



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
Faculdade de Engenharia
Engenharia Civil - FAEN

JANAINA NOBRE DE OLIVEIRA

**Avaliação do Sistema de Microdrenagem do Terminal Rodoviário
de Dourados – MS**

Dourados - MS
2023

JANAINA NOBRE DE OLIVEIRA

**Avaliação do Sistema de Microdrenagem do Terminal Rodoviário de
Dourados – MS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal da Grande Dourados, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof^o Me. Leonardo da Rosa Walz com área de concentração 3.01.00.00-3 – Engenharia Civil.

**Dourados - MS
2023**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANEXO II – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 13:30 horas do dia 17 de abril de 2023, realizou-se no Laboratório 01 – FAEN (Vídeo-conf. e Proc. de Imagens) a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DO TERMINAL RODOVIÁRIO DE DOURADOS de autoria da discente JANAINA NOBRE DE OLIVEIRA, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.

Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

Aprovado

Reprovado

A discente declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. O orientador se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pela discente para a elaboração da versão final.

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

DISCENTE

Nome: JANAINA NOBRE DE OLIVEIRA Assinatura: Janaina Nobre de Oliveira

BANCA EXAMINADORA

Orientador: LEONARDO DA ROSA WALZ Assinatura: Leonardo da Rosa Walz

Membro: LILIANE RODRIGUES CONGRO DA ROCHA Assinatura: Liliane Congro da Rocha

Membro: DANIELE ARAUJO ALTRAN Assinatura: Daniele Araujo Altran

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DO TERMINAL RODOVIÁRIO DE DOURADOS - MS

OLIVEIRA, Janaina Nobre de¹; WALZ, Leonardo da Rosa²
E-mail¹: janaina.n.d.o67@gmail.com E-mail²: leonardowalz@ufgd.edu.br;

RESUMO

Na construção de sistemas de microdrenagem a nível de loteamento, ou de uma rede primária urbana, pode-se utilizar o método racional para a determinação da vazão máxima de projeto em bacias menores que 2 km². O presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado em toda a quadra do terminal rodoviário de Dourados - MS, e possui o objetivo de analisar a condição e a capacidade do sistema de drenagem de água pluvial do local, para assim, caso o sistema não esteja impedindo o alagamento, propor uma solução. Logo, foi realizado visitas *in loco* e por meio de anotações e fotografias tiradas do local, além de medições, foram coletadas as seguintes informações: a localização, o estado, o tipo e as medidas das bocas de lobo e a posição geográfica do local de estudo. Dessa forma, obteve-se que a vazão de projeto é de 7,56 m³/s, a vazão que as bocas de lobo são capazes de veicular é de 9,61 m³/s e a vazão reduzida devido a resíduos sólidos entupindo as bocas coletoras é de 5,16 m³/s. Ademais, foi observado que a maioria das bocas de lobo possuíam resíduos sobre ou dentro delas, e foram encontradas bocas coletoras danificadas e com parte das grades faltando. Portanto, conclui-se que o sistema de microdrenagem do local não é capaz de captar toda a vazão de água pluvial gerada em fortes chuvas, e a fim de se impedir o alagamento do local é recomendável a limpeza periódica dos dispositivos de microdrenagem.

Palavras-chave: alagamento; bocas de lobo; método racional.

ABSTRACT

In the construction of microdrainage systems at the neighborhood level, or of a primary urban network, the rational method can be used to determine the maximum design flow rate in basins smaller than 2 km². This paper presents a case study conducted throughout the block of the bus terminal in Dourados - MS, and aims to analyze the condition and capacity of the site's stormwater drainage system. Therefore, if the system is not preventing flooding, a solution will be proposed. Thus, on-site visits were carried out and through notes and photographs taken from the site, as well as measurements, the following information was collected: the location, condition, type, and dimensions of the storm drains, and the geographical position of the study place. Accordingly, it was found that the design flow rate is 7.56 m³/s, the flow rate that the storm drains can convey is 9.61 m³/s, and the reduced flow rate due to solid waste clogging the storm drains is 5.16 m³/s. Moreover, it was observed that most of the storm drains had waste on or inside them, and damaged storm drains were found with some of the grades missing. Therefore, it was concluded that the microdrainage system at the site is not capable of capturing all the stormwater flow generated in heavy rains, and in order to prevent flooding of the area, it is recommended to periodically clean the microdrainage devices.

Keywords: flooding; storm drains; rational method.

1 INTRODUÇÃO

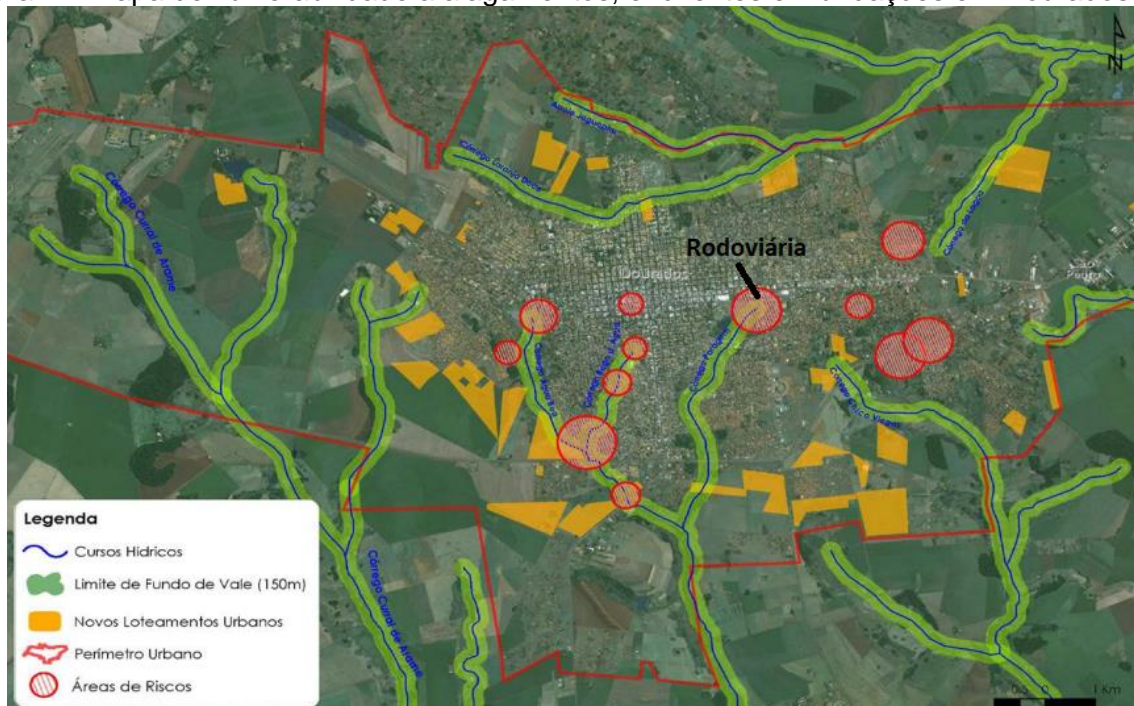
O sistema de microdrenagem urbana consiste em condutos pluviais a nível de loteamento ou de uma rede primária urbana, que são dimensionados determinando a subdivisão da área de estudo e o seu traçado, as vazões que afluem à rede de condutos e o dimensionamento da rede de condutos. Tais dados, podem ser obtidos em plantas, levantamentos topográficos e no local em si com a análise do nível de urbanização e da existência de redes já dispostas.

Dessa forma, um estudo de microdrenagem pode ser feito, por exemplo, em um bairro, loteamento ou edifício público. Na cidade de Dourados - MS, tem-se o Terminal Rodoviário Lemos Soares localizado no bairro Cabeceira Alegre, construído em 1982 (DOURADOS, 2015), que no passar dos anos, com a expansão da cidade e o aumento da ocupação e impermeabilização do solo para o uso urbano, o sistema de microdrenagem do local se tornou insuficiente. Tal fato é explicado pelos seguintes motivos: a rodoviária está situada próxima a cabeceira do córrego Paragem sendo esta uma das áreas mais sujeitas às inundações (PEPE; CAMPOS; JÚNIOR, 2009); esse córrego constitui uma das áreas de disposição final da drenagem das águas pluviais, o que aumenta o volume de água deste ponto (GROEN, 2018); e, as áreas de fundo de vale, como a qual se encontra a rodoviária, são os locais para onde o escoamento superficial das águas desaguam, sendo que esse escoamento sem medidas de controle pode causar o carregamento de resíduos sólidos e posterior entupimento dos equipamentos de drenagem (GROEN, 2018).

Além disso, as águas das chuvas podem causar enchente, inundação e alagamento, no qual, a enchente é caracterizada pelo aumento temporário do nível de água no canal de drenagem o que o faz atingir sua cota máxima, porém, não causa transbordamento (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2011). Já a inundação é quando o canal de drenagem transborda e atinge as áreas marginais e o alagamento ocorre com o acúmulo das águas pluviais nas ruas e nos perímetros urbanos devido a problemas de drenagem (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2011).

Dessa forma, considerando as características físicas e antropológicas do território de Dourados - MS, foi elaborada pela GROEN Engenharia e Meio Ambiente a Figura 1, que indica a vulnerabilidade a alagamentos, enchentes e inundações na cidade, onde é possível notar que a rodoviária e o seu entorno estão inseridos em uma dessas regiões de risco.

Figura 1 – Mapa de vulnerabilidade a alagamentos, enchentes e inundações em Dourados - MS.



Fonte: Adaptada de Groen (2018).

A rodoviária possui um grande fluxo de usuários, principalmente por pessoas de renda baixa ou média, que não dispõem de outra alternativa para se deslocar entre as cidades. Assim, os alagamentos como o relatado, por Morandi (2022) em portais de notícias da cidade de Dourados - MS, no dia 18 de março de 2022 que alagou a parte interna do terminal rodoviário, além de causar incomodo aos funcionários e usuários, também, prejudica a utilização pelos mesmos.

Ademais, a rodoviária alagar não significa que ela foi necessariamente mal projetada, pois, quanto maior o período de retorno e a intensidade de chuva usados no cálculo, maior pode ser o gasto para a construção de um sistema de drenagem, e a isso, também, soma-se o fato de ser uma construção antiga e de ter ocorrido mudanças no percentual de urbanização no decorrer dos anos. Logo, adotar um período de retorno e uma intensidade de chuva menores é um recurso utilizado para diminuir gastos, apesar de deixar o projeto mais suscetível a alagamentos futuros.

Portanto, o objetivo desse estudo é analisar as condições do local por meio de visitas *in loco* e dados topográficos em projetos físicos ou disponíveis digitalmente, para assim, caracterizar o estado no qual se encontra o sistema de drenagem e calcular a vazão de chuva gerada no local, e comparar com a vazão que o sistema de drenagem já disponível é capaz de transportar. Sendo que, caso o sistema de drenagem não seja suficiente para veicular a vazão gerada, serão propostas soluções auxiliares, a fim de diminuir os problemas causados pelo alagamento no local.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Método Racional para o dimensionamento de sistemas de microdrenagem

O método racional é largamente utilizado para a determinação da vazão máxima de projeto em bacias pequenas, ou seja, menores que 2 km² (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). Esse método estabelece os seguintes princípios: como a bacia é pequena a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia; a partir de características das bacias é adotado um coeficiente único de perdas (C), escolhido conforme a Tabela 1; e não se avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões. Assim, seguindo esses princípios foi determinada a Equação 1, na qual Q é a vazão em m³/s, C é o coeficiente adimensional de escoamento, I é a intensidade da chuva em mm/h, e A é a área da bacia em km².

$$Q = 0,278 C I A \quad \text{Equação 1}$$

Tabela 1 – Valores de coeficiente C adotados pela Prefeitura de São Paulo.

Zonas	C
Edificação muito densa: partes centrais, densamente construídas, de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 – 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 – 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50 – 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 – 0,50
Subúrbios com alguma edificação: partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 – 0,25
Matas, parques e campos de esportes: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 – 0,20

Fonte: Adaptada de Wilken (1978).

Para encontrar a intensidade de chuva, pode-se utilizar expressões obtidas de análises da distribuição de frequência e duração das chuvas na cidade em estudo (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995), como apresentado na Equação 2, em que i é a intensidade média da chuva em mm/min, t é a duração da chuva em min, Tr é o período de retorno do tipo de chuva em anos, determinado a partir da Tabela 2, e m, n, t₀, e K são parâmetros relativos ao ajuste da equação com os dados obtidos no local analisado.

$$i = K \frac{Tr^m}{(t + t_0)^n} \quad \text{Equação 2}$$

Tabela 2 – Períodos de retorno para diferentes ocupações.

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	Período de retorno em anos
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2 - 5
	Áreas comerciais e arteriais de tráfego	5 - 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 – 100
	Áreas de importâncias específicas	500

Fonte: Adaptada de DAEE/CETESB (1980).

Com a realização de estudos feitos pela Embrapa Agropecuária Oeste (2007), é apresentada a equação IDF (intensidade, duração e frequência) para Dourados - MS.

$$i = 2455,12633 \frac{T_r^{0,17975}}{(t + 28,14066)^{0,88386}} \quad \text{Equação 3}$$

Desse modo, para obter a intensidade média da chuva na Equação 3 é necessário entrar com os dados de período de retorno e tempo de duração da chuva. Sendo que, o período de retorno é escolhido de acordo com as características da obra de drenagem a ser construída, os riscos para a população, a perda de material em um possível alagamento, e os custos da obra (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Para pequenas bacias o tempo de duração da chuva pode ser estipulado como o tempo de concentração da bacia, e para os casos em que não se dispõe do levantamento topo-cadastral do sistema de drenagem, e a modelagem hidráulico-hidrodinâmica não puder ser utilizada, o tempo de concentração pode ser determinado pela fórmula empírica de Kirpich ou com o uso do método cinemático simplificado, com o emprego de velocidades médias de escoamento (SÃO PAULO, 2012). Ademais, em concordância com Tucci, Porto e Barros (1995), para o cálculo do tempo de concentração em superfícies urbanas é necessário analisar a velocidade de escoamento em superfícies e condutos.

A velocidade das superfícies v em m/s é obtida pela Equação 4, onde k depende do tipo de solo, conforme Tabela 3, e S é a declividade dada em porcentagem.

$$v = k S^{0,5} \quad \text{Equação 4}$$

Tabela 3 – Valores de coeficiente k .

Uso da terra e regime de escoamento	k
Floresta com muita folhagem no solo	0,076
Área com pouco cultivo, terraceamento	0,152
Pasto ou grama baixa	0,213
Áreas cultivadas	0,274
Solo quase nu sem cultivo	0,305
Caminhos de escoamento em grama, pasto	0,457
Superfície pavimentada, pequenas voçorocas de nascentes	0,610

Fonte: Adaptada de SCS (1975).

Considerando que a velocidade é obtida entre a divisão de uma unidade de comprimento por uma unidade de tempo e após manipulação algébrica, pode-se determinar o tempo de concentração para a parcela da velocidade em superfícies como apresentado na Equação 5, em que t_{c1} é dado em segundos e o comprimento L é dado em metros.

$$t_{c1} = \frac{L}{k S^{0,5}} \quad \text{Equação 5}$$

A velocidade dos condutos é encontrada pela equação de Manning no seguinte formato:

$$v = \frac{R^{2/3} S^{0,5}}{n} \quad \text{Equação 6}$$

Na qual, v é a velocidade em m/s, R é o raio hidráulico em m, S é a declividade em m/m, e n é o coeficiente de rugosidade, que para via pública costuma ser de 0,017 (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Ao se fazer a mesma consideração de que a velocidade é obtida entre a divisão de uma unidade de comprimento por uma unidade de tempo e após manipulação algébrica, pode-se determinar o tempo de concentração para a parcela da velocidade em condutos como apresentado na Equação 7, em que t_{c2} é dado em segundos e o comprimento L é dado em metros.

$$t_{c2} = \frac{n L}{R^{2/3} S^{0,5}} \quad \text{Equação 7}$$

Sendo que, o raio hidráulico é definido pela razão entre a área transversal do escoamento do fluido e o perímetro molhado (BRUNETTI, 2008). Neste caso, como o escoamento em questão é conduzido pelas sarjetas a área transversal do escoamento pode ser simplificada como a área de um triângulo retângulo, no qual, a altura é definida pela altura do meio fio e o comprimento horizontal é a medida referente a metade da largura da rua em análise. Assim, considerando c a metade da largura da rua, h a altura do meio fio, e x a hipotenusa formada pelo triângulo retângulo da seção da sarjeta, pode-se calcular o raio hidráulico R pela Equação 8.

$$R = \frac{c h/2}{(h + x)} \quad \text{Equação 8}$$

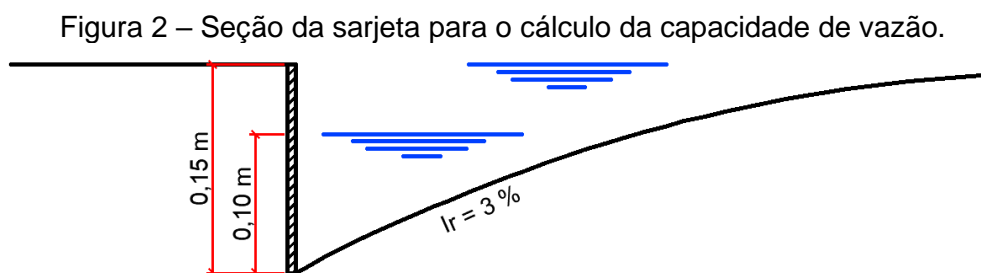
Logo, o tempo de concentração total é dado por:

$$t = t_{c1} + t_{c2} \quad \text{Equação 9}$$

O caminho que as águas das chuvas, nas áreas urbanas, percorrem consiste em escoar pelos terrenos até chegarem nas ruas, e como as ruas possuem declividade transversal, ou seja, são abauladas e, também, possuem inclinação longitudinal, as águas

em seguida escoam para as sarjetas e para as ruas abaixo (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). Caso a vazão seja excessiva pode ocorrer alagamentos, inundações de calçadas, e velocidade exagerada da água o que causa erosão do pavimento, dessa forma, é importante calcular a capacidade de condução da rua ou da sarjeta. Isso pode ser feito considerando duas hipóteses a água escoando por toda a calha da rua ou a água escoando somente pelas sarjetas (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Na primeira hipótese, considera-se a declividade da rua (seção transversal) de 3 % e a altura de água na sarjeta $h_1 = 0,15 \text{ m}$, já na segunda hipótese, considera-se, também, a declividade como 3 %, porém $h_2 = 0,10 \text{ m}$ (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995), como ilustra a Figura 2.



Fonte: Adaptada de Tucci, Porto e Barros (1995).

Dessa forma, pode-se obter o dimensionamento hidráulico pela Equação 10 (equação de Manning), em que A é a área de drenagem em m^2 , R é o raio hidráulico em m , S é a declividade do fundo em m/m , e n o coeficiente de rugosidade.

$$Q = \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad \text{Equação 10}$$

Quando a vazão provocada pelas chuvas é maior que a capacidade de condução da rua, torna-se necessário definir métodos de coleta dessa vazão em excesso, como por exemplo, pelas bocas coletoras (bocas de lobo). Sendo elas um dispositivo de captação, dispostas nas bordas dos acostamentos ou meios-fios na malha viária urbana, que após coletar os deflúvios os direcionam para as galerias ou outros coletores (DNIT 030/2004).

As bocas de lobo são classificadas em três grupos principais: as bocas ou ralos de guias, ralos de sarjetas (grelhas) e os ralos combinados, sendo que cada tipo inclui variações quanto a depressões em relação ao nível da superfície normal do perímetro e a quantidade que pode ser simples ou múltipla (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995), como ilustram as Figuras 3, 4, 5, 6 e 7.

Figura 3 – Boca de lobo de guia.

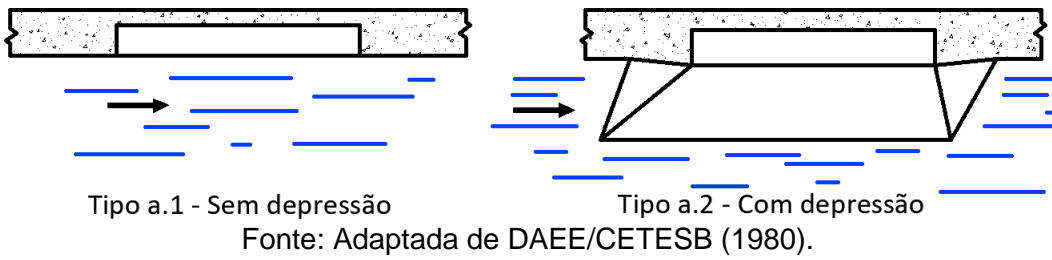


Figura 4 – Boca de lobo com grelha.

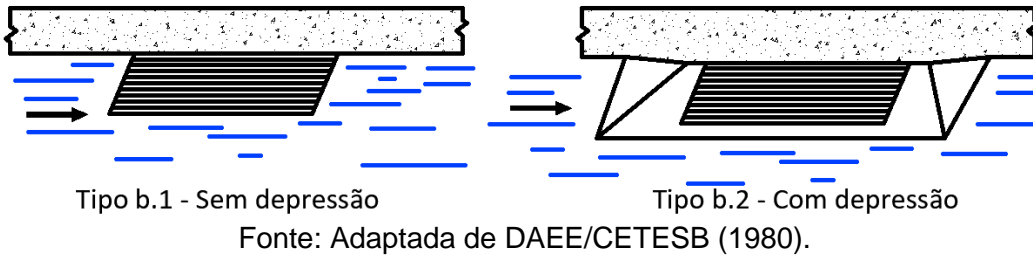


Figura 5 – Boca de lobo combinada.

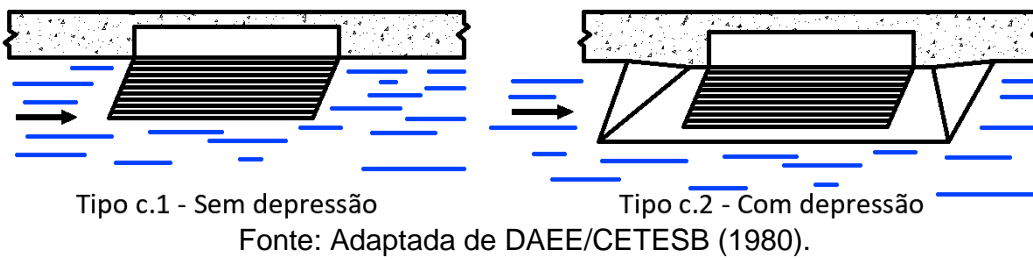


Figura 6 – Boca de lobo múltipla.

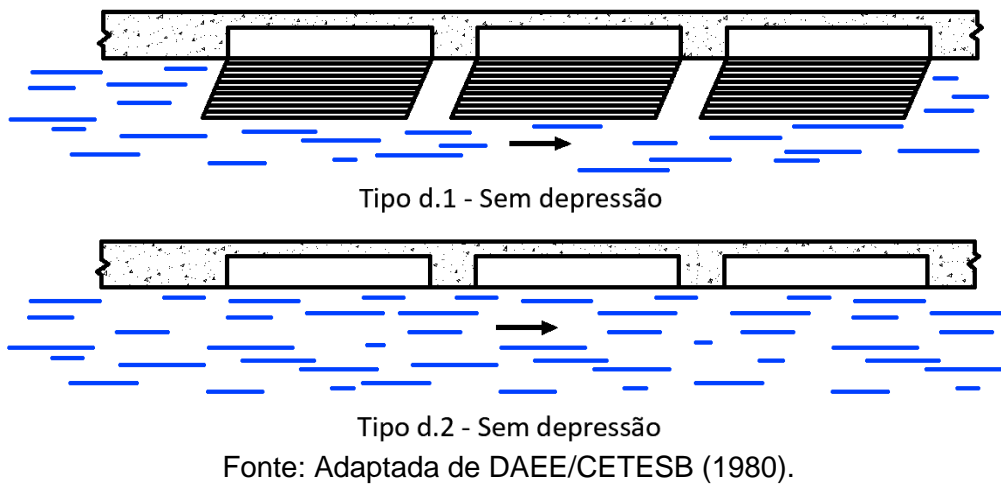
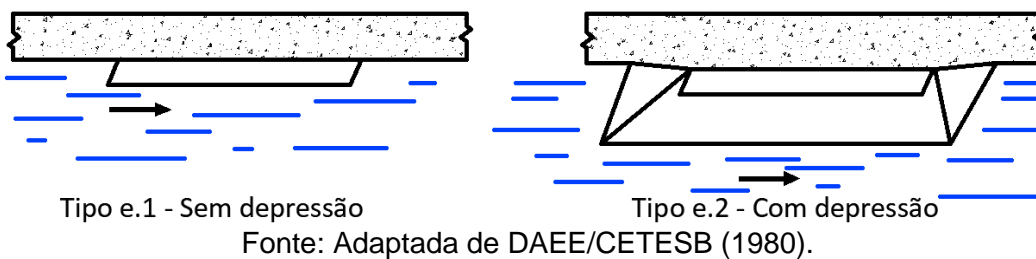


Figura 7 – Boca de lobo com fenda horizontal longitudinal.



Para as bocas de lobo que funcionam como um tipo de vertedor, ou seja, quando a água acumula sobre ela e gera uma lâmina com altura menor que a abertura da guia, a capacidade de engolimento pode ser calculada a partir da Equação 11, em que, Q é a vazão de engolimento em m^3/s , y é a altura de água próxima à abertura na guia em m e L é o comprimento da soleira em m (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

$$Q = 1,7 L y^{3/2} \quad \text{Equação 11}$$

Contudo, caso a altura d'água sobre o local seja maior do que o dobro da abertura na guia, deve-se calcular a vazão pela Equação 12, em que L é o comprimento da abertura em m , h é a altura da guia em m e y_1 é a carga da abertura da guia em m , sendo que $y_1 = y - h/2$ (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). Além disso, quando a altura da lâmina d'água estiver entre uma a duas vezes a altura da abertura da guia o projetista deve escolher por um ou outro critério.

$$Q = 3,0L h^{3/2} \left(\frac{y_1}{h}\right)^{1/2} \quad \text{Equação 12}$$

Para as bocas de lobo com grelhas com uma profundidade de lâmina de no máximo 12 cm, pode-se utilizar a Equação 11, substituindo L por P , em que P é o perímetro do orifício em m , e caso um dos lados da grelha for adjacente à guia esse lado deve ser excluído do perímetro (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Quando a profundidade da lâmina (y) é maior que 42 cm, deve-se utilizar a Equação 13, onde A é a área da grade menos a área das barras em m^2 e y é a altura de água na sarjeta sobre a grelha em m (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). Para os valores entre 12 e 42 cm da altura de água, também, é o projetista que deve escolher o método para a determinação da vazão de engolimento.

$$Q = 2,91A y^{1/2} \quad \text{Equação 13}$$

Portanto, para determinar a capacidade teórica de esgotamento das bocas de lobo combinadas, deve-se somar a capacidade de cada boca de lobo individualmente, seja ela por grelha ou pela abertura da guia (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). Entretanto, a capacidade de esgotamento de uma boca de lobo é reduzida devido a vários fatores, como a obstrução causada por detritos, irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas e o alinhamento real (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995). Na Tabela 4 é listado a porcentagem de redução para cada tipo de boca de lobo, sendo que, o ponto baixo é caracterizado por pontos nos quais a declividade da rua muda, ou estão próximos à curvatura das guias no cruzamento, e a entrada da água pluvial é feita pelas duas extremidades (DAEE/CETESB, 1980). Já o ponto intermediário, localiza-se em trechos

contínuos e de declividade constante, e a entrada das águas pluviais ocorre em apenas umas das extremidades (DAEE/CETESB, 1980).

Tabela 4 – Fator de redução do escoamento para bocas de lobo.

Localização na Sarjeta	Tipo de Boca de Lobo	% Permitida Sobre o Valor Teórico
Ponto baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto intermediário	De guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal	60
	Grelha longitudinal com barras transversais combinadas	60

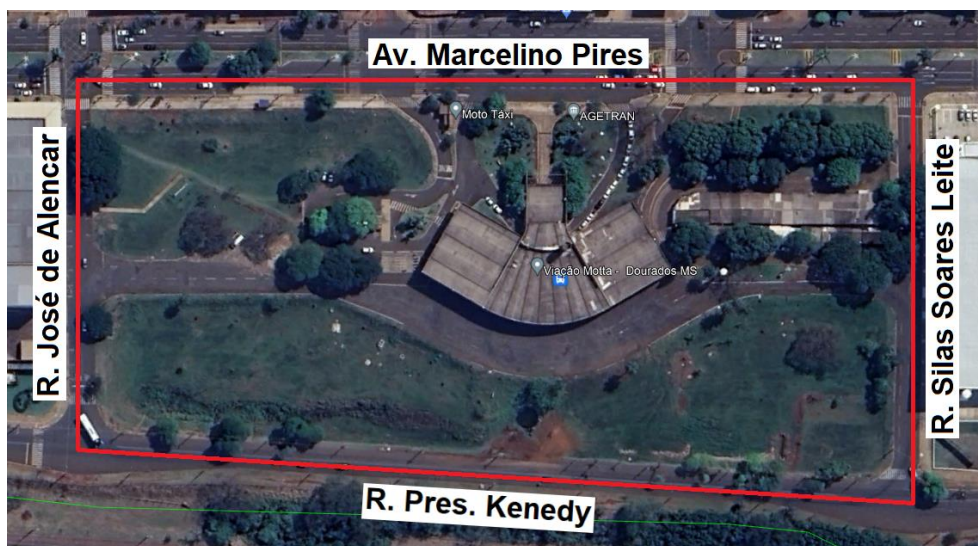
Fonte: Adaptada de DAEE/CETESB (1980).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo de caso será feito em toda a área destacada na Figura 8, compreendendo, assim, toda a quadra na qual está inserida a rodoviária de Dourados – MS e limitada por metade das ruas confrontantes, sendo elas a Av. Marcelino Pires, a R. José de Alencar, a R. Pres. Kenedy e a R. Silas Soares Leite, o que resulta em uma área de 0,5 km².

Figura 8 – Área de estudo.



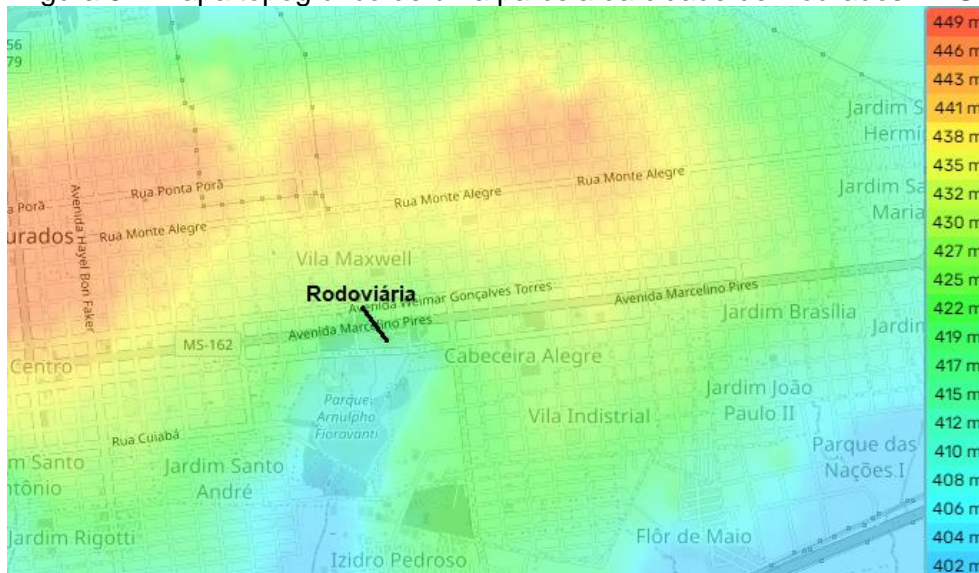
Legenda:

Área de estudo

Fonte: Adaptada de Google Earth (2023).

Toda a região que compreende a rodoviária, e o seu entorno abrangido por um raio de 500 m, é considerada uma área de atividade especial que está dentro das Zonas de Ocupação Especial (ZOE), de acordo com a Lei Complementar Nº 205 de 19 de outubro de 2012 (DOURADOS, 2012). Sendo que, o local possui uma alta concentração de ônibus de viagens intermunicipais, o que gera um elevado fluxo de pessoas, além do uso para o comércio promovido pelas lojas dentro e fora do edifício da rodoviária. Ademais, o local é caracterizado por baixas altitudes, como pode ser observado na Figura 9 que ilustra de forma geral a elevação de uma parcela da cidade de Dourados - MS, englobando a quadra da rodoviária, e na Figura 10 que com as curvas de nível intercalas a cada 2 metros de elevação, mostram mais detalhadamente a variação da altitude do local em estudo.

Figura 9 – Mapa topográfico de uma parcela da cidade de Dourados - MS.



Fonte: Adaptada de Topographic Map (2023).

Figura 10 – Curvas altimétricas da área de estudo.

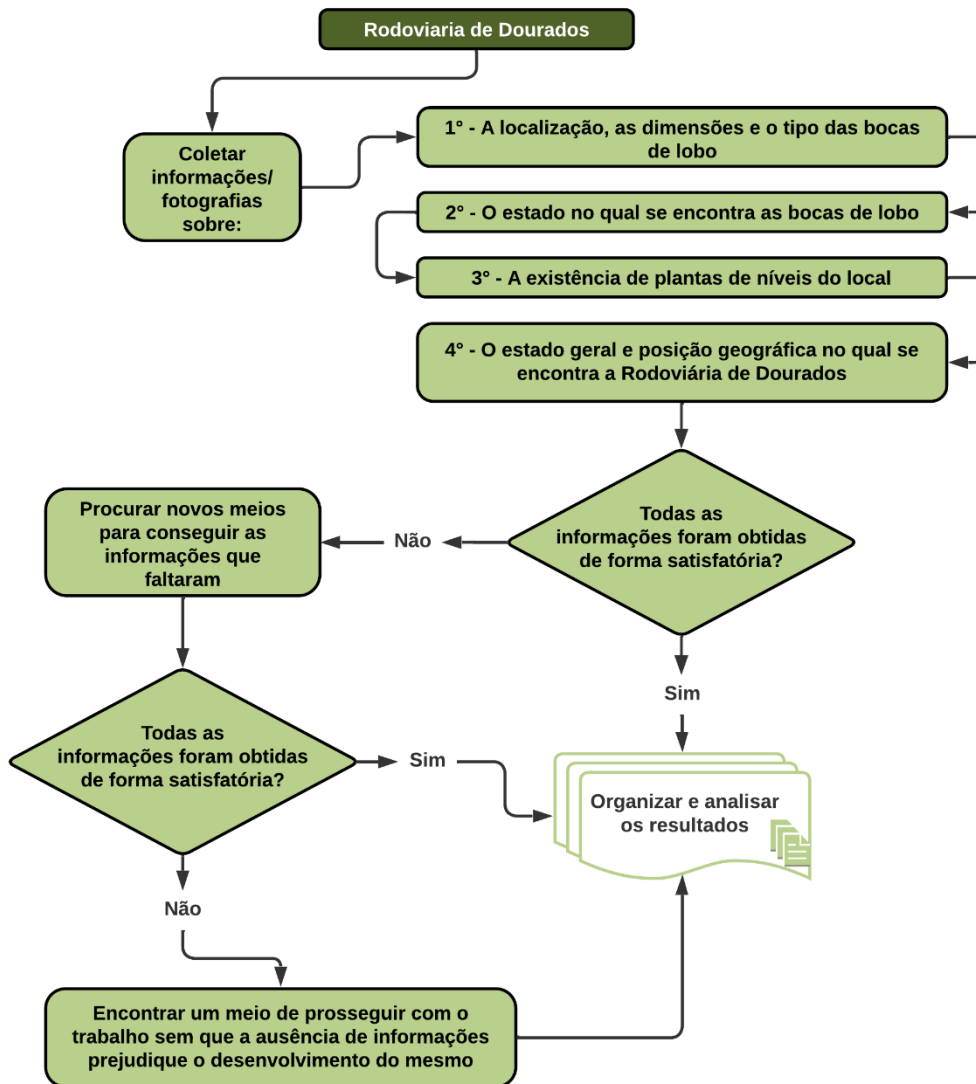


Fonte: Adaptada de Google Earth (2023).

3.2 Coleta de dados

Para a coleta de dados durante a pesquisa *in loco*, é necessário o seguinte material: mapa impresso da quadra onde está a rodoviária, caneta, caderno de anotações, câmera e trena. Em seguida, na Figura 11 é ilustrado um fluxograma de processo listando todas as quatro categorias de informações que devem ser coletadas.

Figura 11 – Fluxograma de processos para a coleta de dados.



Fonte: Autora (2023).

Após coletadas as informações, deve-se realizar os seguintes cálculos enumerados a seguir:

1) Dividir a região em estudo em áreas menores considerando as inclinações e os diferentes coeficientes k para o solo. Em seguida, com a Equação 5 e a Equação 7 calcular o tempo de concentração referente ao escoamento da chuva na superfície e em condutos em cada área, e posteriormente fazer a soma do tempo total de cada área. Por conseguinte, com a

Equação 9, deve-se fazer uma soma desses totais e encontrar o total geral para toda a área em estudo.

II) Com a Equação 3 e a Tabela 2 calcular a intensidade de chuva para a região em estudo. Após isso, calcular a vazão produzida pela chuva com a Equação 1;

III) Calcular a capacidade das ruas em conduzir a água pluvial com a Equação 10. Depois subtrair o valor encontrado da vazão calculada no item II).

IV) Escolher entre as Equações 11, 12, e 13, mediante a equação designada para cada tipo de boca de lobo encontrada, e assim, calcular a capacidade teórica de esgotamento de cada boca de lobo. Em seguida, somar todas as vazões para encontrar a capacidade de esgotamento total.

V) Repetir o mesmo processo do item anterior, porém, considerar os fatores de redução de escoamento para as bocas de lobo na Tabela 4.

VI) Por fim, comparar e analisar as vazões encontradas nos itens II), III), IV) e V).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a coleta de dados em campo, foi observado a presença de quatro tipos de boca de lobo, sendo elas do tipo com grelha e sem e com depressão (b.1 e b.2, respectivamente), conforme Figura 4, combinada e com depressão (c.2), Figura 5 e múltipla combinada e sem depressão (d.1), Figura 6. Assim, na Figura 12 é ilustrado um mapa do posicionamento das bocas de lobo encontradas como, também, é indicado outros elementos de drenagem que foram encontrados no local. Ademais, na Tabela 5, tem-se de forma resumida a quantidade de bocas de lobo encontradas e suas dimensões, além da capacidade de vazão e a capacidade de vazão reduzida de cada tipo de boca de lobo, que serão explicadas a frente.

Figura 12 – Posicionamento das bocas de lobos e dispositivos do sistema de drenagem.



Fonte: Adaptada de Google Maps (2023).

Tabela 5 – Quantidade, dimensões e capacidade de coleta das bocas de lobo encontradas.

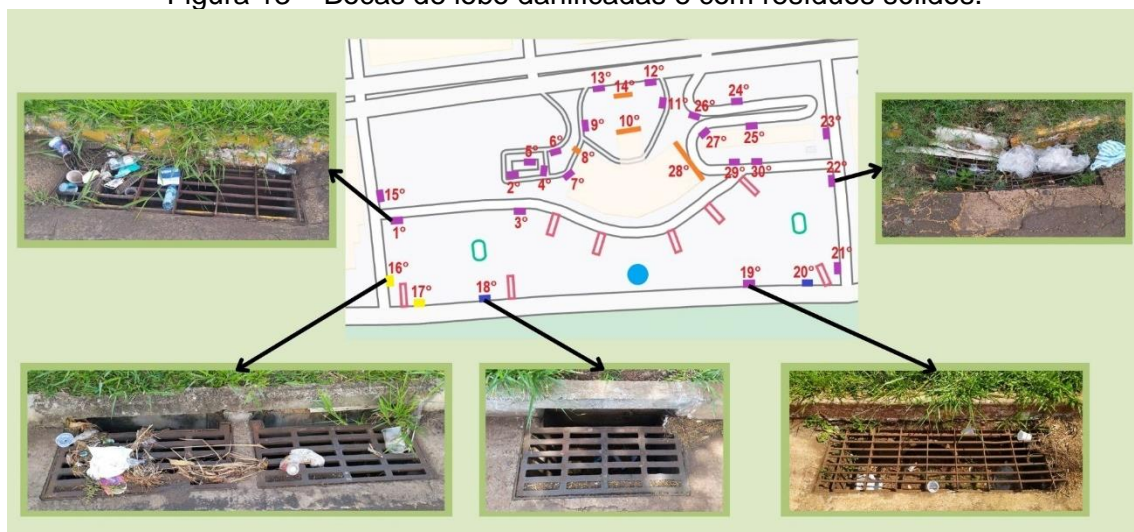
Tipo	Ordem de coleta	Dimensões	QTD	Q (m³/s)	Q _{reduzido} (m³/s)
b.1	28°	c = 16,00 m; a = 0,50 m; e = 1,50 cm	1	2,26	1,13
	10°	c = 13,50 m; a = 0,50 m; e = 1,50 cm	1	0,95	0,57
	14°	c = 5,00 m; a = 0,50 m; e = 0,50 cm	1	0,71	0,42
	8°	c = 4,00 m; a = 0,50 m; e = 2,00 cm	1	0,57	0,28
b.2	1° 2° 3° 4° 5° 6° 9°	c = 1,50 m; a = 0,50 m; e = 2,50 cm	11	1,94	0,97
	11° 12° 13° 15°	c = 1,50 m; a = 0,50 m; e = 2,00 cm	10	1,77	0,88
	19° 21° 22° 23°	c = 1,00 m; a = 0,50 m; e = 2,00 cm	1	0,14	0,07
	24° 25° 26° 27°	c = 1,00 m; a = 0,50 m; e = 2,00 cm	1	0,14	0,07
	29° 30°	c = 1,00 m; a = 0,50 m; e = 2,00 cm	1	0,14	0,07
c.2	18°	c = 1,00 m; a = 0,50 m; e = 3,50 cm	1	0,21	0,14
	20°	c = 1,00 m; a = 0,50 m; e = 2,00 cm	1	0,21	0,14
d.1	16° 17°	c = 1,00 m; a = 0,50 m; e = 3,5 cm; q = 2	2	0,85	0,55
Total	-	-	30	9,61	5,16

*Nota: “c” é o comprimento, “a” é a largura, “e” é a espessura da barra, e “q” é a quantidade de aberturas quando possuir mais que uma.

Fonte: Autora (2023).

As bocas de lobo encontradas possuíam, em sua maioria, resíduos sólidos sobre as grelhas, dentro do interior das mesmas e obstruindo a abertura lateral de coleta da água pluvial. Na Figura 13 é apresentado alguns casos para exemplificar como esses resíduos sólidos estavam dispostos sobre as bocas de lobo. Além disso, foram encontradas bocas de lobo danificadas e sem parte das grades nas aberturas.

Figura 13 – Bocas de lobo danificadas e com resíduos sólidos.



Fonte: Adaptada de Google Maps (2023), e autora (2023).

A Figura 14 ilustra outros dispositivos de drenagem encontrados no local a fim de caracterização da área em estudo, pois, eles não foram utilizados nos cálculos.

Figura 14 – Dispositivos de drenagem.



Valeta



Lagoa de detenção

Fonte: Autora (2023).

Como não foram encontrados os projetos altimétricos originais da construção do local, para todos os cálculos a seguir foram usadas a elevação altimétrica encontrada por meio do Google Earth. Sendo que, no cálculo do tempo de concentração referente a superfície, dividiu-se a região em 5 áreas e estabeleceu a maior e a menor altura e a distância diagonal entre elas de cada área para o cálculo da declividade S , como ilustra a Figura 15. A área de estudo foi dividida conforme a maior predominância do coeficiente k do solo.

Figura 15 – Área de estudo dividida conforme coeficiente k .



Fonte: Adaptada de Google Earth (2023).

Dessa forma, foi possível obter os resultados indicados na Tabela 6.

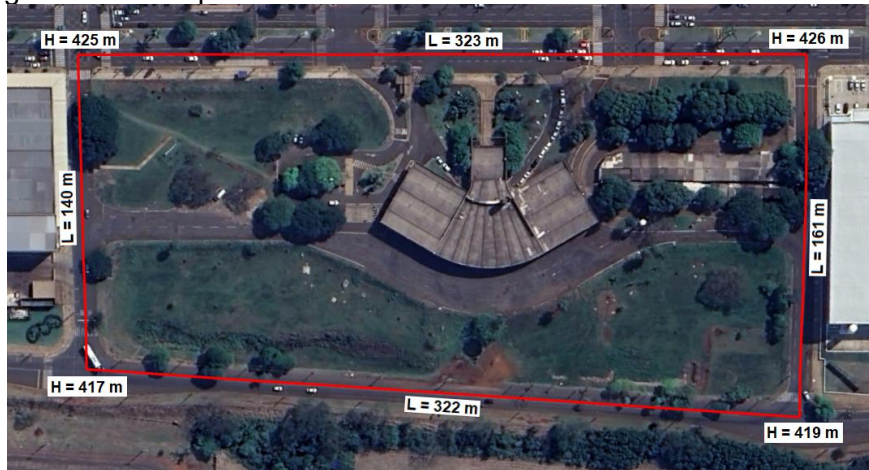
Tabela 6 – Dados obtidos para o tempo de concentração da superfície.

Área	H _{maior} (m)	H _{menor} (m)	L (m)	S (%)	K	t _{c1} (min)
1°	426	417	166	5,42	0,213	5,58
2°	426	418	177	4,52	0,610	2,27
3°	421	418	150	2,00	0,213	8,30
4°	426	424	122	1,64	0,610	2,60
5°	424	418	115	5,22	0,213	3,94
Total	-	-	-	-	-	22,70

Fonte: Autora (2023).

Em seguida, para o cálculo do tempo de concentração referente aos condutos foi considerado a metade da largura das quatro vias que cercam a quadra da rodoviária, seus comprimentos e a diferença entre as alturas de suas extremidades, como é ilustrado pela Figura 16.

Figura 16 – Comprimento dos condutos e altura de suas extremidades.



Fonte: Adaptada de Google Earth (2023).

Logo, considerando a altura da seção da calha da rua como 15 cm, foi possível obter os resultados indicados na Tabela 7, sendo que ela, também, informa a capacidade de condução de água pluvial pelas ruas em m³/s que será explicada mais adiante.

Tabela 7 – Dados obtidos para o tempo de concentração em condutos e capacidade de condução de água pluvial pelas vias.

Via	Largura da rua	H _{maior} (m)	H _{menor} (m)	L (m)	S (m/m)	R (m)	n	t _{c2} (min)	Q _{via} (m ³ /s)
José de Alencar	5	425	417	140	0,057	0,07	0,017	0,95	0,92
Silas Soares Leite	5	426	419	161	0,043	0,07	0,017	1,25	0,80
Marcelino Pires	10	426	425	323	0,003	0,07	0,017	9,34	0,43
Pres. Kenedy	5	419	417	322	0,006	0,07	0,017	6,64	0,30
Total	-	-	-	-	-	-	-	18,19	2,46

Fonte: Autora, (2023).

Posteriormente, conforme a Equação 9, tem-se que o somatório dos tempos de concentração t_{c1} e t_{c2} resulta em:

$$22,70 \text{ min} + 18,19 \text{ min} = 40,88 \text{ min} \quad \text{Equação 14}$$

Em seguida, considerando o período de retorno como 5 anos para áreas com edifícios públicos estabelecido pela Tabela 2 e aplicando os dados na Equação 3, obtém-se 77,68 mm/h para a intensidade média de chuva. Por fim, sabendo que a área de estudo possui 0,5 km² e considerando um coeficiente C de 0,7 conforme estipulado na Tabela 1 para edificação não muito densa com partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas, obtém-se pela Equação 1 uma vazão de projeto de 7,56 m³/s.

O somatório da vazão referente a capacidade, da metade de cada uma das ruas entorno da região em análise, em conduzir a água pluvial resultou em 2,46 m³/s, conforme a Tabela 7. Essa vazão deveria ser subtraída da vazão de projeto, contudo, para favorecer a segurança ela não será utilizada nos cálculos, ou seja, será considerado que toda a vazão pluvial gerada no local deve ser captada pelo sistema de drenagem sem que escoe para as regiões a jusante.

Após aplicar os dados indicados na Tabela 5 nas Equações 11, 12, e 13, mediante a equação designada para cada tipo de boca de lobo encontrada e suas dimensões, além de adotar a altura de água próxima à abertura na guia igual a 12 cm, obtém-se 9,61 m³/s para o somatório da vazão total de água pluvial que todas as bocas de lobo juntas são capazes de veicular, como, também, é indicado pela Tabela 5. Em seguida, considerando os fatores de redução para o escoamento de bocas de lobo, apresentados na Tabela 4, para cada tipo e posição das bocas de lobo encontradas, obtém-se que a vazão reduzida que as bocas de lobo juntas são capazes de veicular é de 5,16 m³/s, como é encontrado na Tabela 5.

Ressalta-se, que apesar de não ter sido o foco do estudo, durante a coleta de dados *in loco* uma das comerciantes das lojas no canto superior direito da Figura 8, relatou que durante as fortes chuvas um elevado volume de água fluía sentido da Av. Marcelino Pires para o interior das lojas, o que já causou perda de material para alguns comerciantes, devido ao alagamento do local.

5 CONCLUSÃO

A partir de uma análise empírica e visual, notou-se que as bocas de lobo, apesar de estarem localizadas estrategicamente onde o perfil e inclinação da sarjeta lançam as águas

em direção a elas, como é o recomendado, possuíam resíduos sólidos dentro e sobre elas, comprometendo, assim, a drenagem da água pluvial.

Portanto, com o estudo realizado e os dados obtidos, mesmo que de modo simplificado, conclui-se que o sistema de drenagem da região, no presente momento de análise, é insuficiente para atender o volume de água pluvial, visto a falta de manutenção dos dispositivos de drenagem e entupimento das bocas de lobo. Por conseguinte, como medida mitigadora do problema encontrado, propõe-se uma manutenção periódica do sistema de drenagem do local.

Além disso, a partir dos valores obtidos durante a realização dos cálculos, e considerando a época na qual foi construída a rodoviária (1982), entende-se que a área em estudo havia sido dimensionada corretamente para captar a vazão de água pluvial da região naquela época. Contudo, mais de 40 anos depois, com o aumento da impermeabilização do solo e urbanização das áreas a montante, o sistema já não é capaz de captar toda a água pluvial sem causar alagamentos.

Ademais, como a área de estudo está situado em uma região com baixas altitudes, sabe-se que as ruas a montante veiculam uma vazão de água pluvial para o local em análise, entretanto, tal vazão não foi contabilizada pelo trabalho. Logo, sugere-se para trabalhos futuros o estudo do volume de água pluvial da região a montante, que escoar para a quadra da rodoviária de Dourados - MS e precisa ser coletado pelo sistema de drenagem da mesma, a fim de impedir o alagamento do local. Do mesmo modo, é recomendado, também, o uso de outras equações e modelos matemáticos de diferentes autores para, assim, comparar com os resultados que foram apresentados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluidos**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

DAEE/CETESB. **Drenagem Urbana**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1980.

DNIT. **Drenagem - Dispositivos de drenagem pluvial urbana - Especificação de serviço**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_030_2004_es.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

DOURADOS. Lei complementar Nº 205, DE 19 de outubro de 2012. **Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo e o Sistema Viário no Município de Dourados e dá outras providências**. Dourados: Câmara Municipal, 2012. Disponível em: <<https://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/Lei-Complementar-n%C2%BA-205-LUOS-2012-ATUALIZADA-at%C3%A9-LC-404.pdf>>. Acesso em 15 de fev. de 2023.

DOURADOS. Prefeitura Municipal de Dourados. **Obras vão melhorar estrutura da rodoviária em Dourados**. 2015. Disponível em: <<https://www.dourados.ms.gov.br/index.php/obras-vaio-melhorar-estrutura-da-rodoviaria-em-dourados/>>. Acesso em: 26 fev. 2023.

Embrapa. **Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação para a Região de Dourados, MS**. [s.l.: s.n.]. 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38739/1/BP200744.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

Google Earth. **Google Earth Pro (Windows)**. 2023. Versão 7.3. [S.l.]: Google, 2001. CD-ROM.

GROEN. **Plano Municipal de Saneamento Básico Dourados - MS: Volume III Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais**. 2018. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/PRODUTO_6_INDICADORES_PMSB_DOORADOS.pdf>. Acesso em 25 nov. 2022.

MORANDI, M. Uol. **Chuva volta a alagar ruas de Dourados e atinge lojas e rodoviária**. Disponível em: <<https://midiamax.uol.com.br/cotidiano/2022/chuva-volta-alagar-ruas-de-dourados-e-atinge-lojas-e-rodoviaria/>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

SÃO BERNARDO DO CAMPO, Defesa Civil. **Enchente, Inundação, Alagamento ou Enxurrada?**. 2011. Disponível em: <<http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-oualagamento.html>>. Acesso em: 12 mar. 2023.

SÃO PAULO. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos: diretrizes para projetos**. São Paulo: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU, 2012.

SCS. **Urban Hydrology for Small Watersheds**. Washington: U. S. Dept. Agr, 1975.

PEPE, T. A. DE P.; CAMPOS, B. F. JÚNIOR, V. A. **O uso de geotecnologias na identificação e delimitação de áreas prioritárias para conservação na cidade de Dourados, MS.** In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE. Anais [...]. Dourados: UFGD, 2009. p. 567-576.

Topographic-map. **Mapa topográfico Dourados, altitude, relevo.** 2023. Disponível em: <<https://pt-br.topographic-map.com/map-ftks8/Dourados/?center=-22.22126%2C-54.78547&zoom=15>>. Acesso em: 2 fev. 2023.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. DE. **Drenagem urbana.** 1. ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade (Universidade Federal do Rio Grande do Sul: ABRH, 1995.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial.** São Paulo: CETESB, 1978.