

Precipitação e ocorrência de inundação e alagamentos na área urbana de nova Mutum/MT-Brasil

O atual processo de urbanização acelerado tem provocado impactos significativos nas áreas urbanas como, por exemplo, a impermeabilização dos solos, o que é inviabilizado ainda pelo sistema de drenagem pluvial, que nem sempre atende às demandas de crescimento urbano. Diante dessa situação, o objetivo deste trabalho foi fazer uma análise das medições pluviométricas em um período de trinta e seis anos, correlacionando com a expansão urbana para avaliar as probabilidades de possíveis aumentos na incidência de alagamentos e inundações na área urbana de Nova Mutum/MT – Brasil. Para o estudo foi realizado levantamento bibliográfico a fim de entender como outros trabalhos retratam a problemática e também sobre o processo de expansão da cidade. Na sequência foi feito um levantamento de notícias em sites locais retratando as ocorrências de alagamento e inundações e uma ida a campo para observação das áreas com maiores incidências registradas. Os dados pluviométricos foram obtidos pelas séries históricas dos anos de 1985 a 2020 do banco de dados da Hidroweb da Agência Nacional de Água (ANA). Após a aplicação da metodologia de análise, verificou-se que as alturas pluviométricas, para os períodos que foram analisados os eventos de alagamentos e inundações, não foram suficientes para provocar o fenômeno, o que pode estar associado ao planejamento urbano redundando em um mau direcionamento da drenagem pluvial.

Palavras-chave: Urbanização; Drenagem pluvial; Impermeabilização; Dados pluviométricos.

Precipitation and occurrence of flood and flooding in the urban area of nova Mutum/MT-Brazil

The current accelerated urbanization process has caused significant impacts in the urban areas, such as the impermeability of soils, which is still unfeasible due to the rainwater drainage system that does not always meet the demands of growth. In light of this situation, the purpose of this study was to analyze rainfall in the last thirty-six years, correlating with urban expansion to assess the probabilities of possible increases in the incidence of flooding and flooding in the urban area of Nova Mutum/MT - Brazil. For the study, a bibliographical survey was carried out in order to understand how other works portray the problem and also about the city's expansion process. Afterwards, a survey of news on local websites was carried out, portraying occurrences of flooding and flooding, and a field trip to observe the areas with the highest incidences produced. Rainfall data were obtained from historical series from 1985 to 2020 from the Hidroweb database of the Agency Nacional das Águas (ANA). After applying the analysis methodology, it was found that the rainfall, for the periods that were necessary for the events of flooding and flooding, were not sufficient to cause the phenomenon, which may be associated with urban planning where there is a misdirection of rainwater drainage.

Keywords: Urbanization; Pluvial drainage; Waterproofing; Occurrences; Pluviometric data.

Topic: **Planejamento Urbano**

Received: **12/09/2022**

Approved: **28/09/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Fabiana dos Santos Rocha 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1266791868490454>
<http://orcid.org/0000-0003-4011-8874>
rocha.fabiana@unemat.br

Tadeu Miranda de Queiroz 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2582121765769124>
<http://orcid.org/0000-0002-1959-7658>
tdmqueiroz@unemat.br

Francisney de Campos Galvão 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5252310375757956>
<http://orcid.org/0000-0001-5770-9115>
galvao.francisney@unemat.br

Adley Bergson Gonçalves de Abreu 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0687667210455834>
<http://orcid.org/0000-0001-5260-4533>
adley@unemat.br

Gisele Carignani 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1138942613997317>
<http://orcid.org/0000-0003-1702-1556>
gisele.carignani@unemat.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0024

Referencing this:

ROCHA, F. S.; QUEIROZ, T. M.; GALVÃO, F. C.; ABREU, A. B. G.; CARIGNANI, G.. Precipitação e ocorrência de inundação e alagamentos na área urbana de nova Mutum/MT-Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.9, p.307-317, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0024>

INTRODUÇÃO

A intensa urbanização vem provocando uma expansão desordenada nas cidades e essa ocupação, de acordo com Reis et al. (2014), tem se expandido para áreas próximas aos corpos hídricos e também para o fundo dos vales ocasionando o aumento de ocorrência de alagamentos e inundações.

Processos de alagamentos urbanos são recorrentes no Brasil e suas causas são geralmente as mesmas e tem relação com eventos de precipitações intensas associadas a um mau dimensionamento das obras hidráulicas de drenagem, como demonstrado por Reis et al. (2014) em Patrocínio-MG, Gomes et al. (2020) em Cabo de Santo Agostinho-PE e Oliveira et al. (2015) em Campinópolis/MG. As consequências dos alagamentos também são semelhantes como demonstrando por Vestena et al. (2020), quais são elas: alterações no fluxo de veículos e pedestres, perdas ou danos a bens materiais da população, a proliferação de doenças afetando a saúde pública ou até mesmo a morte de pessoas.

Neste contexto, Nova Mutum/MT vem apresentando os mesmos problemas de alagamento na área central da cidade, semelhante ao que ocorre em outros lugares do país, o que torna imprescindível o conhecimento da dinâmica pluviométrica local para que haja um planejamento urbano mais eficaz com vistas a evitar que essa situação se perdue, como ressaltado por Arrouche et al. (2013), quando reforçam o fato de que o desenvolvimento urbano traz consigo um aumento do escoamento superficial concentrado devido à impermeabilização do solo que é cada vez mais agravada, produzindo uma maior probabilidade de alagamentos nos pontos de fragilidade.

Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi fazer uma análise do regime pluviométrico de uma estação próxima à Nova Mutum/MT-Brasil, e correlacionar os eventos de chuva registrados com a ocorrência de inundação e alagamentos na área urbana local.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O local de estudo foi a cidade de Nova Mutum (Figura 1), a qual está localizada na Mesorregião Norte do estado de Mato Grosso (IMEA, 2010), nas coordenadas geográficas Latitude: 13° 21 '58,07" S e Longitude: 56° 11' 25,07" a uma distância aproximada de 260 km de Cuiabá, capital do estado, possuindo limites territoriais com nove municípios, Lucas do rio Verde, Tapurah, Nova Maringá, Sorriso, Santa Rita do Trivelato, Nobres, Diamantino, São José do Rio Claro e Diamantino.

Com um clima tropical quente e semiúmido apresenta uma estação seca de maio a setembro e uma chuvosa nos meses de outubro a abril. A temperatura anual média fica em torno de 24 °C e a precipitação anual média de 2.200 mm podendo chegar até 2.400 mm, durante a estação chuvosa a umidade relativa do ar chega aos 80% enquanto que no período de estiagem pode cair para 35%. O relevo é plano com declive inferior a 3% e está localizada na microrregião da bacia hidrográfica do Alto Teles Pires na Chapada dos Parecis, onde 80% dos seus solos é composto por Latossolos e 20% Neossolos (MINAMI et al., 2017).

Coleta, tratamento e análise de dados

Foi feita uma caracterização do crescimento populacional urbano com base em dados do IBGE para os anos de 1991, 2010 e 2019 e estimativas da Prefeitura Municipal para 2020 a fim de aferir a expansão demográfica.

Para entender melhor a problemática dos alagamentos e inundações foi realizado um levantamento de notícias sobre ocorrências de inundações e alagamentos em sites de notícias locais e de posse dessas informações realizou-se uma comparação com os dados pluviométricos registrados nos dias em que ocorreram tais eventos buscando explicar as ocorrências pelos dados da estação pluviométrica mais próxima do centro urbano, na tentativa de descobrir qual é a mínima altura pluviométrica capaz de provocar alagamentos e inundações na cidade.

Os dados pluviométricos foram obtidos dos arquivos da Estação Pluviométrica nº 1356002 localizada no município de Nova Mutum – MT, os quais estão disponíveis na plataforma, Hidroweb da Agência Nacional de Água (ANA) do período de 1985 a 2020, desprezando os anos com falhas de dados. Os dados foram organizados em planilha eletrônica possibilitando filtrar: precipitação diária; precipitação mensal e precipitação anual, totais e máximas, além de permitir cálculos e análises de estatística descritiva.

Do total de 36 anos da série histórica, foram aproveitados 28 anos (1985...2000; 2003; 2004; 2007...2014; 2018 e 2020) para contabilização da altura pluviométrica anual e de posse desses dados foi gerado um pluviograma anual para mostrar a variação pluviométrica no período. Também foi feita a verificação de aderência dos dados à distribuição Normal pelo teste de Kolmogorov – Smirnov a 5% de probabilidade e também o Histograma de Frequência Relativa e Função Densidade de Massa. Foi determinada a média, a máxima, a mínima e o desvio padrão amostral da precipitação média anual.

Do mesmo conjunto de dados aferiu-se o mês com maior precipitação mensal em cada ano da série, acumulando-se o número de ocorrência de cada mês no período de 1985 a 2020. Neste caso, sabendo que a região apresenta uma estação chuvosa bem definida, considerou-se, para essa análise, dados apenas dos meses chuvosos, o que deu origem a um conjunto 31 valores. Os valores dessas precipitações foram utilizados para calcular a precipitação média máxima de cada mês. De posse do número de ocorrência de cada mês e do número total de observações calculou-se a probabilidade de ocorrência de chuva máxima em cada mês, fazendo o quociente entre o Número de Ocorrências pelo Número de Observações, multiplicado por 100.

Também se fez uma análise das chuvas máximas de 1 dia aplicando a distribuição Log-Normal a partir do Logaritmo Neperiano da Precipitação máxima de 1 dia em cada ano. Para essa análise considerou-se apenas os anos com a série de dados sem nenhuma falha, o que deu origem a um conjunto de 24 valores de máxima de 1 dia. A partir desses dados foi feita a verificação de aderência à distribuição Normal pelo teste de Kolmogorov – Smirnov a 5% de probabilidade e por fim calculou-se a Probabilidade de Excedência, o Tempo de Retorno e Chuva Máxima de 1 dia em função do tempo de retorno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Nova Mutum vem apresentando um crescimento acelerado nos últimos trinta anos conforme os dados da Tabela 1. Em 1991 o município contava com um total de 5.698 habitantes sendo que a população urbana era em torno de 2.108 habitantes, em 2010 sua população total saltou para 31.649 habitantes, sendo que desse total, 25.865 residiam no perímetro urbano (Atlas Brasil¹). Para 2019, de acordo com a estimativa realizada pelo IBGE (2010), a população urbana passou para um total de 37.209 habitantes (Tabela 1).

Tabela 1: Evolução da população, total e urbana, do município de Nova Mutum/MT entre 1991-2019.

Ano	População Total	População Urbana
1991	5.698	2.108
2010	31.649	25.865
2019	45.378	37.209

É notório que o processo de urbanização está ocorrendo em ritmo acelerado exigindo uma infraestrutura que seja auto suficiente para atender a demanda de crescimento. Nesse sentido, segundo o Plano Diretor de Nova Mutum (2015), a cidade possui seu desenvolvimento pautado no planejamento urbano onde existe fiscalização nas áreas de construção e de recursos hídricos visando uma expansão dentro do que está previsto em seu projeto de desenvolvimento.

Na Figura 1 apresenta-se a evolução da população urbana estimada (A) e do número de Alvarás de construção expedidos pela prefeitura municipal (B).

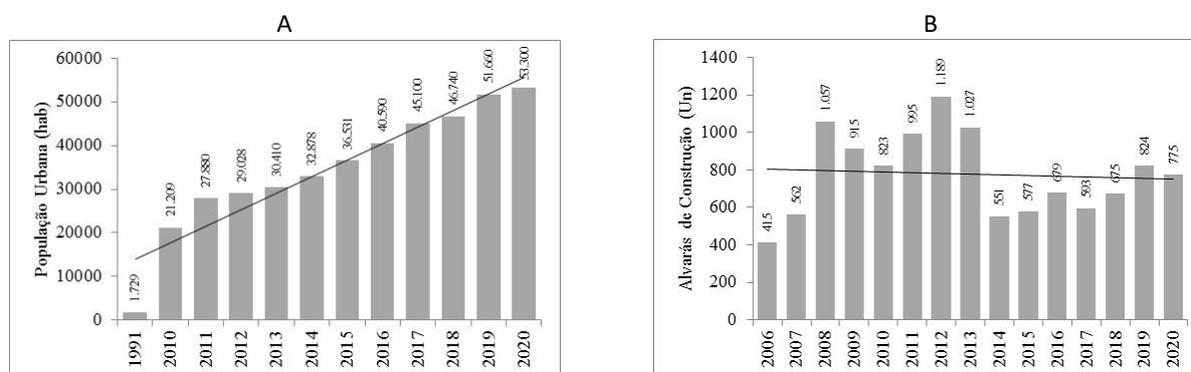


Figura 1: Crescimento da população urbana de Nova Mutum no período de 1991 – 2020 (A) e número de Alvarás de construção emitidos pela prefeitura municipal entre 2006 e 2020 (B).

Pelos dados da Figura 2.A nota-se crescimento populacional urbano, a partir de 2010, numa tendência linear, praticamente constante a uma taxa média de 9,91% ao ano. Esse crescimento populacional deve ter impulsionado a expansão do perímetro urbano mais ou menos à mesma taxa. Na Figura 1.B apresenta-se o histórico de emissão de alvarás de construção do município no mesmo período, donde se verifica variação significativa a cada ano, com tendência de queda nos últimos anos. As explicações para o contraste entre aumento da população e redução das construções podem ser duas: a primeira pode ser a verticalização das moradias, uma tendência observada na cidade, e a segunda pode ser o adensamento

¹ <http://www.atlasbrasil.org.br/acervo/atlas>

populacional com mais pessoas ocupando os mesmos espaços habitacionais.

Esse cenário pode estar impulsionando o aumento da impermeabilização dos solos à medida que, por falta de moradia, as pessoas fazem adaptações irregulares, como edículas e ampliações diversas reduzindo a área permeável dos seus imóveis. Por outro ponto de vista, esse resultado pode estar revelando o déficit de moradia no município de Nova Mutum.

O planejamento urbano está voltado para atender a necessidade de crescimento e com isso precisa gerir local e forma de ocupação e a necessidade de infraestrutura urbana apta a contemplar tal crescimento, caso contrário os problemas de ordem urbana como os alagamentos e até mesmo os casos de inundações poderão acompanhar o ritmo acelerado de crescimento.

Diante desses problemas urbanos, Santos (2021) afirma que para que haja uma reorganização do planejamento urbano voltado para atender as demandas de crescimento e que seja pensado na infraestrutura, como construções, pavimentação e a impermeabilização dos solos, faz-se necessário um entendimento sobre o clima urbano, a fim de trabalhar com uma urbanização voltada para a redução de impactos ambientais e até mesmo sociais.

Ocorrência de alagamentos e/ou inundações

O estudo sobre o clima urbano deve ser realizado juntamente com uma análise sobre a forma de ocupação do solo urbano a fim de traçar um planejamento eficaz para reduzir os efeitos da impermeabilização evitando esses problemas, Lima et al. (2012) retratam a importância desse conhecimento para o desenvolvimento da urbanização.

O estudo do uso e ocupação do espaço na área urbana é de fundamental importância para o entendimento das inundações. Sua análise trata de questões relacionadas à dinâmica climática, aos processos de infiltração e escoamento das águas pluviais e fluviais, ao comportamento e disposição da rede de drenagem, à importância da cobertura vegetal, e da ocupação dos solos nos processos de infiltração e escoamento superficial.

Nessa perspectiva pode-se citar os problemas relacionados aos alagamentos e inundações comumente presentes em várias cidades brasileiras. O primeiro é definido pela defesa civil como um evento que ocorre quando as precipitações são mais intensas e há um volume de água acumulado maior que a capacidade de escoamento suportado pelo sistema de drenagem urbana, o que provoca acúmulo de água em algumas regiões da cidade. Já o segundo, ocorre quando há o transbordamento de rios, córregos e lagos de forma gradual provocado por chuvas mais prolongadas em áreas mais aplainadas.

O sistema de drenagem pluvial utiliza os subsistemas de macrodrenagem e a microdrenagem, o primeiro de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB, funciona como uma espécie separadora de drenagem e está presente em todas as ruas pavimentadas. Já as vias não pavimentadas não possuem o subsistema. Para a manutenção da drenagem pluvial é utilizado o sistema pontual, ou seja, só ocorre quando é apresentado algum problema, comumente é realizada somente a limpeza de bocas de lobo nos períodos em que está acontecendo a varrição do perímetro urbano.

A região central da cidade, fundo do vale do córrego Bujuzinho (Figura 2) é a principal área receptora de escoamento da drenagem pluvial de todo o perímetro urbano o que já vem ocasionando alagamentos. Na

Figura 3 retrata-se uma das áreas que apresenta maiores índices de alagamentos durante todo o período chuvoso, até mesmo inundações que são provocadas pelo transbordamento dos lagos que estão localizados nessa região de vale. Esse problema que a população já vem enfrentando é decorrente do intenso processo de impermeabilização do solo gerado pela urbanização e está associado ainda, segundo o PMSB (2015), à falta de drenagem nos trechos da MT – 249 que liga Nova Mutum a cidade de São José do Rio Claro e da BR – 163 que também possui seu escoamento pluvial para a área urbana e com isso o sistema de drenagem pluvial acaba sendo ineficiente.



Figura 2: Bacia hidrográfica do Córrego Bujuzinho áreas de contribuição.

Nesse contexto, Arrocho (2013) afirma em seu trabalho que as áreas mais planas são as mais vulneráveis e que associadas com a expansão urbana criam obstáculos dificultando tanto o escoamento superficial, quanto a infiltração da água no solo. Para Pegado (2013) a chuva possui uma interação que ocorre de forma direta com os padrões de construção urbana implantados e que a infraestrutura e a canalização das bacias hidrográficas sem um planejamento eficaz, pode trazer vários problemas urbanos.

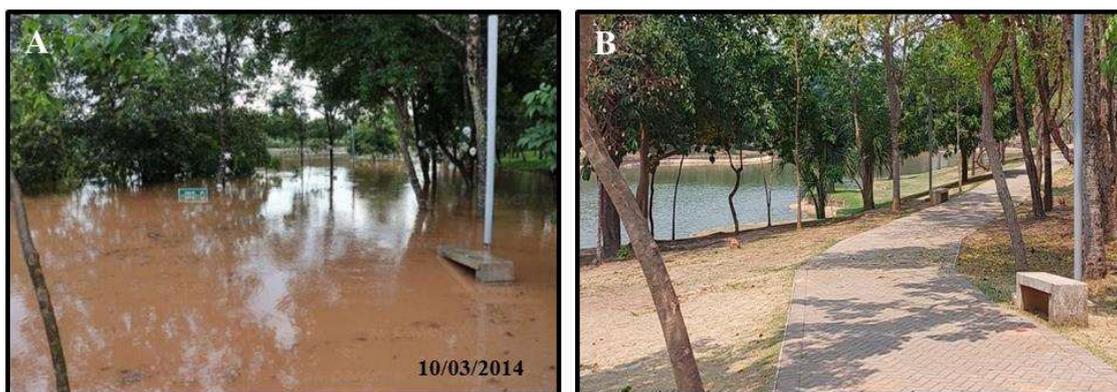


Figura 3: Foto de vista parcial do Lago do Semeador, margem direita, região central de Nova Mutum/MT, com (A) e sem (B) alagamento. Fonte: Figura A: Powermix (2014).

A análise das informações da pesquisa mostra resultados parecidos com os relatos de Arrocho (2013) e Pegado (2013). Os dados utilizados são referentes ao período que se encontra entre os meses de cheia variando de outubro e março. A partir dos levantamentos de ocorrências de alagamentos e inundações na cidade e correlacionando com os índices pluviométricos obtidos para os dados das ocorrências, foi possível compreender a problemática do mau direcionamento da drenagem urbana.

Na Figura 3 apresenta-se, comparativamente, duas fotos de um dos pontos alagamento na região central de Nova Mutum, uma tomada durante o alagamento (Figura 3.A) e outra em condição normal (Figura 3.B).

Na Tabela 2 apresentam-se os dados colhidos da mídia local sobre ocorrências de Inundações e/ou Alagamentos (I/A) na região central de Nova Mutum/MT-Brasil, bem como a data, o tipo, o local, a precipitação registrada na Estação Meteorológica Nº 1356002 e a fonte consultada.

Tabela 2: Datas de ocorrências de inundação e/ou alagamentos na região central de Nova Mutum/MT, local e tipo de ocorrência e a precipitação diária registrada na Estação Pluviométrica Nº 01356002.

Data	Evento		Fonte
	Tipo	P (mm)	
22/10/2013	A - I	0,00	G1.mt
11/02/2014	A	0,00	Folha do norte
12/02/2014	A	61,10	Só notícias
14/11/2014	A	0,00	Só notícias
02/12/2014	A	4,60	Só notícias
03/12/2014	A	8,70	Só notícias
05/03/2014	A	0,00	Só notícias
06/03/2015	A	3,00	Só notícias
28/01/2017	A	67,30	Só notícias
22/02/2018	A	13,70	Só notícias
07/11/2018	A	37,40	Só notícias
19/11/2018	A - I	25,30	Gazeta.mt
05/02/2019	A	0,00	Powermix
25/10/2020	A	47,50	Gazeta.mt

A = Alagamento; I = Inundação

Ao analisar os dados pluviométricos e correlacioná-los, empiricamente, com as datas de ocorrências dos I/A descritos (Tabela 2) e levando em consideração a distância da estação pluviométrica utilizada que é de aproximadamente 4 km da região do centro onde ocorreram os alagamentos, é possível afirmar que as ocorrências de alagamentos com registro pluviométrico "0" na Estação de Referência podem ser explicadas pela ocorrência das chuvas convectivas, que segundo Mello et al. (2012), ocorrem nos meses de verão onde as temperaturas ficam mais elevadas acontecendo também um aumento na umidade. Essas chuvas são determinadas pela alta intensidade e decorrem em um período de tempo pequeno podendo ocasionar alagamentos e inundações em bacias hidrográficas menores. Corrobora com essa constatação o estudo de Soares (2014), quando o mesmo afirma que os dados pluviométricos de um determinado local nem sempre serão iguais aos registrados na estação pluviométrica devido a vários fatores e entre eles a distância entre os locais.

Nesse sentido, para que haja um monitoramento mais eficaz da pluviosidade na área central da cidade recomenda-se ao poder público a instalação de estações de monitoramento na área urbana com a finalidade de melhorar o planejamento da distribuição da drenagem pluvial, já que o objetivo previsto pelos gestores públicos é de que haja um aumento na população urbana nos próximos anos, a fim de evitar possíveis aumentos nos registros de eventos de alagamentos e inundações que possam decorrer dessa expansão urbana. Além disso, o monitoramento mais detalhado da precipitação poderá nortear novos estudos hidrológicos para redimensionamento mais acertado da rede de drenagem urbana, com vistas a eliminar ou reduzir os casos de I/A, especialmente quando se verifica a tendência de crescimento acelerado da cidade.

Ainda pelos dados da Tabela 2, verifica-se que no período de 22/10/2013 a 25/10/2020, ocorreram 14 eventos em dias consecutivos ou não. Não se identificou relatos de ocorrência de dois eventos no mesmo dia, por outro lado observou-se a ocorrência de pelo menos 1 evento isolado em praticamente todos os anos analisados, exceto 2016, o que mostra a vulnerabilidade do local às inundações e alagamentos. Nos anos de 2013, 2015, 2017, 2019 e 2020 foi constatado apenas 1 evento, em 2018 foram 3 e no ano de 2014 foram contabilizados 6 eventos.

Em relação à lâmina precipitada diariamente registrada na estação pluviométrica (Tabela 2), nos dias de alagamentos ou inundações observadas não foram de grande magnitude ($\leq 67,30$ mm), todavia os eventos ocorreram, provocando estragos e prejuízos materiais e transtornos relacionados à mobilidade urbana.

Especula-se que, o aumento do grau de impermeabilização da área urbana associado ao dimensionamento inadequado ou falta de manutenção dos instrumentos de drenagem e escoamento de captação destas águas (sarjetas, bocas de lobo, etc.), sejam as causas principais dos transbordamentos. Nesse sentido, Amaral et al. (2009) ressaltam que esses eventos não são causados apenas pelos volumes de chuvas que são precipitados durante um período de tempo, o que também foi comprovado por Vestena (2017), mas que, geralmente há uma inter-relação entre a quantidade de chuvas com ações antrópicas diversas ou mesmo erros de planejamento e execução de obras de drenagem urbana.

Do mesmo lado, Sobrinho et al. (2020), afirmaram que a falta de um planejamento urbano adequado traz uma série de problemas que somados ao crescimento desordenado das cidades muitas vezes afetam o meio ambiente e também podem gerar problemas de ordem sócio econômica causando transtorno à sua população. Os processos de urbanização nas margens dos cursos de água causam diversos impactos como despejos das águas residuárias, assoreamento dos rios, desmatamento da mata ciliar e canalização dos cursos d'água, os quais são fatores que vêm somar aos episódios já mencionados e que são problemas que já foram analisados por Galdino et al. (2008) e Kreischer et al. (2012), onde os mesmos afirmam que situações como essas já estão se tornando cada vez mais comuns em Nova Mutum/MT.

Pluviograma anual

Na Figura 4 apresenta-se o pluviograma anual para o período de 1985 a 2020, onde se nota falhas de dados no período mais recente, inclusive coincidindo com o período de ocorrências de alagamentos e inundações. Ainda se pode ver uma clara tendência de redução do volume precipitado anualmente.

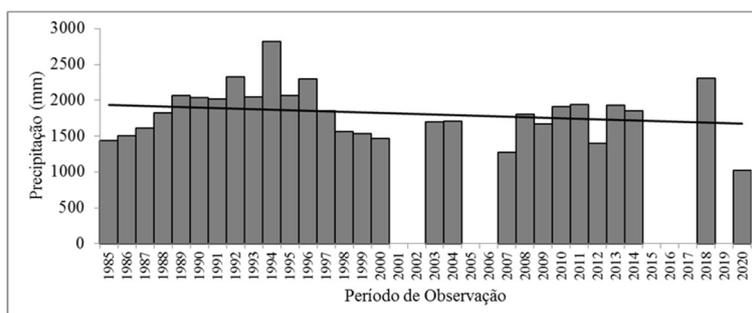


Figura 4: Pluviograma anual e linha de tendência da precipitação anual em Nova Mutum aferida na Estação Pluviométrica Nº 01356002 para o período de 1985 a 2020.

A precipitação média no período foi de 1821 mm, com máxima de 2820 mm e mínima de 1026 mm. O desvio padrão amostral foi de 372 mm, revelando um coeficiente de variação de 20,43%. Os dados revelaram redução da precipitação anual em comparação com o estudo de MINAMI et al. (2017), os quais reportaram precipitação média anual de 2.200 mm, variando de 1.850 mm a 2.400 mm. Essa redução da precipitação anual está explícita no pluviograma da Figura 4.

A hipótese de aderência dos dados de precipitação anual à distribuição normal pelo teste de Kolmogorov - Smirnov foi aceita com $K-S = 0,1189$ e $p\text{-valor} = 0,4220$.

Os eventos hidrológicos são caracterizados por uma ou mais variáveis na natureza. Apesar de ser possível prever a ocorrência de uma chuva, não é possível estimar a sua quantidade exata. Por conta disso, verifica-se o padrão de variabilidade temporal das precipitações, sejam elas diárias, mensais ou anuais, sendo apresentados tais valores através de um histograma.

Na Figura 5 apresenta-se o histograma de frequência e a função densidade de massa de onde se observa comportamento aderente à distribuição Normal com valores de tendência central em torno da média.

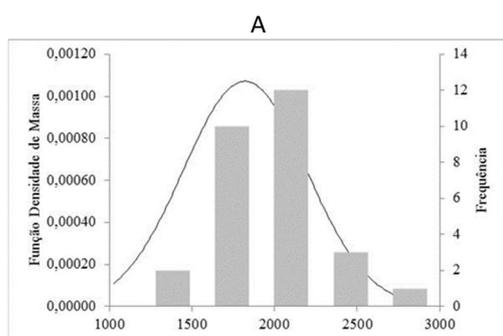


Figura 5: Histograma da distribuição de frequências e Função Densidade de Massa para os dados de precipitação anual aferida na Estação Pluviométrica Nº 01356002 para o período de 1985 a 2020.

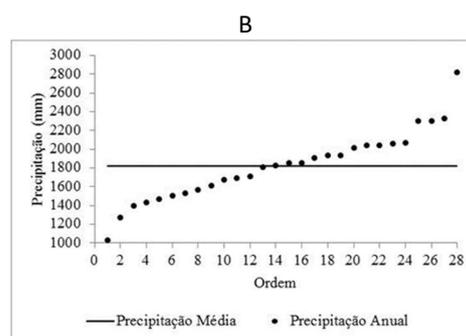


Figura 6: Variação dos eventos de precipitação em relação à média para os dados de precipitação anual aferida na Estação Pluviométrica Nº 01356002 para o período de 1985 a 2020.

Na Figura 6 apresenta-se a variação de precipitação anual organizada em ordem crescente e a média do período considerando os 28 anos sem falhas.

Analisando a Figura 6 é possível perceber que, em um intervalo de 28 anos houve registros significativos de chuvas que ultrapassaram a média anual, que nesse caso é em torno de 1820 mm, assim como chuvas que ficaram abaixo da quantidade esperada. Isso indica que há uma grande variabilidade de valores, pois as precipitações anuais se distanciaram da média. A diferença entre a precipitação mínima e máxima é de 2000 mm, sendo um valor alto na análise de probabilidade.

Similarmente, foi realizado o estudo de ocorrência de chuvas máximas para os meses mais chuvosos do ano – janeiro, fevereiro, novembro e dezembro. Junto ao estudo de probabilidade foi realizada a precipitação média desses meses, Figura 7.

O tempo de retorno (TR) é definido como o tempo que ocorrerá novamente o evento, expresso em anos. Além disso, o TR é definido como inverso da probabilidade, sendo importante o conhecimento da

ocorrência do evento para encontrar o valor de TR.

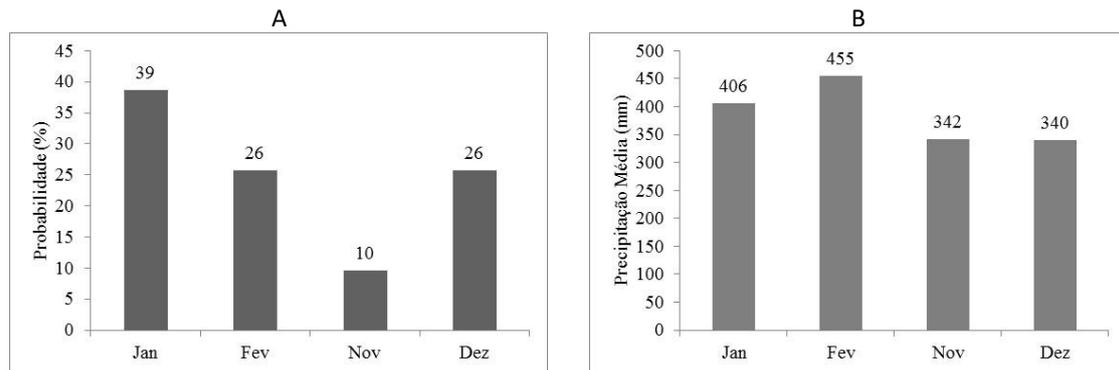


Figura 7: Probabilidade de ocorrência de chuva máxima (A) e média da chuva mensal máxima (B) nos meses mais chuvosos para os dados de precipitação máxima mensal aferida na Estação Pluviométrica Nº 01356002 para o período de 1985 a 2020.

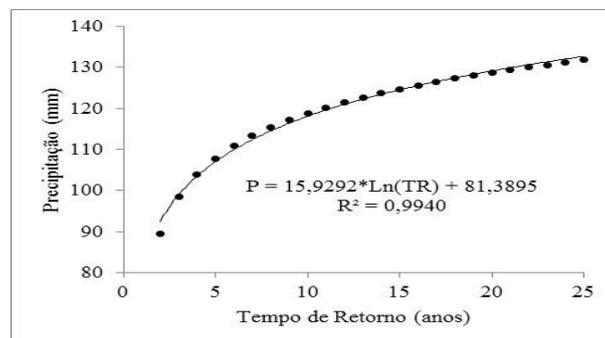


Figura 8: Precipitação diária máxima em função do Tempo de Retorno para os dados de precipitação máxima aferida na Estação Pluviométrica Nº 01356002 para o período de 1985 a 2020.

Ao analisar a Figura 8 é possível observar que precipitações pequenas que variam de 90 a 100 mm, possuem um tempo de retorno de 5 anos. Para precipitações acima de 100 mm, o TR aumenta, por exemplo, para uma precipitação diária em torno de 130 mm o TR estimado é de 25 anos.

CONCLUSÕES

Após a análise da série histórica sobre a precipitação correlacionando com os eventos de alagamentos e inundações, foi possível constatar que, de maneira prática como está ocorrendo as precipitações na estação chuvosa de outubro a abril, que é o período que o perímetro urbano enfrenta esses tipos de problemas. No período analisado percebeu-se um maior registro nos índices pluviométricos que ocorreram nos anos de 1987, 1994, 1996 e 2000 atingindo índices que ficaram entre 500 mm/mês e 580 mm/mês. Para esse período de maiores registros não foram encontrados relatos de alagamentos e inundações.

Através da análise dos dados obtidos foi possível observar que os problemas enfrentados ocorreram a partir de uma correlação entre as chuvas que caíram no período, demonstrado pelos gráficos e tabelas, e a forma de expansão urbana que vem ocorrendo na cidade. Diante do exposto foi possível identificar que a quantidade de chuvas precipitadas nos períodos analisados não é suficiente para concluir que ocorrerá um aumento nos casos de alagamentos e inundações, o fator fundamental para esse aumento está diretamente ligado a forma de distribuição do sistema de drenagem urbana que até o período da pesquisa não é suficiente

para suportar o volume de chuvas que é escoado para a região central da cidade, o vale do Bujuizinho.

O conhecimento sobre o comportamento dos índices pluviométricos pode servir como referência para subsidiar no planejamento urbano e numa reorganização das formas que são implantadas os sistemas de drenagem pluvial evitando assim possíveis aumentos nos índices de alagamentos e inundações. É possível associar a essa constatação uma necessidade de se restringir mais o uso e ocupação do solo no que diz respeito à porcentagem de áreas drenáveis nos lotes.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R.. Inundações e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R.. **Desastres naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p.39-52.
- AROUCHE, J. L. S.; PINHEIRO, K. K. S.; CARVALHO, T. M.. Um olhar geográfico das áreas suscetíveis a alagamentos na cidade de Caracará-. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL APLICADA E GESTÃO TERRITORIAL, 3. **Anais**. Manaus, 2013.
- GALDINO, Y. S. N.; ANDRADE, L. M. Z.. Interações entre a Cidade e Paisagem ao longo da Sub-Bacia do Barbado, Cuiabá-MT. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4. **Anais**. 2008.
- GOMES, D. P. P.; CLEMENTINO, E. L.; SANTOS, R. E. C.; VEREAS, S.; PAZ, D. H. F.; FERREIRA, A. L. N.. Diagnóstico de áreas vulneráveis a inundações localizadas no Cabo de Santo Agostinho-PE (Brasil). **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.12, p.96814-96824, 2020.
- KREISCHER, T. C. V.; GONÇALVES, D. M. M.; VALENTINI, C. M. A.. Aspectos hidroambientais do córrego Barbado em Cuiabá-MT. **Holos**, v.1, p.86-109, 2012.
- LIMA, F. E. F.; ANUNCIACÃO, V. S.. Impactos de eventos climáticos extremos e seus reflexos na cidade de Aquidauana-MS. **Revista Geonorte**, v.3, n.4, p.707-720, 2012.
- MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.1, p.37-44, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100004>
- MINAMI, P.; MARTINS, V. G.; MOREIRA, E. L.; RIBEIRO, E. S.. Florística e Fitossociologia em Mata de Galeria e Cerradão no município de Nova Mutum-MT, Brasil. **Biodiversidade**, v.16, n.1, 2017.
- OLIVEIRA, C. H. R.; MIYAZAKI, L. C. P.. Análise preliminar dos dados pluviométricos e caracterização das áreas de risco a enchente, inundação e alagamento na cidade de Campinópolis/MG. **Boletim de Geografia**, v.33, n.3, p.46-67, 2015.
- PEGADO, R. S.; BLANCO, C. J. C.; LIMA, A. M. M.; ROEHRIG, J.; SOUZA, D. M. P.; TOSTES, W. S.; FRANÇA, F. V. P.; SILVA, P. A.. Análise da precipitação com os níveis dos rios para avaliação das áreas mais vulneráveis ao processo de inundação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSO HÍDRICOS, 20. **Anais**. 2013.
- REIS, P. A.; SCHMIDT, M. A. R.. **IV-102**: Análise da expansão urbana e delimitação de áreas de inundação na cidade de Patrocínio – MG. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014.
- REIS, P. A.; SCHMITT, M. A. R.. Análise da expansão urbana e delimitação de áreas de inundação na cidade de Patrocínio, MG. In: SIBESA, SIMPÓSIO ÍTALO – BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12. **Anais**. 2014. p.7.
- SANTOS, O. L.; FERREIRA, B. C.; ESTEVAM, A. L. D.. Enchentes na cidade de Salvador, Bahia (Brasil): estudos geográficos nos rios urbanos Lucaia e Camarajipe. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p.10551-10571, 2021.
- SOARES, F. S., FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A.. Distribuição espaço-temporal da precipitação na Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande-RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.1, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0102-77862014000100012>
- SOARES, F. S.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A.. Distribuição espaço-temporal da precipitação na região hidrográfica da Baía da Ilha Grande-RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.1, p.125-138, 2014.
- SOBRINHO, D. G. S.; ROCHA, J. T.; RIBEIRO, L. S.; PAES, R. P.. Resíduos sólidos nos sistemas de águas pluviais e esgotamento sanitário em região comercial densamente ocupada em Cuiabá – MT. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 13. **Anais**. Porto Alegre, 2020. p.1-10.
- VESTENA, L. R.. **Desnaturalização dos desastres: em busca de comunidades resilientes**. Curitiba: CRV, 2017.
- VESTENA, L. R.; DE ALMEIDA, D. E. F.; GEFFER, E.. Análise espacial e temporal da distribuição dos alagamentos e inundações na cidade de Guarapuava, Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.24923-24941, 2020.