

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**MARIANA MENEGUESSO SIMÃO**

**AVALIAÇÃO DAS BOCAS DE LOBO DE UMA REDE DE MICRODRENAGEM  
URBANA: ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA,  
CAMPUS SANTA MÔNICA**

**UBERLÂNDIA – MG**

**2024**

MARIANA MENEGUESSO SIMÃO

**AVALIAÇÃO DAS BOCAS DE LOBO DE UMA REDE DE MICRODRENAGEM  
URBANA: ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA,  
CAMPUS SANTA MÔNICA**

Trabalho de Curso a ser apresentado como requisito  
parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia  
Civil pela Universidade Federal de Uberlândia – UFU.  
Professora orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Alice Rosa da Silva

UBERLÂNDIA

2024

MARIANA MENEGUESSO SIMÃO

**AVALIAÇÃO DAS BOCAS DE LOBO DE UMA REDE DE MICRODRENAGEM  
URBANA: ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA,  
CAMPUS SANTA MÔNICA**

Trabalho de Curso a ser apresentado como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
bacharel em Engenharia Civil pela  
Universidade Federal de Uberlândia – UFU.  
Professora orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Alice Rosa  
da Silva

Uberlândia, 22 de abril de 2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Alice Rosa da Silva

Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Msc. Iridalques Fernandes de Paula

Universidade Federal de Uberlândia

---

Bruno de Oliveira Lázaro

Universidade Federal de Uberlândia

*Dedico este trabalho a todas as pessoas que estiveram presentes durante minha graduação, aos meus pais, amigos, meus familiares e a todos aqueles que me apoiaram, acreditaram e me incentivaram a concluir essa etapa da minha vida. Obrigada!*

## AGRADECIMENTOS

De início, agradeço a Deus, por me dar forças para finalizar essa parte tão importante em minha vida, por me dar luz, discernimento e sabedoria, me guiar para um bom caminho todas as vezes que pensei estar no sentido errado, em todos os momentos que cogitei desistir. Somente Ele sabe cada lágrima, cada momento de exaustão e cada pequena conquista, que ao final, se somaram em uma jornada incrível.

Agradeço a minha mãe, Daniela, que sempre foi a minha maior incentivadora, que não mediu esforços para que desde pequena eu tivesse toda educação possível e pudesse seguir meus sonhos, mesmo que ele se encontrasse a 360 km de casa. Obrigada por todas as ligações, por me dar forças para suportar a distância, a saudade, a rotina tão pesadas e, que mesmo tão longe, se fez presente em cada momento, tanto vibrou comigo em cada conquista, e que tanto me amparou nos momentos de angústia.

Agradeço também a meu pai, Claudomiro, que tanto teve medo de me deixar sozinha em uma cidade desconhecida, mas que fez o possível e o impossível para me deixar o mais confortável. Que sempre priorizou os filhos e prezou tanto por uma vida de estudos, que sempre se interessou em saber como estava a rotina, as aulas, e principalmente, se eu estava bem. Que nunca permitiu que nada me faltasse, inclusive amor, carinho e apoio.

Ao meu irmão, meu muito obrigada por cada palavra de carinho, motivação e por toda ajuda, pelas vezes que, mesmo cansado, foi me buscar para que eu pudesse chegar em casa. Assim como agradeço a todos meus familiares, que de algum modo contribuíram e fizeram parte dessa minha jornada, em especial, aos meus avós João, Rosa e Tereza.

Agradeço aos amigos que fiz nessa nova trajetória da minha vida, que foram família, apoio e carinho. Jade, Jonas, Vitória, Alessa, Camyla, Thaís e Luis Otávio, meu muito obrigada por cada auxílio, cada café, cada risada, cada aprendizado e por todo o apoio sempre. Assim como agradeço aos que sempre estiveram comigo, Mariana, Maria Laura e Isabela, que em cada mensagem, caronas, cada abraço em toda volta para casa e em todas as palavras foram meu alicerce ao longo desses 5 anos. E a minha amiga, Caroline, que comigo dividiu um pouco mais de perto a vivência da faculdade, sempre disposta a ouvir e ajudar, com um enorme abraço e sorriso no rosto, obrigada por ser minha família longe de casa.

Agradeço ao meu coorientador e amigo, Bruno, por ser meu incentivador nessa área das águas, quando a 2 anos atrás me chamou para uma pesquisa, que viraram duas e posteriormente me despertou o interesse em aprofundar um pouco mais e virar um incrível trabalho de conclusão de curso. O mundo precisa de mais pessoas com o olhar multidisciplinar e com tanta

vontade em ensinar como você. E a todos os professores que transmitiram um pouco de todo conhecimento e experiências dentro e fora das salas.

A minha querida orientadora, Alice, que desde o primeiro momento acreditou no meu potencial e aceitou essa missão. Obrigada por ser uma incrível professora, sempre atenciosa e dedicada, procurando levar a vivência prática a seus alunos e não se contentando apenas com as teorias em sala de aula, você é um exemplo e inspiração para mim.

Agradeço, por fim, a uma pessoa que fez a jornada dos últimos semestres ser mais leve, que em cada mensagem me trouxe conforto e a confiança de que eu sempre conseguiria. Gabriel, obrigada por estar comigo e ser um grande incentivador dos meus sonhos, por sempre confiar em mim e por acreditar quando eu mesmo não acreditava. Você fez tudo ser mais leve e fácil, a vida é mais feliz com você.

*Consagre ao Senhor todos os teus sonhos e tudo o que  
você for fazer será bem-sucedido!*

*Provérbios 16:3*

## RESUMO

O *Campus* Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, sofre grandes problemas nos dias chuvosos em decorrência de seu sistema de escoamento hídrico. Algumas das ruas da Universidade, principalmente aquelas que concentram maior quantidade de pedestres, enfrentam uma gama de adversidades em relação ao tema, especialmente com extravasamento da água do sistema de escoamento. Tal fato apresenta como uma de suas causas, a insuficiência de bocas de lobo existentes dentro do *Campus*, que, muitas vezes, não comportam o volume de água da chuva recebido na região. Portanto, este projeto traz consigo a finalidade de avaliar as condições de operacionalidade e conservação das bocas de lobo presentes em todo o *Campus*, levando em consideração uma matriz de avaliação, fundamentada nos seguintes quesitos preestabelecidos: orifício de descarga, grelhas de filtragem, inclinação de fundo, cantaria, acúmulo de sedimentos, distanciamento entre os dispositivos, interferência de veículos nas sarjetas, bem como a realização da disposição espacial de cada elemento, além da descrição de suas coordenadas geográficas. Com uma análise meteorológica da região onde fica situado o *Campus* Santa Mônica, tendo o intuito de apreciar a incidência de chuvas deste ano. Com base nisso, pode-se propor uma hipótese para a ocorrência do fenômeno do extravasamento das ruas enfrentado pela Universidade, bem como indicar potenciais soluções para os problemas discutidos.

**Palavras-chave:** Microdrenagem, bocas de lobo, bueiros, extravasamento, sistemas de escoamentos.

## ABSTRACT

*The Santa Mônica Campus of the Federal University of Uberlândia suffers major problems on rainy days due to its water drainage system. Some of the University's streets, especially those with a greater concentration of pedestrians, face a range of adversities in relation to this issue, especially with water overflow from the drainage system. This fact presents as one of its causes the lack of storm drains within the Campus, which often do not accommodate the volume of rainwater received in the region. Therefore, this project has the purpose of evaluating the operational and conservation conditions of the storm drains present throughout the Campus, taking into account an evaluation matrix, based on the following pre-established requirements: discharge orifice, filtration grids, slope of bottom, stonework, accumulation of sediment, distance between devices, interference of vehicles in gutters, as well as the spatial arrangement of each element, in addition to the description of their geographic coordinates. With a meteorological analysis of the region where the Santa Mônica Campus is located, with the aim of assessing the incidence of rain this year, so that the data obtained can be compared with data from previous years in which microdrainage projects were carried out in each one of the streets under study. Based on this, a hypothesis can be proposed for the occurrence of the phenomenon of street overflow faced by the University, as well as indicating potential solutions to the problems discussed.*

**Keywords:** *Microdrainage, Storm drains, culverts, overflow, drainage systems.*

## **Lista de Ilustrações**

- Figura 1** – Exemplo de instalações de macrodrenagem e microdrenagem
- Figura 2** - Exemplo de instalações de macrodrenagem
- Figura 3** - Exemplo de instalações de microdrenagem
- Figura 4** - Ciclo hidrológico
- Figura 5** – Orifício de grandes dimensões
- Figura 6** – Mapa do Campus Santa Mônica
- Figura 7** – Localização das bocas de lobo na área de estudo
- Figura 8** – Teste de normalidade dos dados de Longitude, Latitude e Altitude
- Figura 9** – Several-Sample Tests (Teste de várias amostras)
- Figura 10** – Gráfico residual das médias
- Figura 11** – Gráfico da variância dos dados amostrais das grelhas
- Figura 12** – Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para grelhas
- Figura 13** - Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para cantarias
- Figura 14** - Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para inclinações
- Figura 15** - Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para orifícios
- Figura 16**- Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para as médias
- Figura 17** – Avaliação das grelhas
- Figura 18** - Avaliação das cantarias
- Figura 19** - Avaliação das inclinações
- Figura 20** - Avaliação dos orifícios
- Figura 21** - Avaliação geral

## Lista de símbolos

Qd	vazão em m <sup>3</sup> /s
Cd	coeficiente de descarga
A	área do orifício em m <sup>2</sup>
g	aceleração da gravidade em m/s <sup>2</sup>
h1	carga do topo à base do orifício
h2	carga do topo ao início do orifício
Ni	nota final da variável i
N1i	nota do avaliador 1 para a variável i
N2i	nota do avaliador 2 para a variável i
N3i	nota do avaliador 3 para a variável i
Nni	nota do avaliador n para a variável i
Ngerali	nota geral do bueiro i
n	quantidade de avaliadores.
Ngrelhai	nota média do bueiro i na variável grelha
Ncantariai	nota média do bueiro i na variável cantaria
Ninclinaçãoi	nota média do bueiro i na variável inclinação
Norifícioi	nota média do bueiro i na variável orifício
Nabrangênciai	nota média do bueiro i na variável abrangência
Qt	vazão máxima de escoamento em m <sup>3</sup> /s
C	coeficiente de escoamento superficial (tabelado e variando entre 0,05 e 0,90)
i	intensidade da chuva em mm/h
A	área de drenagem da bacia em km <sup>2</sup>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. PROCESSO DE URBANIZAÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>3. SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Macrodrenagem .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Microdrenagem .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Ciclos hidrológicos e precipitações .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Escoamento em orifícios .....</b>	<b>20</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Área de estudo .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Coleta de dados .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 Mapeamento das bocas de lobo .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4 Procedimento de avaliação.....</b>	<b>24</b>
<b>4.5 Análise espacial e representação cartográfica dos resultados .....</b>	<b>27</b>
<b>4.6 Cálculo das vazões de cada orifício e da área de estudo</b> Erro! Indicador não definido.	
<b>5. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>5.1 Análise da distribuição estatística .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Avaliação quantitativa.....</b>	<b>31</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>39</b>
<b>6.1 Conclusão .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Um sistema de drenagem, tradicionalmente, é composto por 2 vertentes, sendo essas, a microdrenagem, que possui um período de retorno de 10 anos, e a macrodrenagem, cujo período de retorno deve ser de 100 anos. Para garantir o funcionamento adequado aos parâmetros mínimos de eficiência e operacionalidade, deve-se investir em um bom projeto e, no acompanhamento da obra, com intuito de garantir a sua correta execução, bem como a efetiva garantia das manutenções constantes destes sistemas.

Insta salientar que, independentemente da existência de um sistema de drenagem adequado, o escoamento das águas pluviais ocorrerá da mesma forma. Contudo, o bom funcionamento deste sistema é que determinará as consequências deste projeto, se serão benéficas ou se trarão prejuízos aos usuários dos locais onde forem implantados.

Em relação aos sistemas de microdrenagem, destacam-se as bocas de lobo como um dos principais equipamentos responsáveis pela drenagem propriamente dita. As bocas de lobo, também conhecidas por bueiros ou sumidouros, são dispositivos localizados nas sarjetas das ruas, em pontos preestabelecidos de forma a realizar a captação e destinação adequada das águas pluviais. Estes dispositivos podem ser classificados em 4 tipos: bocas de lobo de guias, com grelha, com fenda e combinada, e, dentro dessas espécies, é possível encontrar variações quanto a depressão e ao número.

Ocorre que ainda não há uma normatização brasileira generalizada acerca de uma determinada metodologia para o desenvolvimento dos estudos que versem sobre a drenagem urbana. Assim, algumas técnicas poderão ser empregadas para o desenvolvimento de pesquisas e, também, algumas ferramentas terão o condão de servir de auxílio para a análise dos sistemas de drenagem em debate.

Um dos pontos de relevância para a presente análise é a observação dos processos de urbanização dos municípios, que ocorre de forma acelerada e sem a correta análise do local, bem como sem o planejamento específico quanto a utilização dos dispositivos de captação de águas pluviais.

O referido processo de urbanização acarreta mudanças no ambiente, as quais alteram o ciclo hidrológico, em virtude da ampliação dos núcleos de condensação atmosférica, a diminuição da evapotranspiração pela retirada da vegetação, a redução da infiltração da água pela impermeabilização e a compactação do solo, o que ocasiona o aumento da quantidade de água do escoamento superficial e modificações nos níveis de águas subterrâneas e subsuperficiais.

Dessa forma, gerenciar o escoamento das águas pluviais no ambiente adquire extrema importância, principalmente após a inserção da temática das cidades inteligentes, resilientes e sustentáveis. A partir desse momento, os governos e as empresas privadas começam a investir e dar mais atenção à causa, implementando projetos e obras que visam a captação adequada e a destinação correta das águas das chuvas.

É neste cenário que surgem as medidas estruturais e as não estruturais para solução dos problemas, onde as medidas estruturais podem ser caracterizadas como as obras de captação, armazenamento e transporte das águas pluviais. Por outro lado, as medidas não estruturais se dão com a conscientização da população sobre as possíveis consequências de ações que possam interferir no sistema de captação de águas pluviais. A junção dessas duas medidas e a constante avaliação de seus resultados contribuem para uma boa eficiência da captação e destinação dessas águas.

Para otimizar o estudo e debate do tema, tecnologias atualmente existentes serão de suma importância ao entendimento dos dispositivos de captação de águas pluviais, permitindo um mapeamento destes, como por exemplo, os receptores *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) que fornecem a exata coordenada do local do equipamento, interligando cada vez mais os métodos geoespaciais com a análise empírica.

Com base nesta problemática, o presente trabalho terá por objetivo avaliar as condições de operacionalidade e as características hidráulicas das bocas de lobo instaladas ao longo de uma rede de microdrenagem urbana. Para tanto, desenvolveu-se um estudo de caso com os bueiros do *Campus* Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no município brasileiro de Uberlândia/MG.

## 2. PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Na antiguidade, muitas cidades, foram construídas utilizando exemplos de integração de redes de infraestrutura, como estradas, abastecimentos de água, escoamento de resíduos sólidos, drenagem, entre outros, onde a drenagem das áreas úmidas às margens do rio Tibre foi de suma importância para o assentamento dela. Contudo, após a queda do Império Romano iniciou-se um grande processo de desurbanização, ou seja, as pessoas começam a procurar mais a zona rural e passam a deixar os centros urbanos (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Durante muito tempo a população passou a se concentrar nos campos, caracterizando a Idade Média. Ocorre que, com o Renascimento, as cidades começam a se recuperar e voltaram a serem muito povoadas. Porém, somente após a Revolução Industrial foi que as cidades começaram a ganhar uma forma mais clara, cujo todo o processo causou problemas de ocupação do solo, visto que os padrões de seu uso sofreram alterações, ocorridas em virtude do desenvolvimento acelerado (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Com isso, o perfil das então cidades começaram a mudar e ter um caráter migratório para as áreas rurais, provocando um crescimento desenfreado. Assim, questões como saneamento, mobilidade e habitação passam a ser um grave problema a ser enfrentado. A fim de controlar o problema, passou a existir uma preocupação com a captação de água, a partir de sua condução e destinação adequada, e estes processos são os primeiros passos que podemos associar à drenagem urbana (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Apesar dos esforços durante longos anos, em 1970 as cidades começam a enfrentar uma série de enchentes, sendo necessário repensar toda a concepção anterior, visto que com a remoção da vegetação natural e a redução de áreas naturais de retenção de água e ocupação à margem de rios, era quase que impossível que não houvesse um colapso a qualquer momento.

Entre os anos de 1971 e 1992, os municípios enfrentaram muitas dificuldades de implementações dos então chamados “Planos de Desenvolvimento”, que eram propostas mais complexas e que acabou por conflitar a administração com os órgãos públicos (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Após 1992 até 2001 houve uma reformulação da ideia de cidade, com a criação da Lei Federal nº 10.257/2001, conhecida como Estatuto da Cidade, criada para regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal. Esse estatuto surgiu como uma tentativa de democratizar a gestão das cidades brasileiras, em prol do interesse de todos, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, além de incluir o equilíbrio ambiental (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Com a implementação desse Estatuto, os centros urbanos começaram a receber um planejamento, e desde 2001, existe especificamente um planejamento voltado para a qualidade de vida e bem-estar das pessoas. Dessa forma, cada região traça uma estratégia específica, com diagnósticos e pesquisas, diálogos e debates entre as entidades, órgãos e cidadãos, a fim de encontrar uma solução que garanta um bom uso a todos. (Lucke, 2018)

### 3. SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana faz parte do contexto de Saneamento Básico e, conforme a Lei Federal nº 11.445, de 2007 (BRASIL, 2007), ela é um serviço que deve ser obrigatoriamente prestado, visto que visa o acesso universal e sua integração com os serviços de saneamento.

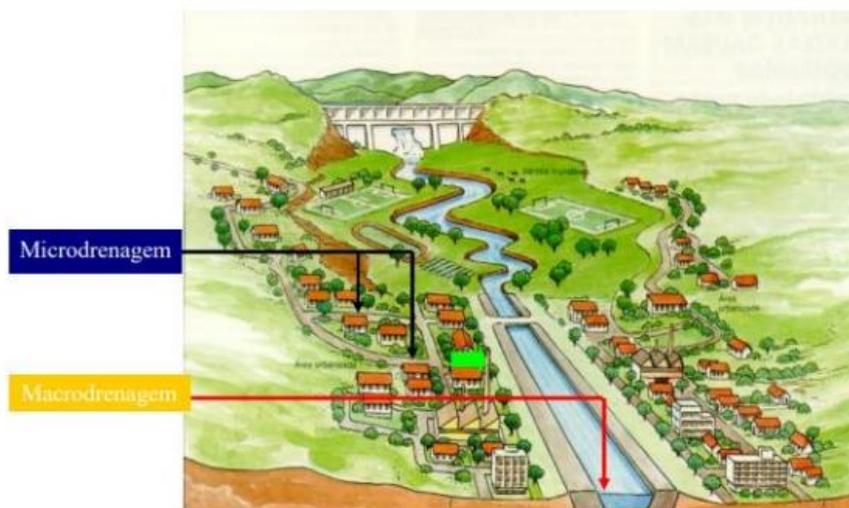
Baseado na Lei, considera-se drenagem a destinação correta das águas pluviais, tal qual: “o conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais nas áreas urbanas” (BRASIL,2007).

A drenagem pode ser definida como um conjunto de elementos que, interligados em um sistema, estão destinados a captação das águas pluviais que se precipitam em uma determinada região, encarregada de conduzir a um certo destino. Tem o objetivo de tentar minimizar os riscos e diminuir prejuízos das comunidades sujeitas a inundações, além de propor um bom projeto de desenvolvimento urbano voltado a uma forma sustentável e harmônica.

Importante mencionar que o escoamento das águas pluviais acontecerá de qualquer maneira, independentemente da existência de um sistema de drenagem, vez que é o seu ciclo natural, mas a existência de um sistema de drenagem em boas condições fará com que a sua utilização não traga prejuízos aos seus usuários.

Destaca-se que o sistema de drenagem é subdividido em dois grupos, sendo esses: a microdrenagem urbana e a macrodrenagem urbana, os quais serão exemplificados adiante.

Figura 1 – Exemplo de instalações de macrodrenagem e microdrenagem.



Fonte: Garcia (2023).

### 3.1 Macrodrenagem

A macrodrenagem é o sistema que recebe as maiores redes, uma maior concentração de águas. Os componentes dessa rede são os próprios caminhos de drenagem natural, como os rios e córregos. Ela acaba recebendo obras que modificam os caminhos naturais, como galerias de maior porte, canalizações, barragens, entre outros, e acabam funcionando como os maiores condutores de vazão de uma bacia, além de receber as contribuições do sistema de microdrenagem e finalizar o processo lançando no receptor final (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

As obras para melhorias e/ou ampliações do sistema de macrodrenagem ocorrem à medida que a urbanização se amplia, ao passo em que essas modificações fazem com que o nível de impermeabilização da bacia aumente, além de sempre estar associada à rede de microdrenagem.

Em áreas de constantes inundações, também há a necessidade de um estudo de melhoria para a macrodrenagem local, vez que mesmo que a microdrenagem esteja dimensionada adequadamente, com sua total capacidade de uso, mas a macrodrenagem desse mesmo sistema pode estar comprometida quanto ao seu uso integral.

Em razão disso, pode ser que o sistema não suporte todo o volume advindo da microdrenagem, onde a água acabaria retida na superfície gerando muitos danos como um problema no escoamento que acaba resultando em um alagamento, além da falta de captação já que há uma limitação no corpo receptor.

Figura 2 – Exemplo de instalações de macrodrenagem.



Fonte: Portal Antigo (2014).

Dessa maneira, o adequado dimensionamento do sistema de macrodrenagem é essencial nas áreas urbanas, para que se garanta que as águas pluviais, captadas pelo sistema de microdrenagem, sejam transportadas de maneira eficiente.

### 3.2 Microdrenagem

A microdrenagem urbana é um sistema de condutos em nível de loteamento ou de uma rede primária urbana, com o objetivo de uma captação distribuída dos escoamentos superficiais que as áreas urbanas acabam gerando. Esse sistema é o responsável por destinar corretamente as águas pluviais advindas de construções, ruas, praças, entre outros. Os componentes de uma rede de microdrenagem são as ruas, guias, sarjetas, bocas de lobo e as galerias pluviais de menor porte (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

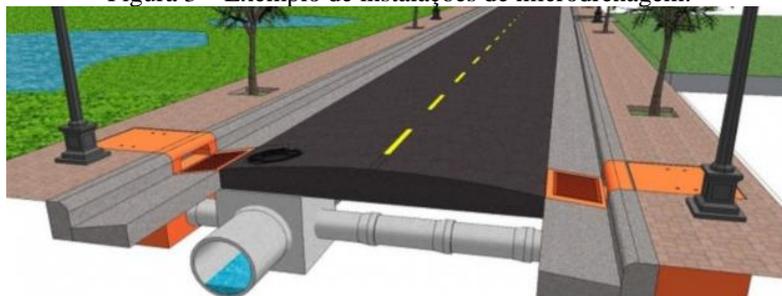
Considerando que o sistema funcione perfeitamente é necessário que ele suporte coletar as águas das chuvas, possibilitando sua chegada final a uma rede de macrodrenagem, sem gerar alagamentos, ou seja, objetivando um escoamento seguro.

Contudo, existindo uma rua com captação de microdrenagem insuficiente, acabará acarretando um problema de escoamento superficial, independente da rede principal de drenagem, o qual pode ocasionar a inundação de uma área pequena sem que a rede principal tenha extravasado.

Analisando agora o problema onde a rede não tenha capacidade suficiente de captar e/ou conduzir a água por qualquer fator, uma série de alagamentos localizados podem vir a ocorrer, as ruas funcionarão como condutores das águas excedentes, guiando tudo para as áreas mais baixas da bacia.

No caso em que redes próximas possam falhar, os alagamentos serão mais severos e problemáticos. Em suma, uma falha na microdrenagem resulta em alagamentos superficiais espalhados por toda a bacia e, falhas na rede de macrodrenagem geram alagamentos maiores a partir do extravasamento da rede (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Figura 3 – Exemplo de instalações de microdrenagem.

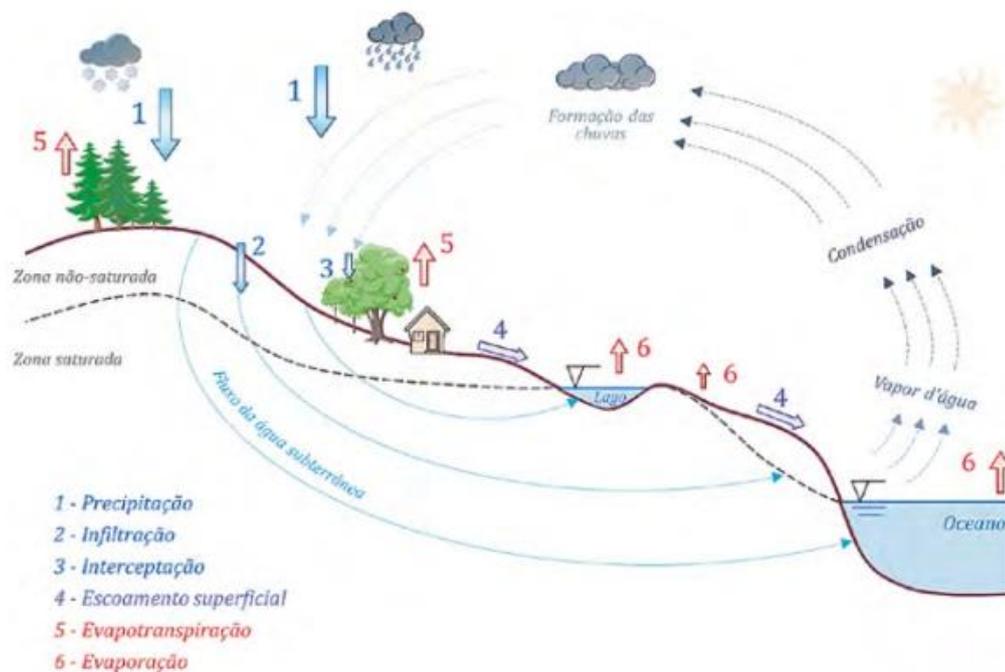


Fonte: Aquafluxus (2019).

### 3.3 Ciclos hidrológicos e precipitações

A precipitação é a água, proveniente do vapor d'água da atmosfera que chega à superfície terrestre sob a forma de chuva, granizo, neve, entre outros; as precipitações são relacionadas principalmente à quantidade de chuvas e, dessa forma, os índices pluviométricos variam de acordo com a região e estação do ano. Elas podem ser classificadas como fraca, moderada e forte e não são bem distribuídas no território brasileiro, devido a vasta extensão territorial (SANTOS; STEIN; PELINSON; SCHOENELL, BOTELHO, SILVA, MACHADO, 2021).

Figura 4 – Ciclo hidrológico.



Fonte: Hidrologia e Drenagem (2021)

Essa precipitação cai em uma bacia hidrográfica, que é uma área de captação natural da água de precipitação, que faz convergir os escoamentos para um único ponto fixo. Uma porção dessa água irá se infiltrar no solo e aquela que não consegue esse feito irá colaborar para o escoamento superficial, sendo essa gradualmente coletada por uma rede de drenagem (SANTOS; STEIN; PELINSON; SCHOENELL, BOTELHO, SILVA, MACHADO, 2021).

### 3.4 Escoamento em orifícios

Os orifícios são perfurações, geralmente de forma geométrica definida, feitas abaixo da superfície livre do líquido em paredes de reservatório, tanques, canais ou canalizações. Esses orifícios podem ser classificados quanto à sua forma, dimensão relativa ou quanto a natureza de sua parede. (FERNANDEZ, M. F., 2015).

Para orifícios de grandes dimensões, não se pode assumir que todas as partículas que atravessam o dispositivo estejam na mesma velocidade, dessa forma não se deve considerar uma carga única ( $h$ ). A carga torna-se então variável de faixa para faixa. (FERNANDEZ, M. F., 2015).

Sendo  $b$  a largura do orifício e  $h$  a carga sobre um trecho de espessura  $dh$ , a carga para esse trecho será dada pela seguinte expressão:

$$dQ = Cd * b * dh * \sqrt{2 * g * h} \quad (1)$$

A descarga de todo o orifício será obtida integrando essa expressão, entre os limites de  $h_1$  e  $h_2$  (cargas correspondentes ao topo e à base do orifício).

$$Q = \int_{h_1}^{h_2} Cd * b * dh * \sqrt{2 * g * h} \quad (2)$$

Que resulta:

$$Q = Cd * b * \sqrt{2 * g} * \int_{h_1}^{h_2} \sqrt{h} * dh \quad (3)$$

Chegando em:

$$Q = \frac{2}{3} * Cd * b * \sqrt{2 * g} * (h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}) \quad (4)$$

Por fim, substitui-se o valor de  $b$  por:

$$b = \frac{A}{h_2 - h_1} \quad (5)$$

Assim, obtém-se a seguinte equação:

$$Q = \frac{2}{3} * Cd * A * \sqrt{2 * g} * \frac{h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}}{h_2 - h_1} \quad (6)$$

Onde:

$Q$  é a vazão em  $m^3/s$

$C_d$  é o coeficiente de descarga (adotado o valor de 0,96 – visto que  $C_d$  deve estar compreendido entre 0,95 e 0,98) (FERNANDEZ, M. F., 2015).

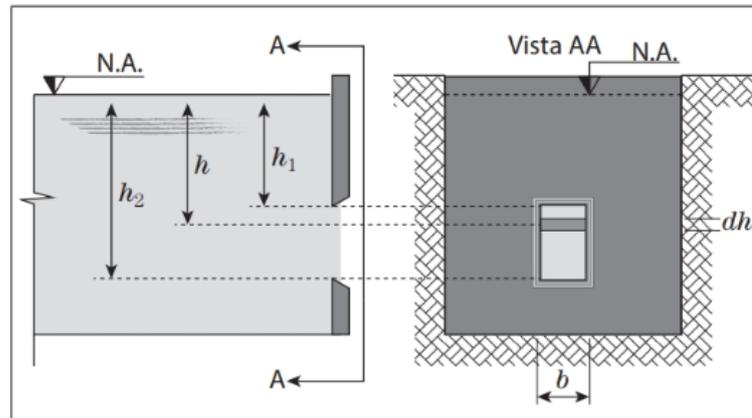
$A$  é a área do orifício em  $m^2$

$g$  é a aceleração da gravidade em  $m/s^2$  (adotado o valor de  $9,81 m/s^2$ )

$h_1$  é a carga do topo à base do orifício (sendo utilizado o valor de 1 metro)

$h_2$  é a carga do topo ao início do orifício (variando para cada orifício)

Figura 5 – Orifício de grandes dimensões.



Fonte: Manual de Hidráulica - Miguel Fernandez e Fernandez (2015).



Todos esses arruamentos se desenvolvem em um terreno levemente acidentado em declive, no sentido Leste/Oeste. Todas as faixas de rolamento são pavimentadas em concreto asfáltico de petróleo.

Todas as ruas são compostas dos seguintes sistemas de drenagem: bueiros, sarjetas e galerias enterradas, onde as sarjetas são constituídas de concreto, seguem um padrão de 13 centímetros de altura e localizam-se nas extremidades das faixas de rolamento. As bocas de lobo são variadas, tanto do tipo circular quanto retangular. Foram contabilizadas 125 bocas de lobo ao longo de todas as vias.

## **4.2 Coleta de dados**

Para o desenvolvimento do mapeamento e da avaliação das condições de operacionalidade das bocas de lobo, inicialmente foi necessário determinar a localização georrefenciada de cada equipamento. Desta forma, a atividade foi realizada através de um aplicativo denominada *Geotracker* que utiliza navegação *GNSS (Global Navigation Satellite Systems)*, por meio do qual foram coletadas as latitudes, as longitudes e as altitudes de cada equipamento em análise.

Os registros dessas coordenadas foram realizados no sistema geodésico *SIRGAS 2000* e na projeção cartográfica *Universal Transversa de Mercator (UTM)*. Durante esse percurso de coleta de dados, foram realizados registros fotográficos de cada equipamento de drenagem, que serviram como base para a avaliação das condições de operacionalidade das bocas de lobo perante o estado visual de conservação. Esses registros podem ser conferidos no Apêndice.

Em conjunto com os dados de georreferenciamento, foram anotados os diâmetros de cada tubulação das bocas de lobo, nos casos em que a espécie destes dispositivos fossem circulares, e para quando fossem retangulares, os dados coletados foram a altura e a largura do dispositivo. Além da análise de possíveis interferências de veículos que possam obstruir o dispositivo, como carros e motos estacionados no local.

## **4.3 Mapeamento das bocas de lobo**

O mapeamento das bocas de lobo existentes ao longo de todo o *Campus* se deu através de um mapa temático da localização de cada equipamento. No software de geoprocessamento *QGIS*, versão 3.22.6, as coordenadas geográficas coletadas foram inseridas e identificadas.

Após essa identificação, os pontos relativos a cada uma foram sobrepostos a uma imagem orbital da área de estudo disponibilizada pelo *Google Earth Professional*.

#### 4.4 Procedimento de avaliação

Após a localização de cada dispositivo de microdrenagem, deu-se início à avaliação das condições de conservação e de operação. Dessa forma, desenvolveu-se uma matriz de avaliação qualitativa e quantitativa para as bocas de lobo, fundamentada nas principais recomendações para este tipo de estudo na literatura: TUCCI, 2005; AMARAL, THOMAZ, 2008; BAPTISTA, NASCIMENTO, BARRAUD, 2011; CANHOLI, 2015; DA CUNHA, MENESES FILHO, 2020; STELI, WEBER, VESTENA, 2021.

A matriz de avaliação se estrutura na forma de uma planilha eletrônica, nas qual foram atribuídas notas para um conjunto de variáveis por cada um dos avaliadores técnicos. Estas variáveis sintetizam as principais características de conservação e operacionalidade que geralmente são utilizadas para avaliar o bom funcionamento de uma boca de lobo em um sistema de microdrenagem urbana.

O primeiro item de avaliação será a grelha, que pode ser designada como uma abertura coberta com barras metálicas longitudinais ou transversais, podendo ser de concreto, aço ou de ferro fundido. A cantaria é o espaço localizado entre a geratriz superior da calçada do pavimento para pedestre e a geratriz inferior do pavimento asfáltico, sendo normalmente construída por peças pré-moldadas de concreto sem armadura e tendo como principal função a promoção de segurança e conforto ao pedestre ao inseri-lo em um nível superior ao do pavimento, além de auxiliar na condução do excedente de água do escoamento superficial. A inclinação é a declividade de entrada da boca de lobo e o orifício é o canal de descarga pelo qual a água da chuva irá passar para atingir as galerias pluviais.

O Quadro 1 apresenta detalhadamente cada uma das categorias das variáveis, bem como sua importância para esta avaliação:

Quadro 1 – Detalhamento das categorias de variáveis e suas respectivas importâncias no estudo.

<b>Categoria de variável</b>	<b>Detalhamento</b>	<b>Importância</b>
Grelhas	Diz respeito ao estado de conservação visualmente perceptível das grelhas e grades nas entradas das bocas de lobo	Estão associadas à capacidade do bueiro em reter materiais sólidos e impedir que estes adentrem nas galerias pluviais. O entupimento ou má conservação de grelhas, geralmente, ocasiona pontos de

		alagamento e extravasamento de água da chuva
Cantarias	Diz respeito ao estado de conservação das calçadas e das cantarias que margeiam os bueiros	Estão associadas à atenuação dos efeitos da água de escoamento superficial no pavimento e nas calçadas. Cantarias em bom estado de conservação auxiliam na entrada da água nos bueiros e evitam o extravasamento para calçadas
Inclinações	Diz respeito à declividade de entrada da boca de lobo, bem como a declividade geral da sarjeta na qual a boca de lobo se encontra localizada	Associam-se à facilidade com que a água tem em escoar nas sarjetas e adentrar nos bueiros. Inclinações baixas tendem a aumentar a capacidade de retenção de água, enquanto inclinações altas tendem a favorecer as velocidades de escoamento
Orifício	Diz respeito ao orifício de descarga pelo qual a água da chuva entra no bueiro e atinge as galerias pluviais subterrâneas	Associam-se à vazão que escoar pela boca de lobo e é descarregada na galeria pluvial. Demandam por área de seção transversal suficiente para garantir um bom escoamento

Fonte: Adaptado de FARZAD, KOUROSH e AMIR (2024).

Com base nas variáveis expostas no quadro acima, uma escala numérica de avaliação foi proposta, por meio de notas de 0 a 1.

O Quadro 2 detalha a estruturação das variáveis e das possíveis notas atribuídas a cada dispositivo, bem como as condições e critérios para a atribuição das notas por parte dos avaliadores.

Variável	Nota	Interpretação	Detalhamento das condições para a atribuição da nota
Grelhas	0,00	Ruim a péssimo	Grelhas altamente intemperizadas, com metais oxidados e com danos irreparáveis na estrutura da própria grade.
	0,50	Regular	Grelhas moderadamente intemperizadas, com pouca oxidação nos metais e poucos danos na estrutura da grade.
	1,00	Bom a ótimo	Grelhas em bom estado de conservação, sem intempéries visíveis a olho nu e sem oxidação e/ou danos na estrutura da grade.
Cantarias	0,00	Ruim a péssimo	Concretos com grande quantidade de avarias, com desprendimento de materiais constituintes e com aspecto visual depreciado.
	0,50	Regular	Concretos com quantidade moderada de avarias, com pouco desprendimento de materiais constituintes e com aspecto visual aceitável, porém não em perfeito estado de conservação.
	1,00	Bom a ótimo	Concretos em bom estado de conservação, sem a presença de materiais orgânico e com aspecto visual consideravelmente novo e/ou conservado adequadamente.
Inclinações	0,00	Ruim a péssimo	Inclinações de entrada de boca de lobo totalmente desfavoráveis para o escoamento de águas pluviais.
	0,50	Regular	Inclinações de entrada de boca de lobo aceitáveis, porém, não consonantes com as recomendações normativas.
	1,00	Bom a ótimo	Inclinações de entrada de boca de lobo de acordo com as recomendações normativas.

Orifício	0,00	Ruim a péssimo	Orifício com grande retenção de materiais e predominantemente ou totalmente obstruído.
	0,50	Regular	Orifício com pouca retenção de materiais e com pouco grau de obstrução.
	1,00	Bom a ótimo	Orifício totalmente desobstruído e com nenhum tipo de retenção de materiais.
Abrangência	0,00	Ruim a péssimo	Bueiro isolado e sem proximidade (mínimo de 300m) com ao menos 1 outro dispositivo de drenagem.
	0,50	Regular	Bueiro inserido nas proximidades (mínimo de 300m) de 1 a 3 outros dispositivos de drenagem.
	1,00	Bom a ótimo	Bueiro inserido nas proximidades (mínimo de 300m) de mais de 3 outros dispositivos de drenagem.

Quadro 2 – Notas e detalhamento dos critérios para a avaliação.

Fonte: Autor (2024).

A partir das notas descritas no Quadro 2, cada avaliador realizou sua análise individual de cada item através do georreferenciamento e dos registros fotográficos das bocas de lobo. Dessa forma, uma planilha eletrônica foi preenchida contendo 5 notas para cada dispositivo.

Objetivando minimizar as subjetividades durante todo o processo de avaliação, essas notas foram reduzidas a uma média aritmética (STELI, WEBER, VESTENA, 2021). Desta forma, a nota final atribuída a uma boca de lobo, em uma determinada variável, pôde ser obtida pela seguinte Equação 7.

$$Ni = \frac{N1i+N2i+N3i+Nni}{n} \quad (7)$$

Onde:

$Ni$  é a nota final da variável  $i$ ;

$N1i$  é a nota do avaliador 1 para a variável  $i$ ;

$N2i$  é a nota do avaliador 2 para a variável  $i$ ;

$N3i$  é a nota do avaliador 3 para a variável  $i$ ;

$Nni$  é a nota do avaliador  $n$  para a variável  $i$ ;

$n$  é a quantidade de avaliadores.

Calculadas as médias aritméticas das notas atribuídas para cada variável, as notas finais foram associadas a cada bueiro devidamente georreferenciado. Dessa maneira, uma nova base de dados foi elaborada, contendo as seguintes informações: identificação da boca de lobo, latitude e longitude dos bueiros, e a sequência de notas relativas as variáveis de grelhas, cantarias, inclinações, orifícios e abrangência para cada dispositivo avaliado.

Com o então objetivo de avaliar as condições dos dispositivos de drenagem, levando em consideração o efeito das notas para cada variável e seu efeito simultâneo no desempenho dos bueiros, calculou-se as médias aritméticas das notas finais de cada um, conforme equação 8.

$$N_{gerali} = \frac{N_{grelhai} + N_{cantariai} + N_{inclinaçãoi} + N_{orifícioi} + N_{abrangênciai}}{5} \quad (8)$$

Onde:

$N_{grelhai}$  é a nota média do bueiro  $i$  na variável grelha;

$N_{cantariai}$  é a nota média do bueiro  $i$  na variável cantaria;

$N_{inclinaçãoi}$  é a nota média do bueiro  $i$  na variável inclinação;

$N_{orifícioi}$  é a nota média do bueiro  $i$  na variável orifício;

$N_{abrangênciai}$  é a nota média do bueiro  $i$  na variável abrangência.

Por fim, as notas gerais foram associadas a uma escala qualitativa de avaliação, conforme o Quadro 3. Desta forma, por meio de procedimentos metodológicos desenvolvidos nesta pesquisa, tornou-se possível avaliar as condições de operação e de conservação dos bueiros da área de estudo em uma perspectiva sistêmica e integrada.

Quadro 3 – Escala qualitativa de avaliação das notas gerais.

Nota geral do bueiro	Avaliação qualitativa	Interpretação
Até 0,20	Péssimo	Bocas de lobo com péssimo estado de conservação e operacionalidade
Entre 0,21 e 0,40	Ruim	Bocas de lobo com condições de conservação e operacionalidade ruins, de forma a apresentar grande quantidade de problemas visualmente perceptíveis
Entre 0,41 e 0,60	Regular	Bocas de lobo com condições regulares de conservação e operacionalidade, apresentando alguns problemas visualmente perceptíveis
Entre 0,61 e 0,80	Bom	Bocas de lobo com boas condições de conservação e operacionalidade, apresentando poucos ou quase nenhum problema visualmente perceptível
Acima de 0,81	Ótimo	Bocas de lobo com ótimas condições de conservação e operacionalidade

Fonte: Autor (2024).

#### 4.5 Análise espacial e representação cartográfica dos resultados

Esta etapa consiste na análise estatística das notas na matriz de avaliação e elaboração de mapas temáticos que representassem, espacialmente, os dados obtidos. Para a realização da

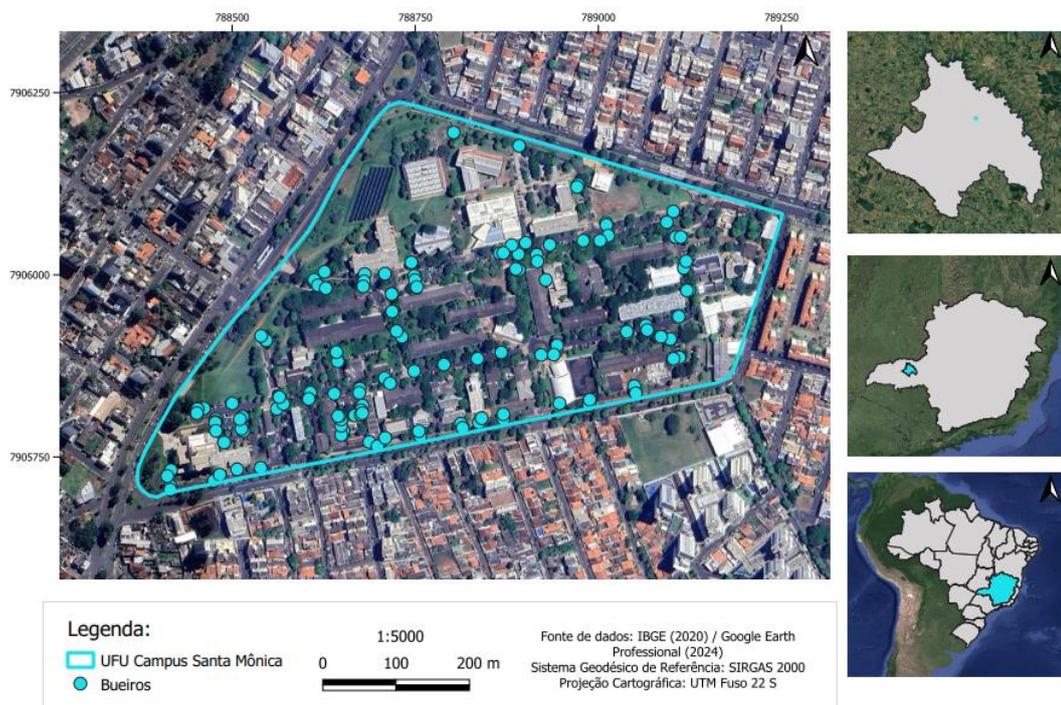
análise estatística, utilizou-se o *software PAST 4.10*. Nele, foram inseridas as bases de dados da matriz de avaliação, elaborado um gráfico para a visualização dos dados e calculados a variância, desvio padrão e o coeficiente de variação das notas atribuídas.

Já para a espacialização dos resultados, utilizou-se o *software QGIS*, versão 3.22.6, onde foram elaborados mapas temáticos que fazem referências às notas médias calculadas para as bocas de lobo em cada variável avaliada e às notas gerais considerando simultaneamente o efeito das avaliações individuais.

## 5. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Como o objetivo desta pesquisa é avaliar as condições de operacionalidade e conservação das bocas de lobo em uma rede de microdrenagem urbana, em um primeiro momento todas as bocas de lobo do *Campus Santa Mônica* foram levantadas, contando com a longitude e latitude em *UTM* e as respectivas altitudes em metros, resultando no seguinte mapa.

Figura 7 – Localização das bocas de lobo na área de estudo.



Fonte: Autor (2024).

Ao todo, existem 125 dispositivos de drenagem, que variam em forma, dimensões, conservação e operacionalidade. Com o intuito de avaliar cada elemento separadamente,

elaborou-se uma matriz de avaliação, em termos quantitativos e qualitativos ao longo de todo o *Campus Santa Mônica* da Universidade Federal de Uberlândia.

### 5.1 Análise da distribuição estatística

Para a análise que esse projeto propõe poder ser validável e continuar, há a necessidade da realização de uma distribuição estatística, ou distribuição de probabilidade, cuja descreve como os valores são distribuídos para um campo. Em outras palavras, a distribuição estatística mostra quais valores são comuns e incomuns. Para isso, utilizou-se o aplicativo *PAST*, versão 4.10, onde a identificação de cada ponto, a longitude, latitude e a altitude foram inseridas.

O primeiro teste realizado foi o Teste de Normalidade, cujos “p” de normalidade precisam ser menores que 5% (0,05). Para isso, todos os valores de longitude, latitude e altitude foram selecionados e inseridos no *PAST*, utilizou-se a aba “*univariate*” e posteriormente a aba “*normality tests*”; os testes realizados são *Shapiro-Wilk W*, *Anderson-Darling A*, *Lilliefors L* e *Jarque-Bera JB*.

O teste *Shapiro-Wilk W* tem como objetivo avaliar se uma distribuição é semelhante a uma distribuição normal. O próximo, é o teste *Anderson-Darling A*, que mede o quão bem os dados seguem uma distribuição. O de *Lilliefors L* é usado para testar a hipótese nula que a função de distribuição acumulada é igual a alguma função de distribuição, e por fim, o *Jarque-Bera JB*, que tem como hipótese nula a normalidade. Os resultados do primeiro teste serão apresentados na Figura 8.

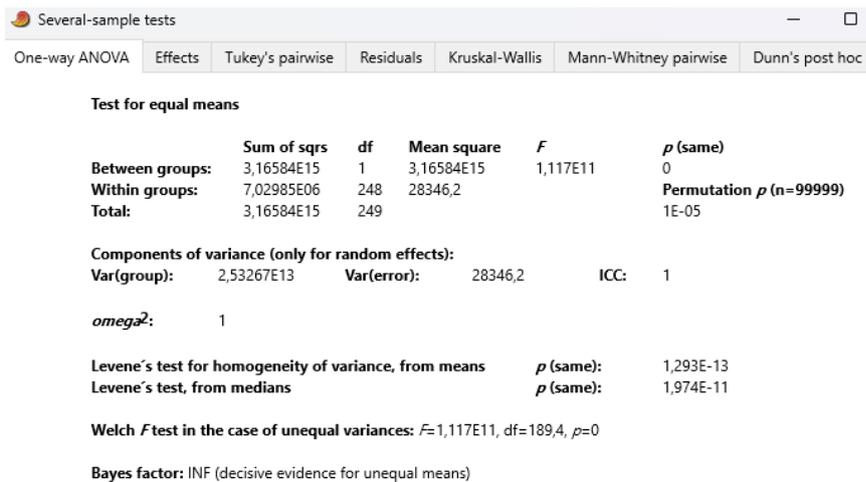
Figura 8 – Teste de normalidade dos dados de Longitude, Latitude e Altitude.

Tests for normal distribution			
	Long (UTM)	Lat (UTM)	Alt (m)
<b>N</b>	125	125	125
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9501	0,952	0,6423
<b>p(normal)</b>	0,000159	0,0002232	5,175E-16
<b>Anderson-Darling A</b>	1,593	2,367	8,016
<b>p(normal)</b>	0,0004073	5,043E-06	1,229E-19
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0004	0,0001	0,0001
<b>Lilliefors L</b>	0,0866	0,1356	0,1997
<b>p(normal)</b>	0,02194	0,0001	0,0001
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0239	0,0002	0,0001
<b>Jarque-Bera JB</b>	6,9	6,334	6697
<b>p(normal)</b>	0,03175	0,04213	0
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,035	0,0404	0,0001

Realizando a análise de todos os “p(normal)”, notamos que todos estão abaixo dos 5%, dessa forma, conclui-se que o que ocorre não é aleatório, os dados seguem uma racionalidade.

Com essa análise concluída, inicia-se uma nova averiguação, onde, no mesmo aplicativo, de nome *PAST*, na aba “*Univariate*”, seguida da aba “*ANOVA etc (several samples)*”, tem-se a seguinte Figura 9.

Figura 9 – Several-Sample Tests (Teste de várias amostras).



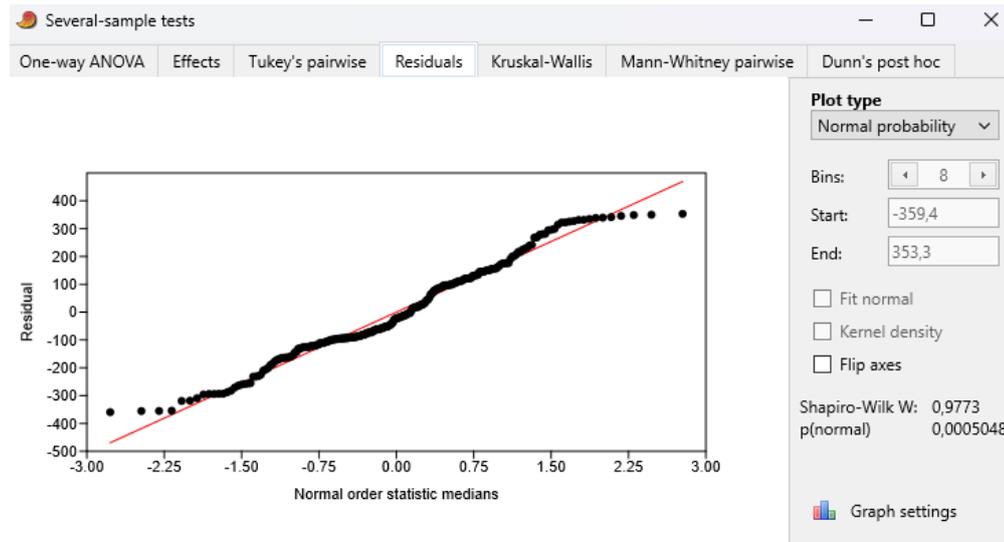
Se traduzirmos o *Several Sample Test*, tem-se que é um procedimento estatístico para testar a hipótese nula de que uma série de amostras univariadas são tomadas de populações com a mesma média. Assume-se que as amostras têm distribuição bem próxima da normal e variâncias similares.

A tabela da ANOVA, mostra a soma dos quadrados entre grupos (*between-groups sum of square*), cuja soma tem um número associado aos graus de liberdade e o df correspondente será igual ao número de grupos menos 1. Já a soma dos quadrados intra-grupos (*within-groups sum of squares*) segue o mesmo caso anterior, mas o df será igual ao número total de valores menos o número de grupos.

O  $\omega^2$  é uma medida de intensidade do efeito *size*, variando de 0 a 1. E o teste de Levene é utilizado para testar a igualdade de variâncias de populações normais univariadas, sendo esse um procedimento relativamente sensível a desvio de normalidade.

Seguindo no mesmo local do *Several Sample Test*, e clicando na aba “*Residuals*” teremos o gráfico (Figura 10) que mais uma vez afirmará o quão pequeno é nosso desvio.

Figura 10 – Gráfico residual das médias



## 5.2 Avaliação quantitativa

A avaliação quantitativa se desenvolveu por meio de notas numéricas, sendo adotados 3 valores, 0; 0,5 e 1. Um conjunto de avaliadores analisaram cada dispositivos e atribuíram notas, individuais e de forma independente de acordo com as condições verificadas. As notas foram reduzidas à sua média aritmética, apresentadas na Tabela 1, no apêndice.

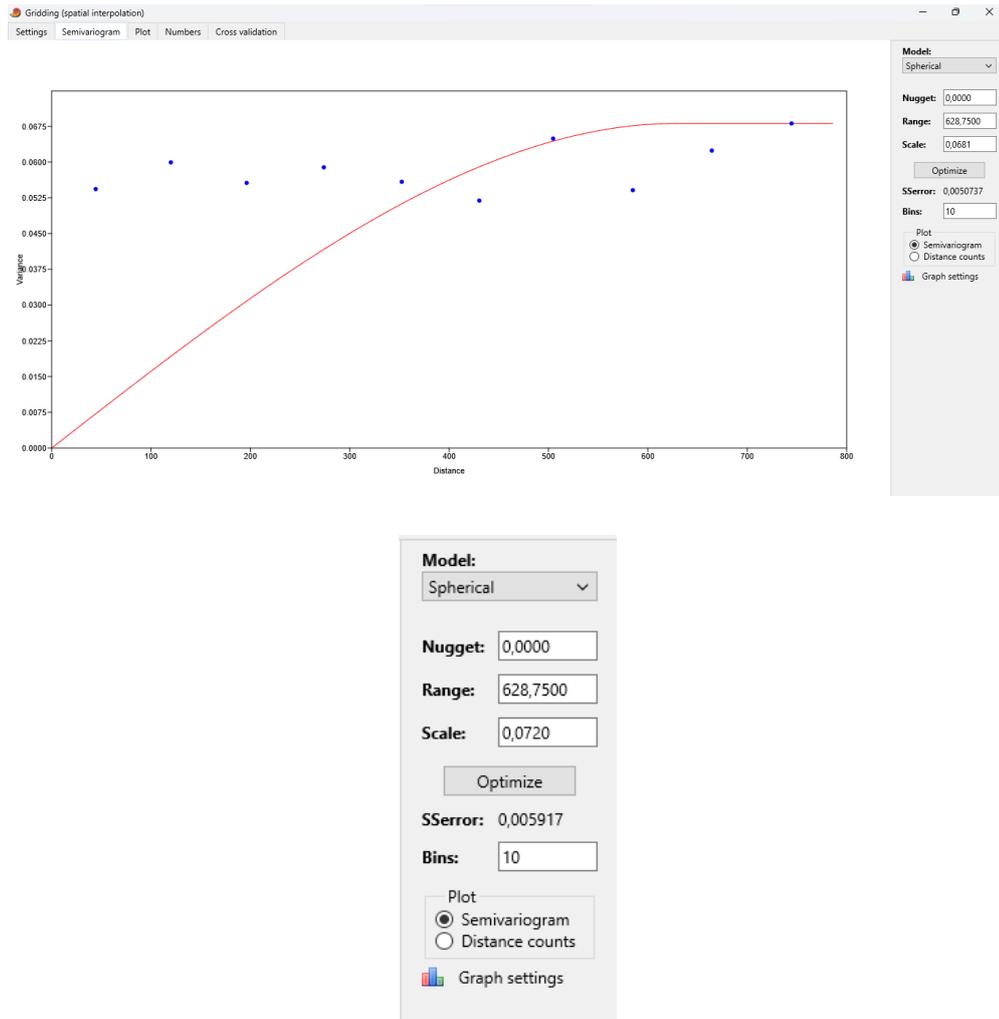
Com base nesses valores e utilizando o *software PAST*, em sua versão 4.10, foram alocadas as identificações de cada ponto no programa, longitude, latitude e as médias dos 5 itens analisados, sendo as grelhas, cantarias, inclinações, orifícios e abrangência. Após a inserção dos valores, seleciona-se as colunas de longitude, latitude e grelhas, na aba “*Geometry*”, clica-se no item “*Points with z values (2D + z)*” e posteriormente em “*Griding*”.

Ao finalizar esses passos, uma nova janela irá se abrir; para realizar uma boa análise, utiliza-se uma matriz de 1000x1000 para que a precisão seja a maior possível e seleciona o item “*Kriding*”, que, traduzindo, seria uma *krigagem*, sendo essa a mais potente forma de interpolar espacialmente algo.

A primeira análise é a “*Semivariogram*”, onde o gráfico amostrado dá a variância dos dados amostrais; verificando o “*SSerror*”, tem-se um erro menor que 0,5%, concluindo-se que a interpolação gerou uma assertividade de 99,5% de precisão.

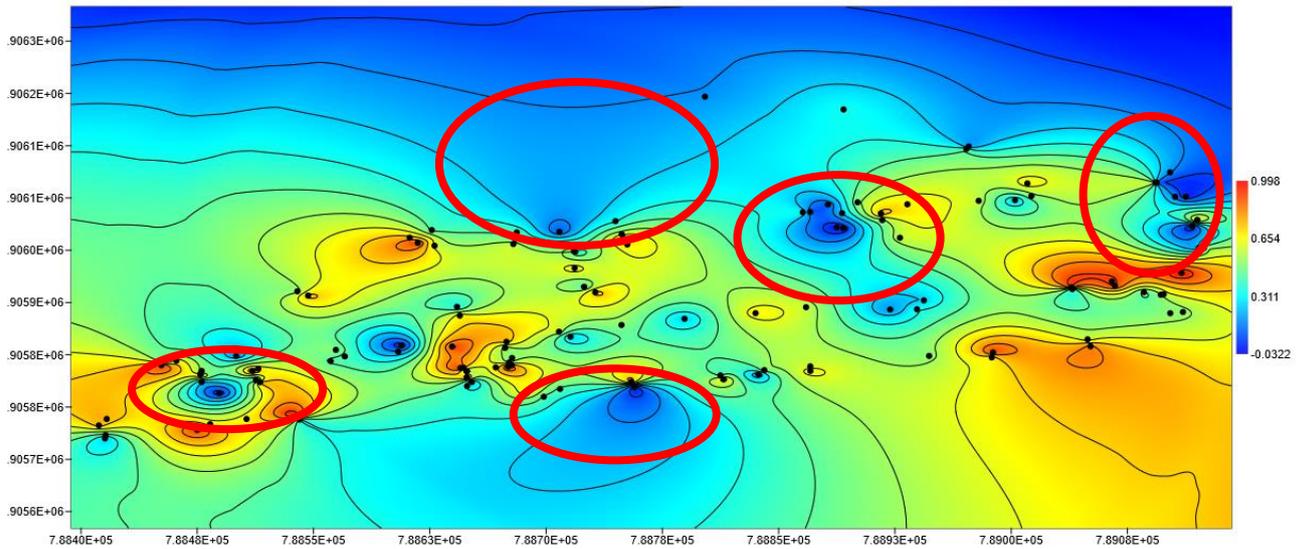
Valido salientar que todos os 5 itens obtiveram precisões de erro muito parecidas.

Figura 11 – Gráfico da variância dos dados amostrais das grelhas



A segunda análise é na aba “Plot”, cujo gráfico gerado, em um esquema de cores Frio-Quente, onde as cores mais quentes, como o vermelho e o laranja são as melhores notas, ou seja, as notas mais altas e as cores frias como o verde e o azul são as piores notas, ou seja, as mais baixas. Colocando as curvas, tem-se a interpretação de como possíveis inserções de elementos de microdrenagem urbana se comportariam naquela região.

Figura 12 – Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para grelhas.

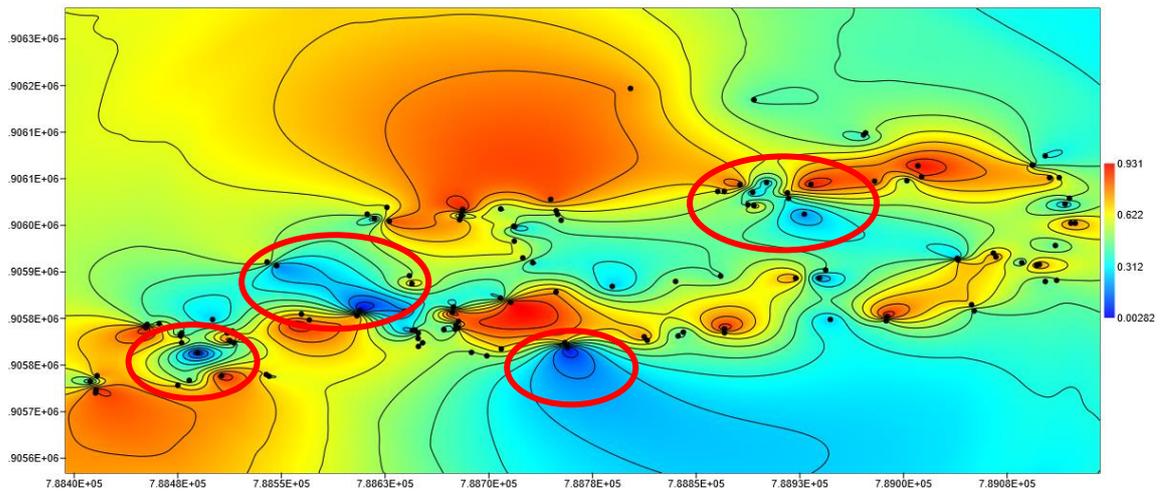


Esse processo é de suma importância para que se consiga atribuir valores onde não foram amostrados, ou seja, caso decida-se alocar uma boca de lobo em um determinado ponto, supõe-se um valor e conseqüentemente um indicativo de boa ou ruim alocação. Servindo, para solucionar um possível problemas ou ajustar os elementos existentes para uma melhor qualidade de captação pluvial.

Neste caso da Figura 12, pode-se interpretar que as piores condições de grelha se encontram onde se tem maior concentração de pedestres, que se inicia na área do inter campi, na reitoria e em frente aos blocos 3Q e 1B, que são identificadas na figura.

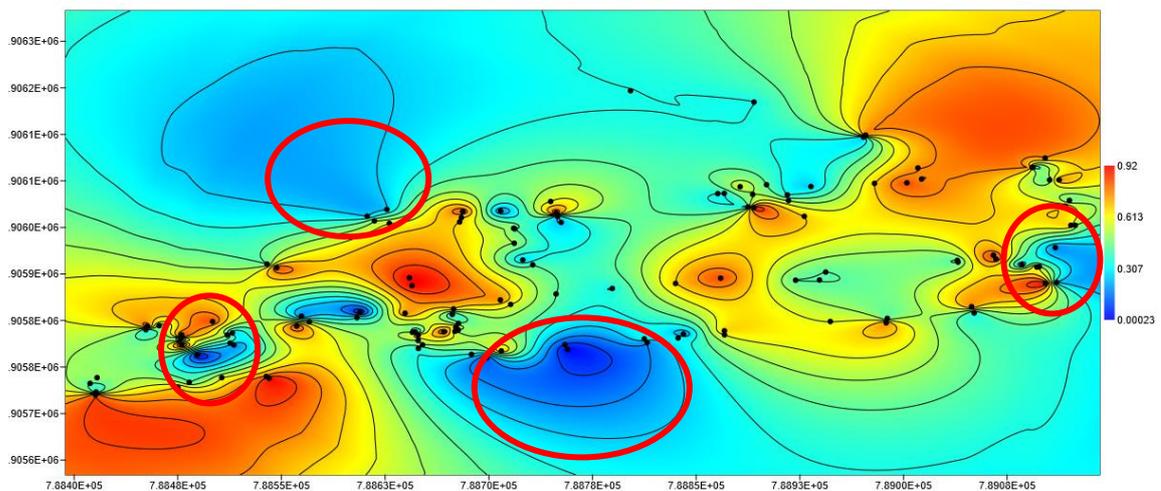
O mesmo processo se dará para os demais itens, sendo todos realizados da mesma maneira, onde cada segmento apresentará um comportamento diferenciado.

Figura 13 – Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para cantarias.



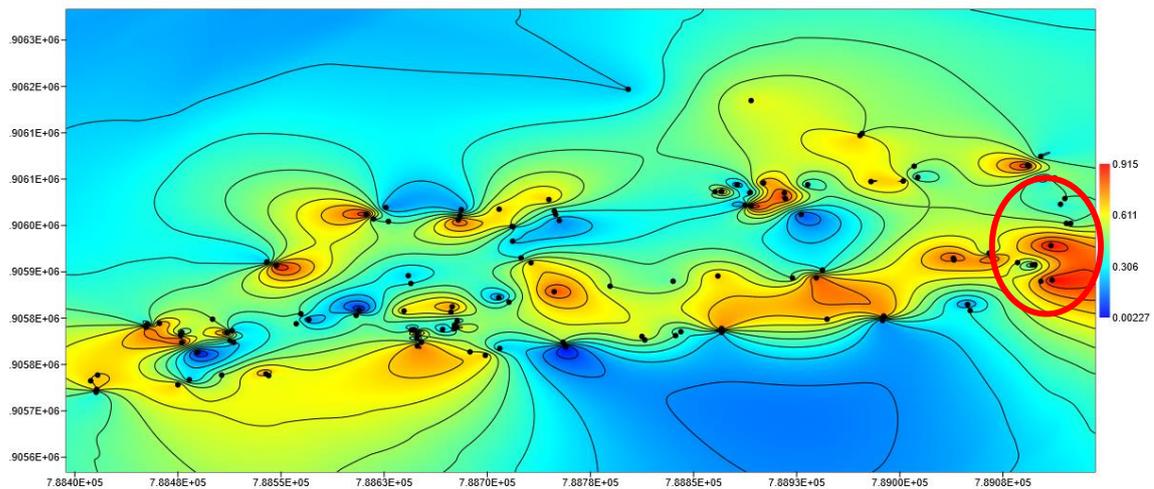
Quando analisamos o gráfico para cantarias, notamos que os dados alteram, a maioria está bem avaliada, contudo, os mesmos pontos de dados não tão bem avaliados se repetem, sendo eles os elementos localizados na reitoria e no bloco 3Q.

Figura 14 – Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para inclinações.



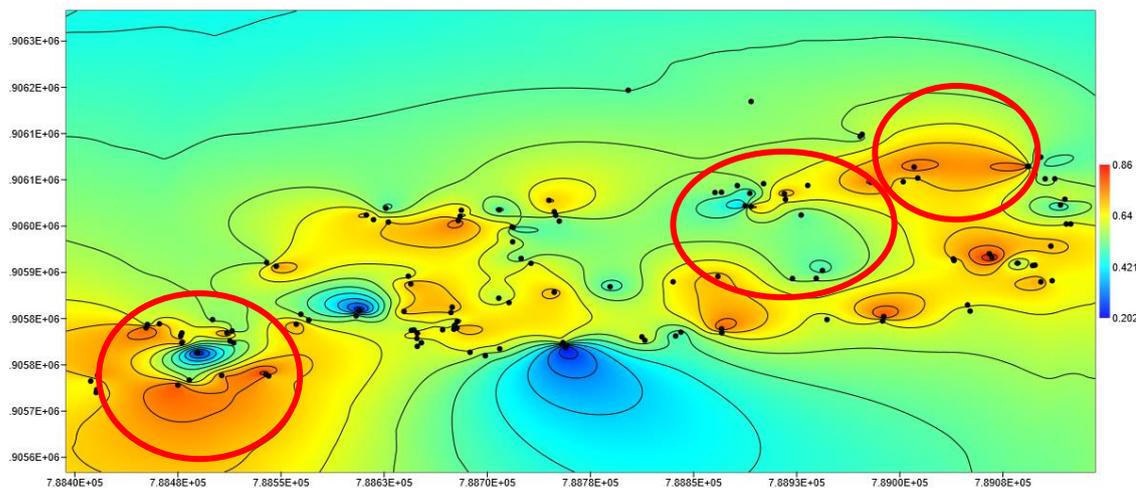
Na análise do gráfico para as inclinações, nota-se uma grande discrepância, tem lugares muito bons e outros muito ruins, a reitoria apresenta, mais uma vez, uma das piores qualidades dos dispositivos, assim como a entrada principal da Universidade, localizada na avenida João Naves de Ávila.

Figura 15 – Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para orifícios.



Na avaliação dos orifícios, notamos que a maioria está em suas melhores condições de conservação, ou seja, visualmente estão em bons estados, mesmo contando com uma grande quantidade de sedimentos, dificultando um pouco a passagem da água e impossibilitando a melhor operacionalidade desse dispositivo.

Figura 16 – Gráfico da qualidade do entorno de cada elemento para as médias.



Esse último gráfico abrange as médias gerais, ou seja, engloba as médias dos 5 itens estudados, e possibilita uma ampla análise da condição de operacionalidade de cada equipamento. Consegue-se identificar os pontos mais críticos da Universidade, que engloba principalmente um dos blocos mais movimentados, o 3Q, além da reitoria e do inter campi

Assim, por meio da figura 15, é possível perceber o comportamento geral das variáveis que compuseram a matriz de avaliação proposta nessa pesquisa. Nota-se que os parâmetros “grelhas”, “cantarias”, “inclinações” e “orifícios” foram os que mais apresentaram viabilidade no gradiente de cores. Desta maneira, entende-se que estas variáveis possuem um

comportamento heterogêneo nas bocas de lobo da área de estudo. Já o parâmetro “abrangência” permaneceu constante e, portanto, homogêneo nos bueiros analisados.

A próxima etapa consiste na avaliação individual das bocas de lobo, levando em consideração o efeito simultâneo das cinco variáveis que compuseram a matriz de avaliação, juntamente com suas variâncias, os desvios padrão e os coeficientes de variação. Todos são apresentados na Tabela 2 do apêndice. Observa-se que as notas aderidas às médias finais para cada bueiro viriam entre 0,200 e 0,833, onde são respectivamente as piores e melhores condições de operacionalidade.

Em relação aos valores da variância, desvio padrão e coeficiente de variação, percebe-se que eles são convergentes com os recomendados pela literatura, que são da ordem, respectivamente, de até 5%, até 10% e até 25% (AMARAL, THOMAZ, 2008; DA CUNHA, MENESES FILHO, 2020; BARTOS, KERKEZ, 2021). Essa convergência garante que os dados foram modelados de maneira adequada e que possuem uma relação de dependência espacial (SOARES, 2014). Assim, a convergência encontrada se configura como uma condição necessária para se validar a metodologia de avaliação das bocas de lobo proposta por esta pesquisa (SOARES, 2014; LA ROSA, PAPPALARDO, 2020).

### 5.3 Avaliação qualitativa

Com base nos valores das médias, desenvolveu-se a classificação de cada boca de lobo com os parâmetros da matriz de avaliação (Quadro 3). E por meio dessas avaliações, os seguintes gráficos foram gerados.

Figura 17 – Avaliação das grelhas.

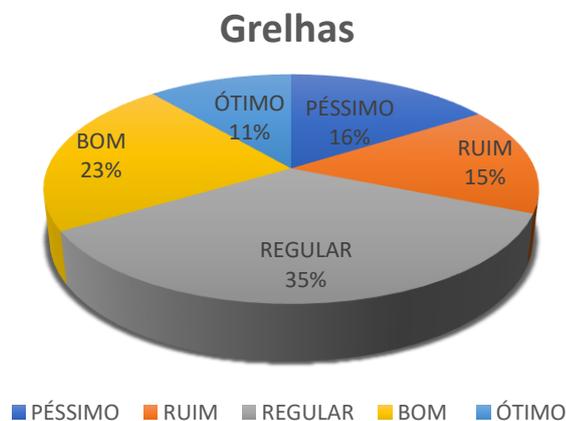


Figura 18 – Avaliação das cantarias.

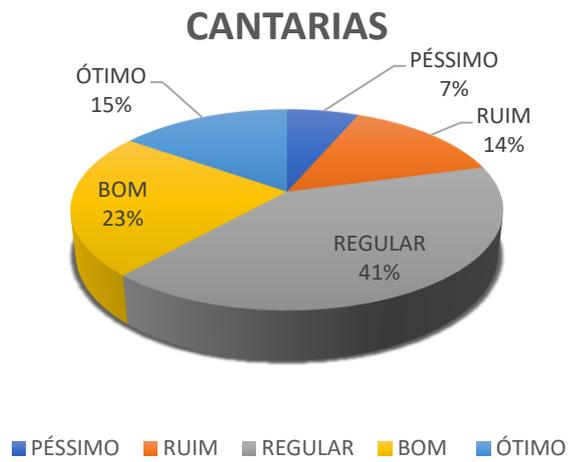


Figura 19 – Avaliação das inclinações.

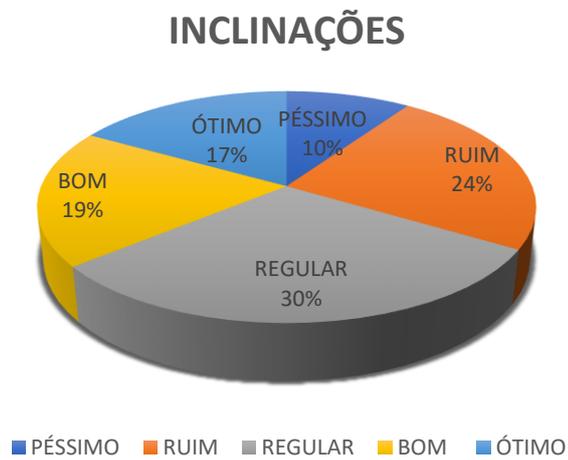
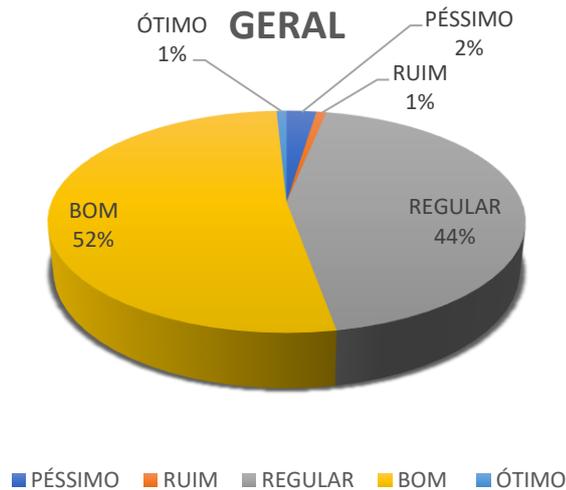


Figura 20 – Avaliação Dos orifícios.



Com base nas Figuras 17 a 20, percebe-se uma heterogeneidade em cada parâmetro avaliado. E com base nisso, desenvolveu-se a análise qualitativa para as bocas de lobo no geral, levando em conta o efeito simultâneo das avaliações qualitativas por parâmetros em cada boca de lobo. Gerando com isso o seguinte gráfico

Figura 21 – Avaliação geral.



Com base nos dados expostos no Quadro 3 e na Figura 21, percebe-se que 52% das bocas de lobo foram avaliadas com boas condições de conservação e operacionalidade, 44% com condições regulares e menos de 3% com condições ruins ou péssimas e somente 1% em ótimas condições.

A análise geral, no entanto, não condiz fielmente a cada elemento analisado separadamente, visto que as porcentagens acabam sendo bem discrepantes. Tem-se, portanto, que a análise geral analisa todos os componentes simultaneamente, atenuando as avaliações ao longo da área de estudo.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **6.1 Conclusão**

De modo geral, o presente trabalho teve por objetivo analisar a eficiência dos sistemas de drenagem do Campus Santa Mônica, visando a demonstração de suas características físicas, que, aliadas às teorias que tangem o tema, foi capaz de evidenciar os problemas enfrentados pelo sistema nos períodos de chuva na região.

A metodologia empregada foi satisfatória e alcançou o objetivo proposto do estudo inicial, que permitiu a avaliação dos dispositivos de drenagem de todo o Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, ocasionando em uma importante ferramenta para a gestão das águas pluviais e para o melhor uso das vias para os pedestres.

Toda a metodologia proposta se desenvolveu de modo eficiente, cujas matrizes de avaliação mostraram-se ser de fácil aplicação, resultando em dados que convergiram à realidade do Campus, apresentando alta confiabilidade para a área estudada.

Com relação aos dados obtidos pela aplicação da metodologia proposta, conclui-se que 52% dos dispositivos de drenagem encontram-se em boas condições de conservação e operacionalidade, mas 44% apresentam condições regulares e 3% más condições, importante salientar que somente 1% se encontra em uma ótima posição.

Ressaltando que dos 5 itens analisados, somente 4 foram mais influentes na determinação das condições de conservação e operação, que foram as grelhas, cantarias, orifícios e inclinações, já que a abrangência é constante em toda a área de estudo, não apresentando uma contribuição significativa para o estudo, mesmo que hidraulicamente os dispositivos se encontrem bem dimensionados sua funcionalidade não se apresenta em condições adequadas ao sistema.

Além do desconforto do usuário que acaba tendo o contato com essas enxurradas e podem acabar se contaminando e acarretando doenças, a falta de conservação e manutenção desses dispositivos acaba gerando mal cheiro e problemas com o escoamento em virtude da existência de sedimentos acumulados. Ademais, existem ainda as interferências de veículos, que acabam ocasionando a obstrução dos dispositivos de drenagem, dificultando assim a passagem do fluído, que busca outra maneira de continuar seu curso.

## 6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros

A análise do presente trabalho é capaz de indicar que os dispositivos de drenagem de urbana avaliados demandam a realização de estudos mais aprofundados, capazes de identificar outras irregularidades que ensejam em seu mau funcionamento, de modo a identificar as medidas cabíveis para o solucionar os problemas de extravasamento enfrentados pelo *campus* Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia.

No mais, insta salientar que além da realização de estudos mais aprofundados dos problemas apresentados pelos bueiros da Universidade, se faz necessária a realização de maiores quantidades de obras de manutenção, com intuito de manter a boa qualidade dos dispositivos existentes.

A garantia das efetivas condições de funcionamento das bocas de lobo promove não somente o correto escoamento das águas pluviais, bem como garante conforto aos pedestres que transitam nos locais de maior incidência de extravasamento, evitando, assim, a formação de alagamentos nas ruas do *Campus*.

Por fim, ressalta-se que o estudo e a realização de obras de manutenção são imprescindíveis ao bom funcionamento dos dispositivos de drenagem, mas devem acontecer em conjunto, como um projeto multidisciplinar, que vise medidas preventivas a longo prazo e corretivas a curto prazo, diminuindo os gastos públicos destinados a esse tipo de obra, gerando economia e melhorias à toda comunidade.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, A; THOMAZ, E, L. Identificação das áreas de alagamento na cidade de Guarapuava, Paraná: período de 1998-2006. In: BORTOLI, C; GOMES, M, F, V, B.; HAURESKO, C. (Orgs.). **Cidade, cultura e ambiente: sob a perspectiva geográfica**. Guarapuava. UNICENTRO. 2008.

ARIZA, J. S. L.; MARTÍNEZ, J. A.; MUÑOZ, A. F.; QUIJANO, J. P.; RODRÍGUEZ, J. P.; CAMACHO, L. A.; DÍAZ-GRANADOS, M. *A multicriteria planning framework to locate and select sustainable urban drainage systems (SUDS) in consolidated urban areas. Sustainability*, 11(8), 2312. 2019.

AZEVEDO NETTO, J. M. Manual de hidráulica [livro eletrônico] / José Martiniano de Azevedo Netto, Miguel Fernández y Fernández. – 9ª edição – São Paulo: Blucher, 2018.

BARTOS, M.; KERKEZ, B.; *Pipedream: An interactive digital twin model for natural and urban drainage systems. Environmental Modelling & Software*, v. 144, p. 105120, 2021.

BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2ª Edição. Editora Oficina de Textos. São Paulo/SP. 318p. 2011.

BOTELHO, M. H. C., **Águas de chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 4ª Edição. Editora Oficina de Textos. São Paulo/SP. 344p. 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 4º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas –2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 185p.

BRASIL. Presidência da República. Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: março, 2024.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ª Edição. Editora Oficina de Textos. São Paulo/SP. 384p. 2015.

FARZAD, P.; KOUROSH, B.; AMIR, M. A.; *A critical review of real-time modelling of flood forecasting in urban drainage systems, Journal of Hydrology*, Volume 607, 2022, 127476, ISSN 0022-1694, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127476>.

CLIMA TEMPO, Mapa climatológico da cidade de Uberlândia. Disponível <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/203/uberlandia-mg>>. Acesso em 14/03/2024.

FERNANZ, P.; TORRES, M. N.; TEMPRANO, J.; SÁNCHEZ, J. P. R.; *Sustainable Urban Drainage System (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review*, *Science of The Total Environment*, Volume 806, Part 2, 2022, 150447, ISSN 0048-9697, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150447>.

GOOGLE EARTH PROFESSIONAL. Ferramenta *Street View*. Imagens orbitais da área de estudo. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/@-18.9180887,-48.2584655,3a,75y,40.32h,78.53t/data=!3m6!1e1!3m4!1sgnyUoUN3yweEfDVi45sZ1w!2e0!7i16384!8i8192>>. Acesso em: março, 2024.

GRIBBIN, J. E., **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 4ª Edição. Editora Cenage. Rio de Janeiro/RJ. 315p. 2014.

LA ROSA, D.; PAPPALARDO, V. *Planning for spatial equity-A performance based approach for sustainable urban drainage systems*. *Sustainable Cities and Society*, v. 53, p. 101885, 2020.

MIGUEZ, M. G. *Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade – 1ª edição – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.*

PETRUCCI, E. *Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equação das chuvas intensas para a cidade de Uberlândia- MG, 2019.*

RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T. E. A. *Manejo de Águas pluviais Urbanas*. In: RIGHETTO, A. M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas** (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p.

SOARES, A. **Geoestatística para as Ciências da Terra e do Ambiente**. 3ª Edição. Editora IST Press. Lisboa/Portugal. 210p. 2014.

STEHLI, P. T.; WEBER, J. F.; VESTENA, L. R. *Mapeamento dos bueiros na bacia do Rio Cascavel, cidade de Guarapuava, Brasil*. *Brazilian Journal of Development*, 7(3), 30490-30508. 2021.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. São Paulo: Navegar, 2002. 422p. Disponível em: [http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=livro10\\_calculos\\_hidrologicos-ler.pdf](http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=livro10_calculos_hidrologicos-ler.pdf). Acesso em: março, 2024.

TUCCI, C. E. M. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005. 270p.

VESTENA, L. R.; ALMEIDA, D. E. F.; GEFFER, E. Análise espacial e temporal da distribuição dos alagamentos e inundações na cidade de Guarapuava, Paraná. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 2492-2494, 2020.

WANG, C.; CHEN, N. A GIS-based spatial statistical approach to modeling job accessibility by transportation mode? Case study of Columbus, Ohio. *Journal of Transport of Geography*, v.45, p. 1-11, 2015.