

Análise técnica dos problemas de drenagem urbana na rua Rio Grande do Norte de Açailândia – Maranhão considerando a declividade da via e seu impacto na drenagem da água em períodos chuvosos

Technical analysis of urban drainage problems on the street Rio Grande do Norte of Açailândia – Maranhão considering the slope of the road and its impact on water drainage in rainy periods

Análisis técnico de los problemas de drenaje urbano en la calle Rio Grande do Norte de Açailândia – Maranhão considerando la pendiente de la vía y su impacto en el drenaje de agua en épocas de lluvia

Recebido: 09/01/2023 | Revisado: 18/01/2023 | Aceitado: 19/01/2023 | Publicado: 22/01/2023

Genilson Oliveira de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2593-6193>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: genilsono80429@gmail.com

Briane de Souza Vilarinho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5263-9944>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: brianevilarinho.20180040251@uemasul.edu.br

Bárbara Caiani de Lima Magalhães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6933-9035>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: barbaramagalhaes.20190006870@uemasul.edu.br

Ronaldo de Moraes Macedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5496-5401>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: ronaldomacedo.20190008169@uemasul.edu.br

Fabiola Helem da Silva Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7117-3705>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: fabiolacarvalho.20190007107@uemasul.edu.br

Handelom Pereira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7033-7723>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: handelomsilva.20180040019@uemasul.edu.br

Leonardo de Sousa Leal

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9200-5727>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: leonardo.leal@uemasul.edu.br

Randal Silva Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6498-8650>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: randal.gomes@hotmail.com

Rachel de Andrade Avelar da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8368-2497>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: racchelavelar@gmail.com

Resumo

Sabe-se que nem sempre há um dimensionamento adequado de bueiros, sarjetas e galerias no sistema de drenagem das cidades, também é possível encontrar a ausência do estudo do levantamento do solo, da inclinação da via ou do estudo de as bacias hidrográficas presentes nas localidades onde é criada uma nova rede viária e de drenagem, além disso, devido ao sistema de urbanização ocorrer de forma descontrolada em diversas situações, surgem também problemas de alagamentos em diversos pontos da cidade pela ausência de planejamento urbano adequado. Assim, foi realizado um diagnóstico para identificar o real problema na drenagem da Rua Rio Grande do Norte em Açailândia-MA, além de analisar o desnível da via e propor medidas adequadas para sanar as dificuldades de escoamento de água

no percurso estudado. Este artigo apresenta os resultados que permitem à tomada de decisão escolher ações que visem reduzir ou eliminar os problemas identificados, gerando um olhar crítico e podendo focar na solução proposta para problemas de enchentes, por exemplo.

Palavras-chave: Drenagem urbana; Engenharia civil; Inundações; Inclinação da rua.

Abstract

It is known that there is not always an adequate dimensioning of culverts, gutters and galleries in the drainage system of the cities, it is also possible to find the absence of the study of the soil survey, the inclination of the road or the study of the hydrographic basins present in the localities where a new road and drainage network is created, in addition, due to the urbanization system occurring in an uncontrolled way in several situations, problems of flooding also arise in different parts of the city due to the absence of adequate urban planning. Thus, a diagnosis was carried out to identify the real problem in the drainage of Rua Rio Grande do Norte in Açailândia-MA, in addition to analyzing the unevenness of the road and proposing adequate measures to remedy the difficulties of water drainage in the studied route. This article presents the results that allow decision-making to choose actions that aim to reduce or eliminate the identified problems, generating a critical eye and being able to focus on the proposed solution for flooding problems, for example.

Keywords: Urban drainage; Civil engineering; Floods; Street slope.

Resumen

Es conocido que no siempre existe un dimensionamiento adecuado de alcantarillas, cunetas y galerías en el sistema de drenaje de las ciudades, también es posible encontrar la ausencia del estudio de levantamiento de suelos, la pendiente de la vía o el estudio de las cuencas hidrográficas presentes en las localidades donde se crea una nueva red vial y de drenaje, además, debido al sistema de urbanización que se da de manera descontrolada en varias situaciones, también se presentan problemas de inundaciones en varios puntos de la ciudad por la ausencia de adecuada planificación urbana. Así, se realizó un diagnóstico para identificar el problema real en el drenaje de la Rua Rio Grande do Norte en Açailândia-MA, además de analizar el desnivel de la vía y proponer medidas adecuadas para remediar las dificultades de drenaje de agua en la ruta estudiada. Este artículo presenta los resultados que permiten la toma de decisiones para elegir acciones que apunten a reducir o eliminar los problemas identificados, generando un ojo crítico y pudiendo enfocarse en la solución propuesta para problemas de inundaciones, por ejemplo.

Palabras clave: Drenaje urbano; Ingeniería civil; Inundaciones; Pendiente de la calle.

1. Introdução

O contestável problema da drenagem urbana muitas vezes passa despercebido nos hábitos das pessoas, que só percebem a necessidade de um bom sistema de drenagem quando se deparam com dificuldades, como a impossibilidade de transitar pelas ruas com frequência. Além disso, pode impermeabilização e outros fatores que prejudicam a eficiência da drenagem urbana.

Embora os critérios urbanos incluam fundamentos interdisciplinares, permanece limitado, na prática, e, no Brasil, esse planejamento não abrange aspectos essenciais, causando transtornos e custos à população, além do fato de que o crescimento populacional leva a um aumento significativo na ocorrência de inundações e degradação da natureza (IPH, 2005). Uma forma de solução seria implementar medidas sustentáveis econômicas no plano diretor da própria cidade, para que reduzisse o impacto ao ambiente e as dificuldades de drenagem (Tucci, 2003).

Dessa forma, na proporção que a cidade se urbaniza, há também o aumento das vazões máximas em até sete vezes, entretanto, Leopold (1968), em virtude do aumento do escoamento através de condutores e canais, aumentando os sedimentos, e contaminação da água pela lavagem das ruas.

Com o crescimento da urbanização dos municípios traz consigo, algumas mudanças que atinge drasticamente a aparência das estruturas e a beleza da cidade, assim, de que modo, no que lhe concerne, acabam afetando a vida de todos os cidadãos do município de Açailândia, na qual vem apresentando crescimento desgovernado em sua área urbana, um problema recorrente e fácil de observar. Conforme Mondardo et al. (2009), diz que o meio urbano pode sofrer alterações, porém, é necessário planejamento e sem esse fator pode prejudicar o seu crescimento.

Os projetos de drenagem urbana, são um conjunto de medidas responsáveis para coletar águas proveniente das chuvas no meio urbano, tendo como objetivo minimizar os danos ocasionados, como as inundações e alagamentos, desse modo, todos os projetos devem obedecer às diretrizes definidas pelos manuais de drenagem, desenvolvidos pelas prefeituras. Estes documentos têm como função orientar os profissionais e prestadores de serviços, que atuam no planejamento e em projetos, desenvolvendo e apresentando a estrutura ou elementos de conteúdo mínimo, cálculo para dimensionamento de estruturas de controle hidráulico, análise de estudos de técnicas, obtendo caminho de solução para construção de um empreendimento ou de uma obra de infraestrutura urbana possibilitando, mais preferência de segurança para as pessoas (Pimentel, 2015).

Enquanto parte da água resultante que penetra no solo torna-se parte do escoamento, com o crescimento volumoso de drenos e riachos agitados ocorre uma redução no tempo de condensação, tornando os hidrogramas de inundações mais críticos. Essas mudanças estão causando um aumento na frequência e magnitude das enchentes que podem ser observadas a cada ano na rua Rio Grande do Norte, que registra inundações pluviais no ambiente urbano.

Quanto melhor forem compreendidas as inter-relações entre a área urbana e o ciclo hidrológico, maior será a possibilidade de planejamento para minimizar os impactos. Na urbanização em expansão, os sistemas de drenagem são insuficientes como habitações, portanto, aumenta a estagnidade das bacias. O resultado direto desse aumento é o aumento da máxima vazão e do volume drenado superficialmente, sendo necessária a ampliação do sistema de drenagem. (De Castro Júnior et al., 2015).

Nesse contexto, a modelagem matemática surge como uma necessidade para apoiar o diagnóstico sistêmico dos problemas de drenagem e como auxílio às decisões de projeto, como possibilidade de avaliação integrada do sistema e o mapeamento de suas respostas, diante de diferentes cenários ações possíveis. Dentre os fatores que afetam a vida da população, podemos afirmar que: O problema das inundações urbanas é um dos principais desafios das grandes cidades atualmente. As perdas são inúmeras, afetando vários aspectos da vida urbana, interferindo nos campos de habitação, transporte, infraestrutura e saúde pública, entre outros. (Rezende et al., 2016).

A declividade do trecho estudado é outro ponto a ser tratado, pois, essa declividade quando excessiva pode estar interferindo diretamente no curso natural da água da chuva que escoar pela via e dificulta sua captação pelas bocas de lobo e bueiros, além de trazer maior desconforto e falta de segurança para pedestres e pessoas motorizadas que façam uso desse trajeto.

Destacando ainda que para estimar o tempo de concentração da bacia hidrográfica, é preciso realizar a transformação chuva-vazão, a qual se faz uso de alguns dados específicos como, as características fisiografias da bacia, sua área, declividade do curso da água, seu fluxo de escoamento e coeficiente de rugosidade de Manning (Silveira, 2005). Assim é possível saber como a declividade interfere no escoamento da água e qual o impacto sobre a drenagem local.

Para sanar os problemas de drenagem é possível fazer o uso de modelos matemáticos que podem simular de forma simples o processo de transformação da chuva-vazão em bacias hidrográficas, isso é possível através da combinação de informações e equações empíricas (Serra, 2017).

Situações que são recorrentes em diferentes pontos da cidade, apresentando alguns problemas críticos e pontuais, de modo exclusivo, a Avenida Rio Grande do Norte, entre as Ruas Dorgival Pinheiro de Souza e Rua São Luís, o local mais afetado por esta problemática na Açailândia-Ma. Este artigo tem o objetivo principal, de fazer um levantamento das principais causas de alagamento urbano na Avenida. Verificar as condições do sistema de drenagem local; identificar os corpos receptores dessas vazões e apontar possíveis soluções para o problema abordado.

2. Metodologia

A pesquisa foi realizada em Açailândia-Ma, na rua Rio Grande do Norte de encontro com a rua Dorgival Pinheiro de Souza, com a natureza quantitativa de caráter descritivo. Segundo, Pereira et al. (2018) “os métodos quantitativos realizam a coleta de dados quantitativos ou numéricos por meio do uso de medições de grandezas e obtém-se por meio da metrologia, números com suas respectivas unidades. Estes métodos geram conjuntos ou massas de dados que podem ser analisados por meio de técnicas matemáticas como é o caso das porcentagens, estatísticas e probabilidades, métodos numéricos, métodos analíticos e geração de equações e/ou fórmulas matemáticas aplicáveis a algum processo”. Dessa forma, no presente estudo foi necessário realizar uma pesquisa bibliográfica para coleta de informações em obras já publicadas para dar um maior embasamento na pesquisa. Abordando estudos que tratem da declividade da via e sua influência no conforto, trafegabilidade e drenagem do trecho analisado. Obtendo um maior esclarecimento dos problemas e possíveis soluções apresentadas, desenvolvido dados fotográficos do local estudado, de modo, com dados da pesquisa, considerando as fortes chuvas que afeta a população que residem e fazem uso do percurso analisado.

No dia 13 de julho de 2022, foi realizada a pesquisa de campo para coleta de dados na 4 secretaria de infraestrutura do município de Açailândia Maranhão, onde foi possível a coleta de informações pelo Dr. Engenheiro Rogério Rosa Lopes, engenheiro da secretaria de infraestrutura de Açailândia-Ma, que se prontificou a fornecer todas as informações necessárias para agregar valor e veracidade aos dados apresentados.

Na visita em questão, foi relatado que a obra de drenagem e aterramento e pavimentação que há na rua Rio Grande do Norte foi uma obra realizada pelo grupo de Supermercados Mateus, e que antes essa localidade era uma grande erosão que aumentava com o passar do tempo pela ação humana local e da natureza, foi mencionado ainda que na secretaria de infraestrutura não há documentações pertinentes a execução da obra naquela localidade. Porém, devido a problemas de drenagem na área e ocorrência de alagamentos durante o período de chuvas a prefeitura já fez uma avaliação no local para identificação das possíveis causas. Para Christofidis et al. (2019), os sistemas tradicionais de drenagem urbana demonstram há muito tempo ser ineficaz e para enquadrar uma infraestrutura adequada de drenagem e manuseamento das águas pluviais, é de extrema importância para qualquer cidade, seja pequena ou grande. Porém, os constantes alagamentos, inundações, erosão no solo e danos às estruturas das edificações demonstram que o sistema de gerenciamento de águas da chuva não tem desenvolvido e acompanhando o aumento dos imensos centros urbanos e suas falhas, construções prejudiciais, intensas e amplas foram percebidas pela população causando insegurança e desconforto.

Na Figura 1, temos registros do local onde a água que passa pela rua Rio Grande do Norte deságua, onde é possível identificar a presença de uma grande erosão similar à que havia na rua Rio Grande do Norte antes da pavimentação e sistema de drenagem feito pelo grupo de Supermercados Mateus. Embora o sistema de drenagem realizado na área de pesquisa não supra todas as necessidades da população que faz uso desse percurso, ainda assim, essa foi uma obra que trouxe benefícios a todos, facilitando a locomoção em períodos não chuvosos e eliminou a erosão que antes havia na localidade.

Figura 1 - Início da erosão na rua Maranhão encontro com a rua São Francisco de Açailândia - MA.



Fonte: *Google Maps* (2022).

A imagem mostra a erosão existente na rua Maranhão na qual sofre com o impacto da falta de drenagem e consequentemente de saneamento básico.

Após uma avaliação o Dr. Engenheiro civil Rogério Rosa Lopes, relata que embora a obra na Rua Rio Grande do Norte tenha melhorado a questão de mobilidade, trafegabilidade e sanado o problema da presença constante da erosão que antes havia no local, uma vez que a mesma daria acesso direto a garagem do Supermercado Mateus, porém os vários recalques indicam má compactação dessa área e essa obra não foi projetada nem conduzida pela secretaria de infraestrutura da cidade inviabilizando maiores dados e deixa clara a necessidade de melhorias, pois as bocas de lobo presentes em toda essa rua, assim como as presentes no trecho aqui estudado, foram mal dimensionados e distribuídos de forma inadequada, tornando o escoamento da água mais difícil e ao invés de haver uma devida captação dessa vazão o que ocorre é o acúmulo excessivo da água fazendo com que a mesma corra livremente pela via pública impedindo o fluxo de pedestres, automóveis e por vezes invadindo residências e comércios locais. Além de trazer à tona problemas de sanidade básica e possíveis focos de proliferação de doenças.

De acordo com Canholi (2005), nos dias atuais, muitas obras de drenagem no Brasil exerce a função higienista de dar vazão o mais rápido possível para as chuvas através de obras canalizadas, no entanto isso apenas transfere o problema para a jusante. Assim como Souza (2012) diz, para evitar essa prática, é possível usar técnicas alternativas de drenagem urbana, como medidas estruturais e não estruturais combinadas ao planejamento em escala, e assim ter o controle da impermeabilização do sol, qualidade da água e a origem do escoamento.

Conforme Silva et al. (2020), ainda existem dificuldades e contrariedade para tornar possível uma regulamentação dos métodos de investigação para sistemas de drenagem com eficiência, tenho como poupa recursos públicos na medida em que reduz a necessidade de manutenção de ruas, estradas e acúmulo de lixo, visto que não se pode encontrar muitas maneiras de se obter um eficiente diagnóstico ou definições nesses sistemas, apesar de essa ser uma maneira muito eficaz de controlar o excesso de água, existem outros fatores que em conjunto são capazes de diminuir o impacto das águas das chuvas. Não a falta de manutenção da prefeitura causa diversos problemas de drenagem, que comprometem a estética e a estrutura da cidade e colocam a vida dos moradores em risco.

A Figura 2 demonstra como ocorre o escoamento da água da chuva na rua Rio Grande do Norte de encontro com a Rua Dorgival Pinheiro em janeiro de 2021, período de chuvas intensas.

Figura 2 - escoamento da água da chuva na rua Rio Grande do Norte de encontro com a Rua Dorgival Pinheiro em janeiro de 2021.



Fonte: Imagem fornecida pelo Dr. Engenheiro Rogério Rosa Lopes (2022).

Na Figura 3 temos a presença inadequada de uma galeria que vai de um lado ao outro da rua, onde seu intuito inicial era a captação do forte fluxo de água na localidade, porém segundo o Dr. Engenheiro civil Rogério Rosa Lopes, a galeria para captação da água foi mal dimensionada e instalado em local inadequada, sendo composta por trilhos de ferro que cortam a rua no sentido vertical da via para que haja tanto o escoamento de água nos bueiros laterais da rua como na via de tráfego.

Figura 3 - Galeria na rua Rio Grande do Norte de Açailândia – MA.



Fonte: Autores (2022).

Entretanto, como explicou o engenheiro, as instalações desses trilhos no sentido dimensionado não auxiliam uma boa captação da água e sim facilita seu escoamento sob a superfície da rua.

Dessa forma, não se trata apenas de uma captação pluvial da água da chuva somente dessa localidade, mas de vários outros trechos da cidade, que quando a água faz seu curso natural acaba por seguir na rua Rio Grande do Norte. Os momentos mais críticos ocorrem somente durante a chuva, que dessa forma todas as pessoas perdem a acessibilidade, na qual não pode faltar mesmo quando a vida se torna de difícil acesso como é mostrado na norma da ABNT NBR 9050, mas devido à declividade dessa área após a chuva cessar, em pouco tempo a rua torna-se trafegável. É importante ressaltar ainda, que não há uma rede de esgoto nessa localidade, sendo o mesmo a céu aberto e que as bocas de lobo presente nesse trecho são para fins de drenagem.

Figura 4 - Bueiros na rua Rio Grande do Norte de encontro com as Rua Dorgival Pinheiro e Rua São Luís.



Fonte: Autores (2022).

A Figura 4 mostra a situação dos bueiros que são responsáveis pela captação da água na rua Rio Grande do Norte em Açailândia — MA, em muitos pontos da cidade não seguem a norma da ABNT NBR 8890, no que diz respeito sobre o tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário, pelo fato de não existir na maioria das ruas de Açailândia.

Durante a produção desse artigo a secretaria de infraestrutura de Açailândia-Ma se mobilizou para fazer novos reparos na rua Rio Grande do Norte, tendo início em 18 de julho de 2022 com previsão de término para 22 de julho de 2022, no entanto em 15 de agosto de 2022 as obras ainda não haviam sido finalizadas, a mesma também sofreu alteração, expandindo a área de melhoria prevista para outras ruas que fazem ligação à rua Rio Grande do Norte.

Conforme o Dr. engenheiro civil Rogério Rosa Lopes, anteriormente foi elaborado um projeto que visava sanar toda essa problemática onde o mesmo contemplaria a construção de um sistema de drenagem pensado para a demanda da localidade e que esse sistema seria implementado em toda a rua Rio Grande do Norte, desde o início onde a água inicia seu trajeto, o projeto contaria com a construção de duas redes com galerias de captação com capacidades de 1500 litros e 1000 litros, além da construção de 36 bocas de lobo dimensionadas e distribuídas adequadamente por toda a rua Rio Grande do Norte, seria também considerado a inclinação da via. No entanto o projeto não foi aprovado para execução.

Devido essas questões, as cidades contemporâneas debatem acerca dos vários desafios sobre o planejamento urbano e a operacionalização de uma infraestrutura viária, permitindo a acessibilidade e locomoção de diferentes sistemas de transportes (ONU, 2017).

Antes de iniciar qualquer construção de uma estrada, ou rodovia é preciso seguir etapas preliminares de obra, uma delas é o estudo hidrológico, que de acordo com DNIT 2006 tem o objetivo de coletar dados e definir as bacias de contribuição na área, de acordo com a mesma, deve-se “Determinar os elementos físicos das bacias de captação (como área e declividade)”. Por conta disso, foram feitos estudos mais aprofundados sobre o problema de drenagem na rua Rio Grande do Norte, levando em consideração sua declividade.

A partir do momento que há problemas de drenagem durante o período de fortes chuvas, é usado o método quantitativo para o mapeamento do problema, por apresentar um alto nível de escoamento dessa região, a partir da declividade local, dessa maneira obtemos mais sucesso nos dados e com o levantamento do estudo hidrológico é possível coletar informações a respeito do relevo e como ele favorece ao escoamento natural da água. Semelhantemente ao estudo

de inclinações das ruas e das estradas do Silveira (2007), que os ângulos das ruas influenciam em tudo, no transporte, no caminhar na saúde, bem-estar dos moradores e consequentemente na drenagem.

Conforme Beven e Kirkny (1979), a coleta de elementos que abrangem a definição das dimensões e demais nos aspectos físicos das bacias de contribuição são denominados como: levantamentos aerofotogramétricos, cartas geográficas, levantamentos radamétricos, levantamentos fitopedológicos e entre outras cartas disponíveis.

Como é proposto por Beven e Kirkny (1979), o cálculo que define o Índice Topográfico de Umidade (ITU). O ITU é um parâmetro hidrogeomorfológico distribuído, na qual representa o potencial de armazenamento de água em unidade de paisagem. O conceito foi testado no modelo hidrológico TOPMODEL, que é um modelo chuva-vazão semi-distribuído baseado na área variável de contribuição e em princípios físicos de conservação de massa (Silva; Vestena; Kobiyama, 2007).

Derivado a partir da topografia da bacia, o índice considera a área de contribuição e a declividade para indicar os locais com potencial para acúmulo de água (Nourani et al., 2011). A declividade é um parâmetro que descreve a tendência de saída de água (Gruber; Peckham, 2008). Utiliza-se a fórmula abaixo:

$$TU = \ln\left(\frac{a}{\tan d}\right)$$

Onde:

a = área de contribuição

d = declividade (em radianos)

O ITU mostra um balanço entre acúmulo de água e condições de drenagem em escala local. Neste trabalho, o ITU é aplicado para quantificar a propensão a uma rápida saturação durante precipitações e locais onde o processo de escoamento superficial é mais atuante (Santos et al., 2018). Quanto maior o valor do ITU, maiores são os riscos de alagamentos, o que propõe uma recomendação para conservação ambiental.

A Figura 5 mostra a Rua Rio Grande do Norte por imagem via satélite, o traçado em vermelho faz a demarcação do trecho que foi abordado na produção do presente trabalho.

Figura 5 – Visualização da rua Rio Grande do Norte em Açailândia – MA.



Fonte: Google Earth Pro (2022).

Ressaltando ainda que o trecho demarcado sofre influência de outros pontos da mesma rua e de diferentes pontos da cidade em virtude da inclinação da via que faz com que a água faça seu curso natural em uma só direção, por consequência, essa vazão de escoamento chega com uma força muito superior a capacidade dos bueiros presente no trecho abordado. Conforme Jorge et al. (2020) diversos problemas de desempenho em sistemas de águas residuais ou pluviais resultam direta ou indiretamente de aflúências indevidas, da população e do descaso das prefeituras.

3. Resultados e Discussão

Para obter os resultados da quantidade de água que passa nos bueiros, usa-se um dado evento hidrológico como uma forte chuva ou enchente que ocorre a cada 100 anos, isso quer dizer que seu período de retorno é dado por $t = 100$ (Canholi, 2014). E para que se possa chegar a um resultado preciso desse tempo de retorno deve-se levar em consideração a equação de posição de plotagem para efetuar o cálculo da probabilidade acumulada, considerando as seguintes definições:

$$\text{Fórmula: Prob.} = \frac{m}{n} + 1$$

Onde:

m = número de ordem do evento na série de dados (organizados do maior para o menor);

n = número de dados da série do evento.

Após definir a probabilidade, torna-se possível obter o tempo de retorno da chuva pela fórmula:

$$\text{Fórmula: Tr} = \frac{1}{\text{Prob}}$$

Onde:

Tr = período de retorno do evento (anos);

$Prob$ = probabilidade de ocorrência de evento igual ou superior.

Na Figura 6 temos a demonstração da declividade da Rua Rio Grande do Norte, representa pela linha em vermelho, retirada do programa Google Earth Pro.

Figura 6 - Visualização da elevação da rua Rio Grande do Norte de Açailândia – MA



Fonte: Google Earth Pro (2023).

A partir de dados coletados, sabemos que a área de contribuição é de 3.051 metros, onde pega desde o início do montante até o fim da jusante, com uma declividade de 12,4% como é mostrado na figura 6, o que em radianos ficam 0,1234 rad, aproximadamente, ao aplicarmos a fórmula mediante esses dados, obtemos um valor de ITU de 14,1637. De acordo com Schier (2007), no seu trabalho de Avaliação do Índice Topográfico de Umidade para Detecção de Zonas Urbanas Inundáveis, a partir de ITU acima de 9, a declividade tem influência nas enchentes causadas no local. O que nos permite maiores estudos ao fazer o dimensionamento de toda a captação da água vinda das chuvas.

Dessa forma, é possível dizer que as enchentes durante os períodos chuvosos se justificam pelos diferentes fatores aqui apresentados, sendo eles, mau dimensionamento dos bueiros, falta de manutenção e limpeza, má qualidade da via de circulação e escoamento da água, declividade da rua elevada, além da inexistência de uma rede de drenagem e esgoto unificada e adequada (Almeida, 2020).

4. Conclusão

Após toda a pesquisa de campo realizada em Açailândia-MA e pesquisas bibliográficas de diversos autores, ficou mais que evidente a existência do problema de drenagem na rua Rio Grande do Norte, e como a declividade da via interfere não apenas na mobilidade urbana, mas também no sistema de drenagem local. Mostrando ainda as diferentes carências pela qual os moradores passam em virtude das enxurradas mal drenadas, seja pela intensidade das chuvas, pela falta de sarjetas bem dimensionadas, assim como a necessidade de bocas de lobo em pontos estratégicos e o desprovimento de pavimentação adequada, além da inexistência de manutenção nos bueiros como a limpeza para desobstruir as vias de acesso ao escoamento adequado. Evidenciando ainda que o problema é recorrente, pois há a necessidade da implantação de um novo projeto que sane todas as demandas da localidade, tanto em relação ao sistema de drenagem pluvial da chuva como a rede de esgoto que não há.

Portanto, para maior conforto, segurança e saúde dos moradores locais e demais cidadãos que fazem uso dessa via é necessário um dimensionamento adequado da Rua Rio Grande do Norte considerando a inclinação presente para uma melhor proposta de drenagem, além de repavimentar a rua, visto que existe a presença de muitos recalques e deslocamentos em virtude da má compactação da área e conseqüentemente surge mais problemas com o passar do tempo. Dessa forma a melhor solução é, uma análise do solo para uma compactação adequada, com uso de bloquetes em virtude da sua rugosidade para facilitar a drenagem da via, fazendo um trabalho bem executado para evitar problemas de deslocamentos, recalques ou custos extras com perdas de materiais uma vez que a pavimentação por bloquetes possui um valor elevado para os cofres públicos se comparado com a pavimentação asfáltica. Além de implementar uma rotina de limpeza periódica na rede de escoamento.

Nesse trabalho, abordou-se um problema estrutural presente em muitas cidades brasileiras, destacando de forma sucinta os impactos da falta de drenagem planejada que considere as inclinações da via de forma adequada. Abordou ainda a importância da escolha do tipo de pavimentação para auxiliar na drenagem das vias, no entanto se faz necessário maiores estudos acerca dessa temática, sendo interessante para trabalhos futuros aprofundar um pouco mais, pois as diferenças de composição e benefícios dos diferentes tipos de pavimentação são diversas e muito relevantes.

Referências

- Almeida, R. M. (2020). Os impactos da drenagem superficial de águas pluviais na infraestrutura de trechos de vias do perímetro urbano do município de Santarém, Pará, Brasil. *Revista Geonorte*. 11(37), (pp. 175-94).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). ABNT NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário — Requisitos e métodos de ensaios.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015). ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.
- Canholi, A. P. (2005). Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo: *Oficina de Textos*, (2a ed.) (p. 95, 302).

ChristofidiS, D., Assumpção, R. D. S. F. V., & Kligerman, D. C. (2019). A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza, 43, pp. 94-108. *Saúde em Debate*.

Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. (2006). DNIT - IPR 023: Drenagem – Bueiros tubulares de concreto - Especificação de serviço.

IPH. (2005). Plano diretor de drenagem urbana: Manual de drenagem urbana. Porto Alegre: *Instituto de drenagem*.

Jorge, C., Almeida, M. C., & Covas, D. (2020). Impacto de afluições indevidas no consumo energético em instalações elevatórias em sistemas de drenagem urbana. *Rev. Águas E Resíduos*. (pp. 29-40).

Junior, B. C. & Moreira, S. & Santos, M. A. B. B. (2015). Interface entre o Jornalismo e Urbanização: os problemas da drenagem pluvial nos centros urbanos. *Revista Fragmentos de Cultura-Revista Interdisciplinar de Ciências Humanas*, Goiânia. 4, 455-464.

Leopold, L. N., 1968. (2012). Hydrology for Urban Planning – A Guide Book on the Hydrologic Effects on Urban Land Use. USGS circ 554, (p. 18).

Mondardo, D. et al. (2009). Proposta de Recuperação Ambiental na Área Urbana da Microbacia do Rio Ouro Monte. In: 2nd International Workshop–Advances in Cleaner Production, São Paulo, Brazil.

Organização Das Nações Unidas –ONU. (2017). Nova Agenda Urbana. Acesso em: 07 jan. 2023. <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Angola.pdf>>.

Pereira, A. S. A. & Shitsuka, M. D. & Ricardo, S. F. P. J. (2018). Metodologia da pesquisa científica, (p. 69)., (2a ed.), Disponível<https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf>.

Pesquisas Hidráulicas. (2005). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Esgotos Pluviais, (p. 167).

Pimentel, Luciene. (2022). Hidrologia - Engenharia e Meio Ambiente. GRUPO GEN, 2015.

Rezende, O. M.; Míguez, M. G. & Veról, A. P. (2016). Manejo de águas urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano em bases sustentáveis integradas: estudo de caso dos Rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 18(2), (pp. 149-163).

Schier, D. T. (2007). *Avaliação do índice topográfico de umidade para detecção de zonas urbanas inundáveis*. Orientador: Prof. Dr. Silvio Luís Rafaeli Neto. 2020. Dissertação (Ciências Ambientais) - Mestrado, Lajes (SC), 2020. p. 123.

Silveira, F. L. (s.d.). Inclinações das ruas e das estradas. *Física na escola*. 8(2), 16-18.

Silva Teixeira, G., Rodrigues, R. S. S., Crispim, D. L., Fernandes, L. L., & Bittencourt, G. M. (2020). Metodologias para Caracterização e Avaliação de Sistemas de Drenagem urbana: uma revisão. *Research, Society and Development*.

Silveira, A. L. L. (2005). Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*. 10(1), 5-23.

Souza, C. F.; Cruz, M. A.; & Tucci, C. E. M. (s.d.). Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*. 17(2), 9-18.

Tucci, C. E.M. (2003). Drenagem urbana. *Ciência e cultura*. 55(4), 36-37.