context, the analysis of the precipitation estimated by radar helps in the spatial quantification of the rainfall accumulations leading to the occurrence of these critical events. The present research used the reflectivity data measured by Sumaré meteorological radar to estimate the rainfall observed in two extreme rainfall events in the city of Nova Iguaçu in 2013. The precipitation estimation was performed using the physical and mathematical relationships proposed by Mashall-Palmer, Battam and Thunderstorms. To evaluate the estimated rainfall, data from the GBM Nova Iguaçu and Catavento hydrological stations belonging to the Flood Alert System of the State Environmental Institute were used. Through a quantitative analysis of the data series, it was verified that the rainfall estimated by the radar overestimated the rain for the stratiform relations and underestimated the rain for the convective relation when compared the estimated data in relation to the observed ones. However, through a quantitative analysis, it was possible to verify that the estimated rainfall followed well the precipitation peaks observed.*

Keywords: Rainfall, radar, correlation.

1 Introdução

O desenvolvimento de tecnologias capazes de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das gerações futuras, a preservação do meio ambiente, as mudanças climáticas e redução dos danos causados por desastres naturais têm adquirido grande interesse da comunidade científica nas últimas décadas. Como agentes delimitadores à sobrevivência humana, desastres naturais, definidos como o resultado de fenômenos naturais extremos ou intensos que causam grandes impactos na sociedade (Tobin e Montz 1997), se caracterizam como uma forte vertente de pesquisas e exploração de metodologias que visem a redução de riscos, estratégias em situações de crises e emergências e a mitigação das possíveis perdas e danos associados.

Na área das ciências atmosféricas, as ondas emitidas pelo radar podem identificar os sistemas meteorológicos e informar, quase em tempo real, sobre suas estruturas e seu desenvolvimento no tempo e no espaço; é possível, também, diagnosticar os sistemas convectivos desde os seus estágios iniciais de formação, a ocorrência de precipitação e dissipação. O ápice de seu uso se encontra na estimativa de chuva no solo. Em especial, destaca-se a hidrologia no uso direto das estimativas da precipitação como dados de entrada nos modelos de previsão de vazões, monitoramento de cheias e secas sobre bacias hidrográficas, estudos de drenagem urbana e segurança hídrica, projetos de barragens, etc. Para outras áreas, como navegação aérea, agricultura, construção civil, turismo e saúde pública, são importantes as informações em curto prazo sobre o padrão de chuvas e sua previsão para as próximas horas, isto é, nowcasting (Almeida 2002).

A identificação, rastreamento e previsão usando dados de radar são importantes ferramentas para o monitoramento da intensidade e localização de sistemas meteorológicos severos. Detectar tempestades, calcular suas propriedades físicas (tais como posição do centroide, integral vertical do conteúdo de água líquida, volume, altura máxima), e rastrear, e em conjunto prever, a evolução e deslocamento das tempestades torna o uso dos radares uma essencial parte das operações de Sistemas de Monitoramento Ambiental. Além do acompanhamento destas variáveis, os seus resultados podem ser utilizados como dados de entrada para algoritmos que possam estimar a ocorrência de outros fenômenos meteorológicos de interesse, como, por exemplo, granizo (Joe et al. 2004), assim como providenciar informações sobre os fenômenos meteorológicos em altas resoluções espaço-temporais.

Um radar meteorológico opera pela emissão de pulsos de energia eletromagnética na frequência de micro-ondas na atmosfera. Quando estes pulsos encontram objetos, parte desta energia eletromagnética é espalhada de volta ao radar. A energia medida pelo radar é proporcional à soma da sexta potência dos diâmetros dos tamanhos das gotas dentro da nuvem em uma unidade volumétrica iluminada pelo feixe de radar, definida como o fator de refletividade do radar (Z). A refletividade (Z) é então usada para calcular diferentes taxas de precipitação (R), sendo estas influenciadas diretamente pelas propriedades e concentrações dos hidrometeoros presentes na nuvem (Stout e Mueller 1968; Cataneo 1969; Cunnig et al 1977). Através da distribuição por tamanho exponencial de Marshall-Palmer (Marhsall e Palmer 1948), uma expressão que relaciona Z e R, chamada relação Z-R, é dada por:

$$Z = AR^b [1]$$

Em geral, o coeficiente A aumenta e o expoente b diminui com o aumento da atividade convectiva. Mesmo para tempestades semelhantes sobre uma mesma região geográfica, grandes variações das relações Z-R são observadas, caracterizando a necessidade contínua de calibrações locais das relações Z-R (Battan 1973; Wilson e Brandes, 1977).

Este trabalho visa avaliar a estimativa da precipitação por radar em um evento extremo de precipitação ocorrido na cidade de Nova Iguaçu com a finalidade de caracterizar a aplicabilidade destas relações físicas e matemáticas como ferramentas para a identificação dos acumulados pluviométricos conducentes à ocorrência de desastres naturais.

2 Materiais e Métodos

A cidade de Nova Iguaçu é um município localizado na região da Baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro, ocupa uma área de 523,888 km² (Figura 1) e população estimada de 798 657 habitantes (2017), segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/>). Os dados de precipitação utilizados são oriundos das estações da Rede Telemétrica do Sistema de Alerta de Cheias do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) localizadas na cidade de Nova Iguaçu (Figura 1).

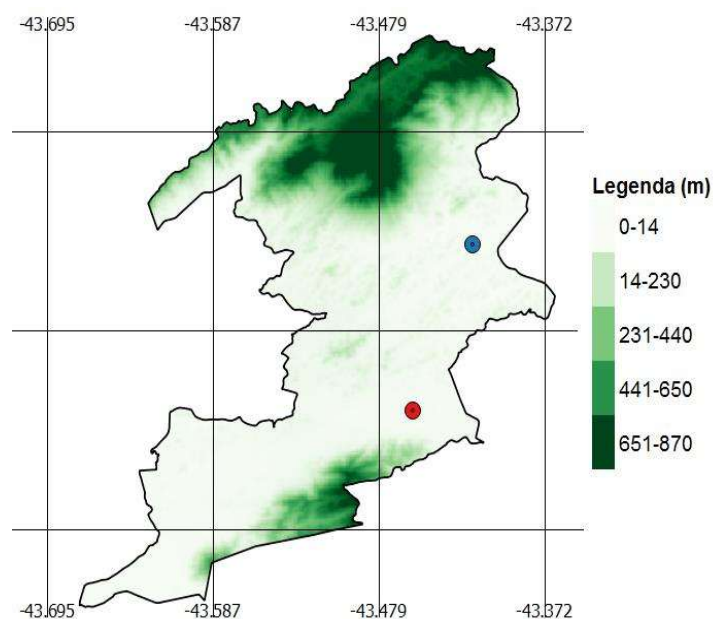


Figura 1 - Perfil de elevação da cidade de Nova Iguaçu e estações Catavento (azul) e GBM Nova Iguaçu (vermelho) do Sistema de Alerta de Cheias do INEA.

Os dados de refletividade utilizados nesta pesquisa foram obtidos através das varreduras realizadas pelo radar meteorológico do Sumaré localizado na cidade do Rio de Janeiro. O radar de Sumaré é um radar do tipo banda-C e está localizado no alto da Serra da Carioca, dentro do Parque Nacional da Tijuca, e realiza somente varreduras do tipo azimutal, isto é, com um ângulo de elevação fixo em 3°, sendo estas de grande utilidade para um maior detalhamento temporal dos dados (a cada 2 minutos).

Para a estimativa da precipitação serão utilizadas as relações Z-R (Tabela 1) propostas por Mashall-Palmer (MP), Battam (BT) e Thunderstorms (TD). Estas três relações foram escolhidas para caracterizar a

variabilidade microfísica presente entre as duas classes de tipos de nuvens, isto é, convectivas e estratiformes, que favorecem a ocorrência de precipitação na cidade de Nova Iguaçu.

Tabela1 - Relações ZR utilizadas

Nome	Relação	Ótima para
MP (Marshall e Palmer, 1948)	$Z = 200R^{1,6}$	Nuvens estratiformes
BT (Battan, 1973) – BT	$Z = 238R^{1,5}$	Nuvens estratiformes
TD (Battan, 1976)	$Z = 486R^{1,37}$	Nuvens convectivas

3 Identificação dos eventos extremos de chuva

A rede telemétrica do INEA realiza a coleta dos dados hidrológicos a cada quinze minutos. Assim, para a identificação dos eventos extremos de chuva realizou-se o somatório do total diário e utilizou-se o limiar de chuvas diárias acima de 100 mm (Dereczynski et al 2017) como critério para a identificação dos eventos extremos de chuva ocorridos na cidade de Nova Iguaçu. Através do limiar proposto foram encontrados seis eventos hidro meteorológicos extremos ocorridos na cidade de Nova Iguaçu entre 2007 e 2014. Com a finalidade de categorizar os sistemas meteorológicos que favoreceram a ocorrência destes acumulados pluviométricos, utilizaram-se as cartas sinóticas disponibilizadas pelo Centro de Hidrografia da Marinha. Dentre os seis eventos obtidos, verifica-se que a passagem de Frentes Frias sobre a região sudeste do Brasil favoreceu a ocorrência de 67 % dos eventos e a atuação das Zonas de Convergência do Atlântico Sul correspondeu a 33 % respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Eventos extremos de chuva

Dias	Chuva (mm)	Sistema Meteorológico
14/01/2009	143,4	Frente Fria
25/01/2010	114,2	Zona de Convergência do Atlântico Sul
29/03/2010	122,2	Frente Fria
05/12/2010	108,6	Zona de Convergência do Atlântico Sul
03/01/2013	168,4	Frente Fria
11/12/2013	125,2	Frente Fria

Apesar dos seis eventos extremos de chuva encontrados, o radar do Sumaré começou a operar no fim de 2010. Com isso, serão realizadas somente as análises dos eventos extremos ocorridos após este período, isto é, os eventos de 03/01/2013 e 11/12/2013.

4 Evento de chuva extrema ocorrido em 03/12/2013

A aproximação de uma frente fria em direção ao estado do Rio de Janeiro favoreceu a formação de tempestades isoladas no fim do dia 02 de janeiro de 2013 na cidade de Nova Iguaçu (Figura 2 – 20h00). No

decorrer da sua aproximação, novas tempestades se formaram a partir das 23h00 (Figura 2 – 04h00) e duraram até o fim da tarde do dia seguinte (Figura 2 – 16h00) sobre a cidade de Nova Iguaçu.

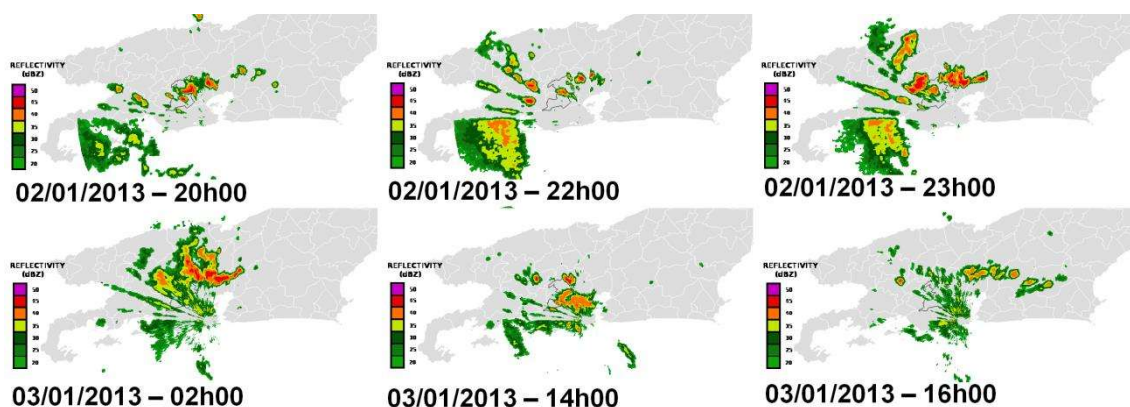


Figura 2 - Imagem georreferenciada do radar do Sumaré entre às 20h00 do dia 02/01/2013 e 16h00 do dia 03/01/2013 (direita). A cidade de Nova Iguaçu está delineada em preto.

Nas Figuras 3a e 3b é possível avaliar a chuva observada pela estação Catavento e GBM Nova Iguaçu (linha preta) e a chuva estimada pelo radar meteorológico utilizando a relação de Marshall-Palmer - MP (verde), Battam (vermelho) e Thunderstorms (azul). Através da Figura 3a, verifica-se que a chuva estimada pelo radar foi superestimada em aproximadamente 94% pelas três relações ZR em relação à chuva observada na estação Catavento. Pela Figura 3b, verifica-se que uma menor diferença entre às chuvas estimadas/observadas é observada. Para as relações MP e BT verifica-se aproximadamente uma superestimativa de 1%, enquanto que para relação de TD uma subestimativa de 27% em relação à chuva observada na estação GBM Nova Iguaçu. Pode-se também verificar que a chuva estimada pelo radar acompanhou bem o comportamento da chuva observada nas duas estações durante este evento extremo de chuva.

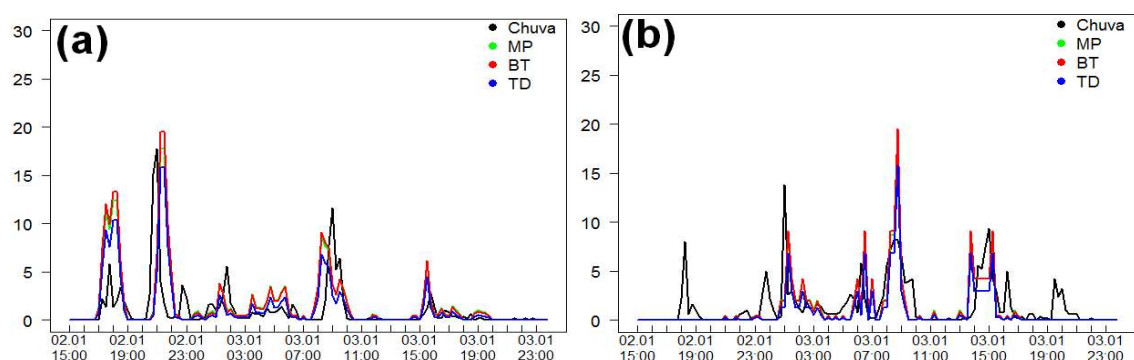


Figura 3 - Chuva observada e estimada por radar para a estação Catavento (a) e GBM Nova Iguaçu (b).

5 Evento de chuva extrema ocorrido em 11/12/2013

A aproximação de uma nova frente fria em direção ao estado do Rio de Janeiro favoreceu a formação de uma tempestade convectiva no fim do dia 10 de dezembro de 2013 na cidade de Nova Iguaçu (Figura 4a). Após a sua chegada, uma nova tempestade se formou no decorrer da madrugada (Figura 4b) e favoreceu a retroalimentação de novas áreas de instabilidade até o fim da manhã (Figura 4f) sobre a cidade de Nova Iguaçu.

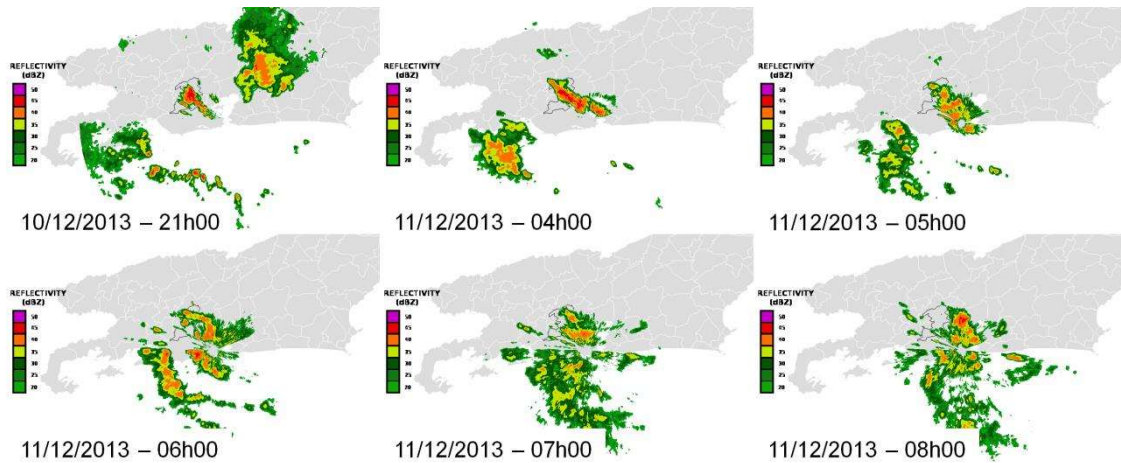


Figura 4 - Imagem georreferenciada do radar do Sumaré entre às 21h00 do dia 10/12/2013 e 08h00 do dia 11/12/2013 (direita). A cidade de Nova Iguaçu está delineada em preto.

Nas Figuras 5a e 5b é possível avaliar a chuva observada pela estação Catavento e GBM Nova Iguaçu (linha preta) e a chuva estimada pelo radar meteorológico utilizando a relação de Marshall-Palmer - MP (verde), Battam (vermelho) e Thunderstorms (azul). Através da Figura 5a, verifica-se que a chuva estimada pelo radar foi superestimada em 6% pela relação de MP e 5% pela relação de BT à chuva observada na estação Catavento. Para a relação de TD verifica-se uma subestimativa de 28%. Pela Figura 5b, verifica-se que uma maior diferença entre às chuvas estimadas/observadas, aproximadamente 40% para as três categorias, para estação GBM Nova Iguaçu. Pode-se também verificar que a chuva estimada pelo radar acompanhou bem o comportamento da chuva observada na estação GBM Nova Iguaçu.

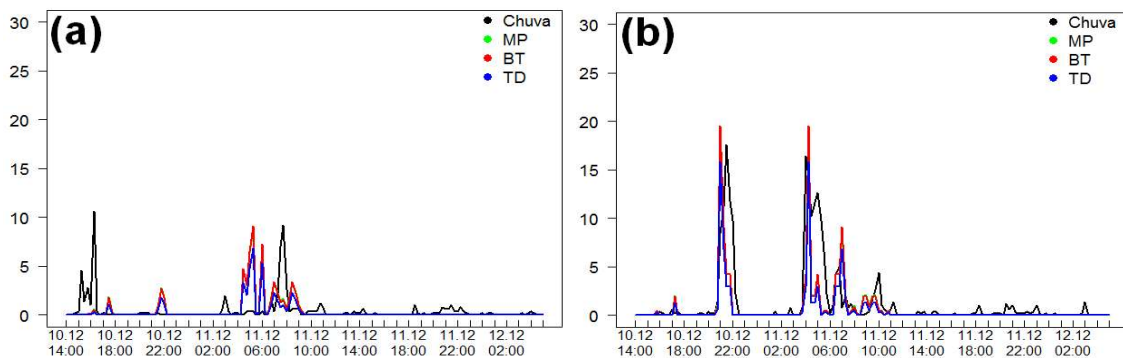


Figura 5 - Chuva observada e estimada por radar para a estação Catavento (a) e GBM Nova Iguaçu (b).

6 Conclusões

Através das análises comparativas realizadas verifica-se que a utilização das relações entre a refletividade medida pelos radares meteorológicos e a chuva coleta pelos pluviômetros apresenta um grande potencial para a estimativa da precipitação, assim como o conhecimento da sua distribuição espacial. Através das relações ZR escolhidas, verificou-se uma superestimativa da precipitação para as relações ótimas para nuvens estratiformes e uma subestimativa para as relações ótimas para nuvens convectivas. Tal comportamento, caracteriza a grande necessidade da calibração local destas relações objetivando uma maior acurácia da precipitação estimada por radar.

7 Referências Bibliográficas

- Almeida VM (2002) Estimativa da precipitação via radar meteorológico do Pico do Couto. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Battan LJ (1973) Radar Observation of the Atmosphere. Univ. of Chicago Press, Chicago, Illinois, 324 pp.
- Cataneo R (1969): A method for estimating rainfall rate-radar reflectivity relationships. J. Appl. Meteor., 8:815-819
- Cunning JB, Sax I (1977) A Z–R relationship for the GATE B-scale array. Mon. Wea. Rev 105: 1330-1336
- Joe P, Burgess D, Potts R, Keenan T, Stumpf A, Treloar AG (2004) The S2K severe weather detection algorithms and their performance. Wea. Forecasting, 19, 43–63.
- Marshall JP, Palmer WM (1948) The distribution of raindrops with size. J. Meteor., 5, 165–166.
- Dereczynski CP, Calado RN, Barros AB (2017) Extreme Rainfall in The City of Rio de Janeiro: History from the 19th Century. Anuário do Instituto de Geociências 40 (2):17-30
- Stout GE, Mueller EA (1968) Survey of relationships between rainfall rate and radar reflectivity in the measurement of precipitation. J. Appl. Meteor 7: 465-474
- Tobin GA, Montz BE (1997) Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.
- Wilson JW, Brandes EA (1979) Radar Measurement of Rainfall: A Summary. Bulletin of the American Meteorological Society, 60, 1048-1058. DOI: 10.1175/15200477(1979)060<1048:RMORS>2.0.CO;2