

AValiação DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA LOCALIZADO EM UM CRUZAMENTO DO MUNICÍPIO DE SORRISO - MT

CAROLINE GRIGOLETTO PAVAN ¹
PAULA JANAÍNA SOUZA FARTO ²

RESUMO: O desenvolvimento habitacional vem crescendo muito ao longo dos anos, porém, alguns municípios acabam não estruturando adequadamente seus sistemas de drenagem de águas pluviais. Desta forma, o meio ambiente e a população sofrem com diversos impactos, como enchentes e inundações em diversos pontos nas cidades, resultado da falta de planejamento ou erro de projeto/execução. Sendo assim, estudos sobre planejamento para atender a padrões físicos, técnicos, econômicos, institucionais, sociais e ambientais são indispensáveis antes de se iniciar a execução uma obra de drenagem. Dado estes fatos, o objetivo desse trabalho é estudar, analisar, identificar as causas e recomendar mudanças para evitar o problema de acúmulo de água em um ponto crítico, tendo por base o projeto do bairro Morada do Sol na cidade de Sorriso/MT. Desta forma foi analisado o projeto base e foi vistoriada a tubulação receptora das vazões de escoamento superficial. Sendo assim, foi desenvolvido um novo projeto de drenagem pluvial a fim de dimensionar as tubulações conforme as demandas e normas vigentes. Em suma, pode-se concluir que para a vazão máxima calculada de 0,143 m³/s, é necessária uma tubulação de 0,8 m de diâmetro, que é capaz de escoar a água de escoamento superficial em 2,24 minutos pelos 135,5 m de extensão do trecho da galeria.

PALAVRAS CHAVE: Drenagem Urbana; Escoamento Superficial; Dimensionamento.

EVALUATION OF URBAN DRAINAGE SYSTEM LOCATED AT A CROSSING IN THE MUNICIPALITY OF SORRISO - MT

ABSTRACT: Housing development has grown a lot over the years, but some municipalities end up not properly structuring their rainwater drainage systems. In this way, the environment and the population suffer from various impacts, such as floods, floods in various points in the cities, as a result of lack of planning or design/execution error. Therefore, studies on planning to meet physical, technical, economic, institutional, social and environmental standards are essential before starting a drainage work. Given these facts, the objective of this work is to study, analyze, identify the causes and recommend changes to avoid the problem of water accumulation at a critical point, based on the Morada do Sol neighborhood project in the city of Sorriso/MT. In this way, the base project was analyzed and the receiving pipe of surface runoff was inspected. Thus, a new rainwater drainage project was developed in order to dimension the pipes according to current demands and regulations. Thus, it can be concluded that for the maximum calculated flow of 0.143 m³/s, a 0.8 m diameter pipe is needed, which is

¹ Acadêmica de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário UNIFASIPE, Rua Carine, nº 11, Residencial Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: caroline.pavan15@outlook.com

² Professora, Engenheira Civil, Centro Universitário UNIFASIPE, Rua Carine, nº 11, Residencial Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: paulajanaina_engcivil@hotmail.com

capable of draining surface runoff water in 2.24 minutes through 135.5 m extension of the gallery excerpt.

KEYWORDS: Urban Drainage; Surface runoff; Scale.

1. INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento populacional, de forma descontrolada e sem planejamento adequado, causa diversos problemas ambientais, sociais e econômicos. Além disso, o aumento da população e a construção de edificações em locais de difícil acesso ou em áreas de proteção ambiental potencializa a dificuldade de escoamento das águas pluviais, que causam impactos ambientais significativos na infraestrutura dos recursos hídricos. Desta forma, observa-se na drenagem urbana, um aumento da frequência e magnitude das inundações e alagamentos com suas consequências negativas para a população e para o meio ambiente.

A chuva é um fenômeno meteorológico essencial para vida na terra, favorece a produção de alimentos e manutenção dos mananciais que abastece nossas casas. Contudo, pode causar graves impactos nas cidades que não possui infraestrutura adequada para escoar a água.

A produção do espaço urbano possui uma dinâmica orientada, quase sempre, pelos fatores hegemônicos, na tentativa de inserção de áreas produtivas e reprodutoras do capital (LIMA, 2015). Desta forma, as danosas consequências da incapacidade de planejar e gerir a urbanização coexistem com os benefícios da urbanização pela ausência de políticas, normas sociais e mudanças institucionais necessárias.

A maioria das cidades brasileiras não possui meios eficientes para recolher e conduzir a água da chuva, onde o acúmulo em meio urbano pode ocasionar sérios danos a população. Esse acúmulo de água pode danificar os pavimentos, invadir propriedades, colocando em risco os moradores. Além disso, há o risco da proliferação de doenças, afogamento e acidentes em geral que podem ocorrer durante o período chuvoso.

Pode-se observar ao longo da história que as práticas de saneamento urbano se tornaram importantes a partir de grandes epidemias que assolaram a Europa no século XIX, na qual o avanço da ciência comprovou o papel das águas das enchentes como principal fator de transmissão (LIMA, 2015).

Desta forma, o desenvolvimento desse trabalho está associado à dinâmica de um sistema de drenagem eficiente, com potencial de escoamento de chuvas excepcionais, adaptando um sistema de drenagem já existente. Sendo assim, este trabalho visa avaliar um sistema de drenagem urbana localizado em um cruzamento no município de Sorriso – MT, que constantemente sofre problemas de alagamentos no período das cheias.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Urbanização e drenagem urbana

A urbanização desordenada caracteriza-se por ações de desmatamento, substituição da cobertura vegetal natural e a ocupação de áreas desprovidas de controle e programação para as chuvas excepcionais. Como consequência, observa-se a impermeabilização das superfícies, a redução do tempo de concentração e o aumento do escoamento superficial (MARQUES, 2000).

A expansão da urbanização é muito significativa no território brasileiro. Em grande parte dos casos, é evidente o crescimento desordenado das cidades, que também não possuem um planejamento adequado de drenagem, nem de controle do uso e ocupação do solo,

acarretando em uma acentuada ocupação de áreas de riscos. Assim, a consequência é inevitável: o prejuízo na qualidade de vida da população devido ao aumento da frequência e da magnitude de inundações, alagamentos, deslizamentos e modificações dos corpos d'água, que expõe os moradores destas regiões à riscos de saúde (TUCCI, 2000).

A drenagem urbana é um conjunto de medidas que tem como finalidade mitigar os riscos a qual a sociedade está sujeita e diminuir os prejuízos causados pelas inundações, possibilitando o desenvolvimento urbanístico da forma mais segura possível, articulado com outras atividades urbanas (TUCCI e MARQUES, 2000).

Assim sendo, um sistema de drenagem é uma série de estruturas instalados que visam reter, tratar e transpor águas pluviais. Podem ser públicos, na forma de bocas lobo e sarjetas, como também podem ser instalados em edificações, tais como casas, apartamentos, edifícios comerciais, fábricas, instituições, dentre outros. Desta forma, um sistema de drenagem pode ser uma estrutura simples que concentra apenas os elementos básicos do sistema, ou complexa, que é capaz coletar, tratar e distribuir as águas pluviais para diversos pontos distintos. Seja público ou privado, todo sistema de drenagem tem como objetivo escoar a água precipitada o mais rapidamente para a jusante

Algumas normas e legislações são redigidas por órgãos públicos e prefeituras, entretanto, até o momento, não há uma norma específica para drenagem de águas pluviais em logradouros públicos, somente para instalações de águas pluviais prediais.

2.2. Escoamento superficial

Quando se analisa algum dado hidrológico em uma região, é necessário levar em consideração a bacia hidrográfica na qual está inserido. Um sistema de uma bacia é constituído pelo rio principal e seus tributários. O padrão de drenagem de uma bacia depende de uma estrutura geológica do local, tipo de solo, topografia e clima, que influenciam o comportamento hidrológico. Além disso, as características do relevo têm grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos pois, a velocidade de escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto que a temperatura, a precipitação e a evaporação são funções da altitude da bacia (MATIAS e ÁTILIA 2021).

Alguns fatores podem influenciar o escoamento superficial. Os fatores climáticos incluem a intensidade da chuva, a sua duração e a precipitação anterior. Já os fatores fisiográficos incluem a área da bacia, geometria, permeabilidade do solo e topografia. Desta forma, o coeficiente de escoamento é a razão entre a água de escoamento superficial e a água de sedimentação (Tucci, 2001), que por vez, pode ter uma relação entre chuvas isoladas ou um intervalo de tempo entre uma chuva e outra. A Tabela 1 apresenta os coeficientes de escoamento (C) adotados em projetos.

Superfície	Intervalo	C valor esperado
Asfalto	0,70 – 0,95	0,83
Concreto	0,80 – 0,95	0,88
Calçada	0,75 – 0,85	0,80
Telhado	0,75 – 0,95	0,85
Cobertura: grama solo arenoso		
Pequena declividade (2%)	0,05 – 0,10	0,08
Declividade média (2% a 7%)	0,10 – 0,15	0,13
Forte declividade (7%)	0,15 – 0,20	0,18
Cobertura: grama solo pesado		
Pequena declividade (2%)	0,13 – 0,17	0,15
Declividade média (2% a 7%)	0,18 – 0,22	0,20
Forte declividade (7%)	0,25 – 0,35	0,30

Tabela 1: Tabela para coeficiente de escoamento.
Fonte: Valores de C recomendados pela ASCE (1969).

2.3. Elementos pontuais do sistema drenante analisado

Bueiros (bocas de lobo) são dispositivos em forma de caixas coletoras em alvenaria ou concreto, a serem executadas junto aos meios-fios ou sarjetas, com o objetivo de captar as águas pluviais e direcioná-las à rede coletora. Na dependência da vazão, são executadas as bocas de lobo simples ou compostas, ambas com grelha pré-moldada de concreto ou ferro fundido. Existem algumas recomendações a serem consideradas na hora da instalação das bocas de lobo como a locação em ambos os lados das ruas em pontos baixos das quadras.

Já as galerias são tubulações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas-de-lobo e das ligações privadas. O diâmetro mínimo das galerias de seção circular é de 0,30 metros e no máximo de 1,50 metros. As galerias pluviais são projetadas para funcionarem com máxima eficiência com a vazão de projeto. A velocidade máxima admissível é calculada em função do material a ser empregado na rede. Para tubo concreto, as velocidades máxima e mínima admissível devem ser iguais a 5,0 metros/segundo e a 0,60 metros/segundo, respectivamente.

Por vez, os poços de visita são dispositivos auxiliares implantados nas redes águas pluviais com o objetivo possibilitar a ligação das bocas-de-lobo à rede coletora e permitir as mudanças direção, declividade e de diâmetros dos tubos rede coletora, além de propiciar acesso para efeito limpeza e inspeção, necessitando, para isso, sua instalação de pontos convenientes, (FIGIMOTO, GILBERTO 2021).

Segundo Tucci (2001), os tubos de ligações são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para galerias ou para os poços de visita, sendo que o diâmetro da tubulação varia de acordo com a demanda de escoamento calculada em projeto.

2.4. Dimensionamento

Alguns fatores são primordiais para o correto dimensionamento do sistema de escoamento, tais como a bacia hidrográfica em que o ponto de estudo se encontra, as características do município, as estações do ano, o regime pluviométrico e as maiores intensidades pluviométricas ocorridas, bem como a frequência das precipitações e a área de contribuição, de acordo com a topografia local.

2.4.1. Vazão

O método racional é aplicável para avaliação de deflúvio superficial direto, tanto para a chuva inicial, quanto para chuva máxima de projeto. Para avaliação da vazão de enchentes pelo método racional consiste na aplicação da Equação 3. Vale ressaltar que esse

método é recomendado para dimensionamento de galerias de águas pluviais e avaliação de escoamento para pequenas bacias de contribuição.

$$Q = 0,278 * CIA \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q - vazão máxima (m³/s)

C - coeficiente de escoamento médio superficial ponderado

I - intensidade média de precipitação (mm/h)

A - área da bacia hidrográfica (km²)

2.4.2. Tempo de concentração

Tempo de concentração é o ponto mais distante da bacia até o exultório. Existem diversas maneiras de estima-lo, como a equação de Kirpich, que usa uma estimativa do tempo de concentração em bacias menores que 0,5 quilômetros quadrados (Equação 1).

$$TC = \frac{0,019 * L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

TC - tempo de concentração (min)

L - comprimento do curso d'água (m)

S - declividade do talvegue (m/m)

2.4.3. Período de retorno

O tempo de repetição empregado é o tempo recomendado pelo Manual Básico de Hidrologia do DNIT (2005). Esses tempos são mostrados na Tabela 2.

OBRAS	TR ADOTADO	FUNCIONAMENTO
Drenagem profunda e superficial	10 anos	
Dispositivos de drenagem superficial	5 anos	Canal
Bueiros tubulares e Celulares	15 anos	Canal
Verificação de bueiros tubulares e Celulares	25 anos	Orifício
Ponte, pontilhão	50 a 100 anos	Canal

Tabela 2: Relação de chuvas de diferentes durações.

Fonte: DNIT (2021)

A partir de valores do tempo de duração da chuva (horas) e da intensidade pluviométrica (mm/h), foi possível obter a curva de intensidade, duração e frequência (IDF), para períodos de retorno de 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos, para duração de chuvas de 10 minutos até duas horas, usuais para obras de microdrenagem.

Com as curvas IDF, os autores realizaram uma análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados, obtendo a equação de chuvas intensas (Equação 3), que é muito utilizada em cálculos de projetos de drenagem. No cálculo, foi empregado um tempo de retorno de 10 anos, o que é sugerido na literatura para obras de drenagem profunda e superficial, e um tempo de duração da chuva de 10 minutos.

$$I = \frac{1066 * T^{0,127149}}{(10 + 10,7879)^{0,805238}} \quad (\text{Equação 3})$$

2.4.4. Variáveis do sistema drenante

Segundo Netto (1998), bocas de lobo do tipo guia podem ser consideradas como um vertedor, onde sua capacidade de captação pode ser determinada segundo a Equação 4.

$$Qb = 1,6 * L * h^{1,5} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

Qb - vazão de captação do bueiro (m³/s)

L - comprimento da Soleira (m)

h - altura da lâmina (m)

Além disso, para o dimensionamento foram utilizadas as seguintes equações:

$$\text{Parâmetro } K = \frac{\text{Intensidade pluviométrica (m}^3/\text{s)}}{\sqrt{\text{Declividade da galeria (m/m)}}} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\text{Altura da coluna d'água} = \frac{K}{\left(\frac{\text{Diâmetro adotado}^{8/3}}{\text{Coeficiente de rugosidade de manning} = 0,013} \right)} \quad (\text{Equação 6})$$

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Intensidade pluviométrica (m}^3/\text{s)}}{(\text{Enchimento} \cdot \text{Diâmetro adotado (m)}^2)} \quad (\text{Equação 7})$$

$$\text{Tempo de percurso} = \frac{\text{Extensão (m)}}{\text{Velocidade (m/s)}} \cdot \frac{1}{60} \quad (\text{Equação 8})$$

3. MATERIAS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas visitas técnicas na Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos de Sorriso – MT, onde foi possível obter o Projeto de drenagem de 1991 com as dimensões existentes, um mapa oficial georreferenciado em fevereiro de 2021, imagens atuais via satélite e histórico de índices pluviométricos do bairro Morada do Sol. O projeto de drenagem pode ser observado no Anexo A. O estudo da área escolhida caracteriza-se pelo levantamento in loco do ponto de acúmulo de água. Nesse período foi fotografado e analisado o ponto problemático com diferentes níveis de precipitação, como pode ser verificado no Anexo B.

Assim, foram analisados todos componentes existentes de projeto e seus respectivos dimensionamentos adotados, apresentando o problema em questão, com vistorias, inspeções *in loco* das galerias, bocas de lobo e da tubulação do ponto estudado. Desta forma, foi elaborado um novo projeto, comparando com o existente, a fim de redimensionar o sistema e propor sugestão para sanar o problema de alagamento nesse cruzamento.

3.1. Caracterização do município de Sorriso – MT

Situado na região norte de Mato Grosso e às margens da BR-163, o município de Sorriso, está entre as cinco maiores cidades do Estado. Sua população, estimada pelo IBGE para 2021, foi de aproximadamente 90.313 habitantes, migrantes de todas as regiões do País, principalmente do Sul e Nordeste.

Tendo a economia diretamente relacionada ao agronegócio, o cultivo da soja é a principal atividade do município, que lhe conferiu o título de maior produtor de soja do país: representa 3% da produção nacional e 17% da produção estadual. Vale ressaltar que Sorriso encontra-se inserido na Microrregião do Alto Teles Pires, com uma altitude de 365 metros acima do nível do mar. Além disso, o município está assentado na Grande Bacia do rio

Amazonas, que envolve todo o conjunto de recursos hídricos que convergem para o rio Amazonas. Abrangendo uma área de 7 milhões de km².

Ao longo dos anos, o município se desenvolveu a partir das cotas mais elevadas, ocupando as áreas adjacentes ao divisor de águas que delimita as vertentes do Córrego Gonçalves e Rio Lira. Desta forma, a topografia local é caracterizada por declividades bem definidas e sem grandes variações, formando extensas áreas chapadas. A condição topográfica associada ao tecido urbano e à escassa malha das redes de drenagem definem duas principais vertentes de escoamento que partem em direção ao Córrego Gonçalves (Vertente Gonçalves) e ao Rio Lira (Vertente Lira), como ilustra a Figuras 2.

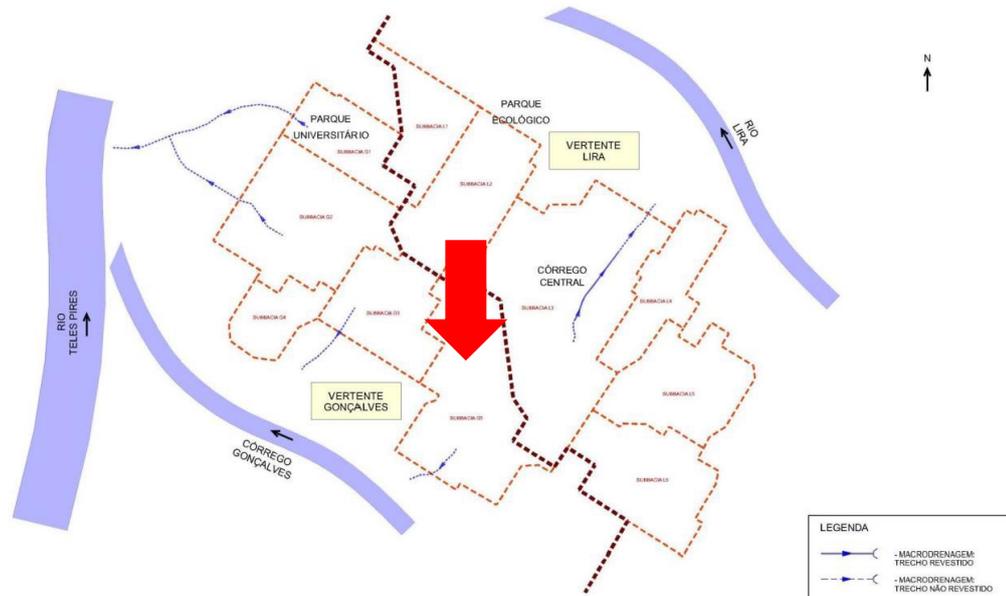


Figura 1: Diagrama unifilar da hidrografia na zona urbana - Condição Atual.
Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Sorriso – MT (2015).

Diante disso, o ponto crítico em estudo está localizado na sub-bacia G-03, localizado na porção central da Vertente Gonçalves, com uma área total de 1,15 km², que corresponde a aproximadamente 6% da zona urbana do município. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Sorriso (2015), esta sub-bacia possui parte das ruas com pavimentação asfáltica, entretanto, algumas ruas ainda estão sem pavimentação, como os loteamentos em implantação em sua parte mais alta.

Além disso, a sub-bacia possui grande declividade nos arruamentos e também em seu talvegue central. Na extremidade, origina-se um curso d'água que deságua no próprio Córrego Gonçalves. Seu trecho de nascente ocorre em área urbana não ocupada. Associando os aspectos físicos da bacia à existência de vias não pavimentadas, formam-se erosões de porte significativo nas áreas mais baixas. Devido a isto, alguns pontos são sempre atingidos pelo escoamento superficial.

A sub-bacia G-03 possui ocupação não consolidada e, por outro lado, apresenta problemas de macrodrenagem decorrentes da ausência ou da escassez de redes de drenagem que capturem e conduzam as águas de chuvas das partes mais elevadas, reduzindo o volume superficial que se acumulam atualmente nas partes mais baixas.

3.2. Área de estudo

A área de estudo se refere aos cruzamentos entre a Av. Porto Alegre com a Rua dos Girassóis do município (Figura 3), estando localizado nas coordenadas Latitude: -12.5587, Longitude: -55.7141 12° 33' 31" Sul, 55° 42' 51" Oeste.

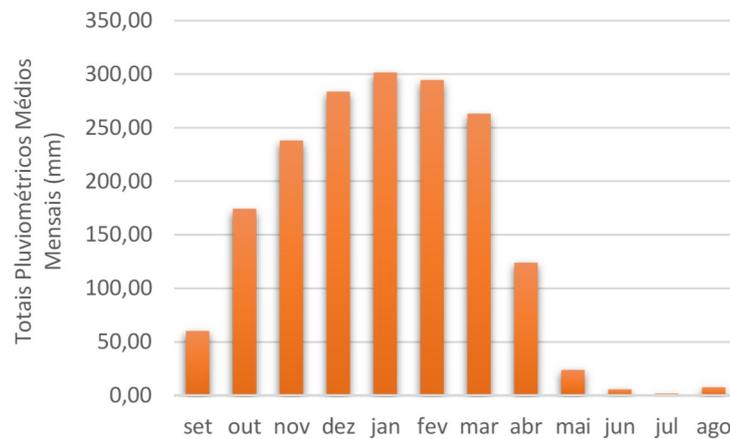


Figura 3: Histograma das médias dos totais mensais precipitados do período compreendido entre 1996 e 2020. Fonte: HidroWeb (2021).

O histograma mensal ressalta duas estações bem definidas, característica do clima de Köppen-Geiger, onde de setembro a abril é o período chuvoso, e de maio a agosto, ocorre a estiagem. É possível observar, que as médias mensais da série histórica, mostram que os meses que apresentam as maiores pluviosidades é o período compreendido entre dezembro a março, onde a precipitação média mensal ultrapassou índices de 250 mm.

4.2. Panorama local

Nos últimos meses, o índice pluviométrico na região vem aumentando consideravelmente devido à época das cheias, onde as chuvas intensas causam transtornos em várias regiões do município de Sorriso. Há determinados locais onde as chuvas causam um impactos maiores, devido ao nível da água ultrapassar o pavimento.

O bairro Morada do Sol foi fundado no ano de 1993, é pavimentado, porém, no período chuvoso, o sistema de drenagem não suporta o fluxo das águas, que forma grandes alagamentos. Sendo assim, o bairro sofre com alagamento há anos, os moradores ficam ilhados, lixo entram nas residências trazendo muitas doenças para a população..

Os alagamentos são ocasionados pelo acúmulo de água na superfície urbana e, na maioria das vezes, ocorrem por falhas no sistema de microdrenagem. A água da chuva passa por tubulações subterrâneas, porém, quando a chuva é intensa, há uma possibilidade maior de acumular água no asfalto, provocando alagamento. Além disso, muitas bocas de lobo deste bairro causam mau cheiro e estão entupidas, que contribui ainda mais para a problemática do alagamento.

O diagnóstico para as áreas desprovidas de pavimentação aponta um elevado índice de erosão no entorno das áreas verdes. Com a precipitação, sobretudo no período das chuvas intensas, as partículas provenientes de erosões e da ausência de revestimento da pista rolante, escoam para os dispositivos de microdrenagem, elevando o grau de assoreamento destes dispositivos. O assoreamento das galerias e canais diminui a eficiência de escoamento em razão da diminuição da seção hidráulica. Outro aspecto importante e também desfavorável, é o comprometimento da vida útil das estruturas em razão dos efeitos abrasivos das partículas sólidas.

Este ponto possui cotas mais baixas e menores declividades transversais. Devido a isto, ele sofre com o acúmulo das águas de chuva proveniente das zonas de cotas mais elevadas da bacia. Devido a este fato, foi possível observar que neste ponto, as galerias pluviais não vencem ao grande volume de água, ou seja, a demanda é maior que a oferta. Além disso, foi verificado que este problema é recorrente, onde o alagamento deste bairro vem sendo discutido desde 2009 em sessões da Câmara de Vereadores do município.

Dado estes fatos, é possível observar que a drenagem do bairro é frágil e não suporta o volume de água. Considerando que é um direito público da população de ter acesso ao saneamento básico, é necessário apresentar procedimentos técnicos e soluções profissionais para este problema.

4.3. Análises das vazões críticas para as bocas de lobo

A Lei Federal nº 11.445/2007 define o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e, drenagem e manejo de águas pluviais. Em seu artigo 19, esta Lei estabelece que a prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverá observar um plano, denominado Plano Municipal de Saneamento Básico.

O Plano Municipal de Saneamento Básico é um instrumento de planejamento que auxilia os municípios a identificar os problemas do setor, diagnosticar demandas de expansão e melhoria dos serviços, estudar alternativas de solução, bem como, estabelecer e equacionar objetivos, metas e investimentos necessários, visando universalizar o acesso da população aos serviços de saneamento.

Para a análise do ponto crítico, foram coletadas as dimensões de dois dispositivos de drenagem - as bocas de lobo do cruzamento em estudo. As bocas de lobo ou bueiros são dispositivos localizados em pontos estratégicos para a captação de águas pluviais. Após a coleta de dados, foi gerado uma planta com determinação da área de contribuição para os referidos bueiros. Assim, a Figura 6 ilustra as áreas de contribuição para a boca de lobo no cruzamento entre Av. Porto Alegre com a Rua dos Girassóis, totalizando uma área de 6.618 m².



Figura 4: Planta com identificação da área de contribuição ao ponto crítico em estudo.

Fonte: Própria.

Após levantar a área de contribuição, foi calculado a vazão de contribuição para o ponto crítico, conforme o Método Racional, que estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial e é usado para calcular a vazão de pico em uma determinada seção de estudo. Desta forma, obteve-se uma vazão máxima a escoar de 34,95 L/s para esta área de contribuição, considerando uma intensidade média de precipitação de 228,86 mm/h e coeficiente de escoamento superficial de índice 0,83, que é a relação entre o volume de precipitação e o volume escoamento superficialmente, considerando áreas densamente construídas, com rua e calçadas pavimentadas, como se pode verificar no Quadro 1.

BACIA CONSIDERADA		CONTRIBUIÇÃO PARCIAL				
Área de contribuição (m ²)	Coefficiente de escoamento superficial	Coefficiente de distribuição (redução)	Tempo de concentração (min)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Coefficiente de deflúvio (f)	Vazão total a escoar (m ³ /s)
6.618,00	0,83	1,00	10,00	228,86	0,82	0,286

Quadro 1: Características da área de contribuição.

Fonte: Própria.

O Coeficiente de Redução é calculado pela relação entre a chuva e a área de contribuição. Quanto ao tempo de concentração, foi adotado um tempo de dez minutos para a água chegar ao poço de visita, que é o tempo sugerido na literatura para pequenas bacias.

Vale ressaltar que a intensidade pluviométrica é obtida através de equações ajustadas para cada região, na qual neste trabalho foi adotado a equação de precipitação máxima pelo método das isozonas para a cidade de Cuiabá, MT, a qual utilizou dados de uma estação meteorológica de Várzea Grande, MT que possuía uma série histórica que compreendia o período de 1925 à 2013, totalizando 88 anos de dados pluviométricos, segundo o (Hidroweb). Desta forma, a intensidade pluviométrica resultou em índices de 228,86 mm/h.

Na sequência, o Coeficiente de Deflúvio foi calculado para corrigir a tendência do Método Racional em superestimar as vazões de pico. Para a sua determinação, são necessários dados do coeficiente de escoamento superficial, intensidade pluviométrica e tempo de concentração. Desta forma, o coeficiente calculado é de 0,82, resultando em uma vazão máxima a escoar no trecho de 350 L/s. Devido ao tempo de concentração da água da chuva nos condutos ter sido considerado de 10 minutos, o resultado da vazão que passa pelos condutos da galeria foi determinado a partir da razão entre a vazão no trecho e o tempo de permanência.

Além disso, foi dimensionada a vazão necessária para as bocas de lobo, obtendo um total de 34,95 L/s. Desta forma, na Tabela 3 estão apresentadas as vazões de engolimento das bocas de lobo, tendo sido dimensionadas conforme as dimensões coletadas in loco.

Boca de lobo	Tipo	Área de contribuição (m ²)	Vazão (L/s)
BL01	Simples	2482	13,10
BL02	Simples	4136	21,85
TOTAL			34,95

Tabela 3: Vazões de engolimento das bocas de lobo.

Fonte: Própria.

Já Tabela 4, por vez, ilustra um comparativo entre as vazões necessárias para essa área de contribuição, conforme a boca de lobo. Os cálculos apontam que, os bueiros foram dimensionados para comportar uma vazão máxima a ser captada de 143 L/s, onde, de acordo com a área de captação, estarão recebendo um total de 34,95 L/s, demonstrando que a vazão de engolimento é compatível com a vazão de contribuição no ponto.

Boca de Lobo	Tipo	Dimensões	Vazão necessária (L/s)	Engolimento compatível com a vazão de contribuição
--------------	------	-----------	------------------------	--

		L (m)	H (m)	Y (m)	Q (L/s)		
BL 01	Simples	1	0,2	0,2	143	13,10	Ok
BL 02	Simples	1	0,2	0,2	143	21,85	OK

Tabela 4: Comparativo da vazão real de engolimento dos bueiros e a vazão necessária de engolimento da área.

Fonte: Própria.

Com os resultados das vazões necessárias e capacidade de engolimento das bocas de lobo, é possível concluir que, quanto ao funcionamento, os bueiros são capazes de suportar chuvas elevadas sem causar problemas à população, sendo eles compatíveis com a demanda de escoamento superficial.

4.4. Dimensionamento do sistema drenante

Devido a ser constatado na vistoria que o local situado nos arredores do ponto crítico não possui um sistema drenante completo, observou-se, a necessidade de seu dimensionamento. Desta forma, foi verificado que o local não possui poços de visita.

Os poços de visita são instalados nas mudanças de direção, de declividade ou de diâmetro das galerias, e servem para dar acesso à inspeção e limpeza das canalizações. Além disso, a porção entre dois poços de visita é denominado trecho. Desta forma, o Quadro 2 demonstra as informações para a instalação do poço de visita.

LOCAÇÃO		COTAS NO POÇO DE VISITA			
Nº do poço de visita	Estaca	Cota do terreno (m)	Nível de água do poço de visita	Cota do fundo do tubo	Recobrimento mínimo (m)
1	E0	380,65	379,49	379,05	0,8

Quadro 2: Características do poço de visita.

Fonte: Própria.

Na sequência, foi dimensionado o trecho da galeria, sendo denominado Trecho 01. As galerias são canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes dos bueiros e das ligações privadas. Para dimensionar o diâmetro do tubo precisa respeitar alguns critérios como a capacidade de enchimento não pode ultrapassar de 85 % da sua capacidade. Já a velocidade deve se concentrar na faixa entre 0,75 m/s à 5 m/s. Já a intensidade pluviométrica resultou à 228 mm/h.

O trecho considerado possui uma declividade de 0,00138 m/m e uma extensão de 135,50 m, como ilustra o Quadro 3, logo abaixo estão as equações que foram usadas até chegar no diâmetro final.

Trecho de galeria entre PV	Declividade (m/m)	Diâmetro (m)	Altura da coluna d'água (m)	Enchimento (%)	Velocidade (m/s)	Extensão (m)	Tempo de percurso (min)
TRECHO 01	0,00138	0,80	0,18	0,55	1,01	135,50	2,24

Quadro 3: Dimensionamento da galeria.

Fonte: Própria.

As galerias pluviais devem ser projetadas para funcionarem à seção de máxima eficiência com a vazão de projeto. Assim, o diâmetro adotado dos condutos forçados foi o diâmetro comercial de 0,8 m, onde para este diâmetro, os poços de visita devem ter 1,45 x 1,45 m de dimensões externas.

Já o enchimento, é um valor em porcentagem que indica a razão entre a vazão a escoar e a raiz quadrada da declividade da galeria. A partir da multiplicação do enchimento pelo diâmetro da tubulação, foi possível determinar a altura da coluna d'água, de 0,18 m.

Na sequência, a velocidade foi obtida através da equação da continuidade, que leva em conta o material a ser empregado na rede. Desta forma, a velocidade máxima obtida no trecho em estudo da galeria é de 1,01 m/s, estando dentro dos critérios básicos de dimensionamento, que leva em conta uma velocidade máxima de até 5 m/s e uma velocidade mínima superior à 0,75 m/s.

Por fim, o tempo de percurso é o valor do tempo de viagem que a água leva para percorrer o trecho da galeria, sendo constatado que ela necessita 2,24 minutos para percorrer 135,5 m de condutos forçados na galeria. O diâmetro adotado suporta uma intensidade pluviométrica de 300 mm/h, com essa precipitação ele estaria usando sua capacidade máxima de enchimento igual à 85%.

4.5. Comparação entre os sistemas

Para este estudo, foram analisados todos componentes existentes do projeto inicial de 1991 e seus respectivos dimensionamentos adotados. Além disso, a Prefeitura realizou vistorias *in loco*, onde para realizar a inspeção, o asfalto teve que ser quebrado em vários pontos da avenida. Foi constatado que a tubulação usada na execução do projeto diverge do projeto original de 1991. Verificou-se, que a tubulação das galerias do projeto era de 0,5 m de diâmetro e a encontrada *in loco* possuía um diâmetro de 0,4 m. Além do mais, foi verificado que não há poços de visita executados no local.

Conforme os dados apresentados anteriormente foi elaborado um novo projeto, comparando com o existente, a fim de, redimensionar o sistema e propor sugestão para sanar o problema de alagamento nesse cruzamento. Desta forma, para a vazão máxima calculada de 0,350 m³/s para um período de permanência de dez minutos, necessita uma tubulação de 0,8 m de diâmetro, que é capaz de escoar a água de escoamento superficial em 2,24 minutos pelos 135,5 m de extensão do trecho da galeria. A proposta do novo projeto de drenagem que é objeto de estudo deste trabalho, pode ser observado na Figura 7.

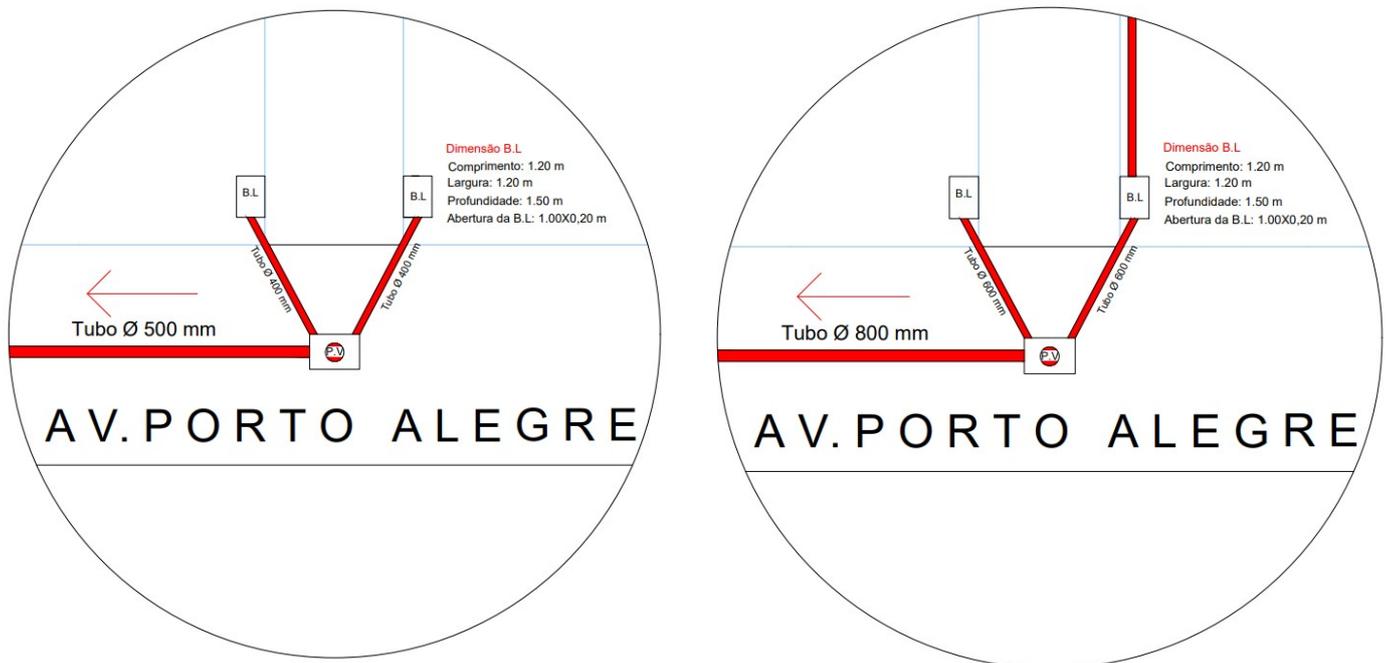


Figura 5:Traçado de tubulação existente versus proposta de traçado no trecho em estudo.
 Fonte: Própria.

4.6. Proposta de intervenção

As propostas de intervenção em macrodrenagem para esta sub-bacia conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico de Sorriso de 2015, são as seguintes:

- Delimitação de área de preservação ao longo das margens do córrego, com implantação de cerca num afastamento de 30 metros para cada lado das margens, por uma extensão total de 300 metros (trecho no interior da zona urbana);
- Recuperação das áreas com erosão em estágio avançado;
- Implantação de bueiro em uma rua da sub-bacia, sendo uma galeria tripla de seção quadrada em concreto armado, cada galeria com dimensões internas de 2 x 2 m, com 12 metros de comprimento, que irá suportar a vazão de 20,96 m³/s, a qual recebe água de toda a sub-bacia;
- Implantação de redes de macrodrenagem auxiliares para captação das águas pluviais desde as partes mais elevadas, tendo as características apresentadas no Quadro 4.

Rede	Área da bacia (hectares)	Q ₂₅ Total (m ³ /s)	Dados geométricos		
			Base (m)	Altura (m)	Extensão (m)
G-3A.1	16,55	2,99	1,50	1,50	150,00
G-3A.2	19,11	3,23	1,50	1,00	300,00
G-3A.3	33,06	5,29	1,50	1,50	235,00
G-3B.1	13,95	2,88	1,50	1,50	150,00
G-3C.1	26,20	4,85	1,50	1,50	150,00

Quadro 4: Características da rede proposta da sub-bacia G-03.

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Sorriso – MT (2015).

Em função das inspeções de campo realizadas, de discussões mantidas com a equipe da Prefeitura e de estudos realizados, as obras complementares previstas tratam-se de

intervenções necessárias à melhoria da eficiência dos sistemas de drenagem propostos, concentradas em obras de pavimentação. São ações indiretas que se associam ao conceito da micro e macrodrenagem na prevenção e segurança patrimonial, na melhoria operacional através da minimização dos efeitos erosivos e de assoreamento, além de que proporcionam uma maior segurança sanitária e ambiental.

5. CONCLUSÃO

No que tange a problemática da drenagem urbana no cruzamento da avenida Porto Alegre com a rua dos Girassóis, o principal contribuinte foi o dimensionamento das galerias pluviais. Na sequência, o problema foi agravado pela falta de manutenção do sistema de drenagem neste ponto.

Foi possível verificar que o dimensionamento da galeria no trecho não corresponde a demanda do escoamento superficial de águas pluviais, onde o projeto executado em 1991 previa tubulações de 0,5 m de diâmetro, que foram executadas com um diâmetro de 0,4 m, como apontaram os dados obtidos a partir da vistoria técnica in loco da tubulação existente neste trecho. Outro problema verificado na vistoria é que não existe poços de visita no local, tendo sido necessário a retirada do asfalto de determinados trechos da avenida para realizar a vistoria e entender o problema.

A área de estudo é totalmente urbanizada, onde devido a isso, possui um índice elevado de escoamento, de 83%. Já a topografia apresenta uma área muito plana que dificulta o escoamento, porém, foi observado uma diferença de nível de 0,30 m.

A partir do novo dimensionamento realizado neste trabalho, é possível concluir que é necessária uma tubulação de condutos forçados de 0,8 m de diâmetro para operar com 50% da capacidade de escoamento da vazão do escoamento superficial da chuva. As bocas de lobo por vez, não apresentaram problemas de dimensionamento, foram capazes de suportar escoamento da vazão necessária de sua capacidade de engolimento.

Em suma, pode-se concluir que as galerias precisam de ajustes, onde o presente trabalho sugere a troca da tubulação por diâmetros superiores. Além disso, sugere-se a construção dos poços de visita e outras soluções que contribuam para diminuir o problema, tais como, a construção de áreas de retenção de água de chuva, a utilização de asfalto permeável, bem como, o emprego de medidas estruturais e não estruturais.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, P. C. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.2, p.162-169, 2008
- BAPTISTA, M. et. al. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 266 p. Porto Alegre: ABRH. 2005.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: ABRH; UFRS, 2015. p.177-241.
- COSTA, A. R.; SIQUEIRA, E. Q.; MENEZES F.; **Introdução a Drenagem Urbana Microdrenagem**, ReCESA 2007.
- DNIT -**Manual de Hidrologia Básica para estrutura de drenagem** -2. ed. – Rio de Janeiro, 2005.
- LEFEBVRE, H. **Du rural a l'urban**. 5. ed. Paris: Édition Anthropos. 1975.