

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
ANTÔNIO EUFRÁSIO DE TOLEDO
DE PRESIDENTE PRUDENTE**

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**MODELAGEM COMPUTACIONAL DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
MUNICÍPIO DE SAGRES**

Danilo César Rodrigues

Presidente Prudente/SP

2019

CENTRO UNIVERSITÁRIO

**ANTÔNIO EUFRÁSIO DE TOLEDO
DE PRESIDENTE PRUDENTE**

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**MODELAGEM COMPUTACIONAL DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
MUNICÍPIO DE SAGRES**

Danilo César Rodrigues

Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito parcial de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Dr. Rodrigo Cezar Criado.

Presidente Prudente/SP

2019

**MODELAGEM COMPUTACIONAL DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NO
MUNICÍPIO DE SAGRES**

Trabalho de Conclusão de
Curso, como requisito parcial
para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Rodrigo Cezar Criado

Paulo Fernando Hanke da Silveira

Alvaro Yanagui

Presidente Prudente/SP (13/11/2019)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível.

A toda minha família, e em especial meus pais José Roberto e Maria, pela contribuição e dedicação para minha formação.

A minha esposa por sua paciência e todo seu carinho, compreensão sempre me ajudando e apoiando em todos os momentos para que eu realizasse meus objetivos.

A coisa mais bela que o homem pode experimentar é o mistério. É esta a emoção fundamental que está na raiz de toda ciência.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por estar presente em todos os momentos da minha vida, e que me sustentou até aqui suprindo todas as minhas necessidades principalmente aquelas mais difíceis.

Ao meu pai, minha mãe, meu sogro, minha sogra, minha esposa e amigos, pela compreensão e colaboração prestada durante o curso.

Aos meus queridos amigos Osvaldo Massacazu Sugui, Claudia Koga Sugui, que acreditaram e incentivaram para iniciar este curso e me ajudando nos momentos de dificuldade.

A todos os professores, que com muita competência e paciência dedicaram parte de suas vidas a nos ensinarem.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Cezar Criado, pela paciência e capacidade de transmitir seu conhecimento nessa fase da minha vida.

RESUMO

O presente trabalho, intitulado modelagem computacional de galeria de águas pluviais no município de Sagres, localizado na rua Professor Reinaldo Araújo, tem como principal objeto demonstrar o comportamento da água de chuva dentro da rede de drenagem urbana. Para a realização do trabalho foram levantados dados coletados junto ao município e visita *in loco*, utilizou-se para embasar o trabalho revisões bibliográficas de diversas instituições e autores conceituados. Conceitos de hidrologia e hidráulica foram abordados para subsidiar a estruturação da pesquisa. Para aplicação do software SWMM, adotou-se o período de retorno de 100 e 200 anos e verificou-se a partir do perfil gerado pontos onde poderá ocorrer inundação. Para a primeira simulação com período de retorno de 100 anos, verificou-se que não ocorreu sobrecarga na rede de drenagem. Já na segunda simulação com período de retorno de 200 anos, ocorreu inundação em pontos da rede de drenagem urbana ocasionando a sobrecarga. Por fim, neste trabalho entende que a obra foi projetada para um período de retorno de no máximo 100 anos.

ABSTRACT

The present work, entitled "Computational modeling of the rainwater gallery in Sagres municipality, located at Rua Reinaldo Araujo, has as its main demonstration object the behavior of rainwater within the urban drainage network. To carry out the work, data collected from the municipality and the on-site visit were collected, used to base or perform bibliographical analyzes of various institutions and reputable authors. Hydrology and hydraulics concepts were approached to support the research structuring. For the application of SWMM software, the return period of 100 and 200 years was adopted and it was verified beyond the profile registered at the points where floods occurred. For a first simulation with a payback period of 100 years, it was verified that there was no drainage network overload. In the second change with a return period of 200 years, there was a flood in points of the urban drainage network causing an overload. Finally, in this paper understand that a work was designed for a payback period of a maximum of 100 years.

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1 – Inundação da pista da Marginal Tiête – Ponte da Casa Verde	13
FIGURA 2 – Rua, guia e sarjeta	15
FIGURA 3 – Boca de lobo	16
FIGURA 4 – Local de acesso ao poço de vista	16
FIGURA 5 – Tubo de conexão	17
FIGURA 6 – Galerias Pluviais	18
FIGURA 7 – Dissipador de energia	18
FIGURA 8 – Ciclo Hidrológico	21
FIGURA 9 – Delimitação da bacia de contribuição	22
FIGURA 10 – Pluviômetro	23
FIGURA 11 – Equação de chuva intensa no Estado de São Paulo	25
FIGURA 12 – Representação de uma pequena bacia de contribuição	26
FIGURA 13 – Relevo de uma bacia hidrográfica	28
FIGURA 14 – Área urbana de Sagres	34
FIGURA 15 – Divisão de Sub-bacias	35
FIGURA 16 – Área de estudo	36
FIGURA 17 – Perfil da cota do nível da água	39
FIGURA 18 – Perfil da cota do nível da água	39
FIGURA 19 – Perfil da cota do nível da água	40
FIGURA 20 – Perfil da cota do nível da água	40

LISTA DE TABELA

TABELA 1 – Determinação do coeficiente de escoamento superficial ou Runoff	24
TABELA 2 – Recomendações para valores de período de retorno	27
TABELA 3 – Elementos hidráulicos característicos de diferentes tipo de seções transversais	29
TABELA 4 – Valores máximos de velocidades em canais	30
TABELA 5 – Coeficiente de rugosidade de manning (n)	31
TABELA 6 – Sub-bacias	36
TABELA 7 – Poços de Visitas	37
TABELA 8 – Condutos	37
TABELA 9 – Pluviômetro	37
TABELA 10 – Dissipador	38

SUMÁRIO

1 TEMA	11
2 IMPACTO DA URBANIZAÇÃO, IMPERMEABILIDADE DO SOLO E INUNDAÇÃO	11
2.1 Impactos da urbanização	11
2.2 Impermeabilização do solo	11
2.3 Inundação	12
2.4 Drenagem urbana	13
2.4.1 Macro-drenagem	13
2.4.2 Micro-drenagem	14
2.4.3 Planejamento da drenagem urbana	19
2.4.4 Plano diretor de drenagem urbana	20
3 HIDROLOGIA	20
3.1 Bacia hidrográfica de contribuição	21
3.2 Pluviômetro	22
4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS PARA MÉTODOS DE CHUVA E VAZÃO	23
4.1 Método racional	23
4.1.1 Coeficiente de escoamento superficial ou runoff	24
4.1.2 Intensidade de precipitação	24
4.1.2.1 Tempo de concentração	26
4.1.2.2 Período de retorno	27
4.1.3 Área de drenagem	27
5 HIDRÁULICA	28
5.1 Dimensionamento hidráulico	28
5.2 Vazão de escoamento uniforme (Manning)	29
5.2.1 Declividade do trecho (m/m)	30
5.2.2 Coeficiente de rugosidade de Manning (n)	30
6 MODELAGEM COMPUTACIONAL	31
6.1 SWMM 5.0 – Storm Water Management Model	31
7 JUSTIFICATIVA	32
8 OBJETIVOS	32
8.1 Objetivo geral	32
8.2 Objetivo específico	33
9 METODOLOGIA	33
10 RESULTADOS FINAIS	34
10.1 Caracterização do município de estudo	34
10.2 Divisão em Sub-bacias	34
10.3 Utilizando o software SWMM	35
10.4 Simulação com período de retorno de 100 anos	38
10.5 Simulação com período de retorno de 200 anos	39
11 CONCLUSÃO	41
12 REFERÊNCIAS	42

1 TEMA

O trabalho será desenvolvido por meio de um programa computacional, encontrado gratuitamente na internet, programa denominado SWMM 5.0 (*Storm Water Management Model*), desenvolvido nos Estados Unidos, no Brasil encontra-se uma versão brasileira denominada Modelo de Gestão de Drenagem Urbana.

O programa será utilizado com a finalidade de mostrar o comportamento da água num determinado trecho da rede de drenagem urbana no município de Sagres.

2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO, IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO E INUNDAÇÃO

2.1 Impactos da urbanização

De acordo (TUCCI, 2005) o crescimento populacional acelerou-se na segunda metade do século XX, aliado a esse crescimento populacional pode-se observar o aumento da concentração de pessoas em pequenos espaços, ou seja, o aumento da densidade demográfica. Tal transformação gera uma demanda por recursos naturais e aumenta a ocorrência de impactos ambientais.

Com aumento populacional desordenado começou a acontecer situações prejudiciais ao ecossistema, como ocupação em área de várzeas onde podem ocorrer inundações, ocupação por área ribeirinha sem qualquer planejamento de uso e ocupação do solo.

No mesmo sentido, devido o aumento da população nas cidades por meio de pessoas vindo de áreas rurais e outras localidades, começou a afetar a infraestrutura no que se refere aos recursos hídricos: abastecimento, esgoto e águas pluviais.

2.2 Impermeabilização do solo

A impermeabilidade ocorre quando se impede a infiltração da água no solo, fazendo com que parte da água escoe superficialmente, tudo isso ocorre em função do crescimento das cidades, com a intensa urbanização não planejada e a

construção de ruas, calçadas, passeios públicos, estradas, telhados. São tipos de construções que diminuem drasticamente a infiltração da água de chuva.

Conforme Graciosa (2010) apud Martins (2012):

“fatores como capacidade e saturação do solo, grau de impermeabilização das superfícies e tipo de cobertura vegetal interferem diretamente na quantidade de chuva que irá infiltrar, bem como na parcela que irá chegar aos rios e em quanto tempo. Quanto mais impermeabilizada for a bacia devido a urbanização e cobertura de concreto e asfalto, maior será o volume de chuva escoado na superfície e menor o tempo de escoamento” (MARTINS, 2012. p. 22).

2.3 Inundação

Devido à problemática situação do avanço desenfreado da população e das cidades, os quais ocorrem sem um planejamento adequado do espaço, as populações de baixa renda terminam ocupando as áreas irregulares, como vertentes muito íngremes, fundo de vale e áreas de preservação permanente, ocasionando inundações em períodos chuvosos.

Segundo Henriques (2013) a inundação pode ocorrer com o imoderado aumento da população e da impermeabilização do solo, sendo assim diminui a absorção da água de chuvas pelo solo, também se constata a inundação quando a rede drenagem está obstruída ou executada de maneira que o projeto está mal dimensionado, fazendo com que essa rede passa a ser insuficiente para aquele trecho.

Nos locais que ocorrem inundações, a falta de infraestrutura é um dos fatores principais para má de drenagem urbana no local, causando inundações, como a que pode ser observada na figura 1.

Figura 1 – Inundação da pista da Marginal Tiête – Ponte da Casa Verde



Fonte: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/03/11/forte-chuva-em-sao-paulo-fotos.ghtml>: Acesso em 10 mar. de 2019

2.4 Drenagem Urbana

Conforme DAEE/CETESB (1980), a drenagem urbana tem uma função importante para o município e população, uma vez que o município tem uma imensa parte do solo impermeável em função da infraestrutura construída. A drenagem bem planejada pode diminuir custos e trazer benefícios ao município e população, ela é essencial, pois se trata de um sistema preventivo de inundações.

O sistema de drenagem urbana é classificado por meio de suas dimensões e elementos que estão diretamente ligados.

2.4.1 Macro-drenagem

O objetivo da macro-drenagem é minimizar os impactos nos cursos d'água que permeiam o município, tanto na área rural quanto urbana, a partir do uso e ocupação do solo desordenada, obras hidráulicas mal dimensionadas e falta de projeto.

“a macro-drenagem é a parte do sistema que recebe água coletada pelos sistemas da micro-drenagem, cuidando dos fundos de vales e à que interessa mais a área total da bacia, seu escoamento natural, sua ocupação, a cobertura vegetal, os fundos de vale e os cursos d'água

urbanos” (AZEVEDO NETTO, 2015 apud ALMEIDA, MASINI, MALTA, 2017, p.105).

Segundo Tucci (2005, p. 84), “*macro drenagem é o controle sobre os principais riachos urbanos*”.

Para (TUCCI 2005) a macro-drenagem a partir das intervenções em fundos de vales que coletam águas pluviais de áreas providas de microdrenagem ou não, buscando a partir das construções de canais para evitar as enchentes e encaminhar a água para seu ponto de lançamento.

De acordo DAEE/CETESB (1980) a macrodrenagem tem a finalidade de fazer o escoamento final das águas, visando melhorar o problema de erosão, assoreamento e inundação.

2.4.2 Microdrenagem

Microdrenagem é o início do sistema, a partir das edificações e lotes são feitas as instalações direcionando o escoamento das águas pluviais até as galerias de águas pluviais.

“a micro-drenagem é composta por diversos dispositivos estruturais, começando nas próprias edificações privadas, com os coletores pluviais que alimentam a rede pública de drenagem, juntamente com o escoamento resultante das áreas impermeáveis e até mesmo permeáveis quando houver excesso de precipitação” (BELLÉ, 2011. p. 15).

Microdrenagem em áreas urbanas, conta com a coleta e afastamento de águas pluviais através de sarjetas, boca de lobo e ruas, direcionada para galerias de águas pluviais até seu destino final que seria o lançamento em rio, lagos e oceanos.

Os principais elementos que compõem o sistema de microdrenagem são:

- **Ruas, guias e sarjetas** - de acordo DAEE/CETESB (1980), as ruas têm uma finalidade importante dentro da drenagem urbana, é através das ruas que ocorre o escoamento das águas pluviais para guias e sarjetas que passa a seguir um caminho até a boca de lobo mais próxima. A guia e sarjeta podem ser executadas de pedra ou concreto. A guia é colocada em

vias públicas e passeios e sua face superior no mesmo nível do passeio. A sarjeta fica paralela ao meio fio, com uma calha que recebe águas pluviais, sua declividade tem que ser paralela à direção do escoamento direcionando a água para boca de lobo, conforme figura 2 a seguir.

Figura 2 – Rua, guia e sarjeta



Fonte: O Autor

- **Bocas de Lobo** - segundo DAEE/CETESB (1980), a boca de lobo tem um papel importante, sua finalidade é receber as águas que escoam pelas sarjetas e conduzi-las para as tubulações que fazem parte da galeria de águas pluviais. Para realizar a execução da boca de lobo, verifica-se através de estudo o ponto onde ocorre descarga da chuva conduzida pela sarjeta. A boca de lobo pode ser de três tipos, boca de lobo simples, boca de lobo dupla e boca de lobo tripla, contendo um gradil para ter certa segurança no seu vão onde entra água. Podemos verificar na figura 3 o modelo de boca de lobo simples.

Figura 3 – Boca de lobo



Fonte: O Autor

- **Poços de Visitas** – sua base é executada de concreto ou alvenaria, sua parede feita de alvenaria e sua função é unir dois trechos consecutivos de uma galeria de águas pluviais, recebendo o tubo de conexão da boca de lobo. É recomendado que a distância de ligação entre dois poços de visitas não ultrapasse 100 m, dessa forma possibilita a limpeza do trecho. Segundo Filho (2007, p. 51), *“os poços de vista são instalado nas mudanças de direção, de declividade, de diâmetro e servem para inspeção e limpeza das canalizações”*, conforme figura 4 a seguir.

Figura 4 – Local de acesso ao poço de visita



Fonte: O Autor

- **Tubos de Conexão** - de acordo DAEE/CETESB (1980), os tubos são interligados a partir da boca de lobo até um poço de visita, deve ser realizado um levantamento hidráulico, garantindo que a boca de lobo receba a água e não aconteça seu afogamento. O diâmetro mínimo para os tubos de conexão é de 30 cm, com declividade mínima de 1%. Podemos verificar a execução de um tubo de conexão na figura 5 a seguir.

Figura 5 – Tubo de Conexão



Fonte: O Autor

- **Galerias pluviais** – Segundo DAEE/CETESB (1980), é o conduto com a finalidade de fazer o transporte da água pluvial entre o ponto onde ocorre a captação até o ponto onde será despejado. Um dos fatores importante na execução do projeto são os tubos, mesmo que a boca de lobo seja projetada de maneira correta, o tubo poderá ficar afogado caso não seja bem projetado, para que não ocorra o afogamento do tubo deve levar em consideração o estudo hidrológico do local. Conforme (BELLÉ, 2011 apud TUCCI, 2013), sistema de galerias pluviais são canalizações com a finalidade de escoar águas pluviais recebidas pela ligação com da boca de lobo, poço de visita, tubo de conexão, conforme a figura 6 seguir.

Figura 6 – Galerias Pluviais



Fonte: O Autor

- **Dissipador de energia** - este tipo de estrutura feita de concreto ou gabião tem a finalidade de fazer com que água desacelere quando for lançada ao corpo hídrico não provocando erosões a jusante. Segundo Diretoria de Planejamento e Pesquisa/IPR (2004), dissipador de energia tem a finalidade de promover a redução da velocidade de escoamento, reduzindo a possibilidade de erosão que por ventura poderia acontecer no local de lançamento. Uma estrutura utilizada como dissipador de energia pode ser executado com placa de concreto, gabião ou laje de concreto armado em alguns casos utiliza-se rachão junto com a laje para reduzir a velocidade da água. Podemos verificar um dos modelos de dissipador de energia na figura 7 a seguir.

Figura 7 – Dissipador de energia



Fonte: O Autor

2.4.3 Planejamento da drenagem urbana

Conforme DAEE/CETESB (1980), para que aconteça a melhoria dentro do planejamento de obra de drenagem urbana, devem ter uma atenção maior nas obras ligadas diretamente a microdrenagem e macrodrenagem.

A microdrenagem é a parte da drenagem onde tudo começa, através dos pavimentos que a compõem com as ruas, guias, sarjetas, boca de lobo, poço de visita, tubo de conexão, tem a finalidade de escoar água até o ponto de lançamento.

A macrodrenagem é a parte da drenagem onde é feito o escoamento da água com a finalidade de diminuir os problemas de erosões, inundações e enchentes, compõem a macro-drenagem canais naturais, reservatórios, dentre outros.

Uma das principais vantagens do planejamento na drenagem urbana é conseguir obter melhor resultado na execução e menor custo. Alguns fatores que podem ser primordiais dentro do planejamento da drenagem urbana a partir do início do projeto até execução da obra, podemos citar o seguinte:

- Delimitação da Bacia de contribuição
- Determinação da vazão de projeto, para um pré-dimensionamento dos canais, galerias e demais obras.
- Cartas topográficas para analisar o comportamento da água de chuva, através de seu escoamento.
- Levantamento por parte da engenharia para implantação da rede de drenagem
- A partir do levantamento da obra até sua execução pode-se verificar os custos.
- A partir do levantamento, levar em consideração as outras obras de serviços públicos localizadas no subterrâneo onde será executada a obra.
- Levantamento considerando os aspectos urbanísticos, sociais, legais e ambientais, para iniciar a implantação do sistema.
- Apresentação da alternativa escolhida por parte da empresa responsável pelo projeto.
- A partir do levantamento, apresentar o projeto contendo todos os detalhes do sistema de drenagem, demonstrando através de relatório dados da

bacia de contribuição, dados pluviométricos, estudos hidrológicos, período de retorno, cálculo de vazão do projeto e considerações ambientais,

- Apresentação de plantas e perfis do sistema de drenagem com escala 1:500 a 1:5000, contendo todos os dados necessários para execução obra como curvas de nível detalhada, declividade das ruas e interferências com outras obras.

2.4.4 Plano Diretor de drenagem urbana

Segundo DAEE/CETESB (1980), o plano diretor é importante, pois através do plano pode-se ter o conhecimento das obras que serão executadas e o prazo para execução, o levantamento é de suma importância para a administração do município e demais interessados no empreendimento.

O plano não deve ser baseado exclusivamente em projetos hidráulicos, mas também em critérios ambientais, sociais e econômicos. Um fator essencial é a integração entre os planos do município.

Conforme Tucci (2005), o objetivo do plano diretor de drenagem urbana é criar mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, com a finalidade de melhorias na saúde populacional, evitar perdas econômicas, preservar o meio ambiente.

Para Tucci (2005, p.188) suas metas são as seguintes:

- Planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana, compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais.
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação por meio de regulamentação.
- Preparar para a convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

3 HIDROLOGIA

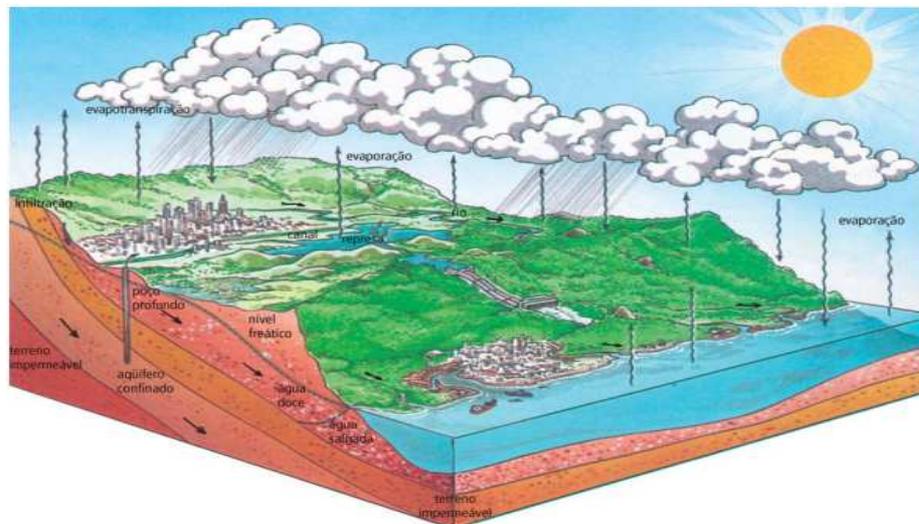
Para Tucci (2001) a hidrologia é:

“a hidrologia é a ciência que trata da água na terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua

reação com meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas” (Definição do *U.S Federal Council of Service and Technology*, citada por CHOW, 1959, apud TUCCI, 2001. p. 25).

Para entender melhor o comportamento das águas de chuvas, é necessário um estudo dos elementos que envolvem a hidrologia, a figura 8 a seguir demonstra o funcionamento e os principais componentes do ciclo hidrológico.

Figura 8 – Ciclo Hidrológico



Fonte: Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 – DAEE

3.1 Bacia hidrográfica de contribuição

Conforme DAEE (2008) a bacia hidrográfica de contribuição é onde ocorre a precipitação que por sua vez, faz que parte ou toda água esco superficial ou subsuperficialmente até o local de saída. Os limites de uma bacia são definidos pelos divisores de água ou espigões que separa da bacia vizinha.

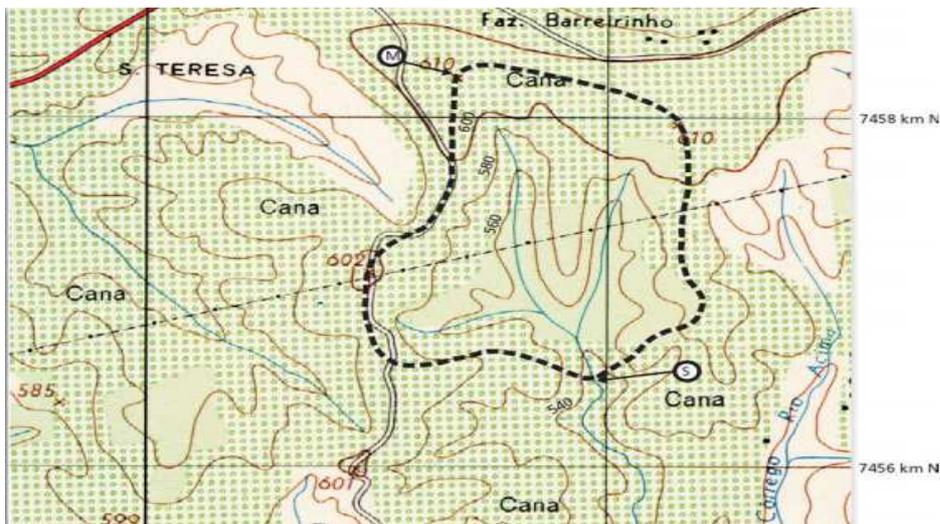
Define-se área da bacia de contribuição, através dos conhecidos pontos críticos, através desse levantamento utilizou-se os dados para estudos hidrológicos e conseqüentemente obter vazão de cheia do ponto em análise, vazão de projeto e demais informações necessárias para realizar o dimensionamento correto da obra.

De acordo com DAEE (2008):

“a linha do divisor de águas que delimita a bacia hidrográfica pode ser definida como a que separa as águas pluviais entre duas vertentes. Numa carta topográfica, é a linha imaginária que passa pelos pontos altos e cotados, que corta perpendicularmente as curvas do nível e não cruza nenhum curso d’ água, a não ser na seção que o delimita de jusante da bacia de contribuição” (DAEE, 2008. p. 12).

A partir da bacia a ser estudada, pode-se delimitar as sub-bacias a montante do ponto de lançamento. Conforme Gribbin (2014), após traçada a bacia hidrográfica e verificar seu tamanho, deve-se dividir a mesma em sub-bacias, mostrando o comportamento da água até o local onde a mesma será lançada. Podemos verificar na figura 9 a linha preta tracejada, a qual delimita uma bacia de contribuição.

Figura 9 - Delimitação da bacia de contribuição

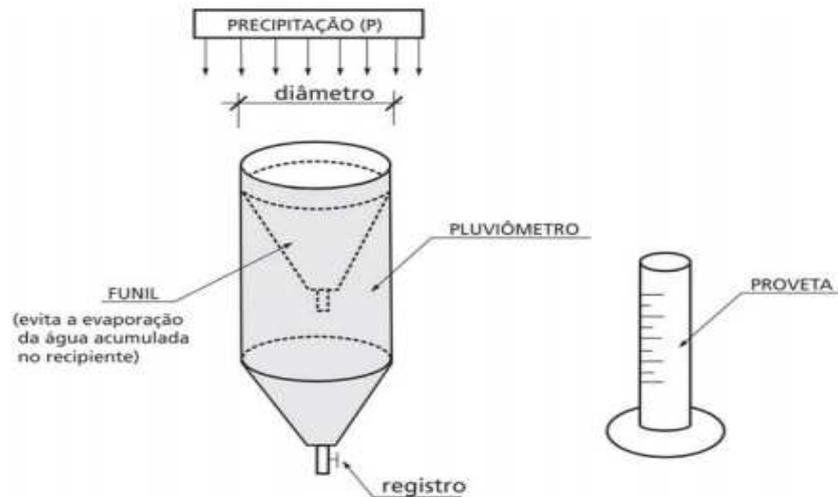


Fonte: Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 – DAEE

3.2 Pluviômetro

Segundo Botelho (2017), o pluviômetro tem a função de medir na totalidade a precipitação pela leitura do nível do líquido em um frasco graduado. A leitura deve ser feita uma vez ao dia por volta de 7 horas da manhã feita em mm/dia uma vez que está sendo analisada a precipitação de 24 horas, leitura essa que deve ser feita diariamente garantindo a consistência e confiabilidade das informações. Podemos verificar na figura 10 o modelo de pluviômetro.

Figura 10 – Pluviômetro



Fonte: Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 – DAEE

4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS PARA MÉTODOS DE CHUVA E VAZÃO

Conforme DAEE (2008) o levantamento hidrológico tem um papel muito importante na hora de realizar um projeto e também a construção do sistema de drenagem, através do estudo podemos obter um resultado positivo para que o dimensionamento seja executado de forma correta e assim cumprir sua função.

“a modelagem hidrológica integra os procedimentos metodológicos de quantificação de escoamento na bacia a partir da precipitação máxima, associada a uma probabilidade de ocorrência. Assim, modelos matemáticos do tipo chuva-vazão simulam os processos de escoamento na bacia, podendo ser usados em projeto de estruturas, na estimativa do nível de enchente ou avaliação do impacto da urbanização sobre a drenagem” (RIGHETTO, 2009. p. 57).

De acordo (DAEE/CETESB, 1980), para galerias de águas pluviais existem alguns métodos de análise para escoamento superficial, para bacias que tenham até 2 km², utiliza-se o método racional.

4.1 Método Racional

Conforme DAEE (1994), o método racional passou a ser utilizado em vários países, por volta de 1889, o Estados Unidos foi o primeiro país a utilizar esse

método. Utiliza-se o método racional para projetos de drenagem urbana com área da bacia de até 2 km².

O método Racional pode ser expresso pela seguinte fórmula:

$$Q = 166,67 \cdot C \cdot i \cdot AD$$

Onde:

Q = vazão de enchente (m³/s).

C = coeficiente de escoamento superficial (runoff).

i = intensidade de precipitação (mm/min).

AD = área de drenagem (há).

4.1.1 Coeficiente de escoamento superficial ou *Runoff*

Conforme DAEE (2008), o coeficiente de escoamento superficial base em características da bacia em análise, avaliando seu grau de urbanização ou impermeabilização, onde podemos adotar um coeficiente único de escoamento superficial. Para adotar o valor no qual será utilizado como escoamento, analisa-se a possibilidade da infiltração da água no solo ou de ficar retida pela vegetação, chegando ao valor de *runoff*, conforme tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Determinação do coeficiente de escoamento superficial ou *Runoff*

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES DE C	
	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

Fonte: Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 – DAEE

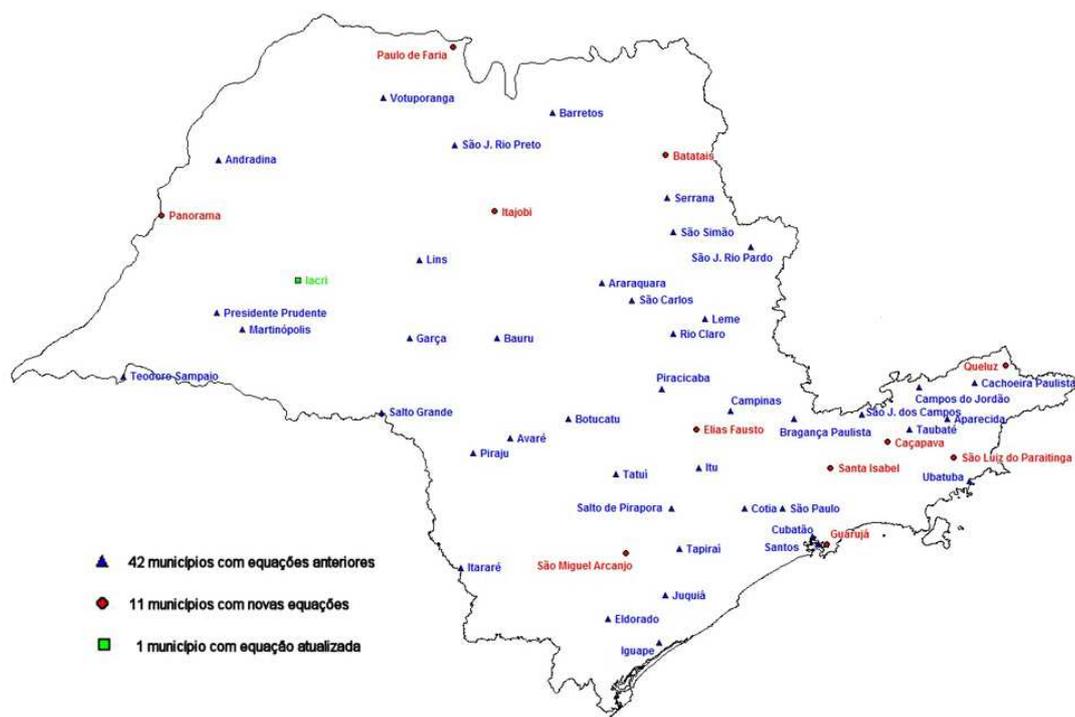
4.1.2 Intensidade de precipitação

“as estimativas de intensidade de precipitações são feitas pela análise estatística da série de dados pluviométricos relativos a região de estudo. Dados referentes a longos períodos permitem que se considere frequência como probabilidade, levando ao traçado de curvas I-D-F, que representam

as três características fundamentais das precipitações, intensidade, duração e frequência” (DAEE, 2008. p. 18).

Conforme Junior (2014), uma equipe do CTH (Centro Tecnológico de Hidráulica), localizado na USP (Universidade de São Paulo), apresentou a equação de precipitações intensas no Estado de São Paulo, com a finalidade de ser utilizada para galerias de águas pluviais, bueiros e outros. Para o levantamento utilizou-se estudo realizados em postos pluviométricos, onde 42 municípios estão com equações anteriores, 11 municípios com novas equações e 1 município com equação atualizada, conforme consta na figura 11 a seguir.

Figura 11 – Equação de chuva intensa no Estado de São Paulo



Fonte: www.dae.sp.gov.br Acesso em 20/04/2019

Segundo DAEE/CTH (2018), existem várias equações de chuvas intensas, para o estudo a ser realizado será utilizada a equação da cidade de Martinópolis, posto Laranja Doce – D8-041R/ DAEE, ver equação a seguir:

$$i_{t,T} = 41,59 (t + 30)^{-0,8905} + 25,90 (t + 50)^{-1,002} \cdot [-0,4810 - 0,8920 \ln(\ln(T/T-1))]$$

Onde:

i = intensidade da chuva, para duração *t* e período de retorno *T*, em mm/mm

t = duração da chuva ou tempo de concentração (min).

T = período de retorno (anos).

4.1.2.1 Tempo de concentração

Conforme DAEE (2008), o Tempo de concentração é o tempo que uma gota de chuva que caiu no ponto mais distante da bacia, demora para chegar ao ponto de estudo. Para obtenção do tempo de concentração existem vários métodos, utilizou-se o método *Califórnia Culverts Practice* recomendado por (TUCCI, 1993 apud DAEE, 2008).

$$T_c = 57 \cdot (L^3/\Delta h)^{0,385}$$

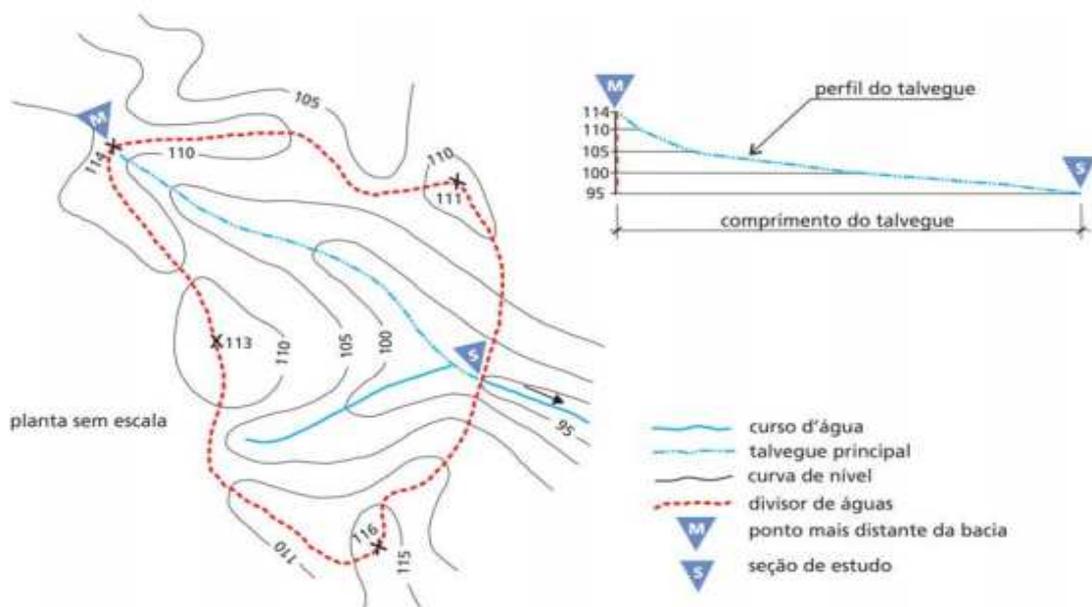
Onde:

T_c = tempo de concentração (min)

L = comprimento do talvegue do curso d'água (km)

Δh = desnível do talvegue entre a seção e o ponto mais distante da bacia (m)

Figura 12 - Representação de uma pequena bacia de contribuição



Fonte: Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 - DAEE

4.1.2.2 Período de retorno

O período de retorno tem uma função muito importante para estruturas hidráulicas, determina o tempo médio em que uma precipitação pode ultrapassar pelo menos uma vez durante determinado período, proporcionando o grau de segurança ligada ao local a ser protegido.

De acordo com DAEE (2008), utiliza-se o período de retorno na fase de dimensionamento de obra hidráulica, obtendo o período que determinada à chuva ou vazão que venha ser igual ou ultrapassar num ano qualquer e poderá refletir no dimensionamento da obra. Para galerias de águas pluviais o período de retorno varia de 2 a 10 anos, baseado no tipo de ocupação do local.

Segundo DAEE (1994), o período de retorno representa até que ponto o responsável técnico pelo projeto pretende assumir o risco na execução, baseado em estudos hidrológicos determinam qual o período de retorno a ser utilizado, conforme discriminado na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Recomendações para valores de período de retorno

OBRAS DE MICRO DRENAGEM	TIPO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	T (ANOS)
Galeria e Ruas	Residencial	2
	Comercial, Edif. Público	5
	Comercial, Alta Valorização	5 a 10
OBRAS DE MACRO DRENAGEM	TIPO DE REVESTIMENTO	T (ANOS)
Canal a céu aberto	Terra Gabião Pedra Argamassada Rachão	50
	Concreto	100
Pontes, Bueiros e Estrutura Afins	Concreto	100
Canal em galeria	Concreto	100
Diques marginais (em áreas urbanas)	Concreto	100

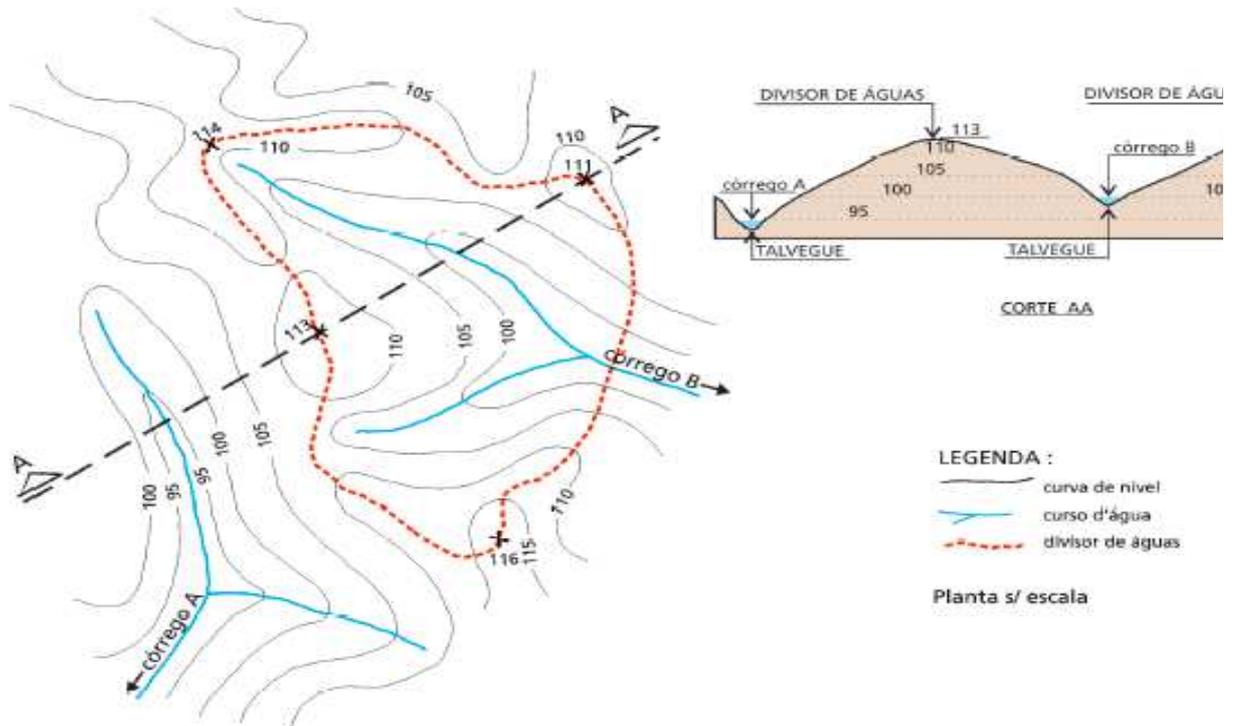
Fonte: DAEE, 1994

4.1.3 Área de drenagem

“área da bacia hidrográfica, ou área de contribuição, é a região de captação natural de água de precipitação que faz convergir os escoamentos superficiais e subterrâneos para um único ponto de saída” (DAEE, 2008. p. 12).

Conforme DAEE (2008) a área de drenagem é expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²). Através de carta topográfica delimita a bacia hidrográfica que por sua vez possuem linhas utilizadas como divisores de águas que tem a função de separar em duas vertentes a água pluvial, conforme figura 13 a seguir.

Figura 13 – Relevo de uma bacia hidrográfica



Fonte – Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 – DAEE

5 HIDRÁULICA

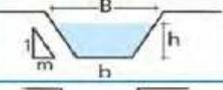
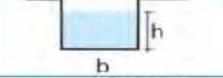
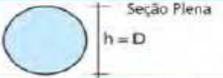
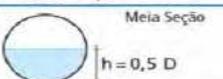
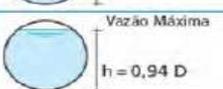
Após obter os cálculos hidrológicos e os dados da bacia de contribuição, podem-se dimensionar as obras hidráulicas. São várias as obras que estão sujeitas a necessidade de cálculos hidrológicos, para esse caso a obra a ser trabalhada é de galeria de águas pluviais.

5.1 Dimensionamento hidráulico

O dimensionamento hidráulico tem como objetivo através da estrutura projetada, permitir a passagem da vazão de cheia da bacia à jusante e assim conseguir segurança para o local onde será realizado o estudo. Para a realização do

dimensionamento, existem alguns elementos hidráulicos que devem ser levados em consideração, conforme observados na tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Elementos hidráulicos característicos de diferentes tipos de seções transversais

Geometria da Seção	Área Molhada (A_m)	Perímetro Molhado (P_m)	Raio Hidráulico (R_h)	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b+2h}$	b
 Seção Plena $h = D$	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	---
 Meia Seção $h = 0,5 D$	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	---
 Vazão Máxima $h = 0,94 D$	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	---

Fonte: Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 – DAEE

5.2 Vazão de escoamento uniforme (*mannig*)

Através da equação de *mannig* e a equação da continuidade, surgiu a equação de escoamento uniforme, ver equações a seguir:

Equação de *mannig*.

$$V = (1/n) \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde:

V = velocidade de escoamento (m/s)

n = coeficiente de rugosidade *mannig*

i = declividade média (m/m)

R_h = raio hidráulico

Equação da continuidade

$$Q = V \cdot A_m$$

Onde:

Q = vazão (m³/s)

V = velocidade média (m/s)

A_m = área molhada (m²)

Para dimensionamento de projetos de drenagem, utiliza-se a seguinte equação de vazão de escoamento uniforme (*manning*):

$$Q = (1/n) \cdot A_m \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde:

Q – Vazão de escoamento (m^{3/s})

n – coeficiente de rugosidade *manning*

A_m – área molhada (m²)

R_h – raio hidráulico

I – declividade do trecho (m/m)

5.2.1 Declividade do trecho (m/m)

Pode-se evitar desgaste ou outros problemas em canal, respeitando as velocidades máximas de cada revestimento. Conforme DAEE (2008) existem alguns valores já estipulado para a velocidade máxima permitida de alguns tipos de revestimentos, conforme tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Valores máximos de velocidades em canais.

REVESTIMENTO	V _{máx} (m/s)
Terra	1,5
Gabião	2,5
Pedra argamassada	3,0
Concreto	4,0

Fonte: Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 – DAEE

5.2.2 Coeficiente de Rugosidade de *Manning* (n)

De acordo DAEE (2008), o coeficiente de rugosidade de *manning* pode ser utilizado em projeto, obtido através de tabela, pode-se utilizar o valor determinado para cada tipo de revestimento na equação, conforme tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Coeficiente de rugosidade de *manning* (n)

REVESTIMENTO	n
Terra	0,035
Rachão	0,035
Gabião	0,028
Pedra argamassada	0,025
Aço corrugado	0,024
Concreto ⁶	0,018

Fonte: Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2008 – DAEE

6 MODELAGEM COMPUTACIONAL

A modelagem computacional utilizada para o estudo foi o software SWMM, através da ferramenta conclui-se que o mesmo apresenta boa visualização, funcionalidade, apresentação dos resultados, gráficos, dentre outros.

O software é utilizado em simulação de escoamento superficial em área urbana, empregado para modelar a quantidade e a qualidade do escoamento da chuva, tornando a modelagem computacional uma ferramenta útil para o profissional na hora de elaborar o projeto de drenagem.

“proporciona um ambiente integrado, que permite a entrada de dados para a área de estudo, simular o comportamento hidrológico, hidráulico, estimar a qualidade da água e visualizar os resultados da modelagem em uma grande variedade de formatos” (ROSSMAN, 2010. p. 8).

6.1 SWMM 5.0 - *Storm Water Management Model*

O programa é utilizado para estudo de drenagem para águas pluviais, onde será estudado o dimensionamento da rede de drenagem para controle de inundação, auxiliando no planejamento, análise de projetos de escoamento superficial das águas pluviais e através dos gráficos mostrar seu comportamento na rede de drenagem em análise.

Atualmente o programa está disponível gratuitamente na internet com a versão atualizada SWMM 5.0, encontra-se também o manual do usuário disponível.

Segundo Rossman (2010), o SWMM 5.0 (*Storm Water Management Model*, ou Modelo de Gestão de Drenagem Urbana, em português) é um programa que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, utilizado em áreas urbanas, mostra o escoamento da água dentro do conjunto da drenagem, através das tubulações e dispositivos de armazenamento, por exemplo. O SWMM 5.0 mostra o escoamento da sub-bacia que recebem precipitação, informando a vazão, altura de escoamento em determinados intervalos de tempo.

De acordo Rossman (2010), a última atualização ocorreu em 21/04/2011, através do *National Risk Management Research Laboratory* (Laboratório Nacional de Gestão de Riscos) dos EUA, pertencente à Agência para Proteção do Meio Ambiente (EPA).

7 JUSTIFICATIVA

Partindo do princípio de que hoje ocorre o crescimento das cidades e aumento da impermeabilização, com conseqüente diminuição da infiltração da água no solo e outro ponto importante são os eventos hidrológicos que ocorrem causando grandes impactos. É possível observar a importância do sistema de drenagem urbana, quando ocorrem eventos hidrológicos de grande proporção, onde o sistema garante uma segurança e economia.

Para que não ocorram grandes transtornos na cidade, afetando diretamente a vida das pessoas e prejuízos financeiros para cidade, devem-se utilizar métodos de prevenção para garantir uma melhor segurança, quando se fala de águas pluviais.

8 OBJETIVOS

8.1 Objetivo geral

Apresentar estudo simulando o escoamento superficial dentro da sub-bacia estudada no município de Sagres e analisar percurso e o comportamento da água dentro da rede de drenagem.

Gerar gráficos mostrando o comportamento da água, com o objetivo de contribuir para a identificação de problemas de mau dimensionamento e possíveis casos de inundações.

8.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos consistem em:

- Trabalhar com informações sobre o programa SWMM;
- Utilizar o programa SWMM e verificar seu comportamento na sub-bacia e seu comportamento na simulação de uma rede de drenagem;
- Verificar através da área de estudo o comportamento da água dentro da rede de drenagem;
- Utilizando o SWMM, mostrar através de gráficos como água se comporta;

9 METODOLOGIA

Para realização do trabalho foram feitas as seguintes etapas:

- Utilização de um programa computacional – SWMM 5.0 que é um modelo de gestão de drenagem urbana com a finalidade de auxiliar no gerenciamento operacional do sistema de drenagem urbana.
- Utilização de livros, manual do próprio programa, trabalhos acadêmicos para melhor apresentação do estudo proposto.
- Escolha do local a ser estudada a galeria de águas pluviais, localizado no município de Sagres.
- Alimentar o programa com dados obtidos a partir dos estudos realizados.
- Apresentar a rede de drenagem dividida em sub-bacias e demais componentes do sistema de drenagem pluvial como: pluviômetro, poços de visitas, tubulação, dissipador.
- Gerar gráficos mostrando o comportamento da água dentro da rede de drenagem em intervalos de tempos.
- Concluir através dos dados apresentados pelo programa SWMM 5.0, a conduta d'água dentro da área de drenagem em estudo e simular seu comportamento hidrológico e hidráulico, mostrado através de gráficos como a

água vai atuar, e assim verificar se a rede de drenagem em estudo está dimensionada de forma correta.

10 RESULTADOS FINAIS

Para o presente trabalho utilizou-se o programa SWMM – modelagem de drenagem urbana e dados do ponto de estudo localizado no município de Sagres.

Para realizar o trabalho solicitou junto ao município de Sagres alguns dados necessários para realizar o trabalho.

Simular o comportamento da água dentro da galeria de águas pluviais com período de retorno entre 100 e 200 anos.

10.1 Caracterização do município de estudo

Conforme consta no IBGE verificou-se que o município de Sagres tem uma área territorial de 147.935km² e sua população estimada é de 2.432 pessoas.

Com a implantação da galeria de água pluvial parte da população do município será beneficiada.

Figura 14 – Área urbana de Sagres



Fonte: Google earth

10.2 Divisão em Sub-bacias

A área em estudo foi dividida em sub-bacia, para mostrar a evolução da quantidade do escoamento e altura de escoamento em cada tubulação, composto por vários intervalos de tempo, através do software SWMM.

O estudo foi realizado no trecho de galeria do município de Sagres onde foi dividida em 4 sub-bacias, localizada na rua Professor Reinaldo de Araujo.

O Afluente do córrego lambari ou do Luis Rodolfo é o local onde será implantado o dissipador de energia para desaguar a água pluvial do ponto de estudo.

Figura 15 – Divisão em sub-bacias



Fonte: O autor

10.3 Utilizando o Software SWMM

Para a realização do estudo foi necessário o levantamento de dados como visitas in loco, carta topográfica, planialtimetria, análise de documentos, dentre outros dados.

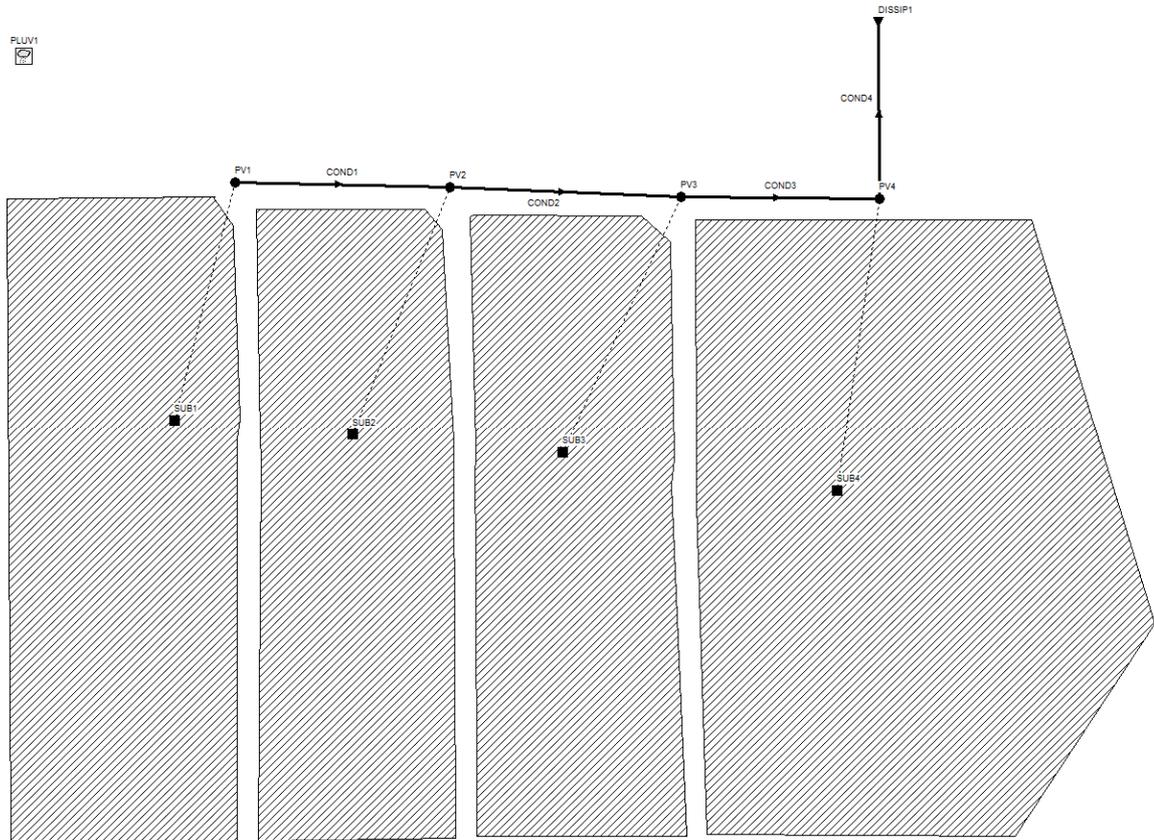
A seção para estudo é circular com tubo com diâmetros de 1,0 metros, 1,2 metros e 1,5 metros.

Com todos os dados em mão começou a realizar o estudo, discretizou-se a área de estudo em 4 sub-bacias e informou-se os 4 trechos dos condutores, 4 PV e 1 dissipador, conforme figura 16.

Nomeou-se a sub-bacia em sub, coletores em conduto, nós em PV, exutório em Dissip 1 e Pluviômetro em Pluv, conforme figura 16.

O PV será ligado com condutor e assim sucessivamente, todos ligados até o dissipador de saída.

Figura 16 – Área de estudo



Fonte: O autor

Os dados coletados para cada sub-bacia, PV, conduto, dissipador e pluviômetro foram inseridos no software SWMM.

Para cada sub-bacia coletou-se os dados e informou, conforme tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Sub-bacias

	Sub-bacia1	Sub-bacia2	Sub-bacia3	Sub-bacia4
Área (ha)	5000	4200	3900	10.100
% declividade	0.5	0.5	0.5	0.5
% área impermeável	70	60	60	70
% área permeável	30	40	40	30
n-manning-impermeável	0.011	0.011	0.011	0.011
n-manning-permeável	0.13	0.13	0.13	0.13
Propag. Escoamento	outlet	outlet	outlet	outlet

Fonte: O Autor

A tabela 7 demonstra os dados coletados para os PV.

Tabela 7 - Poços de Visitas

	PV1	PV2	PV3	PV4
Cota do radier (m)	12	8.3	6	2.1
Profundidade max. (m)	2	3	4	5
Largura da base (m)	2	2	2	2
Comprimento da base (m)	2	2	2	2

Fonte: O Autor

Para os condutos informou os dados, conforme tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Condutos

	Cond. 1	Cond. 2	Cond. 3	Cond.4
Diâmetro (m)	1	1.2	1.2	1.5
Comprimento (m)	108	118	110	110
n-manning	0.013	0.013	0.013	0.013
Offset saída (m)	0.3	0.3	0.3	0.3
Formato	circular	circular	circular	circular

Fonte: O Autor

Os dados pluviométricos foram selecionados a partir da fórmula de intensidade, duração e frequência - IDF de chuva de Martinópolis, sendo o ponto mais próximo da área de estudo.

Para realização do estudo ou simulação, optou-se pelo Período de Retorno de 100 e 200 anos, com intervalo de 15 em 15 minutos, durante 12 horas.

A tabela 9 demonstra os dados coletados para o pluviômetro.

Tabela 9 – Pluviômetro

	Pluv1
Intervalo de Precipitação (h/m)	1
Período de Retorno (anos)	100 e 200
Série Temporal (hr)	12

Fonte: O Autor

Para o dissipador de energia os dados coletados estão na tabela 10 a seguir.

Tabela 10 - Dissipador

	Dissip1
Cota do radier (m)	0.15
Largura (m)	3
Comprimento (m)	5,93
n-manning	0.013

Fonte: O Autor

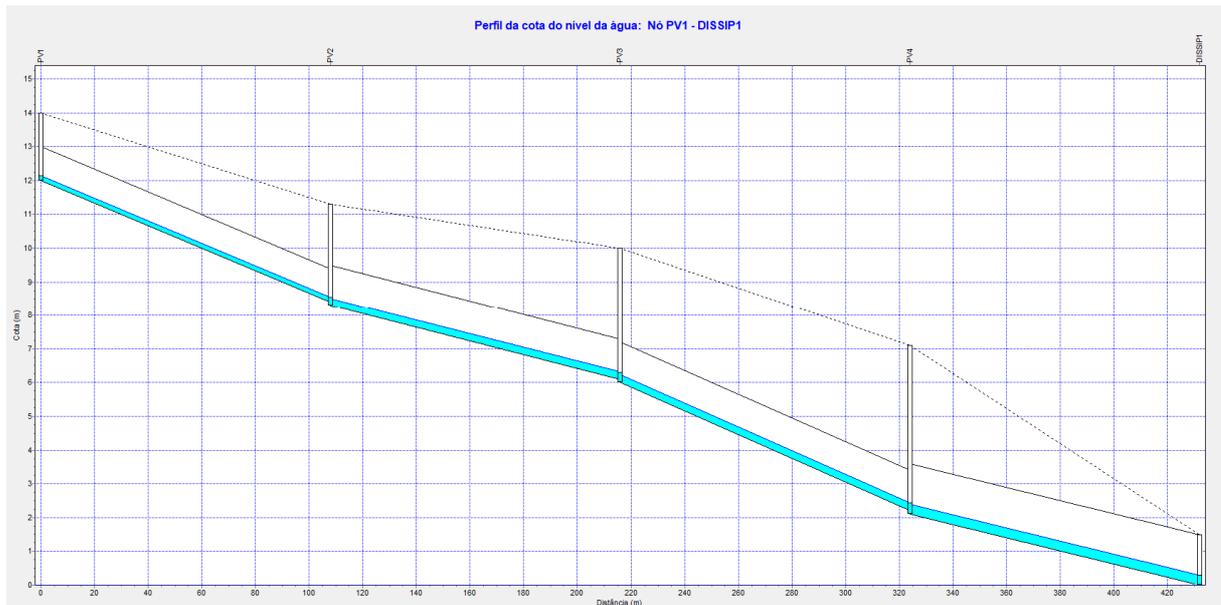
Após a inclusão de todos os dados no software SWMM, executou-se a simulação e analisou-se os perfis gerados pelo SWMM, o que permitiu observar o comportamento da água dentro da galeria de águas pluviais estudada. Através do Período de Retorno de 100 e 200 anos.

10.4 Simulação com período de retorno de 100 anos

No primeiro perfil do nível da água foi utilizado o Período de Retorno de 100 anos entre PV1 até o Dissip11, com intervalo de 15 em 15 minutos e verificou-se que por volta de 10 horas e 15 minutos de análise começou surgir o acúmulo de água na galeria, após 11:00 horas de análise a água estabilizou-se e não aconteceu a sobrecarga na rede de drenagem.

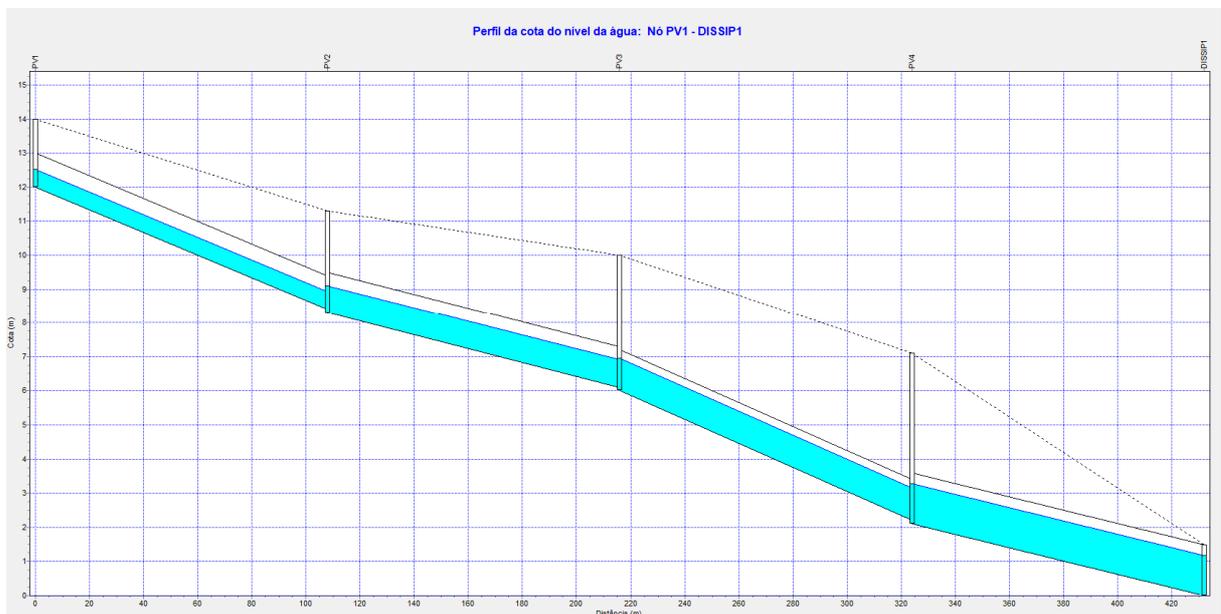
A água é representada no perfil sempre que aparece a linha azul nas seções.

Figura 17 - Perfil da cota do nível da água



Fonte: Modelagem de Gestão de Drenagem Urbana, versão atualizada em 11/04/2012

Figura 18 - Perfil da cota do nível da água



Fonte: Modelagem de Gestão de Drenagem Urbana, versão atualizada em 11/04/2012

10.5 Simulação com período de retorno de 200 anos

Após a realização do primeiro estudo, foi realizado outro perfil de nível da água com Período de Retorno de 200 anos entre PV1 até o Dissip1, com intervalo de 15 em 15 minutos e verificou-se que por volta de 10 horas e 15 minutos

de análise começou surgir o acumulo de água na galeria, após 11:00 horas de análise, observa-se que houve sobrecarga no PV 3, 4.

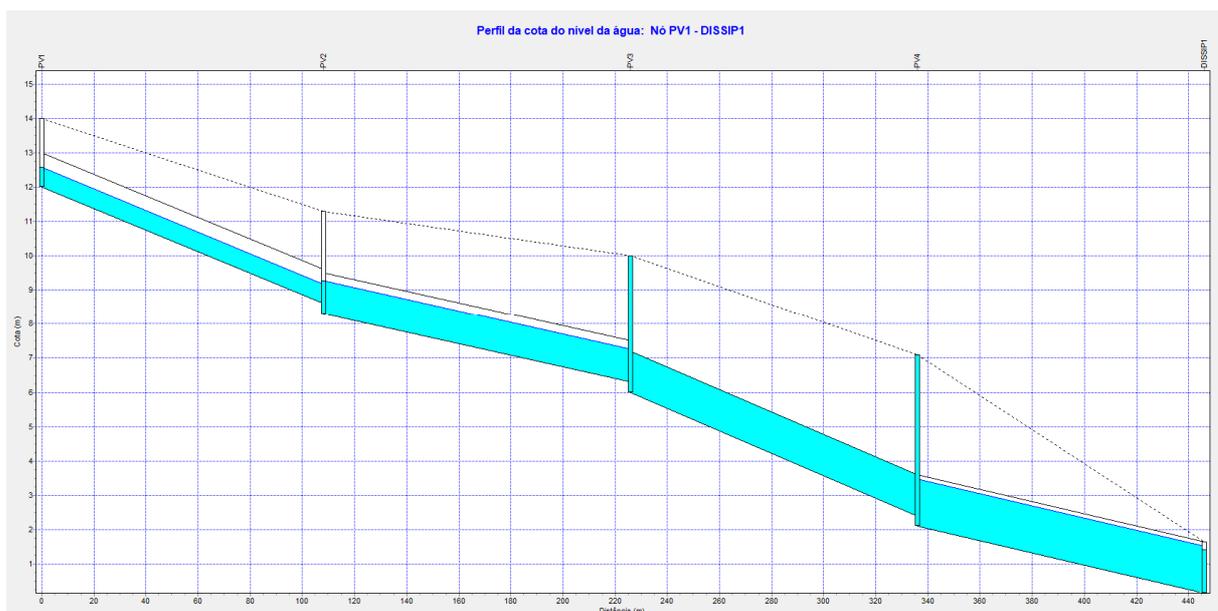
Verificou-se que a sobrecarga ocorreu também no conduto 3, essa sobrecarga ocorre quando a água ultrapassa a geratriz superior do conduto, podendo ocorrer a inundação, conforme figuras:

Figura 19 - Perfil da cota do nível da água



Fonte: Modelagem de Gestão de Drenagem Urbana, versão atualizada em 11/04/2012

Figura 20 - Perfil da cota do nível da água



Fonte: Modelagem de Gestão de Drenagem Urbana, versão atualizada em 11/04/2012

11 CONCLUSÃO

Este trabalho foi realizado através de um trecho de galeria de águas pluviais, localizado no município de Sagres.

Simulando o comportamento da água dentro da galeria de águas pluviais com diferentes períodos de retornos.

Foi realizado levantamento in loco da área de estudo, e informações junto a prefeitura de alguns levantamentos, na sequência foi feito a inserção dos dados no Software SWMM.

Realizou-se a simulação do primeiro estudo, com os dados coletados, utilizando o período de retorno de 100 anos.

Obteve-se resultado satisfatório, o simulador não acusou nenhuma inundação.

Para a realização da segunda simulação, utilizou-se o período de retorno de 200 anos.

Verificou-se que o simulador acusou inundações no PV 3,4 e Disspi1, Conduto 3 e 4.

O local de estudo, quando foi executado seu projeto foi feito através de um período de retorno de 100 anos, verificou-se que é uma galeria satisfatória de acordo com seu levantamento suprimindo a necessidade para a população que reside próxima dela e não ocorrendo inundação.

12 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. H. T. D.; MASINI L. S.; MALTA L. R. S. **Hidrologia e drenagem**. Editora e distribuidora educacional S.A. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/40466280/livro-u1-hidrologia-e-drenagem> Acesso em 07 mar. 2019.
- BELLÉ, Joana Pernoff. **Avaliação da eficácia do sistema de drenagem urbana estudo de caso: Ijuí- RS**, 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de Chuva Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**. Quarta edição revista e ampliada Disponível em: https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_829bf8f9534244 Acesso em 07 abr. 2019.
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo – SP**. Disponível: www.dae.sp.gov.br. Acesso em 19 abr. 2019.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Drenagem – Dissipadores de Energia – Especificação de Serviço**, RJ, 2004. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNIT022_2004_ES.pdf : Acesso em 09 mar. 2019.
- ELETROBRAS, PROCEL, UFPB/FUNAPE. **EPA SWMM5. 0 – Modelagem de Gestão de Drenagem Urbana**: manual do usuário, 2012. (série manual). Disponível em: http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/swmm/SWMM_2012.pdf: Acesso em: 09 mar. 2019.
- FILHO, Frederico Carlos Martins de Menezes. **Sistematização para projeto de galeria de águas pluviais: uma abordagem alternativa**, 2007. Dissertação (Mestrado em engenharia do meio ambiente) – Universidade Federal de Goiás Escol: a de Engenharia Civil. Disponível em: <https://livros01.livrosgratis.com.br/cp084772.pdf> Acesso em: 02 mar. 2019.
- GRIBBIN, John E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. Tradução, prefácio e notas: Andrea Pisan Soares Aguiar. 4. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- MARTINS, Bruna Natalina de Souza. **Estudo da fração de área permeável a ser preservada como medida de prevenção e defesa contra inundações aplicada á parte de montante da bacia do Gregório, São Carlos – SP. 2012**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em: [file:///C:/Users/Home/Downloads/Martins_Bruna%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Home/Downloads/Martins_Bruna%20(2).pdf): Acesso em 22 mar. 2019.

RIGHETTO, Antônio Marozzi. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf Acesso em 15 abr. 2019.

SÃO PAULO (ESTADO). Departamento de Água e Energia Elétrica. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental **Drenagem Urbana**: manual de projeto. segunda edição corrigida. São Paulo, DAEE/CETESB, 1980.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Estado de Saneamento e energia. Departamento de Água e Energia Elétrica. **Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas**. DAEE. terceira edição. São Paulo, 2008.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e obras. Departamento de Água e Energia Elétrica. **Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo**: São Paulo, 1994.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. obras. Departamento de Água e Energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. **Precipitações Intensas no Estado de São Paulo**: São Paulo, 2018. Disponível: <http://www.dae.sp.gov.br/hidrologia/pluvi/precipita%C3%A7%C3%B5esintensas2018.pdf>: Acesso em 25/04/2019.

SILVA, Rodrigo Gonçalves Ferreira. **Análise de Emissários da Galeria de Águas pluviais contribuintes do rio Km 119 na região central do município de Campo Mourão, Paraná. 2016**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7840/1/emissariosgaleriasaguaspluviais.pdf>: Acesso em 08 mar. 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades Global - Water Partnership –World Bank – Unesco, 2005. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>: Acesso em 07 mar. 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 Ed. 2. Reimpr. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH. 2001. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/17549062/-livro-hidrologia-ciencia-e-aplicacao-carlos-tucci-pags-01-145->: Acesso em 30 abr. 2019.

EPA SWMM, version 5.0: Storm Water Management Model, 1971. Atualizada em 11/04/2012. Disponível em: www.lenhs.ct.ufpb.br/?page_id=1019 : Acesso em 14 ago. 2019.