



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

AVALIAÇÃO DE LIMIARES CRÍTICOS DE PRECIPITAÇÃO PARA EMISSÃO DE ALERTAS DE DESASTRES HIDROLÓGICOS NA CIDADE DE RECIFE-PE

Gastão Cerquinho da Fonseca Neto¹ ; Leandro Casagrande² ; Alan Reis² ; Jorge Luiz Barbarotto Junior² ; & Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral³

Palavras-chave: alerta hidrológico, enxurradas, alagamentos, tempo de retorno.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de transtornos relacionados a alagamentos e inundações em áreas densamente urbanizadas, geralmente pode ser associada a dois fatores: a intensidade da chuva e a ocupação de áreas susceptíveis; como áreas de baixadas, com drenagem alterada pela ação antrópica, construções sobre o leito de canais ou áreas naturalmente úmidas (várzeas). Sobre este aspecto, é fundamental determinar limiares de precipitação que possam distinguir uma chuva normal ou corriqueira de um evento que gera impactos a população dentro deste cenário.

Tradicionalmente, o dimensionamento das obras de escoamento das águas pluviais em um planejamento urbano organizado, é baseado em equações de intensidade, duração e frequência (IDFs), obtidas a partir de um histórico de chuvas que seja representativo de uma região. Neste escopo, a intensidade refere-se a taxa de precipitação em um determinado tempo, a duração é o tempo propriamente dito, e a frequência está associada a um período de retorno (TR), que representa a probabilidade em termos de tempo, de um volume de chuva com duração específica, ser igualado ou superado. Desta forma, eventos com TR baixos, podem ser considerados corriqueiros, ao passo que eventos com TR altos, referem-se a chuvas intensas que não ocorrem com tanta frequência.

Da mesma forma que existem limiares de precipitação já consolidados em termos de IDFs para dimensionamento e planejamento de obras nas cidades, existe uma lacuna quando se fala em áreas desordenadas e fora dos padrões. Sendo assim, para efeitos de monitoramento e envio de alertas antecipados para a população, é fundamental uma reavaliação de limiares que leve em consideração as especificidades de cada local, considerando a estrutura atual do ordenamento urbano.

Nesse contexto, a previsibilidade e antecipação desses eventos de inundação representam um fator relevante na emissão de alertas para que a Defesa Civil possa atuar nas áreas mais suscetíveis e vulneráveis. Para isso, o Centro Nacional de Monitoramento

¹) Universidade Federal de Pernambuco – gastao.cerquinho@ufpe.br.

²) Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden).

³) UFPE e UPE - jaime.cabral@poli.br

e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) é responsável por realizar o monitoramento e emitir alertas de desastres geodinâmicos e hidrológicos que subsidiem o salvaguardar de vidas e diminuam a vulnerabilidade social, ambiental e econômica decorrente desses eventos (Cemaden, 2022). Para a instituição, estabelecer limiares para emissão de alertas, constitui uma tarefa importante, na medida em que possibilita dar assertividade e confiabilidade aos alertas de riscos de desastres.

O objetivo deste artigo, portanto, é avaliar a validade do parâmetro de chuva com intensidade para tempo de retorno de 2 anos e duração de chuva de 1 hora para a antecipação de eventos de enxurradas e alagamentos, com estudo de caso para a cidade do Recife.

METODOLOGIA

Área de estudo e dados

O estudo foi realizado no município de Recife, selecionado por apresentar o maior número de registros de ocorrências hidrológicas no estado de Pernambuco. Foram utilizados dados de precipitação de todos os postos pluviométricos do CEMADEN, instalados no município, cobrindo o período entre março de 2016 e maio de 2025. Os registros destes postos, feitos em intervalos de 10 minutos, foram extraídos e correlacionados com os eventos em que houve registro de emissão de alerta e registro de ocorrência de alagamentos e enxurradas no município, conforme informações do banco de dados de ocorrências do CEMADEN e informações complementares de sites de notícias locais.

Para estabelecimento de um limiar inicial, utilizou-se a coletânea de equações de chuvas intensas do Brasil, compilada por Torres et al. (2025), a qual indica que para Recife, o volume de chuva para TR de 2 anos e duração de 60 minutos é de 55 mm. Considerou-se que a equação de chuva representa o município em sua integralidade. Assim, não necessariamente a resposta para a emissão de alerta deve vir desse posto que possui equação de chuva, mas de qualquer posto dentro do município.

Limiar de TR 2 anos e 1 hora

No presente estudo, adotou-se o tempo de retorno (TR) de 2 anos, por se tratar de um valor classicamente associado à calha menor ou ao leito natural de córregos e riachos em sistemas de drenagem, conforme indicado por Tucci (2020) e Azevedo Netto (2023). Em estudos de geomorfologia fluvial, Christofolletti (1981) aponta que o valor estatisticamente mais preciso para esse limiar seja de aproximadamente 1,58 ano. Ainda assim, a adoção do TR de 2 anos justifica-se por razões práticas e de padronização metodológica.

Ressalta-se que a hipótese deste estudo, ao considerar o TR de 2 anos para diferentes regiões, extrapola a simples noção probabilística de ocorrência de cheias. Tal escolha incorpora, de forma implícita, as características geomorfológicas dos canais fluviais, independentemente de estarem inseridos em vales encaixados, planícies aluviais mais espalhadas ou em distintas posições ao longo da bacia hidrográfica urbana. Nesse contexto, reconhece-se que a precipitação, enquanto fator determinante da dinâmica hidrológica, exerce papel central na conformação da paisagem, tendo seus efeitos progressivamente internalizados na morfologia do relevo e, conseqüentemente, na definição do tempo de retorno adotado.

Adicionalmente, conforme Tucci (2020), a duração da chuva de 1 hora foi considerada por se aproximar do tempo de concentração típico de riachos urbanos. De modo geral, classificam-se como bacias pequenas aquelas com área de drenagem inferior a 2,5 km² ou com tempo de concentração inferior a 1 hora, características comuns em ambientes urbanos densamente ocupados. Por fim, em bacias de pequena escala é prática corrente assumir a intensidade da chuva constante ao longo do tempo, bem como a uniformidade espacial da precipitação, simplificação compatível com os objetivos deste estudo.

Análise e Tratamento de Dados

Para garantir a qualidade da análise, foram removidos dados espúrios. O posto Nova Descoberta teve registros retirados devido a inconsistências, como o registro de 139,1 mm em 10 minutos em 01/05/2023 (sem ocorrências) e anomalias nos dias 02, 03, 06 e 07 de maio de 2023. Também foram excluídos registros anômalos da estação Alto do Céu (05/04/2016, 18/03/2022 e 12/12/2023) e da estação Várzea (30/12/2023).

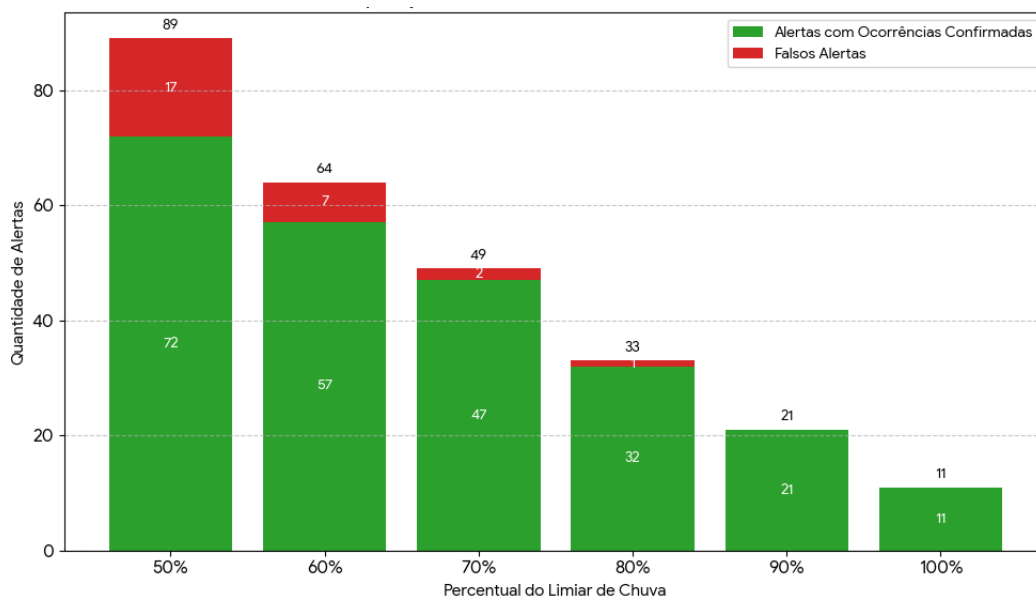
Foram calculados os acumulados móveis de 1 hora de chuva durante todo o período de dados, simulando a emissão de alertas baseados em percentuais do limiar estabelecido, os quais sejam 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100%. A metodologia considerou que o envio de alerta é dado para o município se qualquer pluviômetro ultrapassar o respectivo percentual do limiar inicialmente estabelecido. Um novo alerta só é contabilizado após 6 horas do primeiro.

Na contabilização dos registros de ocorrência, adotou-se o critério de que inconsistências associadas à baixa precisão temporal, caracterizadas por diferenças de até um dia entre os registros, fossem tratadas como pertencentes a um mesmo evento. Os registros de ocorrência envolvem tanto as ocorrências com alerta quanto as ocorrências sem alerta. O envio de alerta (moderado, alto, muito alto) é dado para o município, independente se a chuva ocorre em um determinado bairro e em outro não.

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a relação entre a porcentagem do limiar de 55 mm ($i_{2,60}$) e a eficácia dos alertas gerados.

Figura 1 - Composição dos Alertas Emitidos (Com ocorrência vs. Falsos)



Observa-se que a utilização de 100% do limiar eliminou os falsos alertas (alertas sem ocorrências), mas reduziu drasticamente o número de alertas emitidos (apenas 11), sugerindo que muitas ocorrências de alagamento acontecem antes de a chuva atingir o limiar completo. Por outro lado, o limiar de 50% gerou 89 alertas, capturando mais eventos reais (72), mas com um número maior de falsos positivos (17).

É importante realçar que, considerando que a análise de dados utiliza acumulados móveis de 1 hora, o registro de um alerta para um percentual de limiar mais alto (ex.: 70%) também aparece nos registros de alerta para os percentuais inferiores (no caso do exemplo para 50% e 60%), o que também explica a tendência decrescente do gráfico da Figura 1 e a redução de registros de alertas. Adicionalmente, considerando que a análise levou em conta todos os pluviômetros do município, registros de acumulados altos em apenas uma estação pluviométrica podem gerar ocorrências pontuais não registradas, seja pelas fontes oficiais, como os relatórios e registros da Defesa Civil; ou pelos sites de notícias

CONCLUSÕES

A utilização do limiar de chuva para TR de 2 anos e duração de 1 hora, acoplado a fatores percentuais, mostrou-se uma medida simples e eficaz para auxiliar a tomada de decisão da emissão de alertas de enxurradas e alagamentos, considerando o estudo de caso realizado para o município de Recife/PE. A análise demonstrou que eventos chuvosos que atingem 90% a 100% do limiar indicado correspondem a eventos com ocorrência. Desta forma, a utilização de percentuais elevados garante a redução do número de alertas sem ocorrência, mas pode falhar na detecção de ocorrências menores que já causam transtornos, assim como não garantir o envio antecipado do alerta ao município, o que pode restringir o tempo de ação da Defesa Civil e de outros órgãos competentes. Assim, a utilização de fatores percentuais menores, associada a outros parâmetros, como a Previsão Numérica de Tempo e produtos associados a previsão de curtíssimo prazo, como o Radar meteorológico, as condições topográficas e de uso e cobertura do solo (que favoreçam a ocorrência de alagamentos e enxurradas em determinadas regiões); dentre outros aspectos, pode favorecer o envio de alertas hidrológicos precisos e antecipados.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. Manual de Hidráulica. 2023.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. 1981.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. 22 de julho de 2022. Apresentação. <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/aceso-a-informacao/institucional-1/apresentacao>

TORRES, I.P.; CECÍLIO, R.A.; DE ALMEIDA, L.T.; ABREU, M.C.; DA SILVA, D.D.; ZANETTI, S.S.; XAVIER, A.C. Rainfall Intensity–Duration–Frequency Curves Dataset for Brazil. Data 2025, 10, 17. <https://doi.org/10.3390/data10020017>

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2020.