

XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ANÁLISE DO CICLO DIURNO DA PRECIPITAÇÃO EM FORTALEZA/CE E DA VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS NO ESTADO DO CEARÁ

*Taís Maria Nunes Carvalho¹ ; Cleiton da Silva Silveira² ; Victor Costa Porto³ ; Larissa Zaira
Rafael Rolim⁴ & Renata Locarno Frota⁵*

RESUMO – O ciclo diurno da precipitação é uma ferramenta importante para a avaliação da variabilidade pluviométrica e da ocorrência de eventos extremos em uma região. O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição das chuvas máximas diárias em Fortaleza e sua variabilidade espacial no estado do Ceará. Para isso, foram utilizados dados de precipitação diária obtidos entre os anos de 1970 e 1999. A análise da distribuição espacial dos horários das precipitações máximas diárias no estado do Ceará foi realizada a partir dos dados obtidos pelas Plataformas de Coleta de Dados distribuídas em seu território (série de 2001 a 2010). Foi constatado que o período no qual se concentram as precipitações máximas de Fortaleza se estende da madrugada até o início da manhã. A análise da variabilidade espacial das chuvas máximas no Ceará indicou que na região costeira, há uma maior concentração de chuvas no período da madrugada, enquanto no interior do estado as chuvas máximas se concentram no período da tarde. A região montanhosa localizada a noroeste do estado tem predomínio das chuvas vespertinas, e a região da Chapada do Araripe, ao sul do Ceará, se assemelha a região costeira, com chuvas concentradas na madrugada e início da manhã.

ABSTRACT – The diurnal cycle of precipitation is an important tool to evaluate the rainfall variability and the occurrence of extreme events in a region. The purpose of this study was to analyze the distribution of maximum daily rainfall in Fortaleza and its spatial variability in the state of Ceará. The temporal distribution of maximum daily rainfall in Fortaleza was evaluated from daily precipitation data obtained between 1970 and 1999. The analysis of the maximum daily precipitation spatial distribution in the state of Ceará was performed using the data obtained by the Data Collection Platforms distributed in its territory (2001 to 2002 time series). The period in which the maximum precipitation of Fortaleza is concentrated extends from night until the early morning. The analysis of the spatial variability of the maximum rainfall in Ceará indicated that the coastal region has a higher concentration of rainfall in the dawn period, while in the interior of the state the maximum rainfall is concentrated in the afternoon. The mountainous region located in the northwest region of the state is dominated by afternoon rain, and the region of the Chapada do Araripe, south of Ceará, resembles the coastal region, with heavy rainfall during the night and early morning.

Palavras-Chave – Chuva máxima diária. Ciclo diurno da precipitação.

1) Mestranda em Engenharia Civil: Recursos Hídricos. UFC. Fone: (85) 98150-8240, e-mail: taismarianc@gmail.com

2) Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. UFC. Fone: (85) 98812-9179, e-mail: cleitonsilveira@unilab.edu.br

3) Doutorando em Engenharia Civil: Recursos Hídricos. UFC. Fone: (85) 98833-1003, e-mail: victoreporto@gmail.com

4) Mestranda em Engenharia Civil: Recursos Hídricos. UFC. Fone: (85) 99673-4712, e-mail: larissazairarr@gmail.com

5) Mestranda em Engenharia Civil: Recursos Hídricos. UFC. Fone: (85) 99998-0718, e-mail: renata.locarno@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Silva (2013), no estudo dos processos hidrológicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, o ciclo diário da precipitação é uma informação de grande importância, sendo, juntamente com o ciclo semidiário (12 horas), um dos principais modos de variabilidade de precipitação nos trópicos. Assim, o estudo do ciclo diurno da precipitação é fundamental para o desenvolvimento de um sistema de alerta a cheias mais confiável e eficiente. A partir do conhecimento da variabilidade pluviométrica em pequenos intervalos de tempo, é possível identificar a ocorrência de eventos extremos e prever os riscos associados as chuvas intensas.

Segundo Tucci (2002), a expansão irregular sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, decorrente do processo de urbanização, tem comprometido a sustentabilidade hídrica das cidades. Para Canholi (2014), na maior parte das grandes metrópoles brasileiras, o crescimento das áreas urbanizadas se processou de forma acelerada e somente em algumas a drenagem urbana foi considerada fator preponderante no planejamento da sua expansão.

O desenvolvimento das cidades está diretamente relacionado ao aumento da área de superfícies pavimentadas, que causam a diminuição da permeabilidade e da infiltração do solo, provocando um aumento do escoamento superficial. Segundo Niemczynowicz (1999), a canalização de córregos naturais resulta em escoamento rápido com picos de vazão elevados. Essas mudanças no regime natural trazem efeitos significativos e muitas vezes desastrosos na bacia, incluindo o aumento na frequência de inundações.

De acordo com Tucci (2007), as inundações em áreas urbanas podem ser consequência tanto do processo de urbanização quanto da ocupação irregular dos leitos dos rios (inundações ribeirinhas), comumente associado a ineficiência no planejamento do uso do solo.

Os efeitos desses eventos sobre a população podem ser catastróficos, principalmente para as pessoas que residem em áreas vulneráveis. Os danos decorrentes das inundações se estendem desde perdas materiais até danos à saúde pública e prejuízos econômicos. Assim, a estruturação de um sistema de alerta a cheias torna-se fundamental para a segurança hídrica, dada sua capacidade de prever o risco de ocorrência de catástrofes e de emitir alertas a população em situação de vulnerabilidade.

Nesse contexto, é necessário conhecer a variação temporal da precipitação, a fim de identificar o período de maior incidência de chuvas intensas. Essa variação irá influenciar consideravelmente o hidrograma da bacia, e conseqüentemente, o estudo de cheias.

Monteiro e Zanella (2017) afirmam que a cidade de Fortaleza, localizada na porção litorânea do estado do Ceará, recebe maior atuação de sistemas atmosféricos como Linhas de Instabilidade (que ocorrem paralelas à costa), Sistemas de Brisa (ocorrem em áreas litorâneas), Distúrbios Ondulatórios de Leste (mais frequentes no litoral) e ZCIT devido a sua localização geográfica.

Estudos realizados por Teixeira (2008) revelaram a influência das brisas marítimas sobre a incidência de chuvas em Fortaleza. A partir da análise da variação horária da precipitação na cidade, o autor confirmou que o período no qual se tem maior registro de precipitação é o noturno, se estendendo até o início da manhã. As elevadas precipitações nesse período se devem a passagem da porção ocidental da frente de brisa terrestre pela cidade, que converge com os ventos alísios de sudeste e com sistemas meteorológicos de grande escala. Por outro lado, a brisa marinha favorece a ocorrência de chuva no interior do continente, justificando a menor frequência das chuvas no período da tarde.

O ciclo diurno de precipitação da região litorânea do Nordeste do Brasil já havia sido estudado por Kousky (1980), que constatou que a maior parte da precipitação registrada nessa área ocorre entre 21 e 9 horas, com exceção das regiões de fronteira com o Rio Grande do Norte e com o Piauí. O estudo se refere ao período de 1961 a 1970.

Pessoa e Campos (2015) validaram os resultados obtidos por Kousky (1980) e utilizaram formulações matemáticas para se obter o ciclo diário da precipitação, de forma que foi possível determinar a hora de ocorrência do máximo (5h05m) e do mínimo (17h05m). O modelo utilizado foi o senoidal II. O estudo apontou ainda uma forte correlação entre a duração do dia de insolação e o intervalo de tempo entre o pico de máxima e de mínima pluviosidade.

O presente trabalho visa analisar o ciclo diurno da precipitação de Fortaleza e identificar os períodos de maior incidência de chuva, servindo como ferramenta para a previsão de cheias e para a elaboração de um sistema de alerta. Além disso, busca verificar o horário de maior frequência de precipitação em diferentes regiões do Estado do Ceará.

2 METODOLOGIA

A região de estudo foi o Estado do Ceará e a sua capital, o município de Fortaleza, representados no mapa da Figura 1.

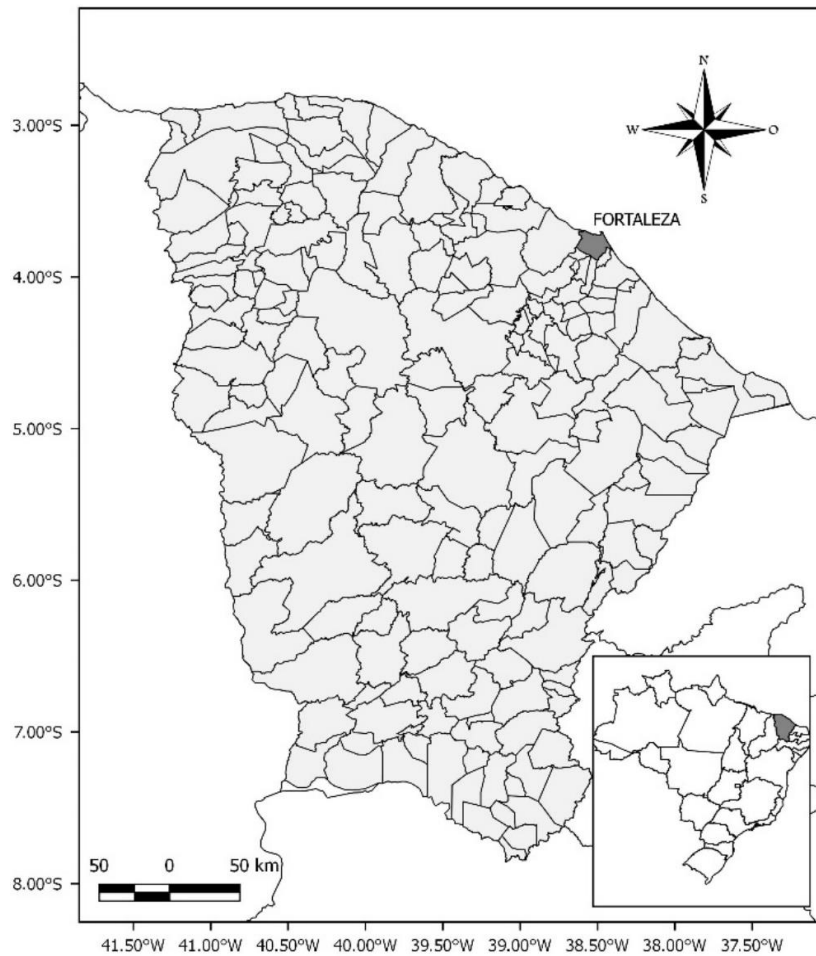


Figura 1 – Localização da região de estudo.

Para a análise do ciclo diurno de Fortaleza, foram utilizados dados registrados pelo pluviógrafo da estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. A série de dados se estende de 1970 a 1999, totalizando 30 anos de registros com intervalo de 5 em 5 minutos, com início às 09h00min e término às 09h00min do dia seguinte.

Os dados de precipitação do Estado do Ceará foram extraídos das Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), monitoradas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos e são correspondentes ao período entre 2001 e 2010. O mapa da Figura 2 dispõe a localização das PCDs utilizadas.



Figura 2 – Localização das PCDs do Ceará.

A partir dos dados diários de precipitação, que estavam agrupados em intervalos de 5 minutos, foi feita uma agregação dos dados em intervalos de 1 hora. Em seguida, foi extraído o horário da precipitação máxima diária para todos os meses da série. A partir disso, foi possível fazer uma distribuição de frequência dos horários em que se registrou precipitação máxima, acumulada para todos os anos da série, sendo gerado o ciclo diurno de precipitação considerando os 30 anos de dados.

O mesmo procedimento foi realizado para o estado do Ceará. A partir dos dados das PCDs, que estavam agrupados em intervalos de 1 hora, foi identificado o horário correspondente a precipitação máxima diária para todo o período da série. Após a obtenção da distribuição de frequência mensal dos horários em que se registrou precipitação máxima, foi feita a distribuição anual, e em seguida, a distribuição de frequência para 10 anos de dados. Em seguida, foi extraído o horário de maior frequência para cada PCD e os valores foram interpolados para todo o estado do Ceará, para que fosse verificada a distribuição espacial das chuvas máximas. O método de interpolação utilizado foi o Inverse Distance Weighting (IDW).

A Figura 3 apresenta brevemente a metodologia utilizada para cada área de estudo.

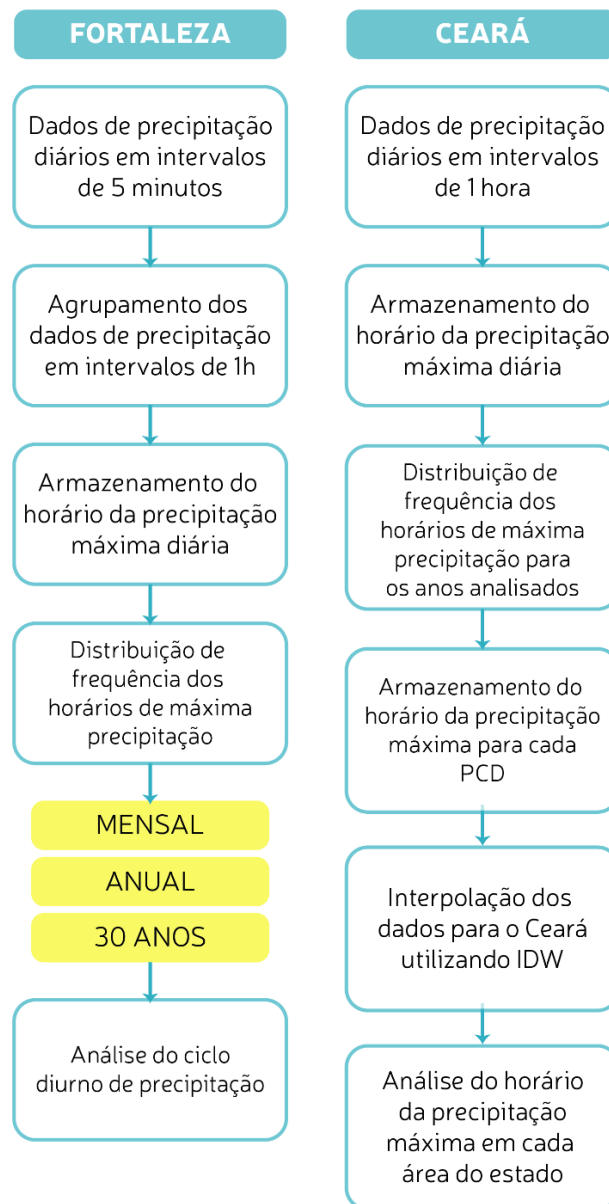


Figura 3 – Visão geral da metodologia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados de precipitação diária do posto pluviométrico da Universidade Federal do Ceará, foi obtida a distribuição de frequência dos horários das chuvas máximas diárias de Fortaleza, correspondente ao ciclo diurno da precipitação para a cidade, representado na Figura 4.

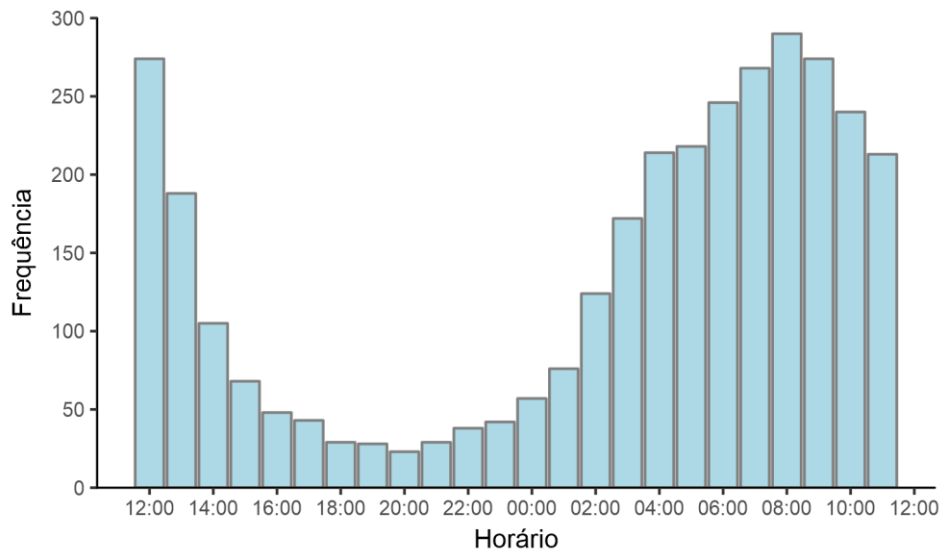


Figura 4 – Ciclo diurno da precipitação em Fortaleza.

Pode ser observado que as chuvas se concentram no período da madrugada, se estendendo até o início da manhã. Os resultados corroboram o que foi observado por Kousky (1980) e Teixeira (2008). O intervalo de ocorrência das precipitações máximas se estende de 2h00min até 11h00min e o horário de precipitação máxima ocorre às 8 da manhã.

A predominância das chuvas nesse período se deve, em grande parte, a convergência da brisa terrestre (durante a noite, o Oceano está mais aquecido, formando uma região de baixa pressão térmica, de forma que o ar sopra da terra para o mar) com o fluxo de ar vindo do Oceano Atlântico.

Também foi feita a análise dos dados de precipitação diária das Plataformas de Coleta de Dados distribuídas pelo estado do Ceará, a partir dos quais foi extraído o horário de precipitação máxima para cada PCD. O resultado da interpolação espacial dos dados de precipitação máxima horária pode ser visualizado no mapa da Figura 5.

A partir do mapa, é possível notar que no interior do Ceará, a precipitação ocorre predominantemente durante o período da tarde, enquanto na região litorânea e no sul do estado, a precipitação se concentra durante a madrugada e o início da manhã.

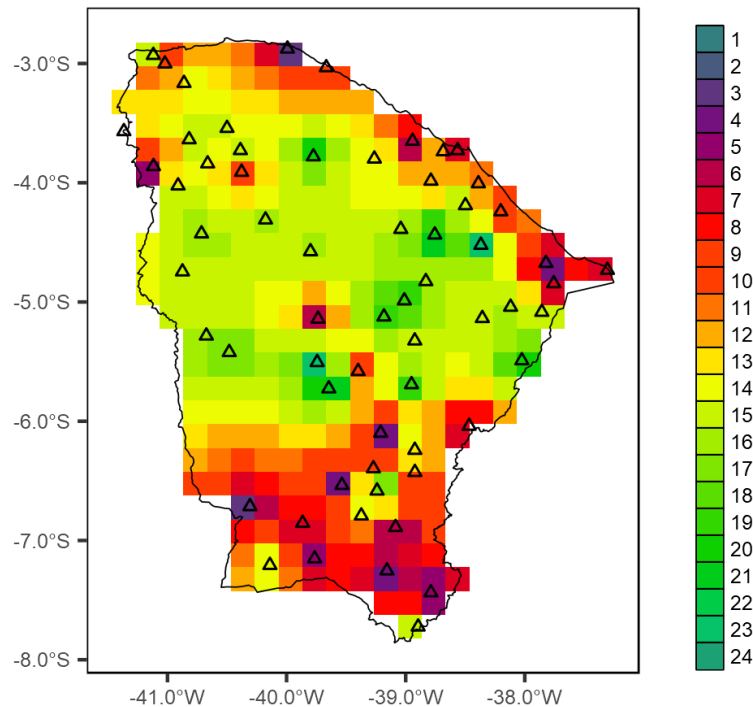


Figura 5 – Horário da precipitação máxima no Ceará.

É possível relacionar a distribuição dos períodos de precipitação máxima com a hipsometria do estado. Na região da Serra de Ibiapaba, localizada a noroeste do Ceará, na fronteira com o Piauí, foi observado o predomínio das chuvas vespertinas. O mesmo foi observado para a Serra de Baturité.

Ao sul do estado, encontra-se a Chapada do Araripe, cuja região de barlavento está localizada no Ceará, enquanto a região de sotavento está no estado de Pernambuco. Diferente do que acontece na Serra de Ibiapaba, na Chapada do Araripe, ao sul do estado, as chuvas são predominantes no período da madrugada e início da manhã.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da avaliação da distribuição temporal das chuvas máximas em Fortaleza, realizada através do ciclo diurno das precipitações, foi observado que o período no qual predominam as precipitações na cidade é o da madrugada e do início da manhã.

A análise da distribuição espacial dos horários das precipitações máximas diárias no território do Ceará permitiu a identificação da relação dos sistemas climáticos atuantes no estado com esses períodos de predominância de precipitações máximas.

A região costeira possui maior concentração de chuvas no período da madrugada, e o interior do estado, no período da tarde. Além disso, foi identificado que o período de concentração das chuvas intensas na região da Serra da Ibiapaba é semelhante ao interior do Ceará, ou seja, estão distribuídas no período vespertino. Na região da Chapada do Araripe, ao sul do estado, o comportamento é semelhante a região costeira – as chuvas máximas se acumulam no período da madrugada e início da manhã.

A partir dessas informações, é possível elaborar um sistema de alerta de cheias capaz de prevenir a população e os tomadores de decisão a respeito de eventos de chuvas intensas. Estudos posteriores podem utilizar o ciclo diurno das precipitações para realizar a previsão de vazões e a possível ocorrência de eventos de inundação. Além disso, pode ser feita uma correlação entre os horários de precipitação máxima e ocorrências relacionadas a eventos de inundação registradas pela Defesa Civil do estado.

REFERÊNCIAS

- CANHOLI, A. P. (2014). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. São Paulo: Oficina de Textos.
- KOUSKY, V. E. (1980). “*Diurnal rainfall variation in the Northeast Brazil*”. *Monthly Weather Review*. Boston, v. 108, n. 4, pp. 488 – 498.
- SILVA, C. M. S. (2013). “*Ciclo diário e semidiário de precipitação na costa norte do Brasil*”. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 28, n. 1, p. 34 – 42.
- TEIXEIRA, R. F. B. (2008). “*O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza/CE*”. *Revista Brasileira de Meteorologia*. São Paulo, v.23, n.3, pp. 282 – 291.
- TUCCI, C. E. M. (2002). “*Gerenciamento da Drenagem Urbana*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 1, pp. 5 – 27.
- TUCCI, C. E. M. (2007). *Inundações urbanas*. Porto Alegre: ABRH/RHAMA.
- MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. (2017). “*A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE*”. *Geotextos*, v. 13, n. 2, pp. 135 – 159.
- NIEMCZYNOWICZ, J. (1999). “*Urban hydrology and water management – present and future challenges*”. *Urban Water*, v. 1, n. 1, pp. 1 – 14.
- PESSOA, F. E. P.; CAMPOS, J. N. B. (2015). “*Ciclo diário de precipitações pluviais em intervalos de cinco minutos no município de Fortaleza*”. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, v. 30, n. 2, pp. 195 – 204.