



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



JORGE HENRIQUE NUNES BENFEITO

**COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DO
BAIRRO SANTA MÔNICA COM O USO DO SOFTWARE SWMM**

**Uberlândia – MG
2021**

JORGE HENRIQUE NUNES BENFEITO

**COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DO
BAIRRO SANTA MÔNICA COM O USO DO SOFTWARE SWMM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, campus Santa Mônica.

Orientador: José Eduardo Alamy Filho

**Uberlândia – MG
2021**

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, agradeço à minha mãe Ângela Nunes que além de me proporcionar todas as condições necessárias para atingir esse momento desde o início dessa caminhada de mais de vinte anos, também me apoiou e deu suporte em todas as minhas decisões nesta jornada.

Agradeço também à todos os professores da Faculdade de Engenharia Civil, pelos anos de aprendizado, em especial ao professor Alamy, pela disponibilidade e atenção ao meu orientar neste trabalho.

Por fim, agradeço aos meus colegas de curso que compartilharam essa experiência comigo, e foram peças fundamentais no cotidiano desses últimos cinco anos, tornando o curso mais leve e prazeroso. Em especial, Gabriel Boaventura.

RESUMO

Como consequência do desenvolvimento urbano realizado de forma desordenada, é evidente que alguns setores de infraestrutura municipal se tornam obsoletos com o passar do tempo, que é o caso da drenagem pluvial. Em Uberlândia-MG, diversos bairros da cidade apresentam alagamentos e enchentes no período chuvoso. Pela sua importância social perante a cidade, o bairro Santa Mônica, onde fica localizada a Universidade Federal de Uberlândia, foi escolhido como área de estudo deste trabalho, que visa obter resultados quanto à capacidade da rede de drenagem pluvial existente, assim como mapear prováveis pontos de alagamentos, ou seja, pontos de necessários reforços na rede pluvial. Através do cadastro de galerias existentes, disponibilizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), e com a utilização do software *Storm Water Management Model (SWMM)*, foi possível analisar a real condição do sistema de drenagem pluvial do bairro. Os resultados obtidos por esse trabalho corroboram com a suspeita inicial observada em campo nos períodos chuvosos, de que a rede atual existente não suporta de maneira satisfatória o volume de água necessário, o que leva a diversos pontos de sobrecargas e alagamentos espalhados pelo bairro, colocando em risco o tráfego de pessoas e veículos.

Palavras-Chave: desenvolvimento urbano, drenagem urbana, alagamentos, SWMM, bairro Santa Mônica.

ABSTRACT

As a result of urban development carried out in a disordely way, it is evident that some sectors of municipal infrastructure become obsolete over time, which is the case of rainwater drainage. In Uberlandia-MG, several neighborhoods in the city suffer from flooding during the rainy season. Due to its social importance to the city, the Santa Mônica neighborhood, where the Federal University of Uberlândia is located, was chosen as the study area of this work, which aims to obtain results regarding the capacity of the existing rainwater drainage network, as well as to map likely points flooding, that is, points of necessary reinforcement in the rainwater network. Through the registration of existing galleries, made available by the Municipal Department of Water and Sewage (DMAE), and using the Storm Water Management Model (SWMM) software, it was possible to analyze the real condition of the rainwater drainage system in the neighborhood. The results obtained by this work corroborate the initial suspicion observed in the field during the rainy seasons, that the current existing network does not satisfactorily support the necessary water volume, which leads to several points of overload and flooding spread throughout the neighborhood. at risk the traffic of people and vehicles.

Keywords: urban development, urban drainage, flooding, SWMM, rainy season, Santa Monica.

Sumário

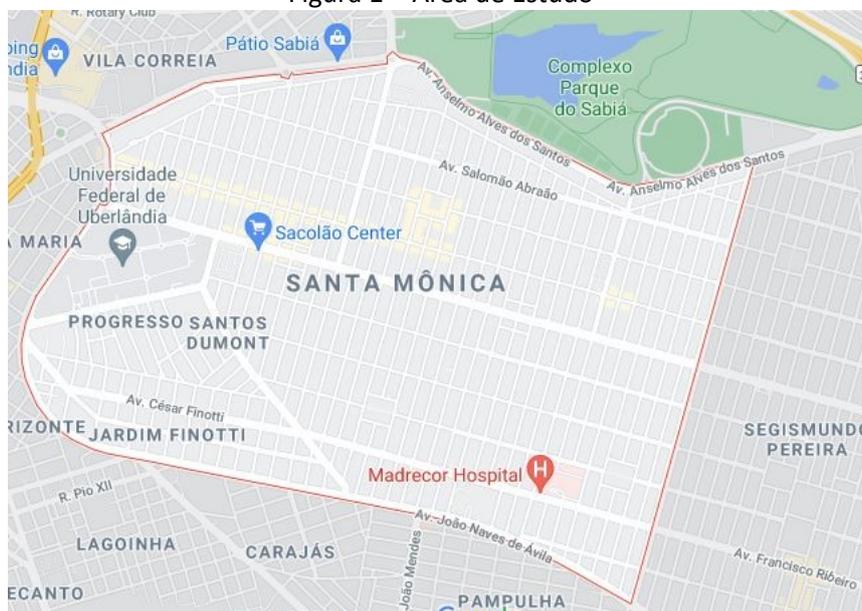
1- Introdução	7
2- Metodologia	8
2.1- Transferência do Cadastro de redes para o AutoCad	8
2.2- Determinação das áreas das Sub-Bacias.....	10
2.3- Classificação dos Solos.....	11
2.4- Desenho das redes de drenagem pluvial no SWMM	15
3- Propriedade dos Elementos Físicos	18
3.1- Propriedades das Sub-Bacias	18
3.2- Propriedades dos Conduitos	19
3.3- Propriedades dos Nós	19
3.4- Propriedades dos Exutórios	20
4- Simulações e Resultados	24
4.1- Área 1	26
4.2- Área 2	29
4.3- Área 3	33
4.4- Área 4	36
5- Considerações Finais	39

1. Introdução

O crescimento urbano nas cidades brasileiras vem ocasionando uma série de impactos significativos à sociedade e ao meio ambiente ao longo do tempo. Em muitos casos, a infraestrutura municipal não consegue acompanhar tal crescimento, e assim se torna obsoleta e insuficiente para o atendimento da população em geral. Em todo o país, o saneamento básico se tornou um gargalo para a administração pública, especialmente no que se refere ao sistema de drenagem pluvial. A cidade de Uberlândia-MG, apesar de ter avanços consideráveis até mesmo em âmbito nacional na parte de infraestrutura de esgoto e água tratada, ainda deixa a desejar quando o assunto é drenagem pluvial.

É notório, durante o período de chuva na cidade de Uberlândia-MG, que diversos bairros não suportam a quantidade de água que precipita em suas áreas, ou seja, que a rede de drenagem pluvial fica sobrecarregada, ocasionando alagamentos e inundações, o que é um grande risco para os cidadãos. Neste cenário, o bairro Santa Mônica, o mais populoso da cidade segundo dados da Secretaria de Planejamento Urbano, com mais de 35.000 habitantes, se encaixa perfeitamente e é o foco de estudo deste trabalho, mais precisamente na área compreendida entre a Av. João Naves de Ávila, João Balbino e Anselmo Alves dos Santos, conforme Figura 1.

Figura 1 – Área de Estudo



Fonte: Autor 2021

Nesse sentido, buscando entendimento e aprimoramento do sistema de drenagem pluvial, os programas de modelagem computacional surgem como uma alternativa valiosa. O software *Storm Water Management Model* (SWMM) é um modelo dinâmico chuva-vazão que simula a quantidade de água e escoamento superficial, especialmente em áreas urbanas, podendo ser utilizado tanto para simular um único evento como também para simulação

contínua de longo prazo (ROSSMAN, 2010). Adiciona-se a isto a possibilidade do programa ser disponibilizado sem custo, o que também contribuiu para sua ampla difusão no âmbito científico e profissional.

A aplicabilidade é vasta para tal simulador, como ferramenta para auxiliar no planejamento, análise e projetos de sistemas de drenagem em áreas urbanas, sistemas coletores de águas residuárias. É um modelo bastante difundido e de uso consolidado, utilizado em planejamento, análise e projetos ligados ao escoamento superficial e sistemas de drenagem, contemplando também aplicações voltadas a áreas não urbanas. A versatilidade do software permite diversos tipos de estudo, sendo o manejo de águas pluviais e residuárias o principal foco.

Segundo o Manual do usuário SWMM, dentre as aplicações típicas podem-se mencionar: concepção e dimensionamento de componentes da rede de drenagem para controle de inundações; dimensionamento de estruturas de retenção e acessórios para o controle de inundações e a proteção da qualidade das águas; delimitações de zonas de inundações de leitos naturais; concepção de estratégias de controle para minimizar o transbordamento de sistemas unários e mistos; avaliação de impacto de contribuições e infiltrações sobre o transbordamento de sistemas de drenagem de águas residuais; geração de poluição difusa para estudos de lançamento de efluentes (Carga de contaminantes); avaliação da eficácia das BMPs (Boas práticas de manejo) para reduzir o carregamento de poluentes durante a chuva.

Como objetivo deste trabalho com o uso do software, tendo em vista essa gama de ferramentas que ele propicia, destaca-se a simulação das redes de galerias existentes na área designada, com a meta de identificação dos pontos com necessidade de reforço de rede, ou seja, pontos suscetíveis a sobrecargas, condutos passíveis de funcionarem com seção plena e identificação de zonas propícias a alagamentos.

2. Metodologia

2.1 - Transferência do Cadastro de redes para o AutoCad

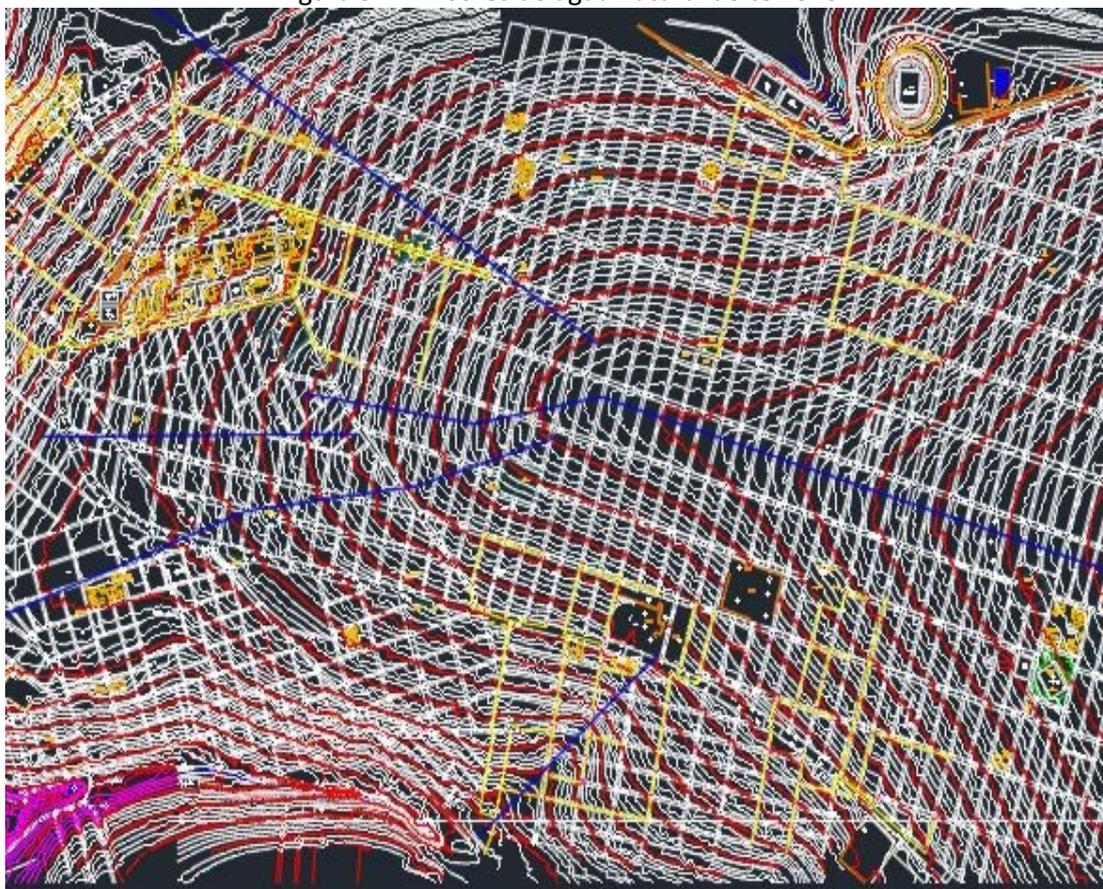
De posse do cadastro de sistema de galerias de água pluvial existente na área de estudo, que foi disponibilizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) e pela Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU), disponível no Anexo A, e conforme Figura 3, que representa uma parte da área de estudo, e do mapa planimétrico cadastral com as curvas de níveis locais, o primeiro passo para iniciar a análise do atual sistema foi transferir todas as informações coletadas para o software AutoCad, para auxiliar a obtenção dos dados faltantes para que se conseguisse realizar a simulação, tais como as áreas de contribuição de cada boca-de-lobo.

2.2 – Determinação das áreas das Sub-Bacias

Feita toda passagem do cadastro existente para o AutoCad, foi necessário determinar a bacia de contribuição de cada boca-de-lobo. Ao todo, existem 473 bocas-de-lobo na área de estudo. Como processo para obtenção dessas áreas, foi traçado, no mapa planimétrico, os divisores de água naturais do terreno, conforme mostrado na Figura 5 em linhas azuis. Desta forma, foi possível separar a grande área de estudo em áreas menores, pois cada área é independente, e possui rede própria. Este fato possibilitou fazer simulações separadas, para facilitar na hora de análise do software.

Com os divisores de água traçados, e analisando o escoamento superficial como sendo perpendicular às curvas de níveis existentes, foi possível delimitar todas as bacias de contribuição para cada uma das 473 bocas-de-lobo, podendo assim, calcular suas áreas de maneira simples, com o comando “área” do AutoCad. A área drenada é um dado de entrada no software SWMM. A Figura 6 as áreas de contribuição, delimitadas em verde.

Figura 5 – Divisores de água natural do terreno



Fonte: Autor (2021)

Figura 6 – Delimitação de bacias de contribuição



Fonte: Autor (2021)

2.3 - Classificação dos Solos

Outro fator necessário para realizar a simulação diz respeito à infiltração de água no solo. O software SWMM trabalha com 3 modelos para esse quesito, que são: modelo de Horton, Green Ampt, e método do Soil Conservation Service (SCS), sendo o último o escolhido para a realização deste trabalho.

O método SCS desenvolvido em 1950 nos Estados Unidos consiste na determinação de um valor entre 1-100, resultante de variáveis ambientais de uso e ocupação, aspectos físicos do solo e chuva antecedente, sendo amplamente conhecido e utilizado para estimar o escoamento superficial devido a simplicidade de sua execução, quantidade reduzida de parâmetros e principalmente por suprir a escassez de informações da maioria das cidades brasileiras referentes a dados hidrológicos nos dimensionamentos de obras hidráulicas .

Para determinar o número CN de cada sub-bacia, foi necessário classificar o grupo hidrológico de cada solo existente na área. Para realizar essa classificação foi sobreposto o mapeamento geotécnico realizado por Ricardo Fernandes de Andrade, na área de estudo deste trabalho, conforme Figuras 7 e 8. A metodologia do SCS reúne os solos em quatro grandes grupos, conforme sua capacidade de infiltração e produção de escoamento, sendo a cada um deles atribuído uma letra, A, B, C e D, nesta mesma ordem, representando o acréscimo do escoamento superficial e consequentemente a diminuição da taxa de infiltração de um grupo para outro.

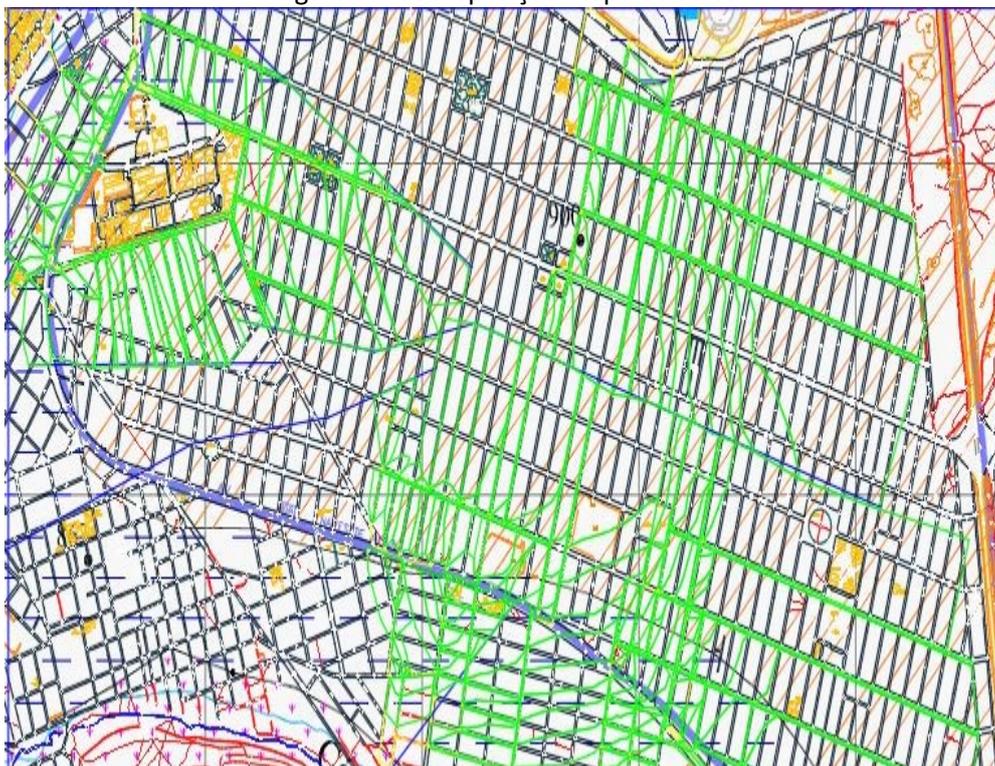
O grupo A consiste em solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados, consistindo principalmente de areias ou cascalhos, ambos profundos e excessivamente drenados.

O grupo B compreende os solos contendo moderada taxa de infiltração quando completamente molhados, consistindo principalmente de solos moderadamente profundos a profundos, moderadamente a bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa.

O grupo C compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração.

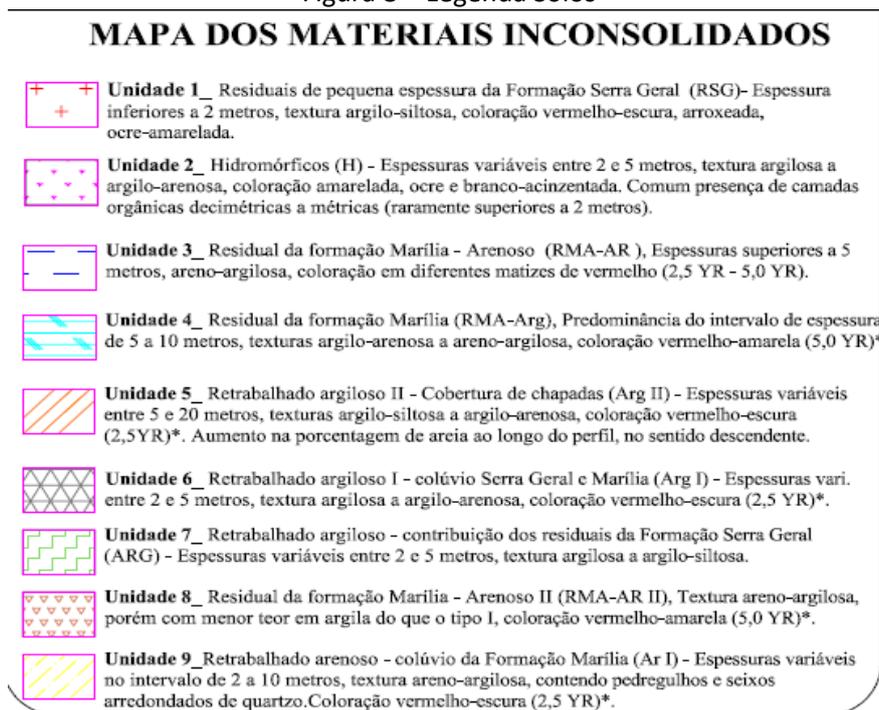
Por sua vez, o grupo D compreende os solos que possuem alto potencial de escoamento, tendo uma taxa de infiltração muito baixa quando completamente molhados, principalmente solos argilosos com alto potencial de expansão.

Figura 7 – Sobreposição mapa de solos



Fonte: Autor (2021)

Figura 8 – Legenda Solos



Fonte: Andrade (2005)

Ao analisar a sobreposição, notou-se que a área de estudo se divide em dois tipos de solos: unidade 3 sendo uma minoria da área, e a unidade 5 a maioria. Por classificação, a unidade 3 pertence ao grupo hidrológico B e a unidade 5 ao grupo hidrológico A.

Assim sendo, foi determinado o número CN de cada sub-bacia, conforme Tabela 1. Para a área em questão, foram utilizadas as classificações de zonas residenciais com lotes menores de 500m² e zonas de arruamentos e estradas asfaltadas com drenagem de águas pluviais.

Assim sendo, existiam 5 casos diferentes para se classificar. Sendo eles zona residencial e grupo A (CN 77), zona residencial e grupo B (CN 85), arruamentos e estradas grupo A, arruamentos e estradas grupo B (CN 98) e zonas residenciais que possuem os grupos A e B. Para o último caso, foi feita uma média ponderada com as áreas e os respectivos CN de cada tipo de solo para chegar ao CN final.

Tabela 1 – Determinação CN

UTILIZAÇÃO OU COBERTURA DO SOLO		GRUPO DE SOLO			
ZONAS NÃO RESIDENCIAIS		A	B	C	D
Zonas cultivadas sem conservação de solo		72	81	88	91
Zonas cultivadas com conservação de solo		62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições		68	79	86	89
Bosques ou zonas com cobertura ruim		45	66	77	83
Zonas comerciais e de escritório		89	92	94	95
Zonas industriais		81	88	91	93
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.		98	98	98	98
ESPAÇOS ABERTOS, RELVADOS, PARQUES, CAMPOS DE GOLFE, CEMITÉRIOS COM BOAS		GRUPO DE SOLO			
		A	B	C	D
Relva em mais de 75% da área		39	61	74	80
Relva de 50 a 75% da área		49	69	79	84
Florestas com boa cobertura		25	55	70	77
Baldios em boas condições		39	61	74	80
Prados em boas condições		30	58	71	78
ZONAS RESIDENCIAIS		GRUPO DE SOLO			
LOTES (m²)	ÁREA IMPERMEÁVEL (%)	A	B	C	D
Menor que 500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
ARRUAMENTOS E ESTRADAS		GRUPO DE SOLO			
		A	B	C	D
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

Fonte: Chaves (2016)

Após ter delimitado e calculado as áreas de contribuição de cada boca-de-lobo, classificado os tipos de solos e determinado o CN de cada sub-bacia de contribuição, foi montada uma tabela com esses dados, conforme Tabela 2, e disponibilizada na íntegra com todas as bocas-de-lobo no Anexo 2. Estes dados são primordiais no processo de simulação no software SWMM, pois são os dados de entrada de cada sub-bacia de contribuição.

Tabela 2 – Dados sub-bacias de contribuição

Boca de Lobo	Área de Contribuição (m ²)	CN – Método SCS	Classificação do Solo
1	139398	77	Residencial – Grupo de Solo A
2	5486	98	Asfalto
3	5490	77	Residencial – Grupo de Solo A
4	456	98	Asfalto

5	13140	77	Residencial – Grupo de Solo A
6	538	98	Asfalto
7	13454	77	Residencial – Grupo de Solo A
8	535	98	Asfalto
9	13787	77	Residencial – Grupo de Solo A
10	577	98	Asfalto
11	14708	77	Residencial – Grupo de Solo A
12	584	98	Asfalto
13	13705	77	Residencial – Grupo de Solo A
14	543	98	Asfalto
15	946	98	Asfalto
16	8927	77	Residencial – Grupo de Solo A
17	5074	77	Residencial – Grupo de Solo A
18	550	98	Asfalto
19	38663	77	Residencial – Grupo de Solo A
20	893	98	Asfalto
21	4737	77	Residencial – Grupo de Solo A
22	2477	98	Asfalto
23	8404	77	Residencial – Grupo de Solo A
24	884	98	Asfalto
25	8326	77	Residencial – Grupo de Solo A
26	940	98	Asfalto
27	4733	77	Residencial – Grupo de Solo A
28	805	98	Asfalto
29	3899	77	Residencial – Grupo de Solo A
30	496	98	Asfalto

Fonte: Autor 2021

2.4 – Desenho das redes de drenagem pluvial no SWMM

Com todos os dados das sub-bacias devidamente calculados e tabelados, deu-se início ao manuseio do software SWMM. Como dito anteriormente, por se tratar de uma área muito extensa, para facilitar na simulação e no entendimento, a área de estudo foi dividida em 4 zonas menores. Vale ressaltar que essas 4 zonas são independentes, separadas pelos divisores naturais do terreno e possuem redes completamente separadas.

Como forma de auxiliar no desenho das redes no software, o SWMM nos possibilita colocar como plano de fundo uma imagem qualquer. Desta forma, foi colocado no plano de fundo de cada simulação a imagem com a rede de drenagem e bocas-de-lobo obtidas pelo desenho do AutoCad.

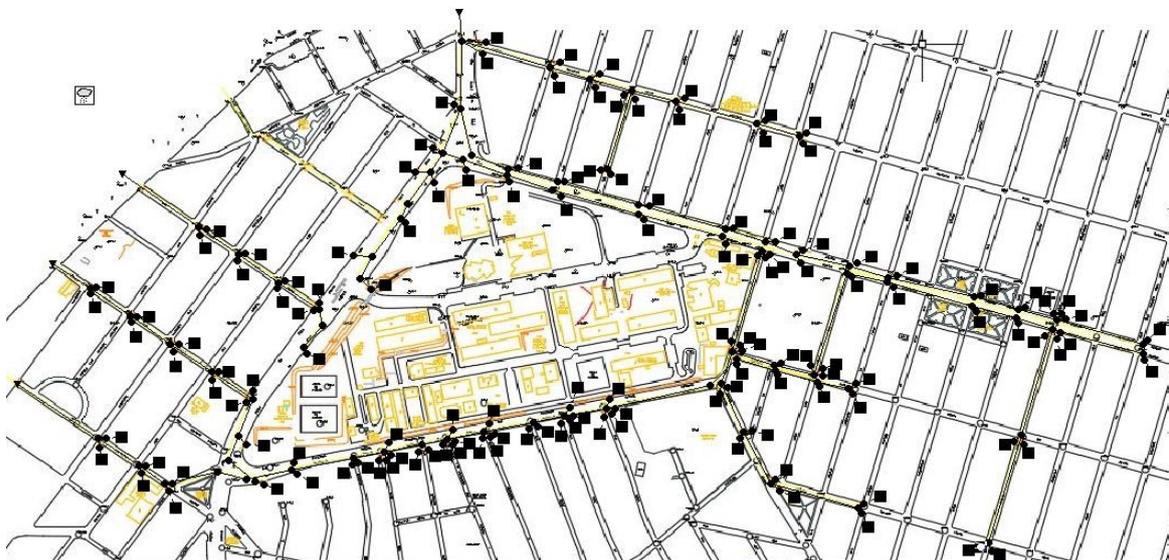
Para cada área, foram inseridos os seguintes elementos físicos:

A. Nós: são elementos do sistema de drenagem onde se conectam diferentes trechos entre si. Fisicamente representam as bocas-de-lobos e os poços de visitas.

- B. Condutos: representam as galerias de concretos que transportam a água de um nó para o outro
- C. Sub-Bacias: representam as unidades hidrológicas do terreno cuja topografia conduz o escoamento para um único ponto de descarga, ou seja, um único nó.
- D. Pluviômetro: elemento que fornece os dados de entrada das precipitações que ocorrem em cada uma das sub-bacias do sistema.
- E. Nó exutório: nó terminal do sistema de drenagem.

As Figuras 9, 10, 11 e 12 mostram os projetos finais de cada área com todos os elementos do sistema de drenagem, onde os pontos circulares representam os nós, os quadrados representam as sub-bacias, as linhas representam os condutos, os triângulos representam os nós exutórios e a nuvem representa o pluviômetro.

Figura 9- Representação dos elementos da rede de drenagem da área 1



Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

Figura 10 – Representação dos elementos da rede de drenagem da área 2



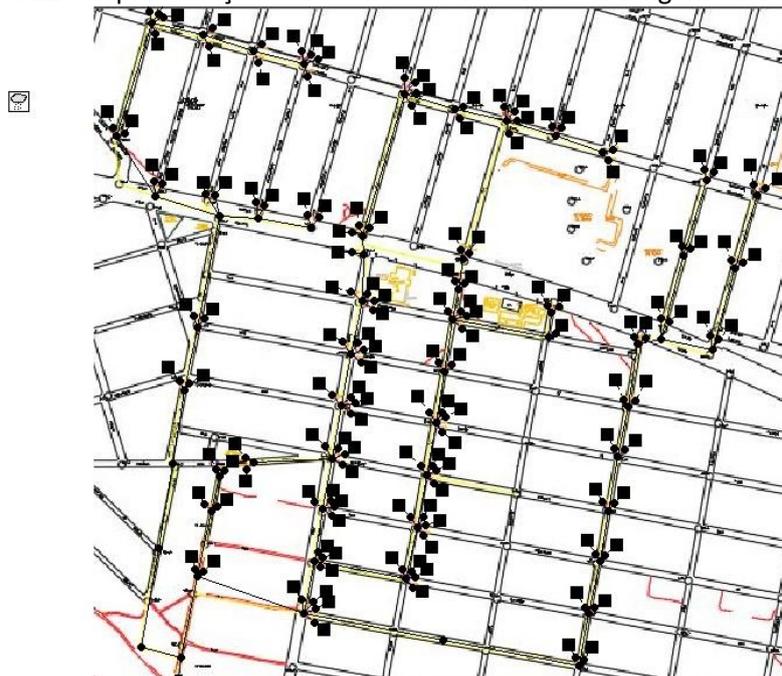
Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

Figura 11 - - Representação dos elementos da rede de drenagem da área 3



Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

Figura 12 - Representação dos elementos da rede de drenagem da área 2



Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

3 – Propriedades dos Elementos Físicos

Após desenhar todo sistema de drenagem no software SWMM, atribuiu-se as propriedades de cada elemento separadamente.

3.1 - Propriedades das sub-bacias

As sub-bacias têm como propriedades editáveis os seguintes fatores: pluviômetro atribuído, nó correspondente, uso do solo atribuído, área, porcentagem de área permeável (infiltração), declividade, largura característica, coeficiente de Manning, armazenamento em depressão, e a porcentagem de solo impermeável. As propriedades editadas para esse elemento físico foram: pluviômetro atribuído, nó correspondente (exutório da bacia), número CN de infiltração, e área (em hectare). As outras propriedades não foram alteradas, permanecendo os padrões iniciais do software.

Tabela 3 – Propriedades das Sub-Bacias

Sub-bacia 280	
Propriedades	Valor
Pluviômetro	1
Exutório	126
Área	0.7291
Largura	500
% Declividade	0.5
% Impermeável	25
n-Impermeável	0.01
n-Permeável	0.1
PA-Impermeável	0.05
PA-Permeável	0.05
% A. imp s/ arm.	25
Propag. Escoamento	OUTLET
% Propagada	100
Infiltração	CURVE_NUT...
Modelos de Infiltração (clique para editar)	

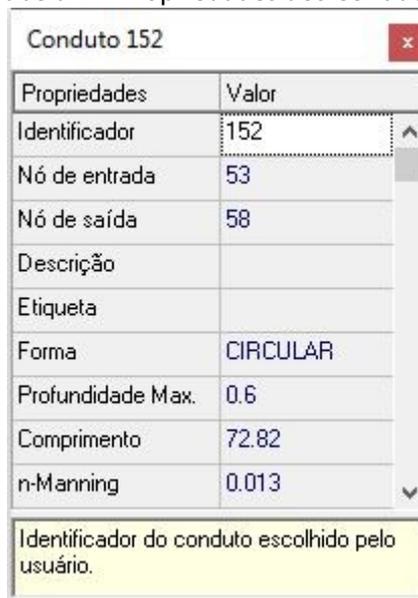
Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

3.2 - Propriedade dos Condutos

Para os condutos, os parâmetros editáveis pelo software são: identificação de nós de entrada e saída, comprimento do conduto, deslocamento de entrada e saída, coeficiente de Manning, geometria da seção transversal, e coeficiente de perdas. Vale ressaltar que a declividade do conduto não é atribuída pelo conduto em si, e sim pela diferença de cota entre os nós de montante e de jusante.

Nas propriedades dos condutos, somente os offsets de entrada e de saída e o coeficiente de perdas não foram editados, permanecendo então os padrões especificados no software. Todas as galerias são feitas com manilhas de concretos, portanto foi atribuído o coeficiente de Manning igual a 0,013. À todos condutos foram atribuídos seção circular. O comprimento de cada conduto foi obtido com o auxílio do software AutoCad. A Tabela4 mostra um conduto qualquer com todas as propriedades atribuídas. O diâmetro é representado pela opção “profundidade máxima”, com a unidade em metros.

Tabela 4 – Propriedades dos Condutos



Propriedades	Valor
Identificador	152
Nó de entrada	53
Nó de saída	58
Descrição	
Etiqueta	
Forma	CIRCULAR
Profundidade Max.	0.6
Comprimento	72.82
n-Manning	0.013

Identificador do conduto escolhido pelo usuário.

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

3.3 – Propriedades dos Nós

Os nós têm como parâmetros editáveis os seguintes fatores: cota do radier, que representa a cota de fundo do nó, profundidade do radier em relação ao terreno natural, área superficial de água empoçada acima do nó, e dados de contribuição externa de escoamento. Os dois primeiros parâmetros foram alterados para realizar a simulação, os dois últimos permaneceram os padrões do software.

Como dito anteriormente na parte dos condutos, a declividade da rede se dá pela diferença de cotas do radier dos nós. No cálculo do primeiro nó, o mais externo em cada rede de drenagem, a cota do radier foi considerado como sendo a cota do terreno natural, subtraindo 1,0 metro de cobrimento da rede mais o diâmetro do tubo no trecho em questão. Para o cálculo da cota do

radier dos nós posteriores, foi feita uma análise trecho por trecho, da declividade do terreno natural. Isso foi necessário pois no cadastro de redes obtido junto ao DMAE não constam as cotas dos nós.

Desta forma, utilizou-se como parâmetro a declividade mínima de 1%. Se a declividade do terreno natural entre dois nós consecutivos for de 1% ou maior, a cota do radier do nó de jusante permanecia sendo a cota do terreno natural subtraído 1,0 metro de cobrimento mais o diâmetro do tubo em questão, pois desta forma a declividade da rede se manteria com a declividade do terreno. Por outro lado, quando a declividade do trecho no terreno natural for menor do que 1%, foi adotado 1% como declividade, sendo a cota do radier de jusante calculada então como a cota do radier de montante subtraído 0,01 vezes o comprimento do trecho entre os nós.

Assim sendo, em todos os trechos de rede de drenagem pluvial foi garantido que nenhum conduto se sobressaísse ao terreno natural, e contasse com pelo menos 1,0 metro de cobrimento em relação à via pavimentada. A profundidade do nó se deu pela diferença do terreno natural para com a cota do radier.

Tabela 5 - Propriedades dos Nós

Nó 3	
Propriedades	Valor
Identificador	3
X-Coordinate	9561.223
Y-Coordinate	7235.395
Descrição	
Etiqueta	
Afluência	NO
Tratamento	NO
Cota do radier	899.8
Profundidade Max.	1.6
Cota do radier da conexão (pés ou metros). (m)	

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

3.4 – Propriedades do Pluviômetro

Para se configurar o pluviômetro, foi necessário escolher uma equação de chuva específica para a cidade de Uberlândia-MG, que melhor descrevesse o cenário de precipitações máximas anuais na cidade. Desta forma, foram comparadas 3 equações extraídas da literatura, com o mesmo período de retorno, mesmo intervalo de duração de chuva, e escolhida aquela que conduziu a uma maior intensidade, para que se possa simular a situação mais crítica.

As equações comparadas foram desenvolvidas pelos autores Petrucci (2018), Francischet (2012) e Justino (2003), e são mostradas a seguir:

Figura 13- Equações de Chuva para a cidade de Uberlândia, MG

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Petrucci (2018)} & \text{Francischet (2012)} & \text{Justino (2003)} \\
 I = \frac{330,4083 * T^{0,1452}}{t^{0,6164}} & i = \frac{35,576 * Tr^{0,179}}{(t + 16,0)^{0,879}} & i = \frac{28,97T_R^{0,159}}{(t + 14)^{0,825}}
 \end{array}$$

Fonte: Autor (2021)

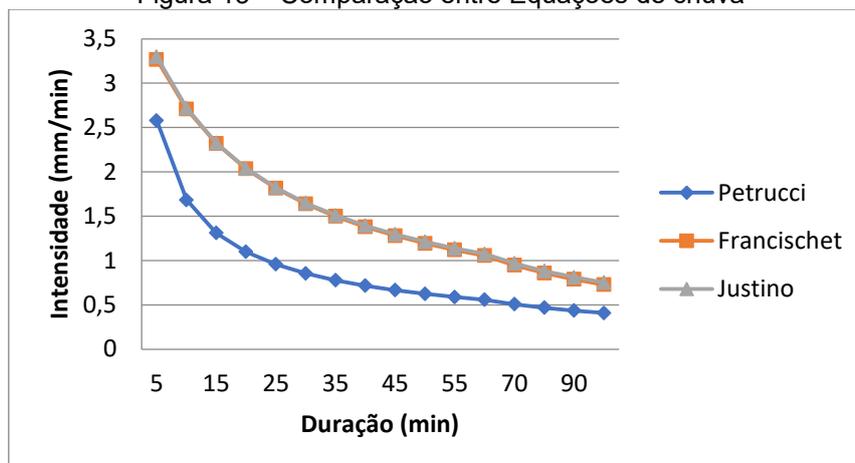
Usualmente é utilizado período de retorno de 2 a 10 anos para se dimensionar obras de micro-drenagem urbana, que é o objeto de análise desse trabalho. Assim, para efeito de comparação entre as três equações, foi utilizado o período de retorno de 5 anos, e intervalos de duração de chuva entre 5 e 100 minutos. O resultado dessa análise se encontra na Tabela 6.

Tabela 6- Valores de intensidades de chuva
I(mm/min)

t(min)	Tr(anos)	Petrucci	Francischet	Justino
5	5	2,57	3,26	3,29
10	5	1,68	2,70	2,71
15	5	1,31	2,31	2,32
20	5	1,09	2,03	2,03
25	5	0,95	1,81	1,82
30	5	0,85	1,63	1,64
35	5	0,77	1,49	1,50
40	5	0,71	1,37	1,39
45	5	0,66	1,27	1,29
50	5	0,62	1,19	1,21
55	5	0,58	1,11	1,13
60	5	0,55	1,05	1,07
70	5	0,50	0,94	0,96
80	5	0,46	0,85	0,88
90	5	0,43	0,78	0,81
100	5	0,40	0,72	0,75

Fonte: Autor (2021)

Figura 13 – Comparação entre Equações de chuva



Fonte: Autor 2021

Comparando os resultados obtidos, nota-se que as equações de Francischet e Justino obtiveram valores muito semelhantes, enquanto que a de Petrucci gerou sempre valores abaixo, sendo descartada, uma vez que a intenção do estudo é simular o cenário mais crítico. Assim sendo, foi escolhida a equação de Francischet (2012) para guiar nosso estudo, por ter sido baseada em uma série histórica mais longa.

Desta forma, em um primeiro momento, foram separados 9 possíveis cenários de chuva para serem simulados, variando o período de retorno entre 1, 5 e 20 anos e o tempo de concentração da chuva entre 30, 60 e 120 minutos, conforme Tabelas 7 e 8. Como observações de campo da região em estudo têm revelado sobrecargas frequentes no sistema de drenagem, optou-se por utilizar eventos de curta duração e pequeno período de retorno. Nesse sentido, buscou-se comprovar, nas simulações computacionais, situações que comumente são verificadas na prática.

Tabela 7 – Intensidade de chuva em mm/min

t(min)	Tr (anos)		
	1	5	20
30	1,22911631	1,6394894	2,101248
60	0,79053658	1,0544782	1,35147
120	0,4739979	0,6322547	0,810328

Fonte: Autor (2021)

Tabela 8 – Altura da chuva em mm

t(min)	Tr (anos)		
	1	5	20
30	36,8734894	49,184682	63,03745
60	47,4321946	63,268691	81,08819
120	56,8797478	75,870561	97,23935

Fonte: Autor (2021)

Assim sendo, o cenário escolhido para a primeira simulação foi a chuva com o período de retorno de 1 ano e 30 min de duração. Para se cadastrar a chuva no SWMM, o software permite a opção de carregar uma série de chuva existente ou inserir os dados manualmente. Além disso, é necessário calibrar alguns parâmetros, como a forma que serão inseridos os dados da chuva, a unidade, e o intervalo de precipitação.

O formato de precipitação pode ser inserido de três maneiras diferentes: pela intensidade da chuva, pelo volume ou pelo volume acumulado. Assim sendo, optou-se por configurar a chuva pelo volume, que é configurado distribuindo a altura pluviométrica total, em mm, ao longo do tempo de duração da chuva. Nesse caso, os valores cadastrados são apresentados na tabela 8.

O intervalo e precipitação adotado foi de 10 em 10 minutos, e os dados foram inseridos manualmente. A unidade utilizada para a entrada da chuva foi mm. Desta forma, o cenário de precipitação escolhido, com o intervalo de tempo escolhido, os dados de entrada do pluviômetro se encontram nas Tabelas 9 e 10.

O total precipitado, de 36.9 mm, no intervalo de 30 min foi dividido igualmente com o intervalo de tempo de 10 min cada.

Tabela 9 – Propriedades do Pluviômetro

Pluviômetro 1	
Propriedades	Valor
Identificador	1
Coordenada X	-2896.082
Coordenada Y	8074.957
Descrição	
Etiqueta	
Formato de Precipitação	VOLUME
Intervalo de Precipitação	0:10
Fator Neve	1.0
Origem de Dados	TIMESERIES
Identificador do pluviômetro escolhido pelo usuário	

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Tabela 10 – Volume de chuva

Editor de Série Temporal ✕

Nome da Série Temporal

Descrição

Utilizar arquivo de dados externo. Nomeado a seguir:

Inserir os dados da série temporal da tabela abaixo
 Dados sem data se referem ao início da simulação

Data (D/M/Y)	Tempo (H:M)	Valor
	0:10	12.3
	0:20	12.3
	0:30	12.3

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

4 – Simulações e Resultados

Após ajustado as propriedades de todos elementos físicos, faltavam apenas algumas configurações gerais para que se pudesse dar início às simulações. No menu principal do SWMM, foi configurada a aba “opções”, conforme Figuras 14 e 15. Essas configurações são gerais e, portanto, válidas para as 4 simulações conduzidas neste trabalho.

Na aba “opções gerais”, os modelos de processos físicos adotados foram de Chuva/Vazão e Propagação de Fluxos, já o modelo de infiltração, como salientado anteriormente, foi escolhido Curva-Número, o modelo de propagação de fluxo foi escolhido Onda Cinemática, e a declividade mínima de um conduto foi fixada em 1%. Na aba “opções diversas”, não foi marcada nenhuma opção.

Figura 14 – Opções Gerais

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

Ainda em “Opções”, mas agora na aba “Dadas”, foram configuradas a data e o tempo de análise da simulação. Como data foi escolhido o dia que foram realizadas as simulações, dia 21/07/2021 e a análise foi feita das 00:00 até 06:00, totalizando, portanto, 6 horas de análise.

Figura 15 – Opções de Dadas

	Data (M/D/A)	Hora (H:M)
Início da Análise	07/21/2021	00:00
Início do Relatório	07/21/2021	00:00
Fim da Análise	07/21/2021	06:00
Início da Variação	01/01	
Fim da Variação	12/31	
Dias Antecedentes sem Chuva	0	

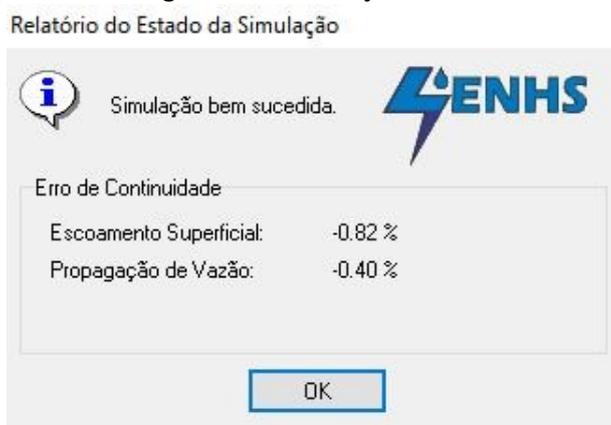
Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Realizadas todas configurações gerais, e atribuídas todas propriedades aos elementos físicos, deu-se início às simulações. Conforme dito anteriormente, a área de estudo em questão foi dividida em 4 zonas, e foram realizadas 4 simulações separas e independentes.

4.1 – Área 1

A simulação da Área 1 foi considerada bem sucedida, obtendo erros de continuidade tanto de escoamento superficial, quanto de propagação de vazão aceitáveis segundo o Manual do SWMM, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 – Simulação Área 1



Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

Na aba “relatórios”, o software nos possibilita observar uma gama de resultados em quesitos variáveis, tais como:

- Opções de Análise
- Erros de continuidade
- Resultados Instáveis
- Escoamento Superficial
- Profundidade dos Nós
- Afluência dos Nós
- Sobrecarga dos Nós
- Inundação dos Nós
- Efluência do Exutorio
- Fluxo dos Trechos
- Sobrecarga nos Condutos

Considerando o objetivo deste trabalho, que consiste em analisar a situação da rede de drenagem, os resultados que foram analisados são os de sobrecarga nos nós, inundação nos nós e sobrecarga nos condutos, isto vale para todas simulações.

Figura 17 – Sobrecarga dos Nós

 Síntese da Sobrecarga no Nó

Sobrecarga ocorre quando a água ultrapassa a geratriz superior do conduto mais alto.

Nó	Tipo	Horas Sobrecarga	Altura Max.	Prof. Min.
			Acima Crista Metros	Abaixo Borda Metros
32	JUNCTION	0.46	1.000	0.000
48	JUNCTION	0.46	1.000	0.000
50	JUNCTION	0.47	1.000	0.000
55	JUNCTION	0.28	1.000	0.000
92	JUNCTION	0.42	1.000	0.000
93	JUNCTION	0.35	1.000	0.000
97	JUNCTION	0.37	1.000	0.000
108	JUNCTION	0.49	1.000	0.000
109	JUNCTION	0.43	0.000	1.000
123	JUNCTION	0.50	1.000	0.000
131	JUNCTION	0.47	0.000	1.000
167	JUNCTION	0.11	1.000	0.000
173	JUNCTION	0.11	1.000	0.000
176	JUNCTION	0.09	1.000	0.000
194	JUNCTION	0.23	1.000	0.000

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Figura 18 – Inundação dos Nós área 1

 Síntese da Inundação no Nó

Inundação se refere a toda água que transborda um nó, alagando ou não.

Nó	Horas Inundação	Vazão	Instante Max		Volume	Volume
		Maxima LPS	Ocorrência dia	h:min	Total Inundado 10 ⁶ L	Máximo Alagado 1000 m3
32	0.46	1073.21	0	00:40	0.838	0.000
48	0.44	110.61	0	00:21	0.035	0.000
50	0.47	200.00	0	00:21	0.239	0.000
55	0.28	243.46	0	00:40	0.121	0.000
92	0.42	314.21	0	00:40	0.332	0.000
93	0.35	786.74	0	00:40	0.507	0.000
97	0.05	13.01	0	00:40	0.001	0.000
108	0.49	1032.79	0	00:40	1.288	0.000
123	0.50	539.76	0	00:40	0.698	0.000
167	0.11	146.33	0	00:40	0.029	0.000
173	0.11	66.82	0	00:38	0.014	0.000
176	0.09	53.93	0	00:38	0.011	0.000
194	0.23	363.61	0	00:40	0.155	0.000

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Ao todo na área 1 tem-se 229 nós, destes 15 sofreram sobrecargas e 13 foram inundados. A figura 19 representa a área possivelmente comprometida

com inundação ou alagamento por estas serem contribuintes aos nós e condutos sobrecarregados. Quanto maior o tom de azul, maior o tempo de inundação que o nó sofreu, portanto maior a chance que haja alagamento em sua área de influência.

Figura 19 – Áreas inundadas área 1



Fonte: Autor (2021)

Com relação aos condutos, observou-se que 13 sofreram sobrecargas. Ao analisar a localização dos mesmos, notou-se que os condutos com sobrecargas estão na mesma área em que os nós sofreram sobrecargas e inundação, o que é coerente, pois condutos sobrecarregados são as causas e nós inundados são os efeitos. Na figura 21, em amarelo são os condutos que não sofreram sobrecargas e em vermelho os que sofreram.

Figura 20- Sobrecargas nos Condutos área 1

 Síntese da Sobrecarga nos Condutos

Condutos	----- Horas (cheio) -----			Horas Fluxo Acima Normal	Horas Capacid. Limitada
	Ambas Extrem.	Montante	Jusante		
147	0.36	0.45	0.37	0.44	0.45
148	0.01	0.42	0.01	0.42	0.42
149	0.42	0.47	0.42	0.47	0.47
150	0.47	0.49	0.47	0.50	0.49
175	0.03	0.10	0.03	0.07	0.10
176	0.01	0.10	0.01	0.09	0.10
177	0.01	0.08	0.01	0.08	0.08
180	0.19	0.28	0.20	0.28	0.28
186	0.28	0.34	0.28	0.34	0.34
187	0.37	0.42	0.37	0.41	0.42
188	0.01	0.04	0.01	0.04	0.04
191	0.42	0.48	0.43	0.47	0.48
204	0.17	0.22	0.17	0.05	0.22

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Figura 21 – Localização condutos sobrecarregados área 1



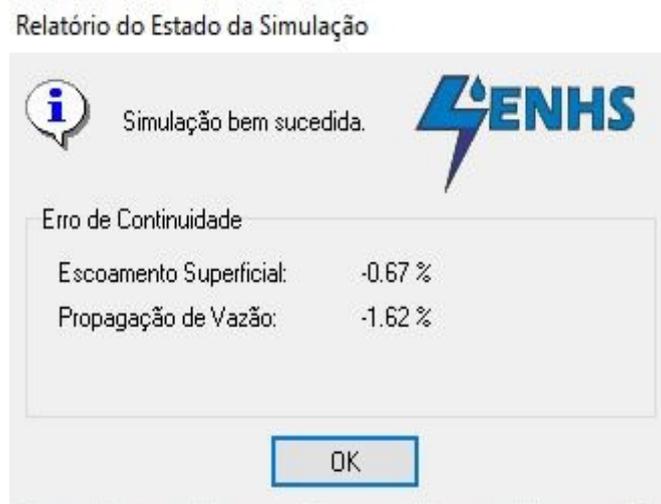
Fonte: Autor (2021)

4.2 – Área 2

Assim como a primeira simulação, a simulação da área 2 também foi bem sucedida, obtendo erros de continuidade tanto de escoamento superficial, quanto de propagação dentro do padrão do software, conforme mostra a Figura 22.

De acordo com o manual do Software SWMM, erros de continuidades abaixo de 10% são considerados satisfatórios.

Figura 22 – Simulação área 2



Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

A área 2 possui 206 nós, dos quais 25 sofreram sobrecargas e 20 inundações. Se comparada com a primeira área, por possuir uma extensão maior, a área 2 mostrou resultados mais preocupantes, o que evidencia que a rede de drenagem pluvial desta região está seriamente comprometida e defasada. Em seguida, o resultado de sobrecargas e inundações nos nós, e a possível área alagada em virtude dessas inundações.

Vale ressaltar que a inundação do nó não necessariamente acarreta em alagamento em toda sua área de contribuição, mas é um indicativo de vulnerabilidade da rede, o que pode levar a alagamentos. Com a inundação do nó, este fica comprometido e não desempenha seu papel no sistema. A figura 25 visa mapear as possíveis e prováveis áreas que são afetadas com a inundação dos nós, geradas no relatório, conforme a figura 24. Quanto mais escuro o tom de azul, mais tempo o nó permaneceu inundado, o que ocasiona em um aumento de chances de alagamento na área.

Figura 23 – Sobrecarga nos Nós área 2

```

*****
Síntese da Sobrecarga no Nó
*****

Sobrecarga ocorre quando a água ultrapassa a geratriz superior do conduto mais alto.
-----

```

Nó	Tipo	Horas Sobrecarga	Altura Max. Acima Crista Metros	Prof. Min. Abaixo Borda Metros
1	JUNCTION	0.50	0.000	1.000
2	JUNCTION	0.47	1.000	0.000
3	JUNCTION	0.49	1.000	0.000
4	JUNCTION	0.53	1.000	0.000
5	JUNCTION	0.57	1.000	0.000
6	JUNCTION	0.57	1.000	0.000
8	JUNCTION	0.53	1.000	0.000
43	JUNCTION	0.14	0.600	0.000
44	JUNCTION	0.17	0.600	0.000
45	JUNCTION	0.41	0.600	0.000
46	JUNCTION	0.41	0.600	0.000
47	JUNCTION	0.42	0.600	0.000
48	JUNCTION	0.38	1.000	0.000
79	JUNCTION	0.41	1.000	0.000
81	JUNCTION	0.34	0.000	1.000
93	JUNCTION	0.08	1.000	0.000
96	JUNCTION	0.28	1.000	0.000
101	JUNCTION	0.10	0.800	0.000
134	JUNCTION	0.53	1.000	0.000
135	JUNCTION	0.51	0.000	1.000
177	JUNCTION	0.08	1.000	0.000
184	JUNCTION	0.47	1.000	0.000
204	JUNCTION	0.50	1.000	0.000
206	JUNCTION	0.57	1.000	0.000

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Figura 24 – Inundação nos Nós área 2

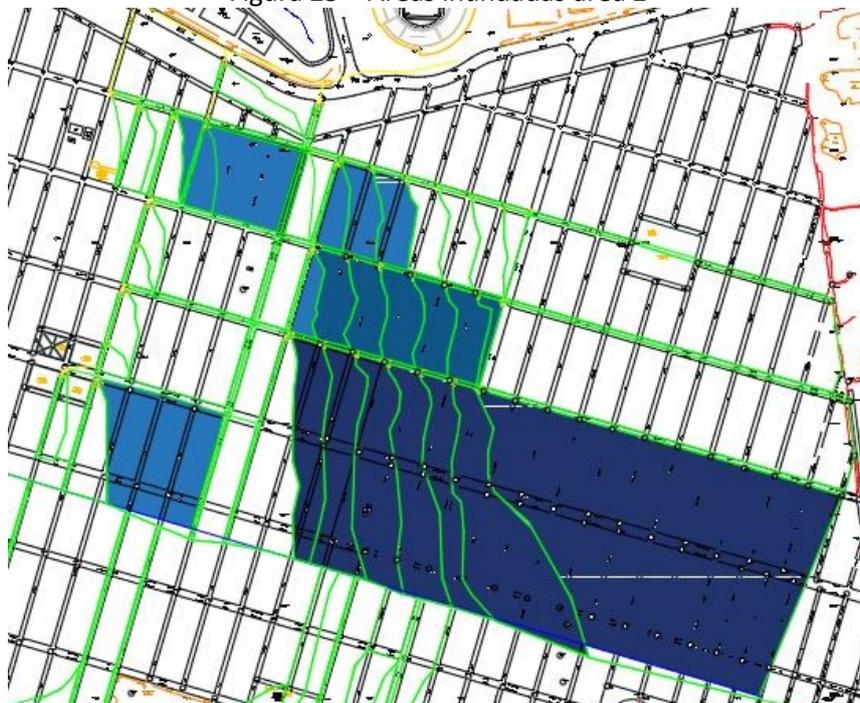
 Síntese da Inundação no Nó

Inundação se refere a toda água que transborda um nó, alagando ou não.

Nó	Horas Inundação	Vazão Maxima LPS	Instante Max		Volume Total Inundado 10 ⁶ L	Volume Máximo Alagado 1000 m3
			dia	h:min		
2	0.47	302.73	0	00:40	0.268	0.000
3	0.49	249.74	0	00:40	0.296	0.000
4	0.53	409.73	0	00:40	0.560	0.000
5	0.57	421.14	0	00:40	0.593	0.000
6	0.57	300.39	0	00:40	0.381	0.000
8	0.53	1140.77	0	00:40	1.365	0.000
43	0.14	108.91	0	00:40	0.027	0.000
44	0.17	104.87	0	00:41	0.037	0.000
45	0.41	457.12	0	00:40	0.449	0.000
46	0.41	84.09	0	00:40	0.058	0.000
47	0.42	197.17	0	00:39	0.186	0.000
48	0.38	357.07	0	00:40	0.217	0.000
79	0.41	331.11	0	00:40	0.253	0.000
93	0.08	47.59	0	00:40	0.007	0.000
96	0.28	261.16	0	00:40	0.141	0.000
101	0.10	86.01	0	00:37	0.016	0.000
134	0.53	399.16	0	00:40	0.467	0.000
177	0.08	125.91	0	00:40	0.020	0.000
184	0.47	970.09	0	00:40	0.827	0.000
204	0.50	430.78	0	00:40	0.587	0.000
206	0.57	3050.79	0	00:37	5.002	0.000

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Figura 25 – Áreas inundadas área 2



Fonte: Autor (2021)

Analisando os resultados de sobrecarga nos condutos, mostrados na Figura 26, observa-se que 21 trechos sofreram sobrecargas. Assim como evidenciado na simulação da área 1, estes trechos se encontram nas regiões onde os nós sofreram sobrecargas e inundações. Os trechos em **vermelho** são aqueles que sofreram sobrecarga.

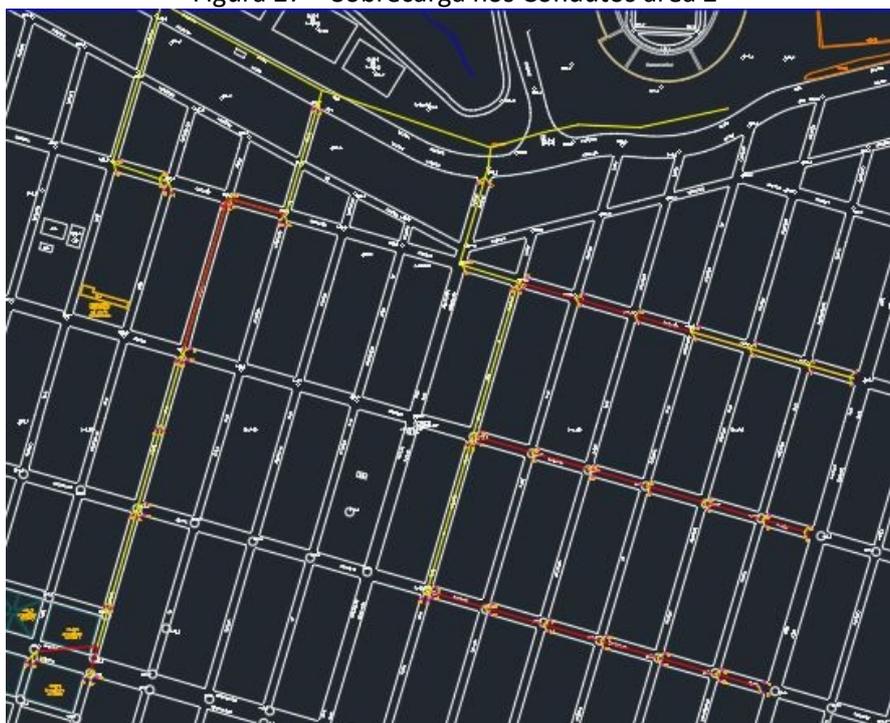
Figura 26 – Sobrecarga nos condutos

 Síntese da Sobrecarga nos Condutos

Condutos	----- Horas (cheio) -----			Horas Fluxo Acima Normal	Horas Capacid. Limitada
	Ambas Extrem.	Montante	Jusante		
1	0.50	0.53	0.50	0.02	0.53
4	0.36	0.46	0.36	0.46	0.46
5	0.45	0.48	0.45	0.03	0.48
6	0.50	0.52	0.50	0.52	0.52
7	0.53	0.56	0.53	0.03	0.56
8	0.51	0.57	0.51	0.06	0.57
41	0.03	0.13	0.03	0.13	0.13
42	0.03	0.16	0.03	0.13	0.16
43	0.37	0.40	0.37	0.03	0.40
44	0.01	0.40	0.01	0.38	0.40
45	0.32	0.42	0.32	0.10	0.42
46	0.34	0.40	0.34	0.05	0.40
67	0.01	0.07	0.01	0.07	0.07
68	0.18	0.27	0.18	0.08	0.27
69	0.07	0.38	0.07	0.38	0.38
70	0.01	0.08	0.01	0.08	0.08
81	0.51	0.53	0.51	0.53	0.53
105	0.01	0.07	0.01	0.07	0.07
108	0.38	0.46	0.38	0.46	0.46
121	0.45	0.49	0.46	0.48	0.49
123	0.54	0.57	0.55	0.57	0.57

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

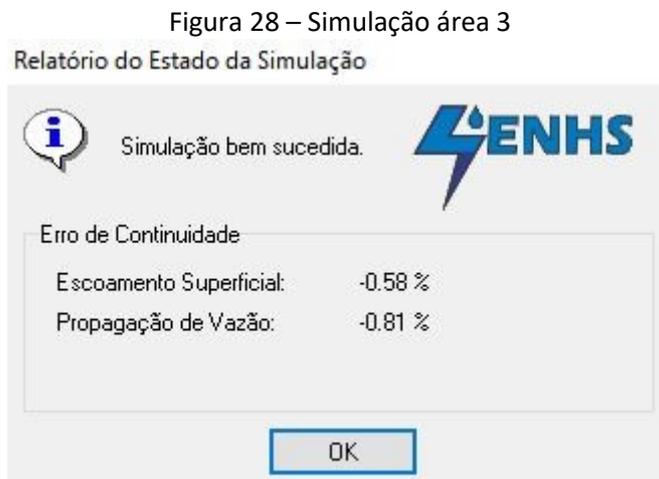
Figura 27 – Sobrecarga nos Condutos área 2



Fonte: Autor (2021)

4.3 – Área 3

Assim como as duas anteriores, a simulação da área 3 também foi bem sucedida, conforme mostra a **figura 27**.



Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

O sistema de drenagem da região contempla 273 nós, mais do que os 206 da área 2. Destes nós, 16 sofreram sobrecargas e 13 inundações. Em seguida o relatório de sobrecarga nos nós, inundação nos nós, e as possíveis áreas de alagamentos.

Figura 29 – Sobrecarga nos Nós área 3

```
*****
Síntese da Sobrecarga no Nó
*****

Sobrecarga ocorre quando a água ultrapassa a geratriz superior do conduto mais alto.
-----
```

Nó	Tipo	Horas Sobrecarga	Altura Max. Acima Crista Metros	Prof. Min. Abaixo Borda Metros
2	JUNCTION	0.46	1.000	0.000
3	JUNCTION	0.42	0.000	1.000
6	JUNCTION	0.30	1.000	0.000
11	JUNCTION	0.34	1.000	0.000
15	JUNCTION	0.53	1.000	0.000
16	JUNCTION	0.43	1.000	0.000
20	JUNCTION	0.39	0.000	1.000
23	JUNCTION	0.43	1.000	0.000
25	JUNCTION	0.06	1.000	0.000
30	JUNCTION	0.07	1.000	0.000
50	JUNCTION	0.57	1.000	0.000
53	JUNCTION	0.55	1.000	0.000
62	JUNCTION	0.49	1.000	0.000
252	JUNCTION	0.44	1.000	0.000
253	JUNCTION	0.41	1.000	0.000
269	JUNCTION	0.29	0.000	1.000

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Figura 30– Inundação nos Nós área 3

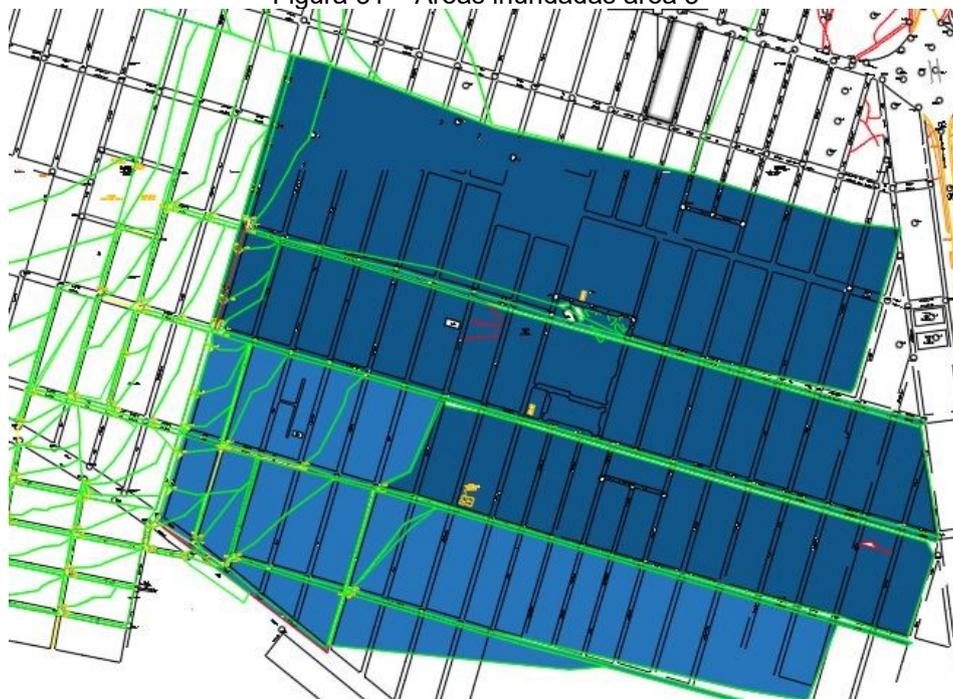
 Síntese da Inundação no Nó

Inundação se refere a toda água que transborda um nó, alagando ou não.

Nó	Horas Inundação	Vazão Maxima LPS	Instante Max Ocorrência dia h:min	Volume Total Inundado 10 ⁶ L	Volume Máximo Alagado 1000 m ³
2	0.46	551.70	0 01:00	0.569	0.000
6	0.30	138.77	0 01:00	0.075	0.000
11	0.34	218.55	0 00:57	0.142	0.000
15	0.53	1268.13	0 01:00	1.583	0.000
16	0.43	419.86	0 01:00	0.373	0.000
23	0.43	142.77	0 01:00	0.142	0.000
25	0.06	41.75	0 01:00	0.004	0.000
30	0.07	69.42	0 01:00	0.010	0.000
50	0.57	1501.73	0 01:00	1.860	0.000
53	0.15	47.80	0 01:00	0.013	0.000
62	0.49	858.80	0 01:00	0.984	0.000
252	0.44	722.01	0 01:00	0.777	0.000
253	0.21	39.81	0 00:50	0.016	0.000

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Figura 31 – Áreas inundadas área 3



Fonte: Autor (2021)

Com relação aos condutos, 13 sofreram sobrecargas, conforme figuras 31 e 32.

Figura 32 – Sobrecarga nos Condutos

 Síntese da Sobrecarga nos Condutos

Condutos	----- Horas (cheio) -----			Horas Fluxo Acima Normal	Horas Capacid. Limitada
	Ambas Extrem.	Montante	Jusante		
2	0.42	0.45	0.42	0.02	0.45
12	0.39	0.42	0.39	0.03	0.42
16	0.01	0.05	0.01	0.04	0.05
21	0.07	0.29	0.07	0.22	0.29
22	0.16	0.33	0.17	0.16	0.33
24	0.20	0.42	0.21	0.22	0.42
25	0.01	0.19	0.01	0.17	0.19
28	0.01	0.14	0.01	0.14	0.14
36	0.01	0.07	0.01	0.07	0.07
37	0.49	0.52	0.49	0.52	0.52
66	0.55	0.57	0.55	0.02	0.57
76	0.47	0.48	0.47	0.01	0.48
156	0.29	0.43	0.29	0.43	0.43

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Figura 33 – Sobrecarga nos Condutos área 3

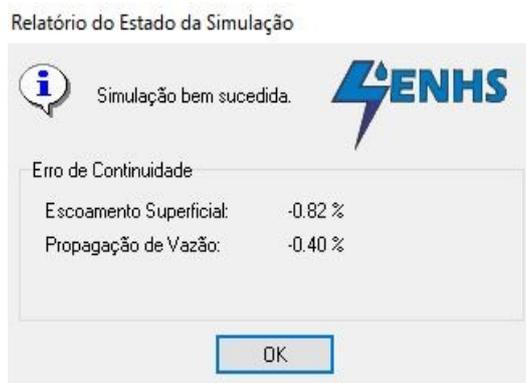


Fonte: Autor (2021)

4.4 – Área 4

Assim como todas as outras simulações, a simulação da área 4 também foi bem sucedida, conforme a figura 34.

Figura 34 – Simulação área 4



Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

A área 4 possui ao todo 193 nós, dos quais 22 sofreram sobrecargas e 19 inundações. A seguir o relatório gerado pelo software e as possíveis áreas afetadas.

Figura 35 – Sobrecarga nos Nós área 4

```

*****
Síntese da Sobrecarga no Nó
*****

Sobrecarga ocorre quando a água ultrapassa a geratriz superior do conduto mais alto.
-----

```

Nó	Tipo	Horas Sobrecarga	Altura Max. Acima Crista Metros	Prof. Min. Abaixo Borda Metros
2	JUNCTION	0.42	1.000	0.000
3	JUNCTION	2.09	1.000	0.000
6	JUNCTION	3.09	0.000	1.000
18	JUNCTION	0.24	1.000	0.000
21	JUNCTION	0.15	0.000	1.000
24	JUNCTION	0.28	1.000	0.000
27	JUNCTION	0.41	1.000	0.000
30	JUNCTION	0.50	1.000	0.000
33	JUNCTION	0.51	1.000	0.000
36	JUNCTION	0.53	1.000	0.000
44	JUNCTION	0.15	1.000	0.000
45	JUNCTION	0.38	1.000	0.000
50	JUNCTION	0.49	1.000	0.000
53	JUNCTION	0.47	0.000	1.000
99	JUNCTION	0.35	1.000	0.000
121	JUNCTION	0.03	1.000	0.000
124	JUNCTION	0.08	1.000	0.000
133	JUNCTION	0.33	1.000	0.000
147	JUNCTION	0.40	1.000	0.000
169	JUNCTION	0.37	1.000	0.000
174	JUNCTION	0.51	1.000	0.000
191	JUNCTION	0.40	0.400	0.000

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

Figura 36 – Inundação nos nós área 4

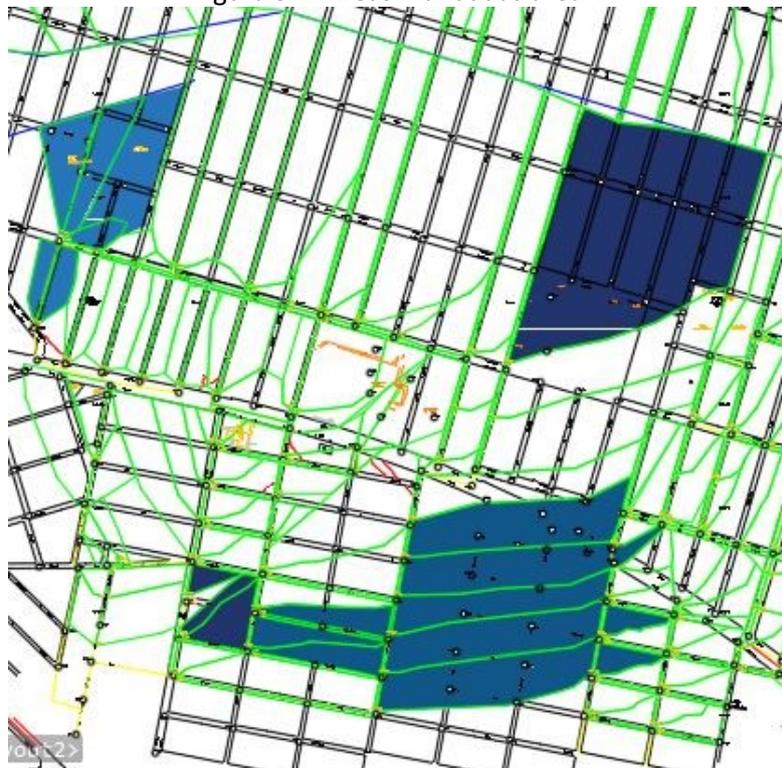
 Síntese da Inundação no Nó

Inundação se refere a toda água que transborda um nó, alagando ou não.

Nó	Horas Inundação	Vazão Maxima LPS	Instante Max		Volume Total Inundado 10 ⁶ L	Volume Máximo Alagado 1000 m ³
			Ocorrência dia	h:min		
2	0.42	334.36	0	01:00	0.280	0.000
3	2.09	680.31	0	00:39	1.348	0.000
18	0.24	346.14	0	01:00	0.147	0.000
24	0.28	196.98	0	01:00	0.133	0.000
27	0.41	393.43	0	01:00	0.374	0.000
30	0.50	500.12	0	01:00	0.641	0.000
33	0.51	308.02	0	01:00	0.380	0.000
36	0.53	360.10	0	01:00	0.442	0.000
44	0.15	93.31	0	01:00	0.024	0.000
45	0.38	233.83	0	00:58	0.177	0.000
50	0.49	432.02	0	01:00	0.537	0.000
99	0.35	1207.85	0	01:00	0.812	0.000
121	0.03	12.47	0	01:00	0.001	0.000
124	0.08	108.50	0	01:00	0.014	0.000
133	0.33	436.07	0	00:59	0.279	0.000
147	0.40	600.27	0	01:00	0.541	0.000
169	0.37	775.90	0	01:00	0.522	0.000
174	0.51	498.84	0	01:00	0.679	0.000
191	0.40	752.13	0	01:00	0.663	0.000

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Figura 37 – Áreas inundadas área 4



Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor (2021)

Com relação aos condutos, nesta área 19 condutos sofreram com sobrecargas, como mostras as Figuras 38 e 39.

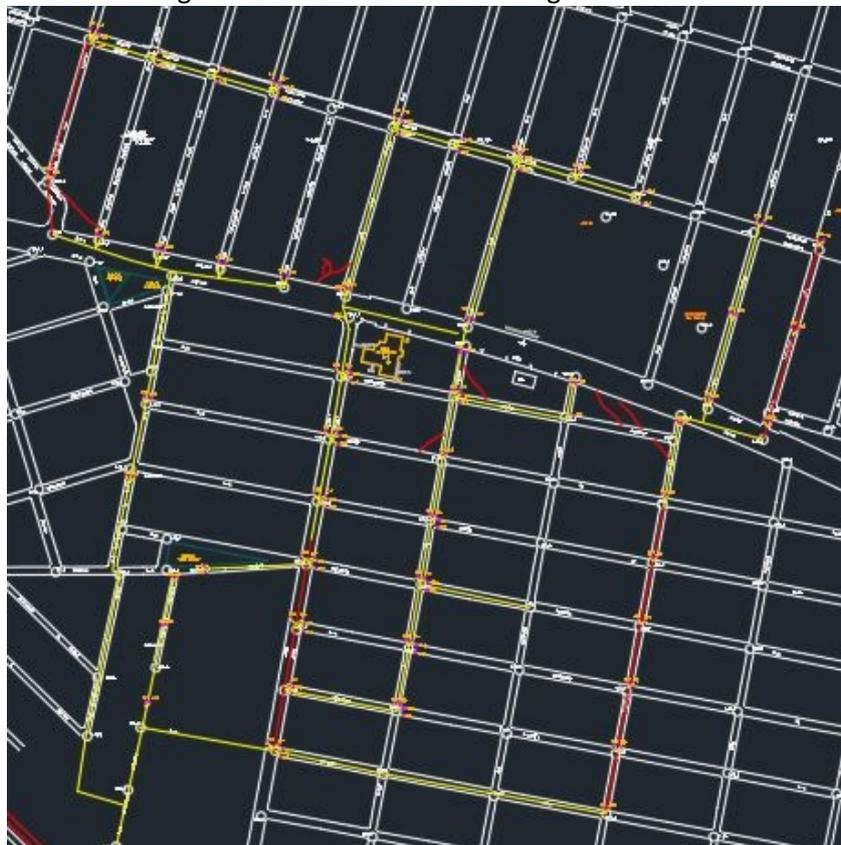
Figura 38 – Sobrecarga nos Condutos

 Sintese da Sobrecarga nos Condutos

Condutos	----- Horas (cheio) -----			Horas Fluxo Acima Normal	Horas Capacid. Limitada
	Ambas Extrem.	Montante	Jusante		
4	0.38	0.41	0.38	0.03	0.41
30	0.03	0.14	0.03	0.11	0.14
135	2.04	2.09	3.08	4.33	2.09
138	0.15	0.23	0.15	0.07	0.23
142	0.22	0.28	0.22	0.06	0.28
143	0.35	0.40	0.35	0.40	0.40
144	0.47	0.49	0.47	0.02	0.49
145	0.49	0.50	0.49	0.02	0.50
146	0.51	0.53	0.51	0.02	0.53
150	0.29	0.38	0.30	0.08	0.38
151	0.46	0.48	0.47	0.49	0.48
162	0.28	0.34	0.28	0.34	0.34
165	0.30	0.39	0.30	0.39	0.39
166	0.01	0.39	0.01	0.38	0.39
171	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
172	0.01	0.07	0.01	0.07	0.07
173	0.25	0.32	0.25	0.07	0.32
189	0.32	0.36	0.32	0.04	0.36
190	0.48	0.50	0.48	0.50	0.50

Fonte: Adaptado de SWMM pelo Autor 2021

Figura 39 – Condutos sobrecarregados área 4



Fonte: Autor (2021)

5 – Considerações Finais

Após concluídas as simulações e analisados seus respectivos resultados, a conclusão que se pode chegar é que a rede de drenagem pluvial do bairro Santa Mônica, na área de estudo, é insuficiente para o volume de água que pode precipitar sobre a área no período de retorno de um ano. Essa constatação também é comprovada no campo, haja vista que chuvas intensas recorrentes produzem alagamentos nas vias e sobrecargas visíveis em algumas bocas de lobo.

Como dito no item 3.4 “Propriedades do Pluviômetro”, era planejado fazer até 9 simulações distintas para avaliar a qualidade do sistema de drenagem. Entretanto, na primeira simulação, utilizando um período de retorno relativamente curto, de 1 ano, todas as áreas simuladas tiveram como resultados sobrecargas e inundações.

Vale destacar que, em exceção a área 1, todas as outras regiões mostraram inundações, ou seja, pontos de necessário reforço do sistema logo no início da rede, no primeiro conduto, e nas primeiras bocas-de-lobo. Isso é um indicativo de que o sistema já começa sobrecarregado quando o volume de água chega a patamares como o simulado. Ressalta-se que os condutos das galerias de água pluvial não são confeccionados para funcionarem sob pressão. Juntas de manilhas de concreto não têm estanqueidade suficiente para suportar pressões positivas. O resultado dessa situação extrema pode conduzir a incontáveis pontos de vazamentos na forma de jatos pressurizados que, com o passar do tempo, podem carrear partículas finas, levando à perda de coesão e à erosão do solo que suporta o leito dos condutos.

Desta forma, pode-se concluir que a rede de drenagem não condiz com a área da bacia de contribuição que a ela é atribuída. Ressalta-se que o bairro Santa Mônica é populoso e, portanto, intensamente ocupado. De fato, a rede deveria ter mais locais de captação de água, ou seja, mais dispositivos como boca-de-lobos e grelhas, e ao mesmo tempo ter sua extensão aumentada, para que a água fosse captada de maneira mais amena pelo sistema, mais uniformemente distribuída em uma rede mais extensa de condutos. Com isso, seriam evitados longos tempos de percurso da água pela superfície, até que a primeira boca de lobo fosse alcançada.

Analisando o cadastro de redes, observa-se que, no bairro, o escoamento de águas pluviais se dá preferencialmente por superfície. Em alguns casos, como os relatados, a água percorre um grande percurso até entrar nas galerias de águas pluviais, o que certamente influencia na sobrecarga do sistema, pois o volume de água se acumula e as bocas-de-lobo não conseguem inseri-lo no sistema de maneira adequada. Em decorrência disso surgem extensas áreas a montante propícias a inundações, as quais trazem riscos ao tráfego de pessoas e veículos, além de deteriorarem o pavimento. Essas áreas foram identificadas, na simulação, como aquelas microbacias contribuintes aos pontos (bocas de lobo) que mais sofrem sobrecarga.

Referências

RIBEIRO, Cristiano Cavalcanti. Aplicabilidade Do Modelo SWMM No Planejamento Da Drenagem De Bacias Urbanas Brasileiras. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 12, Vol. 07, pp. 100-112 Dezembro de 2018.

LIMA, J.W.S. Uso do SWMM na modelagem hidrológica da área urbana de Sobral, Ceará, Brasil. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/swmm-modelagem-hidrologica/>>. Acesso em: 10/03/2021.

SARTORI, Anderson. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 10 n.4 Out/Dez 2005, 05-18.

ANDRADE, R. F. Mapeamento Geotécnico Preliminar em Escala de Semidetalhe (1:25000) da Área de Expansão Urbana de Uberlândia – MG. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia.

ROSSMAN, L. A. Storm Water Management Model User's manual Version 5.0. Cincinnati: U. S. Environmental Protection Agency, 2010. 285 p.

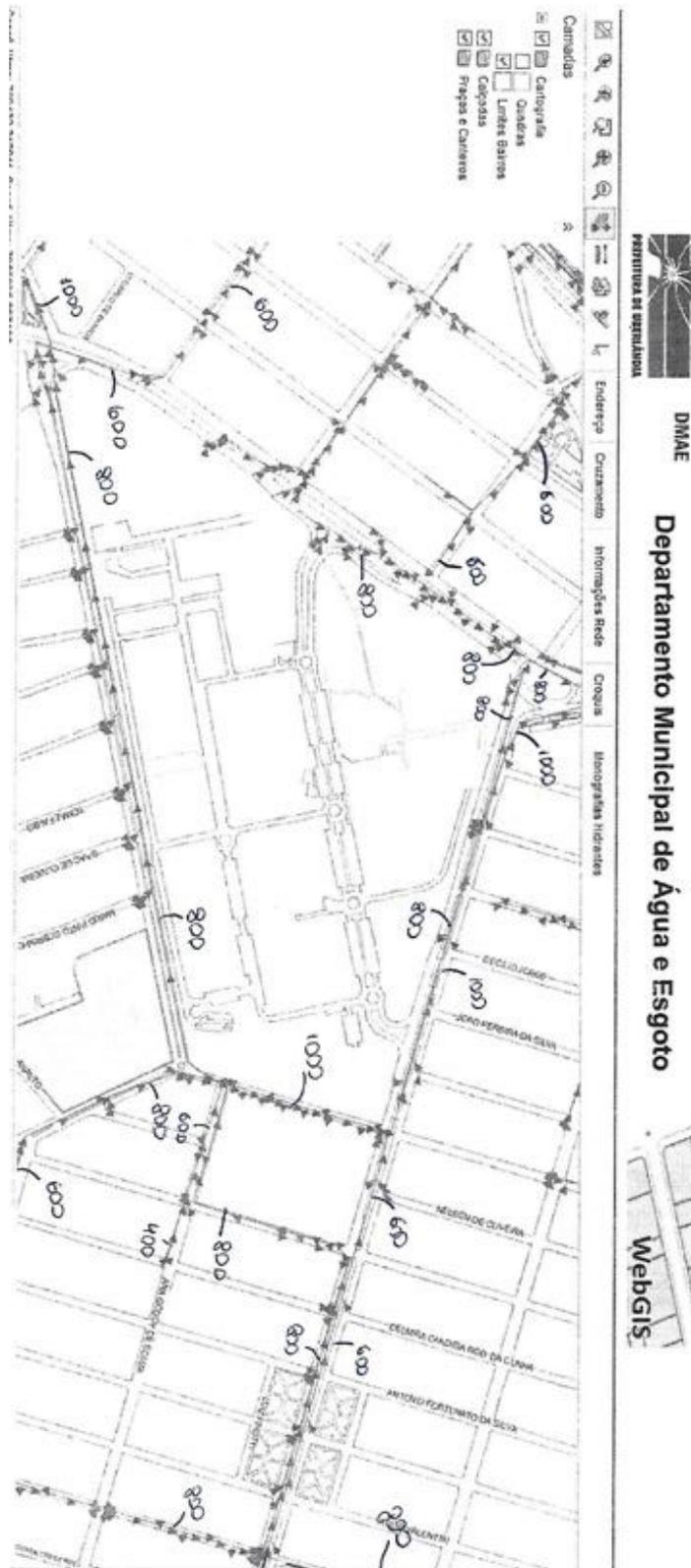
BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Brasília, DF, Disponível em: <[Lei nº 11.445 \(planalto.gov.br\)](http://www.planalto.gov.br/leis/11445.htm)>. Acesso em: 30/03/2021.

JUSTINO, Eliane Aparecida; MARTINS DE PAULA, Heber; PAIVA, Ed Carlo Rosa. Análise do efeito de impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial no município de Uberlândia-MG. UFG-CAC. Vol 3 n.2 jul/dez 2011 pg. 16-38.

SHINMA, Taís Arriero. Calibração multiobjetivo do SWMM aplicada à transformação chuva-vazão. 2011. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

ANEXO 1 – Cadastro de Rede Pluvial DMAE

Área 1



Área 2



ANEXO 2 – DADOS DE ENTRADA SUB-BACIAS

Boca de Lobo	Área de Contribuição (m ²)	CN - Método SCS	Classificação do Solo
1	139398	77	Residencial - Grupo de Solo A
2	5486	98	Asfalto
3	5490	77	Residencial - Grupo de Solo A
4	456	98	Asfalto
5	13140	77	Residencial - Grupo de Solo A
6	538	98	Asfalto
7	13454	77	Residencial - Grupo de Solo A
8	535	98	Asfalto
9	13787	77	Residencial - Grupo de Solo A
10	577	98	Asfalto
11	14708	77	Residencial - Grupo de Solo A
12	584	98	Asfalto
13	13705	77	Residencial - Grupo de Solo A
14	543	98	Asfalto
15	946	98	Asfalto
16	8927	77	Residencial - Grupo de Solo A
17	5074	77	Residencial - Grupo de Solo A
18	550	98	Asfalto
19	38663	77	Residencial - Grupo de Solo A
20	893	98	Asfalto
21	4737	77	Residencial - Grupo de Solo A
22	2477	98	Asfalto
23	8404	77	Residencial - Grupo de Solo A
24	884	98	Asfalto
25	8326	77	Residencial - Grupo de Solo A
26	940	98	Asfalto
27	4733	77	Residencial - Grupo de Solo A
28	805	98	Asfalto
29	3899	77	Residencial - Grupo de Solo A
30	496	98	Asfalto
31	8728	77	Residencial - Grupo de Solo A
32	312	98	Asfalto
33	7127	77	Residencial - Grupo de Solo A
34	6618	77	Residencial - Grupo de Solo A
35	155871	77	Residencial - Grupo de Solo A
36	6536	98	Asfalto
37	3528	77	Residencial - Grupo de Solo A
38	411	98	Asfalto
39	14208	77	Residencial - Grupo de Solo A
40	566	98	Asfalto
41	13984	77	Residencial - Grupo de Solo A
42	559	98	Asfalto

43	15414	77	Residencial - Grupo de Solo A
44	530	98	Asfalto
45	14447	77	Residencial - Grupo de Solo A
46	500	98	Asfalto
47	14231	77	Residencial - Grupo de Solo A
48	552	98	Asfalto
49	7661	77	Residencial - Grupo de Solo A
50	877	98	Asfalto
51	59937	77	Residencial - Grupo de Solo A
52	3021	98	Asfalto
53	6474	77	Residencial - Grupo de Solo A
54	446	98	Asfalto
55	452	98	Asfalto
56	3717	77	Residencial - Grupo de Solo A
57	303685	77	Residencial - Grupo de Solo A
58	7472	98	Asfalto
59	70646	77	Residencial - Grupo de Solo A
60	447	98	Asfalto
61	29005	77	Residencial - Grupo de Solo A
62	559	98	Asfalto
63	39666	77	Residencial - Grupo de Solo A
64	569	98	Asfalto
65	42315	77	Residencial - Grupo de Solo A
66	497	98	Asfalto
67	36604	77	Residencial - Grupo de Solo A
68	633	98	Asfalto
69	30858	77	Residencial - Grupo de Solo A
70	586	98	Asfalto
71	40484	77	Residencial - Grupo de Solo A
72	2218	98	Asfalto
73	45438	77	Residencial - Grupo de Solo A
74	3175	98	Asfalto
75	6700	77	Residencial - Grupo de Solo A
76	636	98	Asfalto
77	3022	77	Residencial - Grupo de Solo A
78	393	98	Asfalto
79	83988	77	Residencial - Grupo de Solo A
80	14927	77	Residencial - Grupo de Solo A
81	1328	98	Asfalto
82	7753	77	Residencial - Grupo de Solo A
83	5931	77	Residencial - Grupo de Solo A
84	983	98	Asfalto
85	65242	77	Residencial - Grupo de Solo A
86	1246	98	Asfalto
87	73543	77	Residencial - Grupo de Solo A

88	6814	77	Residencial - Grupo de Solo A
89	45669	77	Residencial - Grupo de Solo A
90	1053	98	Asfalto
91	2690	77	Residencial - Grupo de Solo A
92	334	98	Asfalto
93	5679	77	Residencial - Grupo de Solo A
94	974	98	Asfalto
95	13594	77	Residencial - Grupo de Solo A
96	971	98	Asfalto
97	27585	77	Residencial - Grupo de Solo A
98	1786	98	Asfalto
99	11186	77	Residencial - Grupo de Solo A
100	838	98	Asfalto
101	9996	77	Residencial - Grupo de Solo A
102	1684	98	Asfalto
103	13215	77	Residencial - Grupo de Solo A
104	826	98	Asfalto
105	4275	77	Residencial - Grupo de Solo A
106	925	98	Asfalto
107	27705	77	
108	947	98	Asfalto
109	28427	77	
110	2326	98	Asfalto
111	28205	77	
112	2411	98	Asfalto
113	27560	77	
114	1302	98	Asfalto
115	28666	77	
116	728	98	Asfalto
117	210	98	Asfalto
118	74883	77,44869997	Residencial - Grupo de Solo A e B
119	943	98	Asfalto
120	15382	81,3994279	Residencial - Grupo de Solo A e B
121	592	98	Asfalto
122	28927	84,55750683	Residencial - Grupo de Solo A e B
123	1358	98	Asfalto
124	18926	85	Residencial - Grupo de Solo B
125	523	98	Asfalto
126	7476	85	Residencial - Grupo de Solo B
127	1242	98	Asfalto
128	13567	85	Residencial - Grupo de Solo B
129	599	98	Asfalto
130	17004	85	Residencial - Grupo de Solo B
131	966	98	Asfalto
132	36719	77	Residencial - Grupo de Solo A

133	832	98	Asfalto
134	2374	98	Asfalto
135	43996	77	Residencial - Grupo de Solo A
136	16811	77	Residencial - Grupo de Solo A
137	477	98	Asfalto
138	962	98	Asfalto
139	846	98	Asfalto
140	15179	77	Residencial - Grupo de Solo A
141	524	98	Asfalto
142	9840	77	Residencial - Grupo de Solo A
143	577	98	Asfalto
144	755	77	Residencial - Grupo de Solo A
145	282	98	Asfalto
146	3223	77	Residencial - Grupo de Solo A
147	425	98	Asfalto
148	19620	77	Residencial - Grupo de Solo A
149	1585	98	Asfalto
150	13925	77	Residencial - Grupo de Solo A
151	1212	98	Asfalto
152	5005	77	Residencial - Grupo de Solo A
153	2204	98	Asfalto
154	695	98	Asfalto
155	737	98	Asfalto
156	47568	77	Residencial - Grupo de Solo A
157	1602	98	Asfalto
158	34700	77	Residencial - Grupo de Solo A
159	2530	98	Asfalto
160	887	98	Asfalto
161	14287	77	Residencial - Grupo de Solo A
162	15763	77	Residencial - Grupo de Solo A
163	2568	98	Asfalto
164	21145	77	Residencial - Grupo de Solo A
165	1402	98	Asfalto
166	14391	77	Residencial - Grupo de Solo A
167	1150	98	Asfalto
168	13943	77	Residencial - Grupo de Solo A
169	1415	98	Asfalto
170	10595	77	Residencial - Grupo de Solo A
171	488	98	Asfalto
172	15996	77	Residencial - Grupo de Solo A
173	1375	98	Asfalto
174	24591	77	Residencial - Grupo de Solo A
175	2469	98	Asfalto
176	12100	77	Residencial - Grupo de Solo A
177	952	98	Asfalto

178	12040	77	Residencial - Grupo de Solo A
179	2202	98	Asfalto
180	19777	77	Residencial - Grupo de Solo A
181	1076	98	Asfalto
182	8125	82,63692308	Residencial - Grupo de Solo A e B
183	1388	98	Asfalto
184	7003	83,51492218	Residencial - Grupo de Solo A e B
185	26176	85	Residencial - Grupo de Solo B
186	57835	82,34831849	Residencial - Grupo de Solo A e B
187	2789	85	Residencial - Grupo de Solo B
188	4838	85	Residencial - Grupo de Solo B
189	5212	85	Residencial - Grupo de Solo B
190	8719	85	Residencial - Grupo de Solo B
191	29670	85	Residencial - Grupo de Solo B
192	1000	98	Asfalto
193	1230	98	Asfalto
194	4748	85	Residencial - Grupo de Solo B
195	2716	85	Residencial - Grupo de Solo B
196	8680	85	Residencial - Grupo de Solo B
197	10871	85	Residencial - Grupo de Solo B
198	11891	85	Residencial - Grupo de Solo B
199	3056	85	Residencial - Grupo de Solo B
200	14365	85	Residencial - Grupo de Solo B
201	10304	85	Residencial - Grupo de Solo B
202	33991	77	
203	2446	98	Asfalto
204	793	98	Asfalto
205	3139	85	Residencial - Grupo de Solo B
206	2493	85	Residencial - Grupo de Solo B
207	10062	85	Residencial - Grupo de Solo B
208	6645	85	Residencial - Grupo de Solo B
209	12416	85	Residencial - Grupo de Solo B
210	3080	85	Residencial - Grupo de Solo B
211	27627	77	
212	3977	98	Asfalto
213	29833	77	
214	1245	98	Asfalto
215	420	98	Asfalto
216	3621	85	Residencial - Grupo de Solo B
217	3548	85	Residencial - Grupo de Solo B
218	8307	85	Residencial - Grupo de Solo B
219	7345	85	Residencial - Grupo de Solo B
220	4521	85	Residencial - Grupo de Solo B
221	3455	85	Residencial - Grupo de Solo B
222	27951	77	

223	1172	98	Asfalto
224	1782	98	Asfalto
225	4236	85	Residencial - Grupo de Solo B
226	376518	77	Residencial - Grupo de Solo A
227	9906	98	Asfalto
228	17155	77	Residencial - Grupo de Solo A
229	3035	98	Asfalto
230	432	98	Asfalto
231	5005	77	Residencial - Grupo de Solo A
232	564	98	Asfalto
233	12675	77	Residencial - Grupo de Solo A
234	19533	77	Residencial - Grupo de Solo A
235	1325	98	Asfalto
236	1491	77	Residencial - Grupo de Solo A
237	613	98	Asfalto
238	5460	77	Residencial - Grupo de Solo A
239	1098	98	Asfalto
240	9866	98	Asfalto
241	248555	77	Residencial - Grupo de Solo A
242	3101	77	Residencial - Grupo de Solo A
243	450	98	Asfalto
244	650	98	Asfalto
245	7394	77	Residencial - Grupo de Solo A
246	522	98	Asfalto
247	11430	77	Residencial - Grupo de Solo A
248	7834	77	Residencial - Grupo de Solo A
249	1139	98	Asfalto
250	5369	77	Residencial - Grupo de Solo A
251	492	98	Asfalto
252	147463	77	Residencial - Grupo de Solo A
253	2392	98	Asfalto
254	34528	77	Residencial - Grupo de Solo A
255	2475	98	Asfalto
256	11109	77	Residencial - Grupo de Solo A
257	1098	98	Asfalto
258	102310	77	Residencial - Grupo de Solo A
259	2299	98	Asfalto
260	1157	98	Asfalto
261	3140	77	Residencial - Grupo de Solo A
262	34980	77	Residencial - Grupo de Solo A
263	2430	98	Asfalto
264	530	98	Asfalto
265	11825	77	Residencial - Grupo de Solo A
266	578	98	Asfalto
267	2693	77	Residencial - Grupo de Solo A

268	63823	77	Residencial - Grupo de Solo A
269	38065	77	Residencial - Grupo de Solo A
270	991	98	Asfalto
271	4371	77	Residencial - Grupo de Solo A
272	37563	77	Residencial - Grupo de Solo A
273	36090	77	Residencial - Grupo de Solo A
274	480	98	Asfalto
275	1365	77	Residencial - Grupo de Solo A
276	510	98	Asfalto
277	4414	77	Residencial - Grupo de Solo A
278	771	98	Asfalto
279	4131	77	Residencial - Grupo de Solo A
280	12982	77	Residencial - Grupo de Solo A
281	12862	77	Residencial - Grupo de Solo A
282	188990	77,05663792	Residencial - Grupo de Solo A e B
283	7025	98	Asfalto
284	834	98	Asfalto
285	31171	78,86532354	Residencial - Grupo de Solo A e B
286	1107	98	Asfalto
287	29367	80,56127626	Residencial - Grupo de Solo A e B
288	6619	78,98217253	Residencial - Grupo de Solo A e B
289	840	98	Asfalto
290	1462	77	Residencial - Grupo de Solo A
291	433	98	Asfalto
292	4644	78,01981051	Residencial - Grupo de Solo A e B
293	450	98	Asfalto
294	5039	83,44572336	Residencial - Grupo de Solo A e B
295	625	98	Asfalto
296	1128	98	Asfalto
297	7653	81,90578858	Residencial - Grupo de Solo A e B
298	600	98	Asfalto
299	12632	81,27105763	Residencial - Grupo de Solo A e B
300	3227	82,97954757	Residencial - Grupo de Solo A e B
301	403	98	Asfalto
302	3249	77	Residencial - Grupo de Solo A
303	419	98	Asfalto
304	598	98	Asfalto
305	574	98	Asfalto
306	8016	80,82135729	Residencial - Grupo de Solo A e B
307	378	98	Asfalto
308	513	98	Asfalto
309	7201	82,59255659	Residencial - Grupo de Solo A e B
310	5756	79,57123002	Residencial - Grupo de Solo A e B
311	931	98	Asfalto
312	45138	77	Residencial - Grupo de Solo A

313	502	98	Asfalto
314	44835	77,92249359	Residencial - Grupo de Solo A e B
315	600	98	Asfalto
316	8182	77	Residencial - Grupo de Solo A
317	540	98	Asfalto
318	6938	82,90025944	Residencial - Grupo de Solo A e B
319	527	98	Asfalto
320	157465	79,55304988	Residencial - Grupo de Solo A e B
321	4963	98	Asfalto
322	10349	85	Residencial - Grupo de Solo B
323	898	98	Asfalto
324	38607	85	Residencial - Grupo de Solo B
325	1494	98	Asfalto
326	14035	85	Residencial - Grupo de Solo B
327	932	98	Asfalto
328	14003	85	Residencial - Grupo de Solo B
329	5798	85	Residencial - Grupo de Solo B
330	2899	85	Residencial - Grupo de Solo B
331	348	98	Asfalto
332	4019	85	Residencial - Grupo de Solo B
333	411	98	Asfalto
334	10932	85	Residencial - Grupo de Solo B
335	637	98	Asfalto
336	2699	85	Residencial - Grupo de Solo B
337	682	98	Asfalto
338	299	98	Asfalto
339	5618	85	Residencial - Grupo de Solo B
340	3446	85	Residencial - Grupo de Solo B
341	788	98	Asfalto
342	6999	85	Residencial - Grupo de Solo B
343	9313	85	Residencial - Grupo de Solo B
344	6193	85	Residencial - Grupo de Solo B
345	2121	98	Asfalto
346	101	98	Asfalto
347	121	98	Asfalto
348	247	98	Asfalto
349	3652	85	Residencial - Grupo de Solo B
350	738	98	Asfalto
351	5459	85	Residencial - Grupo de Solo B
352	493	98	Asfalto
353	4344	85	Residencial - Grupo de Solo B
354	4442	85	Residencial - Grupo de Solo B
355	261	98	Asfalto
356	610	98	Asfalto
357	5199	85	Residencial - Grupo de Solo B

358	3705	85	Residencial - Grupo de Solo B
359	350	98	Asfalto
360	240	98	Asfalto
361	2357	85	Residencial - Grupo de Solo B
362	4686	85	Residencial - Grupo de Solo B
363	4722	85	Residencial - Grupo de Solo B
364	219	98	Asfalto
365	4280	85	Residencial - Grupo de Solo B
366	649	98	Asfalto
367	622	98	Asfalto
368	4136	85	Residencial - Grupo de Solo B
369	4635	85	Residencial - Grupo de Solo B
370	263	98	Asfalto
371	598	98	Asfalto
372	3877	85	Residencial - Grupo de Solo B
373	4955	85	Residencial - Grupo de Solo B
374	320	98	Asfalto
375	462	98	Asfalto
376	3804	85	Residencial - Grupo de Solo B
377	5059	85	Residencial - Grupo de Solo B
378	3032	85	Residencial - Grupo de Solo B
379	570	98	Asfalto
380	26723	85	Residencial - Grupo de Solo B
381	357	98	Asfalto
382	36041	85	Residencial - Grupo de Solo B
383	309	98	Asfalto
384	32921	85	Residencial - Grupo de Solo B
385	318	98	Asfalto
386	22943	85	Residencial - Grupo de Solo B
387	322	98	Asfalto
388	30407	85	Residencial - Grupo de Solo B
389	294	98	Asfalto
390	34411	85	Residencial - Grupo de Solo B
391	317	98	Asfalto
392	18806	85	Residencial - Grupo de Solo B
393	3584	85	Residencial - Grupo de Solo B
394	1005	85	Residencial - Grupo de Solo B
395	1308	98	Asfalto
396	16219	85	Residencial - Grupo de Solo B
397	35682	85	Residencial - Grupo de Solo B
398	138	98	Asfalto
399	1244	98	Asfalto
400	9627	85	Residencial - Grupo de Solo B
401	8332	85	Residencial - Grupo de Solo B
402	333	98	Asfalto

403	1102	98	Asfalto
404	9520	85	Residencial - Grupo de Solo B
405	8364	85	Residencial - Grupo de Solo B
406	340	98	Asfalto
407	21216	77	Residencial - Grupo de Solo A
408	8892	77	Residencial - Grupo de Solo A
409	10665	79,83769339	Residencial - Grupo de Solo A e B
410	285	98	Asfalto
411	6368	85	Residencial - Grupo de Solo B
412	3677	85	Residencial - Grupo de Solo B
413	320	98	Asfalto
414	300	98	Asfalto
415	5934	85	Residencial - Grupo de Solo B
416	213	98	Asfalto
417	58	98	Asfalto
418	1642	85	Residencial - Grupo de Solo B
419	1732	85	Residencial - Grupo de Solo B
420	220	98	Asfalto
421	10577	77	Residencial - Grupo de Solo A
422	7411	77	Residencial - Grupo de Solo A
423	8892	85	Residencial - Grupo de Solo B
424	2208	98	Asfalto
425	619	98	Asfalto
426	5866	85	Residencial - Grupo de Solo B
427	2071	85	Residencial - Grupo de Solo B
428	1771	85	Residencial - Grupo de Solo B
429	498	98	Asfalto
430	4992	85	Residencial - Grupo de Solo B
431	4032	85	Residencial - Grupo de Solo B
432	4258	85	Residencial - Grupo de Solo B
433	643	98	Asfalto
434	4858	85	Residencial - Grupo de Solo B
435	4168	85	Residencial - Grupo de Solo B
436	10683	85	Residencial - Grupo de Solo B
437	548	98	Asfalto
438	5449	85	Residencial - Grupo de Solo B
439	3536	85	Residencial - Grupo de Solo B
440	20100	85	Residencial - Grupo de Solo B
441	300	98	Asfalto
442	410	85	Residencial - Grupo de Solo B
443	3251	85	Residencial - Grupo de Solo B
444	550	98	Asfalto
445	507	98	Asfalto
446	9071	85	Residencial - Grupo de Solo B
447	3713	85	Residencial - Grupo de Solo B

448	1829	98	Asfalto
449	23032	85	Residencial - Grupo de Solo B
450	3678	85	Residencial - Grupo de Solo B
451	650	98	Asfalto
452	6465	77	Residencial - Grupo de Solo A
453	6648	77	Residencial - Grupo de Solo A
454	7580	77	Residencial - Grupo de Solo A
455	6021	77	Residencial - Grupo de Solo A
456	8690	77	Residencial - Grupo de Solo A
457	7476	77	Residencial - Grupo de Solo A
458	7291	77	Residencial - Grupo de Solo A
459	4719	77	Residencial - Grupo de Solo A
460	6095	77	Residencial - Grupo de Solo A
461	4556	77	Residencial - Grupo de Solo A
462	2411	85	Residencial - Grupo de Solo B
463	6786	85	Residencial - Grupo de Solo B
464	7469	85	Residencial - Grupo de Solo B
465	19691	85	Residencial - Grupo de Solo B
466	3716	85	Residencial - Grupo de Solo B
467	82	98	Residencial - Grupo de Solo B
468	2514	85	Residencial - Grupo de Solo B
469	1112	85	Residencial - Grupo de Solo B
470	6553	85	Residencial - Grupo de Solo B
471	2218	85	Residencial - Grupo de Solo B
472	13477	85	Residencial - Grupo de Solo B
473	5620	85	Residencial - Grupo de Solo B