

ANÁLISE DE EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS INTENSOS DE CURTA DURAÇÃO COM FOCO EM MICRODRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO EM PORTO VELHO (RO)

José Emanuel dos Santos Mourão¹; Tatiane Emilio Checchia²; Alexandre Felipe Onorato Costa³ & Astrea Alves Jordão⁴

RESUMO – As mudanças climáticas têm intensificado alterações no ciclo hidrológico, ampliando a frequência e a intensidade de eventos extremos de precipitação, com impactos sobre a drenagem urbana. Este estudo caracterizou precipitações intensas de curta duração na área urbana de Porto Velho (RO), visando subsidiar parâmetros de chuva de projeto aplicáveis ao dimensionamento, avaliação e manutenção de sistemas urbanos de manejo de águas pluviais. Foram analisados aproximadamente 85.000 registros pluviométricos da estação nº 863008, com intervalo de 15 minutos, no período de 2013 a 2025. A metodologia contemplou eventos ≥ 15 mm/15 min e ≥ 30 mm/15 min, considerando suas distribuições anual, mensal e horária. Os resultados indicaram média de 15 eventos anuais ≥ 15 mm/15 min, correspondendo a cerca de 26,8% da precipitação total, com maior concentração entre outubro e maio. Eventos ≥ 30 mm/15 min ocorreram principalmente entre 14h e 19h, associados a chuvas convectivas tropicais. Dados sub-horários mostram-se essenciais para representar chuvas críticas e subsidiar a drenagem urbana amazônica.

Palavras-Chave – Precipitação intensa; Microdrenagem urbana; Chuva de projeto.

ABSTRACT– Climate change has intensified changes in the hydrological cycle, increasing the frequency and intensity of extreme precipitation events, with impacts on urban drainage. This study characterized short-duration intense rainfall events in the urban area of Porto Velho, Rondônia, Brazil, aiming to support design rainfall parameters applicable to the sizing, assessment, and maintenance of urban stormwater management systems. Approximately 85,000 rainfall records from station no. 863008 were analyzed, with a 15-minute temporal resolution, covering the period from 2013 to 2025. The methodology considered events ≥ 15 mm/15 min and ≥ 30 mm/15 min, analyzing their annual, monthly, and hourly distributions. The results indicated an average of 15 annual events ≥ 15 mm/15 min, corresponding to approximately 26.8% of total precipitation, with higher concentration between October and May. Events ≥ 30 mm/15 min occurred mainly between 2:00 p.m. and 7:00 p.m., associated with tropical convective rainfall. Sub-hourly data proved essential for representing critical rainfall events and supporting urban drainage planning in the Amazon region.

Key-words – Intense precipitation; Urban microdrainage; Design rainfall.

¹) Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) – Campus José Ribeiro Filho. BR-364, Km 9,5, sentido Acre. CEP 76.826-000, Porto Velho, RO – Brasil. Fone: (69) 2101-2100. E-mail: josemanueldossantosmourao@gmail.com

²) Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) – Campus José Ribeiro Filho. BR-364, Km 9,5, sentido Acre. CEP 76.826-000, Porto Velho, RO – Brasil. Fone: (69) 2101-2100. E-mail: tatiane@unir.br

³) NUHIDRO, Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM) – Av. Lauro Sodré, 6500 - Aeroporto, CEP 76803-260, Porto Velho, RO – Brasil. Fone: (69) 2018-0200. E-mail: alexandre.costa@sipam.gov.br

⁴) NUHIDRO, Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM) – Av. Lauro Sodré, 6500 - Aeroporto, CEP 76803-260, Porto Velho, RO – Brasil. Fone: (69) 2018-0200. E-mail: astrea.jordao@sipam.gov.br

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm alterado o ciclo hidrológico, modificando padrões de precipitação, evapotranspiração, umidade atmosférica e a frequência de secas, cheias e eventos extremos. O aumento da temperatura média global amplia a capacidade da atmosfera de armazenar vapor d'água, favorecendo precipitações mais intensas sob condições propícias à convecção. Segundo o IPCC (2021), há evidências de aumento da frequência e/ou intensidade de eventos extremos de chuva em diversas regiões, com implicações diretas para a gestão de riscos, o planejamento urbano e o dimensionamento de infraestruturas hidráulicas .

Na Amazônia, essas mudanças assumem maior relevância devido ao papel da floresta na regulação climática regional e continental. A bacia amazônica participa da circulação de umidade e da formação de precipitações na América do Sul, mas estudos indicam intensificação do ciclo hidrológico, maior variabilidade interanual e aumento da ocorrência de eventos extremos. Gloor *et al.* (2013) associam essa intensificação a mudanças nos fluxos de umidade atmosférica, enquanto Marengo e Espinoza (2016) destacam a maior frequência de secas e cheias extremas, com impactos sobre populações, ecossistemas, infraestrutura, transporte, energia e segurança hídrica .

A bacia do rio Madeira, onde se insere Porto Velho, apresenta elevada importância hidrológica e socioeconômica, sendo marcada por variabilidade climática, eventos extremos de precipitação, cheias e estiagens. Estudos na bacia evidenciam a influência de fenômenos como El Niño e La Niña sobre a frequência e tendência de chuvas extremas, bem como a relação entre anomalias oceânicas, variabilidade pluviométrica e resposta hidrológica regional (SOUZA *et al.*, 2020; LAUREANTI *et al.*, 2024) .

No meio urbano, os impactos das chuvas intensas são ampliados pela impermeabilização do solo, redução da infiltração, aumento do escoamento superficial e perda da capacidade natural de armazenamento das bacias. Em áreas urbanizadas, especialmente em bacias com pequeno tempo de concentração, chuvas convectivas de curta duração e alta intensidade podem antecipar o pico de vazão e sobrecarregar rapidamente a microdrenagem. Assim, o conhecimento da intensidade, duração, frequência e distribuição temporal das chuvas é essencial ao dimensionamento, avaliação e manutenção dos sistemas urbanos de manejo de águas pluviais (TUCCI, 2008) .

Em cidades amazônicas, esse desafio é agravado pela sazonalidade pluviométrica, predominância de chuvas convectivas, escassez de séries pluviográficas longas e baixa densidade de estações com alta resolução temporal. Porto Velho apresenta elevados acumulados anuais, estação chuvosa definida e ocorrência recorrente de eventos intensos; estudos locais demonstram a

importância da análise horária e sub-horária para compreender a variabilidade das chuvas e seus efeitos sobre a drenagem urbana (SANTOS NETO, 2014).

Embora existam estudos e equações intensidade-duração-frequência para Rondônia e Porto Velho, essas informações devem ser complementadas por análises locais com dados recentes e sub-horários. Nesse contexto, este estudo busca caracterizar as precipitações intensas de curta duração na área urbana de Porto Velho, subsidiando parâmetros de chuva de projeto para dimensionamento, avaliação e manutenção dos sistemas urbanos de manejo de águas pluviais

2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido no município de Porto Velho, capital de Rondônia, localizado na Amazônia Sul-Occidental e inserido na bacia do rio Madeira. Segundo o Censo Demográfico de 2022, o município possui aproximadamente 34 mil km², população de 460.434 habitantes e densidade demográfica de 13,51 hab./km² (IBGE, 2025). Embora apresente baixa densidade territorial, a sede urbana concentra população e infraestrutura, tornando-se vulnerável aos impactos de chuvas intensas sobre a mobilidade, o sistema viário e os sistemas de drenagem urbana.

O clima local é caracterizado por temperaturas elevadas, alta umidade relativa do ar e sazonalidade pluviométrica bem definida, com período chuvoso entre outubro e maio e estação menos chuvosa entre junho e agosto. A ocorrência frequente de chuvas convectivas de curta duração e elevada intensidade reforça a importância da análise horária e sub-horária da precipitação para estudos de drenagem urbana em Porto Velho (SANTOS NETO, 2014). Além disso, condições físicas e urbanas, como relevo suavemente ondulado, solos com limitações naturais à drenagem, proximidade do lençol freático e avanço da impermeabilização, podem favorecer alagamentos e rápida formação do escoamento superficial. Essas características intensificam a resposta hidrológica em bacias urbanas de pequeno tempo de concentração, sobrecarregando sarjetas, bocas de lobo, galerias pluviais, canais e demais dispositivos de manejo de águas pluviais (SILVA *et al.*, 2016).

Para a elaboração da pesquisa, foram utilizados dados telemétricos de precipitação registrados em intervalos de 15 minutos, referentes ao período de 2013 a 2025, provenientes da estação pluviométrica 863008, localizada nas coordenadas 08°44'31" S e 63°54'09" W. A estação é operada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), com dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A escolha dessa base justifica-se pela resolução temporal sub-horária, adequada à análise de precipitações intensas de curta duração, especialmente relevantes para sistemas urbanos de drenagem e microbacias com resposta hidrológica rápida.

Os registros foram organizados em série temporal contínua, considerando data, horário e precipitação acumulada em cada intervalo de 15 minutos. Inicialmente, realizou-se a verificação da consistência da série, com identificação de falhas, períodos sem dados, valores nulos e anos com comportamento discrepante em relação à média histórica. Após o tratamento dos dados, foram calculados os acumulados anuais e mensais de precipitação, bem como a frequência de ocorrências sub-horárias intensas.

Para a caracterização das chuvas críticas, adotaram-se dois limiares: precipitações iguais ou superiores a 15 mm em 15 minutos, equivalentes a 60 mm/h, e precipitações iguais ou superiores a 30 mm em 15 minutos, equivalentes a 120 mm/h. Esses limiares foram considerados indicadores operacionais de criticidade pluviométrica, por representarem chuvas convectivas capazes de gerar rápida resposta hidrológica, sobrecarga da microdrenagem, alagamentos, erosão e impactos sobre a mobilidade urbana.

A análise foi desenvolvida em três etapas: avaliação dos acumulados anuais e da participação das ocorrências ≥ 15 mm/15 min no volume total precipitado; análise da distribuição mensal dessas ocorrências, visando identificar os meses de maior criticidade; e avaliação da distribuição horária das ocorrências ≥ 30 mm/15 min, com foco nos períodos do dia mais suscetíveis a chuvas de alta intensidade. A contribuição relativa das chuvas intensas foi estimada pela razão entre o acumulado precipitado nos intervalos que atingiram o limiar de 15 mm/15 min e o acumulado anual total. Adicionalmente, os acumulados anuais foram comparados qualitativamente com episódios de El Niño e La Niña, com base na classificação do Oceanic Niño Index disponibilizada pela NOAA, buscando verificar possíveis associações entre variabilidade climática de grande escala e comportamento pluviométrico local. Os resultados foram interpretados considerando sua aplicação ao planejamento, dimensionamento, avaliação e manutenção dos sistemas urbanos de manejo de águas pluviais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a análise de consistência da estação pluviométrica 863008, identificaram-se inconsistências no ano de 2021, cujo acumulado anual foi de 1.054,6 mm, valor inferior à média dos demais anos da série, de 2.629,54 mm, além da ausência de registros entre 1º de dezembro de 2021 e 31 de janeiro de 2022, período normalmente associado aos maiores volumes pluviométricos regionais. Para a interpretação dos dados considerou-se o predomínio de chuvas convectivas pontuais, típicas de regiões tropicais (SANTOS NETO, 2014), bem como a influência de anomalias

climáticas, especialmente o ciclo ENOS, que pode alterar a circulação atmosférica e intensificar ou reduzir a ocorrência de chuvas na Amazônia (SANTOS *et al.*, 2011).

3.1. Estudo geral de eventos iguais ou superiores a 15mm/15min

Em média, foram registrados 15 eventos anuais com valores iguais ou superiores a 15 mm/15 min, correspondendo a aproximadamente 26,8% do total precipitado na série analisada. A Figura 1 permite comparar, ano a ano, o acumulado total de precipitação, o volume associado aos eventos com valores iguais ou superiores a 15 mm/15 min e a quantidade de ocorrências registradas. Essa análise evidencia que os eventos intensos não ocorrem de forma isolada, mas integram de maneira expressiva o regime pluviométrico anual de Porto Velho..

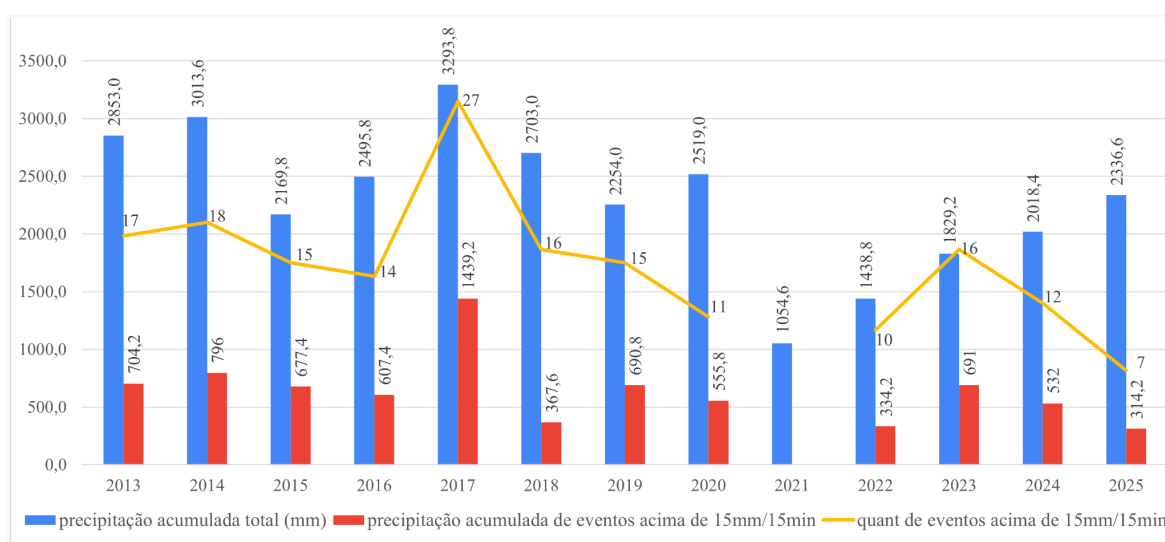


Figura 1 – Distribuição anual da precipitação acumulada total e ocorrência de chuvas que atingiram 15mm em 15 minutos

A Figura 2 complementa essa avaliação ao apresentar a contribuição percentual desses eventos em relação ao total anual precipitado. Os resultados mostram que uma parcela significativa da chuva anual está concentrada em eventos de curta duração e elevada intensidade, reforçando que o dimensionamento e a avaliação dos sistemas de drenagem urbana não devem se basear apenas em acumulados diários, mensais ou anuais, mas também em intensidades sub-horárias capazes de gerar rápida resposta hidrológica em áreas impermeabilizadas.

A comparação dos acumulados anuais com os períodos de ocorrência de El Niño e La Niña, conforme classificação da NOAA (2025), indicou que a precipitação local não apresentou comportamento exclusivamente condicionado ao ENOS. O ano de 2017, sob La Niña moderada, registrou volumes acima da média, enquanto 2014 apresentou o segundo maior acumulado da série

mesmo sob El Niño fraco a moderado. Em 2015, por outro lado, a ocorrência de um El Niño intenso coincidiu com redução expressiva da precipitação acumulada.

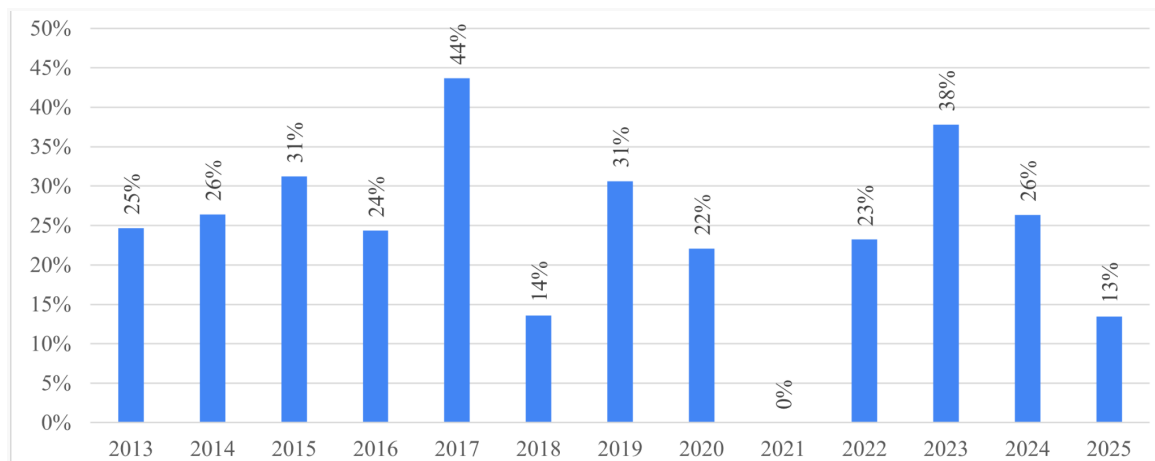


Figura 2 – Percentual acumulado dos eventos de chuva maiores que 15mm/15min em relação a precipitação acumulada anual

Os resultados indicam que os eventos com valores iguais ou superiores a 15 mm/15 min são recorrentes e hidrológicamente relevantes para Porto Velho. Embora não constituam, isoladamente, uma equação intensidade-duração-frequência, esses eventos representam referência preliminar para avaliação da criticidade pluviométrica urbana e podem subsidiar estudos posteriores voltados à definição de parâmetros de chuva de projeto.

3.2. Distribuição mensal dos eventos iguais ou superiores a 15mm/15min

A segunda etapa avaliou a distribuição mensal dos eventos iguais ou superiores a 15 mm em 15 minutos, buscando identificar os meses de maior criticidade pluviométrica e sua relação com a sazonalidade climática de Porto Velho. Para isso, foram considerados a média mensal de precipitação acumulada e a frequência de eventos intensos registrados na série histórica.

A Figura 3 evidencia maior concentração de eventos intensos durante o período chuvoso, especialmente entre outubro e maio, em consonância com o regime pluviométrico típico da região. Esse padrão reforça a necessidade de planejamento preventivo antes do início da estação chuvosa, incluindo limpeza de bocas de lobo, desobstrução de galerias, manutenção de canais, revisão de dispositivos de drenagem e programação de intervenções viárias.

Entretanto, a distribuição mensal também mostra que os riscos associados às chuvas intensas não se restringem aos meses de maior acumulado pluviométrico. A ocorrência de evento crítico em junho, com 43,6 mm registrados em 08 de junho de 2016, indica que chuvas intensas de curta

duração podem ocorrer em meses de transição ou de menor pluviosidade, exigindo estratégias contínuas de manutenção e gestão da infraestrutura urbana.

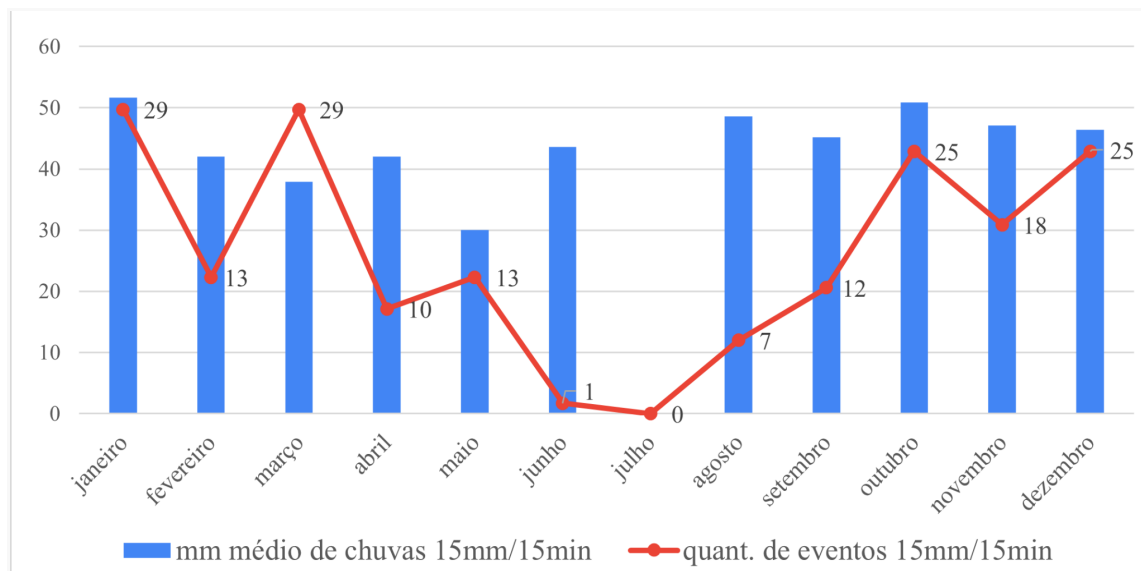


Figura 3 – Distribuição mensal de precipitação acima de 15mm em 15 minutos

Do ponto de vista da engenharia civil, os resultados indicam que cronogramas de obras de drenagem, pavimentação, terraplenagem e manutenção urbana devem considerar não apenas os volumes médios mensais, mas também a possibilidade de eventos sub-horários intensos. Esses eventos podem provocar erosão em canteiros, danos a pavimentos recém-executados, carregamento de sedimentos para a rede de drenagem, obstrução de dispositivos hidráulicos e paralisação de atividades.

3.3. Distribuição horária dos eventos iguais ou superiores a 30mm/15min

Na terceira etapa, foram analisados os eventos iguais ou superiores a 30 mm em 15 minutos, equivalentes a 120 mm/h, por representarem condição de elevada criticidade para a infraestrutura urbana. Esse tipo de chuva pode provocar alagamentos rápidos, sobrecarga da microdrenagem, danos à pavimentação, erosão localizada e comprometimento da mobilidade urbana.

A Figura 4 apresenta a distribuição horária desses eventos e evidencia predominância entre 14h e 19h. Esse padrão é compatível com chuvas convectivas tropicais, geralmente associadas ao aquecimento diurno, ao aumento da instabilidade atmosférica e à formação de sistemas precipitantes no período da tarde.

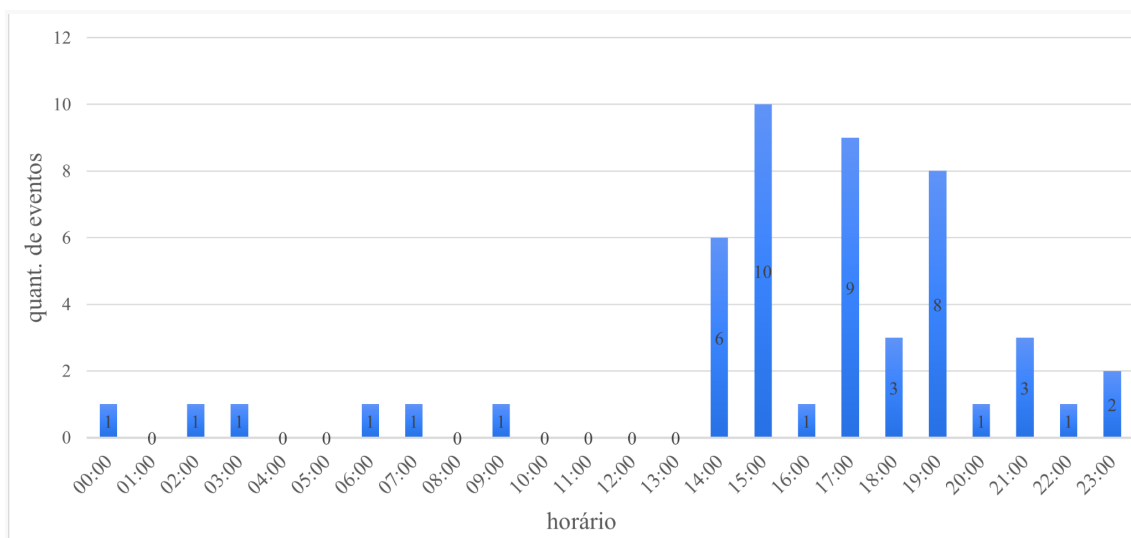


Figura 4 – Mapeamento de horário de eventos acima de 30mm/15min

Do ponto de vista urbano, a concentração dos eventos mais intensos nesse intervalo é relevante porque coincide com horários de maior circulação da população, como retorno do trabalho, saída escolar, transporte coletivo, motocicletas e aumento do fluxo viário. Assim, os eventos com valores iguais ou superiores a 30 mm/15 min devem ser interpretados também como fatores de risco operacional para a cidade, especialmente em áreas com histórico de alagamentos, baixa declividade, deficiência de bocas de lobo, assoreamento de canais ou obstruções na rede de drenagem.

Os resultados da Figura 4 corroboram Santos Neto (2014), que identificou maior frequência de precipitações intensas no período da tarde em Porto Velho e predominância de eventos com duração de até uma hora.

A concentração dos eventos ≥ 30 mm/15 min no período da tarde possui implicações operacionais para a gestão urbana, uma vez que coincide com horários de maior circulação de pessoas e veículos. Em áreas com deficiência de microdrenagem, baixa declividade, obstrução de bocas de lobo, assoreamento de canais ou elevada impermeabilização, esses eventos podem potencializar alagamentos rápidos e comprometer a mobilidade. Assim, os resultados indicam que a manutenção preventiva dos dispositivos de drenagem deve ser planejada antes e durante o período chuvoso, considerando não apenas os acumulados mensais, mas também a ocorrência de chuvas sub-horárias de elevada intensidade.

A recorrência de chuvas intensas de curta duração evidenciada pelos dados reforça que o planejamento urbano e os projetos de drenagem em Porto Velho não devem considerar apenas acumulados diários, mensais ou anuais, mas também intensidades sub-horárias associadas às chuvas

convectivas amazônicas. Dessa forma, esta caracterização fornece subsídios diretos para o aprimoramento da manutenção preventiva, da limpeza de bocas de lobo e galerias, da revisão de dispositivos de drenagem e da adaptação dos sistemas urbanos de manejo de águas pluviais às condições hidrológicas específicas da Amazônia Sul-Occidental.

4. CONCLUSÃO

A análise dos registros pluviométricos sub-horários da estação nº 863008, no período de 2013 a 2025, permitiu caracterizar as precipitações intensas de curta duração na área urbana de Porto Velho e evidenciar sua importância para o planejamento, dimensionamento e manutenção dos sistemas urbanos de manejo de águas pluviais. Os resultados demonstraram que os eventos iguais ou superiores a 15 mm em 15 minutos, equivalentes a 60 mm/h, são recorrentes, com média de 15 ocorrências anuais e participação expressiva no volume total precipitado, configurando componente relevante do regime pluviométrico local.

A distribuição temporal indicou maior concentração desses eventos no período chuvoso, especialmente entre outubro e maio, embora também tenham sido identificadas ocorrências críticas fora dos meses tradicionalmente mais chuvosos. Já os eventos iguais ou superiores a 30 mm em 15 minutos, equivalentes a 120 mm/h, concentraram-se principalmente entre 14h e 19h, padrão compatível com chuvas convectivas tropicais e relevante para a mobilidade urbana, por coincidir com horários de maior circulação da população, transporte coletivo, deslocamentos escolares e fluxo viário. Do ponto de vista da engenharia civil, os limiares analisados constituem indicadores preliminares de criticidade pluviométrica para a microdrenagem urbana.

Por fim, destaca-se que a definição formal de parâmetros de chuva de projeto requer análises estatísticas complementares, incluindo levantamento de séries de máximas anuais para diferentes durações, ajuste de distribuições probabilísticas, estimativa de tempos de retorno e comparação com equações intensidade-duração-frequência disponíveis para Porto Velho e Rondônia. Conclui-se que o uso de dados pluviométricos em escala sub-horária é essencial para subsidiar o dimensionamento, a avaliação e a manutenção da drenagem urbana, especialmente diante das mudanças climáticas, da intensificação dos eventos extremos e da crescente vulnerabilidade das áreas urbanizadas.

REFERÊNCIAS

GLOOR, M. BRIENEN, R. J.; GALBRAITH, D.; FELDPAUSCH, T. R.; SCHÖNGART, J.; GUYOT, J.-L.; ESPINOZA, J. C.; LLOYD, J.; PHILLIPS, O.L. (2013) “*Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades*”. Geophysical Research Letters 40(9), pp. 1729-1733. DOI: 10.1002/grl.50377.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2025) “*Porto Velho (RO)*”. IBGE Cidades. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/porto-velho.html>. Acesso em: 10 maio 2026.
- IPCC. (2021) “*Climate Change 2021: The Physical Science Basis*”. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- LAUREANTI, N. C.; TAVARES, P. S.; TAVARES, M. G.; RODRIGUES, D. C.; GOMES, J. L.; CHOU, S. C.; CORREIA, F. W. S. (2024) “*Extreme seasonal droughts and floods in the Madeira River Basin, Brazil: diagnosis, causes and trends*”. *Climate* 12(8), 111. DOI: 10.3390/cli12080111.
- MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. (2016) “*Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts*”. *International Journal of Climatology* 36(3), pp. 1033-1050. DOI: 10.1002/joc.4420.
- NOAA. GGWEATHER. (2025) “*El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI)*”. GG Weather. Disponível em: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 12 maio 2026.
- SANTOS, S. R. Q.; SILVA, R. B. C.; BARRETO, P. N.; NUNES, H. G. G. C.; RODRIGUES, R. S. (2011) “*Regime térmico e hídrico do solo para área de floresta tropical em anos de El Niño e La Niña, Caxiuanã-PA: estudo de caso*”. *Revista Brasileira de Meteorologia* 26(3), pp. 367-374.
- SANTOS NETO, L. A. dos. (2014) “*Distribuição horária da precipitação em Porto Velho-RO*”. *Revista Brasileira de Climatologia* 14, pp. 213-228. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v14i1.36131>.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). (2016) “*Atlas Pluviométrico do Brasil: equações intensidade-duração-frequência: município de Porto Velho, estação Porto Velho, código 00964005*”. Porto Velho: CPRM/SGB. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/17520/1/atlas_pluviometrico_porto_velho.pdf. Acesso em: 10 maio 2026.
- SILVA, M. J. G.; QUERINO, C.; SANTOS NETO, L. A.; MACHADO, N. G. (2016) “*Efeito da ocupação do solo sobre o clima de Porto Velho, Rondônia, Brasil*”. *RA'E GA: O Espaço Geográfico em Análise* 38, pp. 239-251.
- SOUZA, V. A. S.; MOREIRA, D. M.; ROTUNNO FILHO, O. C.; RUDKE, A.P. (2020) “*Extreme rainfall events in Amazonia: the Madeira River basin*”. *Weather and Climate Extremes* 29, 100274. DOI: 10.1016/j.wace.2020.100274.
- TUCCI, C. E. M. (2008) “*Águas urbanas*”. *Estudos Avançados* 22(63), pp. 97-112.