

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**AMANDA APARECIDA DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE**  
**DIMENSIONAMENTO DE GALERIAS**

**FORMIGA – MG**  
**2018**

AMANDA APARECIDA DE OLIVEIRA

ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE  
DIMENSIONAMENTO DE GALERIAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,  
como requisito parcial para obtenção do título  
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Esp. Mariana Del Hoyo  
Sornas.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kátia Daniela  
Ribeiro.

FORMIGA – MG

2018

O48 Oliveira, Amanda Aparecida de.  
Análise comparativa de métodos de dimensionamento de galerias /  
Amanda Aparecida de Oliveira. – 2018.  
46 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro  
Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Microdrenagem. 2. Condutos. 3. Águas pluviais. I. Título.

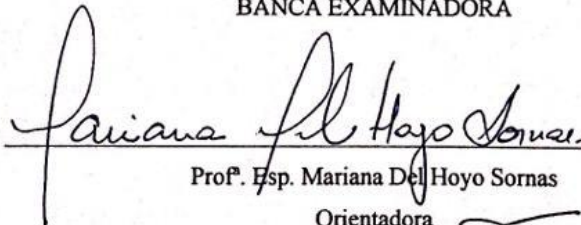
CDD 628.1

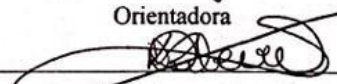
Amanda Aparecida de Oliveira

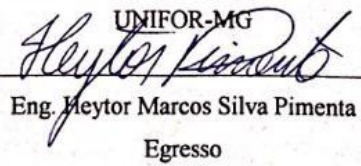
ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE  
DIMENSIONAMENTO DE GALERIAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,  
como requisito parcial para obtenção do título  
de bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas  
Orientadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr.ª Kátia Daniela Ribeiro

  
\_\_\_\_\_  
UNIFOR-MG  
Eng. Heytor Marcos Silva Pimenta  
Egresso

Formiga, 1 de novembro de 2018.

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor da minha felicidade e meu refúgio nos dias de maiores perturbações. À minha mãe Luciene Aparecida do Nascimento e ao meu pai Anízio de Oliveira pelo amor incondicional, pela paciência concedida durante toda minha trajetória e por sempre acreditarem em mim.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por me conceder força e resignação para superar todos os obstáculos, que me guiou pelo caminho árduo dos estudos nos momentos difíceis e nos momentos de maiores alegrias.

Agradeço aos meus pais, Luciene e Anízio, por me incentivarem a lutar pelos meus sonhos e pelas palavras que me incitam a buscar sempre mais. Este trabalho é dedicado a vocês, que depositaram sua confiança em mim durante esses cinco anos de jornada acadêmica.

Agradeço à minha orientadora Mariana Del Hoyo Sornas, por toda paciência, atenção e dedicação. À Dr<sup>a</sup>. Kátia Daniela Ribeiro, minha coorientadora, pelo apoio e por sempre estar disposta a me ajudar, o que foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos que a faculdade me concedeu, agradeço por terem sido companheiros e pacientes durante os momentos de estudos. Vocês foram a minha fortaleza em cada dificuldade enfrentada e a minha companhia predileta para comemorar as conquistas alcançadas. Serão, com certeza, a lembrança mais bonita que guardarei do UNIFOR.

## RESUMO

Os sistemas de drenagem urbana transportam as águas pluviais que escoam superficialmente, garantindo a segurança da população, evitando danos causados por enchentes e proporcionando o crescimento urbano de forma equilibrada. O escoamento das águas pluviais, é feito através da rede de microdrenagem urbana, capaz de captar a água e conduzi-la até a rede de macrodrenagem que recebe e realiza a condução final das águas. Já as galerias pluviais, parte subterrânea do sistema de microdrenagem, são responsáveis por conduzir as águas de escoamento superficial através de condutos fechados. O presente trabalho realizou o dimensionamento das galerias utilizando os métodos de *Strickler*, *Manning* e *Chezy – Bazin*, com o objetivo de analisar as diferenças e propor o mais eficiente. Comparando os diâmetros das tubulações entre os três métodos estudados, os resultados obtidos foram próximos. O método de *Manning* apresentou uma diferença pequena nos trechos de maior vazão, onde o diâmetro foi maior. O método de *Chezy – Bazin* levou aos menores diâmetros e o de *Strickler* aos diâmetros intermediários com relação aos outros dois. Essa diferença ocorreu devido ao coeficiente de rugosidade, único parâmetro diferente entre os três métodos apresentados. Levando em consideração o projeto, os diâmetros encontrados não coincidem com o comercial, sendo necessário a utilização de um diâmetro maior que o calculado, devido aos tamanhos disponíveis no mercado. Assim, através da análise dos diâmetros das tubulações, foi possível concluir que qualquer um dos métodos pode ser implantado, pois os três são iguais devido às limitações de diâmetros comerciais existentes.

Palavras-chave: Microdrenagem. Condutos. Águas pluviais.

## ABSTRACT

Urban drainage systems transport rainwater that flows superficially, ensuring population safety, preventing flood damage and providing urban growth in a balanced way. The drainage of the rainwater is done through the urban micro-drainage network, capable of capturing the water and conducting it to the macro drainage network that receives and conducts the final watering. The rain gutters, an underground part of the microdrainage system, are responsible for conducting runoff waters through closed conduits. The present work carried out the sizing of the galleries using the methods of *Strickler*, *Manning* and *Chezy - Bazin*, in order to analyze the differences and propose the most efficient. Comparing the pipe diameters among the three methods studied, the results obtained were close. The *Manning* method presented a small difference in the sections of higher flow, where the diameter was larger. The *Chezy - Bazin* method led to smaller diameters and *Strickler* to the intermediate diameters compared to the other two. This difference occurred due to the roughness coefficient, the only difference between the three methods presented. Taking into consideration the design, the diameters found do not coincide with the commercial one, being necessary the use of a larger diameter than the calculated one, due to the sizes available in the market. Thus, through the analysis of the pipe diameters, it was possible to conclude that any of the methods can be implanted, since the three are equal due to the limitations of existing commercial diameters.

Keywords: Microdrainage. Conduits. Rainwater.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Efeito da urbanização sobre a vazão máxima.....	15
Figura 2 - Guia.....	18
Figura 3 - Sarjeta .....	19
Figura 4 - Sarjetão de concreto armado.....	19
Figura 5 - Boca coletora sob o passeio e tubo de ligação.....	19
Figura 6 - Poço de visita típico.....	20
Figura 7 - Caixa de ligação pré moldada.....	20
Figura 8 - Galeria pluvial .....	21
Figura 9 - Trecho de galeria .....	21
Gráfico 1 - Diâmetros das tubulações calculados.....	34
Gráfico 2 - Diâmetros das tubulações comerciais .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de rugosidade (K) da equação de Strickler.....	24
Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade (n) da equação de Manning.....	25
Tabela 3 - Coeficientes de rugosidade ( $\gamma$ ) da equação de Bazin .....	26
Tabela 4 - Períodos de retorno para diferentes ocupações da área.....	29
Tabela 5 - Fator de correção de C.....	30

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	12
2.1	Objetivo geral .....	12
2.2	Objetivos específicos .....	12
3	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	13
4	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
4.1	Drenagem urbana .....	14
4.2	Consequências da urbanização .....	15
4.3	Planos Diretores de drenagem urbana.....	16
4.4	Sistemas de drenagem urbana .....	17
4.4.1	Sistema de microdrenagem .....	18
4.4.1.1	Galerias .....	22
4.4.1.2	Métodos de dimensionamento de galerias .....	23
5	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	27
5.1	Bacias de contribuição .....	27
5.2	Determinação das declividades médias das bacias.....	27
5.3	Determinação do coeficiente de deflúvio do loteamento.....	28
5.4	Determinação do tempo de retorno da chuva de projeto .....	29
5.5	Determinação do tempo de concentração das bacias de contribuição .....	30
5.6	Determinação da intensidade de precipitação local.....	31
5.7	Determinação da vazão de projeto .....	31
5.8	Dimensionamento dos trechos de galeria.....	32
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
6.1	Galerias pluviais.....	34
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	37
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38
	<b>ANEXO A – Projeto da rede de água pluvial</b> .....	41
	<b>ANEXO B – Bacias de contribuição</b> .....	43
	<b>ANEXO C – Levantamento topográfico planialtimétrico</b> .....	45

## 1 INTRODUÇÃO

A drenagem e o manejo de águas pluviais nos centros urbanos consiste em um conjunto de dispositivos que tem como objetivo captar as águas provenientes das chuvas e transportá-las de forma eficiente ao seu destino final, assegurando evitar prejuízos e riscos relacionados às inundações.

No que se refere aos sistemas de infraestrutura urbana, o Brasil tem nos sistemas de drenagem pluvial uma gama de pontos negativos distribuídos pelos municípios, sendo mais evidentes onde têm-se maior crescimento populacional.

Esse crescimento acelerado das cidades, associado à ausência de planejamento, gera o aumento excessivo do volume de escoamento superficial. Esse aumento promove as enchentes que, por consequência, trazem consigo enormes prejuízos. Outro fator é a redução de áreas permeáveis que conseqüentemente aumentam a vazão e afetam diretamente a macrodrenagem que pode não suportar toda vazão gerada.

A drenagem urbana é dividida em dois sistemas, que são a microdrenagem e a macrodrenagem urbana. Um dos dispositivos do sistema de microdrenagem são as galerias, responsáveis por conduzir as águas de escoamento superficial captadas pelas bocas coletoras. Elas consistem em condutos subterrâneos que recebem toda a água gerada e, por isso, devem receber maior atenção em seu dimensionamento.

A análise de dimensionamento é necessária para o bom funcionamento da rede, uma vez que possibilita controlar enchentes de forma econômica. Frente a esta problemática, será realizado neste estudo a comparação entre diferentes métodos para o dimensionamento das galerias de águas pluviais, a qual reside em identificar aquela que dispõe de maior eficiência hidráulica para o sistema de drenagem urbana.

## 2 OBJETIVOS

Esta seção tem por finalidade mostrar quais são os objetivos do presente trabalho, sendo eles, objetivo geral e os objetivos específicos, conforme especificado a seguir.

### 2.1 Objetivo geral

Determinar o método mais eficaz para o dimensionamento de galerias de drenagem urbana, visando a maior eficiência hidráulica do sistema de microdrenagem.

### 2.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Traçar o *layout* do sistema de galerias pluviais para um loteamento;
- Dimensionar as galerias utilizando os métodos de *Strickler*, *Manning* e *Chezy - Bazin*;
- Analisar as possíveis diferenças e propor o método mais eficiente.

### 3 JUSTIFICATIVA

Os sistemas de drenagem urbana são de grande importância para prevenir alagamentos ou inundações, especialmente em áreas de topografia rebaixada ou em locais onde há impermeabilização do solo.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018), 59,4% dos municípios não têm plano de gestão de riscos, contudo o desastre natural que mais afeta os municípios brasileiros são as enchentes, com 27% do total. Estas estão ligadas à ineficiência da política de desenvolvimento urbano, à falta de conscientização dos moradores a respeito do problema, ao aumento dos eventos extremos devido às mudanças climáticas, entre outros fatores. Por isso, faz-se necessário um estudo para a elaboração de um projeto de drenagem urbana eficaz, pois um bom planejamento pode apresentar uma relação custo-benefício viável e eficiente no direcionamento das águas pluviais para as galerias.

No dimensionamento do sistema de drenagem, não há uma norma específica que estabeleça metodologias de cálculos, fazendo-se necessário se basear em planos diretores locais. Esses planos dispõem de diferentes métodos que podem ser utilizados em uma mesma estrutura de drenagem.

No presente trabalho, o dimensionamento das galerias pluviais foi realizado adotando-se os princípios de *Strickler*, *Manning* e *Chezy – Bazin*, e a adoção de cada um desses métodos leva a maiores ou menores diâmetros de galerias para um mesmo cenário de projeto. Dessa maneira, é de extrema importância analisar e estabelecer aquele que busca a solução mais econômica e funcional.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa, foram abordados os principais temas relevantes para a elaboração do trabalho, através do embasamento teórico obtido por meio de pesquisa em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso, artigos acadêmicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e experimentos já realizados.

### 4.1 Drenagem urbana

A drenagem é compreendida como um conjunto de medidas que tem como objetivo principal transportar as águas pluviais em excesso da forma mais eficaz possível, para proteger a população de danos causados por enchentes e propiciar o crescimento urbano de forma equilibrada, estruturada e sustentável (TUCCI, 2000).

O escoamento das águas é realizado através de tubos, túneis, canais, valas e fossos, tornando-se possível recorrer a motores como suporte ao escoamento, esses canais podem ser artificiais, como os de concreto armado, simples e gabiões, ou podem ser naturais como rios e córregos (MAIA; SILVA; ZAIA, 2011).

Segundo Cardoso Neto (2018), as águas coletadas pelos dispositivos públicos, como as bocas-de-lobo, são descarregadas em condutos subterrâneos, posteriormente despejadas em canalizações, cursos d'água naturais, como oceanos e lagos, ou em solos permeáveis, onde infiltram no subsolo. Recomenda-se que o caminho da água seja o menor possível, entre seu início e destino final.

Além disso, é adequado que esta água seja escoada por gravidade e, caso não seja factível, pode-se projetar estações de bombeamento (CARDOSO NETO, 2018).

Para Guerra (2011), a manutenção e conservação periódica dos dispositivos que compõem o sistema (bocas de lobo, redes coletoras, emissários, métodos de amortecimento de vazão, bacias de dissipação de energia) também contribuem para a eficiência da drenagem urbana.

As medidas de controle que visam diminuir as cheias, são especificadas em medidas estruturais e medidas não estruturais (CANHOLI, 2005).

Para Philippi Júnior et al. (2005), as medidas estruturais têm o propósito de acelerar o fluxo das águas pluviais, desenvolvendo a vazão, o deslocamento e o despejo nos corpos coletores d'água, através de obras de dispositivos hidráulicos como canais, diques e galerias que, quando forem instalados, tornam-se importantes para não apenas elaborar um sistema de

drenagem que leve o problema para outro lugar. As medidas não estruturais têm como objetivo minimizar os danos provocados por inundações, mostrando à população os problemas acarretados pelos mesmos, sendo que esses parâmetros podem ser agrupados em: normatização do uso e ocupação do solo; educação ambiental direcionada ao controle da poluição; planejamento de alertas e presunção das cheias (CANHOLI, 2005).

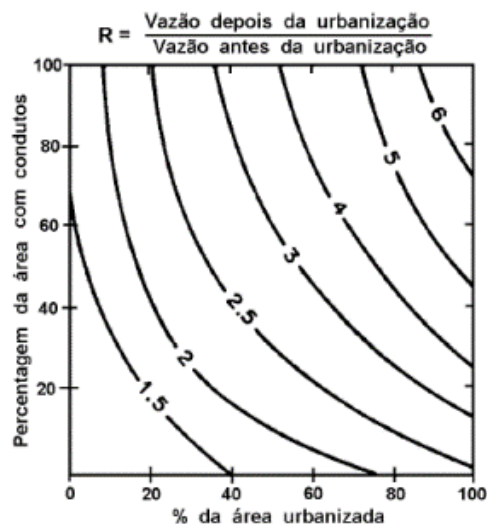
Os inconvenientes causados pela drenagem urbana podem ser resolvidos através de uma política viável, que estabeleça entidades qualificadas e com disposições de implantar as obras que obedeçam as leis, normas e critérios (CARDOSO NETO, 2018).

Um bom planejamento de drenagem urbana propiciará muitas vantagens às cidades como: funcionamento do sistema viário; diminuição das despesas com a conservação das vias públicas e com doenças de vinculação hídrica; fluidez das águas pluviais, reduzindo os perigos no trânsito e os transtornos na locomoção humana, assegurando dessa forma o bem-estar da população (PHILIPPI JÚNIOR et al. 2005).

## 4.2 Consequências da urbanização

A urbanização é o principal problema que afeta diretamente a drenagem urbana, devido ao aumento do fluxo das águas pluviais que gera maiores picos e vazões. “Para os casos extremos, verifica-se que o pico da cheia numa bacia urbanizada pode chegar a ser 6 vezes maior do que o pico desta mesma bacia em condições naturais” (TUCCI, 2000), conforme ilustrado na FIG. 1.

Figura 1 - Efeito da urbanização sobre a vazão máxima



Fonte: Tucci (2000).



Segundo Souza (2008), “a ocupação do território urbano modifica as características do ambiente através da utilização do solo por meio da implantação de indústrias, moradias, espaços públicos, bem como pelo uso dos recursos naturais”.

Este desenvolvimento urbano tem sido marcado pela expansão desproporcional de periferias que não obedecem ao Plano Diretor e às diretrizes particulares de loteamentos, além da apropriação de espaços públicos, pois um dos problemas mais importantes neste crescimento urbano é a acomodação nas regiões de mananciais, que comprometem a preservação dos recursos hídricos (TUCCI, 2002).

Devido ao aumento da população, o volume de lixo gerado se torna maior, juntando com a coleta ineficiente e a conduta inconsequente dos cidadãos, pode haver entupimento de bueiros e galerias, além de estragar a qualidade da água (CARDOSO NETO, 2018).

Para Souza (2008), a diluição de resíduos domésticos, industriais e a poluição difusa de origem pluvial, provocam a perda de qualidade dos cursos d’água, causam a degradação ambiental e o aumento da proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Segundo Cardoso Neto (2018), a ocupação humana em uma bacia hidrográfica ocorre no sentido de jusante para montante. Para Tucci (2000), quando o setor público não controla o crescimento urbano e não aumenta a capacidade da macrodrenagem, o efeito das cheias se intensifica, provocando destruições frequentes, principalmente para a população posicionada a jusante, em razão da ocupação a montante.

De acordo com Enomoto (2004), “geralmente a capacidade da microdrenagem é planejada para expulsar água do loteamento, porém a macrodrenagem muitas vezes não está preparada para receber esse acúmulo continuado de ampliação urbana”.

O crescimento acelerado exige que as capacidades dos condutos sejam ampliadas, o que aumenta os preços e intensifica a disputa para conseguir recursos financeiros entre a gestão pública local, fazendo com que predomine a tendência de operar em pontos isolados e a drenagem secundária acaba sendo sobrecarregada pelo aumento do fluxo, gerando impactos na macrodrenagem. Além disso, as políticas de médio e longo prazos são postergadas a segundo plano (CARDOSO NETO, 2018).

### **4.3 Planos Diretores de drenagem urbana**

Righetto, Moreira e Sales (2009) afirmam que a base de estudo para o controle das águas pluviais urbanas é feita através de um Plano Diretor da cidade, no qual se engloba ao Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU). Um PDDU tem a intenção de planejar a distribuição dos

deflúvios superficiais em função da ocupação e da evolução da infraestrutura de drenagem, visando reduzir ou eliminar prejuízos econômicos e ambientais.

“As soluções devem ser flexíveis e prever as eventuais necessidades de modificações futuras” (CANHOLI, 2005).

Para Cardoso Neto (2018), uma medida essencial é a elaboração de planos diretores, que possibilitem soluções eficientes na drenagem urbana; além disso, é necessário estudar a bacia hidrográfica para evitar medidas de caráter restritivo, que constantemente deslocam o problema para outros locais. Com relação às normas e critérios de projeto adotados, deve-se considerar um período de retorno uniforme, assim como dos gabaritos de pontes, travessias, etc. O plano de drenagem deve determinar as áreas que possam ser preservadas e obtidas pela administração local antes que sejam povoadas, loteadas ou que seus preços se elevem. É também indispensável o zoneamento da várzea de inundação e o estabelecimento dos parâmetros básicos, de maneira correta e de acordo com o capital disponível.

A construção de trabalhos educativos é fundamental para informar as pessoas sobre a origem das cheias, sua gravidade, consequências e as formas de soluções estabelecidas, sendo recomendado dar preferência ao uso de medidas preventivas de menor custo e maior alcance social (TUCCI, 2000).

Além disso, a concepção do plano diretor de macrodrenagem deve-se articular com os projetos dos demais serviços públicos, principalmente os direcionados ao controle das águas urbanas, englobando o abastecimento público e os esgotos sanitários (CANHOLI, 2005).

Para evitar inundações e tantas outras adversidades, este plano diretor deve ser executado por equipes capacitadas que utilizarão os equipamentos tecnológicos mais propícios para cada caso. A água pluvial requer espaço, portanto, todo problema de drenagem é causado por alocação de espaço (TUCCI, 2000).

#### **4.4 Sistemas de drenagem urbana**

O escoamento das águas pluviais é feito através das redes de microdrenagem e macrodrenagem, que compõe os sistemas de drenagem urbana. O primeiro sistema tem a função de captar as águas, através de sarjetas, bocas-de-lobo, etc. e conduzi-las até o sistema de macrodrenagem, com rapidez e segurança, evitando o acúmulo de águas. Já o segundo destina-se a receber e realizar a condução final das águas escoadas superficialmente, que vão ser despejadas posteriormente em canais a céu aberto, rios e córregos (SILVEIRA, 2011). As

galerias pluviais, objeto deste estudo, fazem parte do sistema de microdrenagem, que está detalhado a seguir.

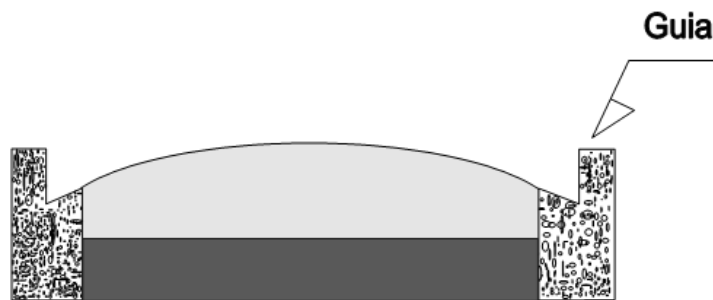
#### 4.4.1 Sistema de microdrenagem

A microdrenagem é considerada a base da drenagem urbana, pois é formada pelos dispositivos que primeiramente recebem as águas pluviais (FUCHS, 2011). Essas águas são captadas e, em seguida, transportadas por condutos artificiais (subterrâneos), funcionando por gravidade, sendo coletadas das zonas urbanas e lançadas em corpos d'água receptores (MOURA, 2004).

Segundo Ramos, Barros e Palos (1999), a terminologia dos dispositivos básicos do sistema pluvial de microdrenagem são: guia, sarjeta, sarjetões, bocas coletoras, condutos de ligação, poços de visita, caixas de ligação, galerias, trecho de galeria, condutos forçados e estações de bombeamento, sendo estes apresentados a seguir, de acordo com sua definição e funcionalidade:

- Guia: Conhecida como meio-fio, é a faixa longitudinal que fica entre o passeio e a via pública, constituindo-se geralmente de pedra ou concreto (FIG. 2).

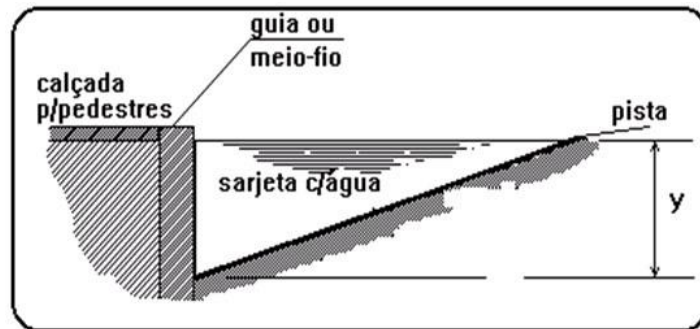
Figura 2 - Guia



Fonte: Dynacal (2018).

- Sarjeta: São elementos em forma de calha destinados a conduzir as águas de escoamento superficial até as bocas coletoras, comumente localizadas nas vias públicas paralelas ao meio fio. A FIG. 3 ilustra a localização da sarjeta.

Figura 3 - Sarjeta



Fonte: Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP (2018).

- Sarjetões: Calhas localizadas no cruzamento de vias públicas, destinadas a conectar sarjetas ou conduzir efluentes destas para os pontos de coleta (FIG. 4).

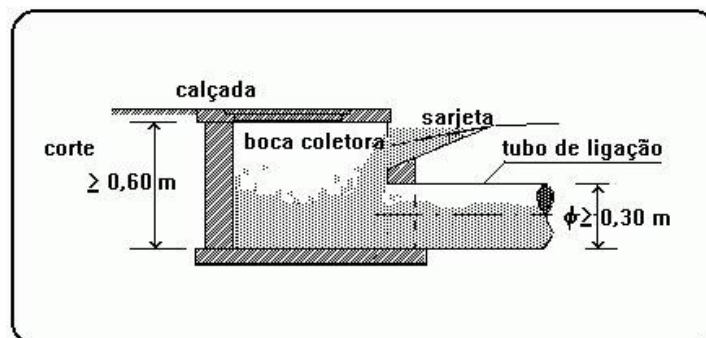
Figura 4 - Sarjetão de concreto armado



Fonte: Infraestrutura Urbana (2018).

- Bocas Coletoras: Também denominadas de bocas de lobo, são estruturas hidráulicas destinadas à captação das águas pluviais, localizadas em pontos convenientes sob a sarjeta ou sob o passeio (FIG. 5).

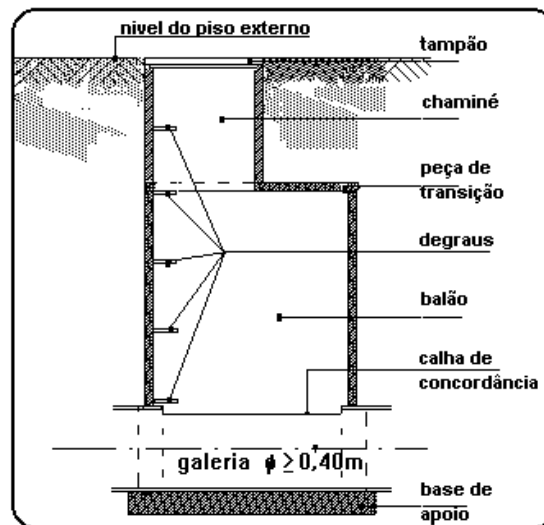
Figura 5 - Boca coletora sob o passeio e tubo de ligação



Fonte: Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP (2018).

- Conduitos de ligação: É a tubulação destinada a conduzir o escoamento captado pelas bocas coletoras até as galerias ou poços de visita (FIG. 5).
- Poços de visita: Dispositivos localizados em pontos convenientes nos trechos de galerias, destinados à sua inspeção, manutenção e a mudança de direção, declividade e diâmetro (FIG. 6).

Figura 6 - Poço de visita típico



Fonte: Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP (2018).

- Caixas de ligação: Também denominadas de caixas mortas ou caixas de passagem, são caixas subterrâneas não visitáveis que tem a finalidade de reunir condutos de ligação ou estes à galeria (FIG. 7).

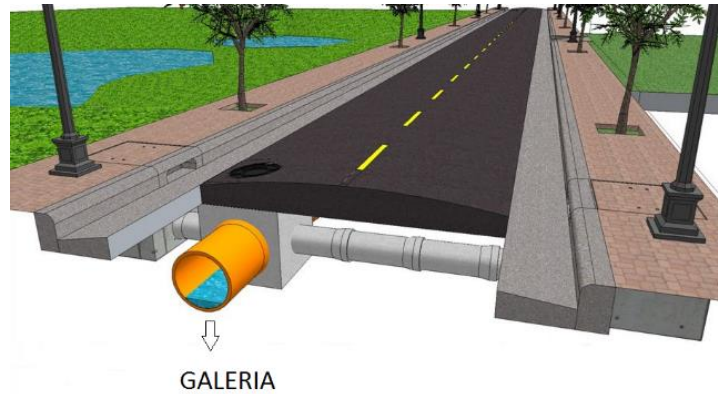
Figura 7 - Caixa de ligação pré moldada



Fonte: Nova Era Drenagem e Pré Moldados (2018).

- Galerias: São condutos com diâmetro mínimo de 400 mm, usados para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas coletoras até os pontos de lançamento (FIG. 8).

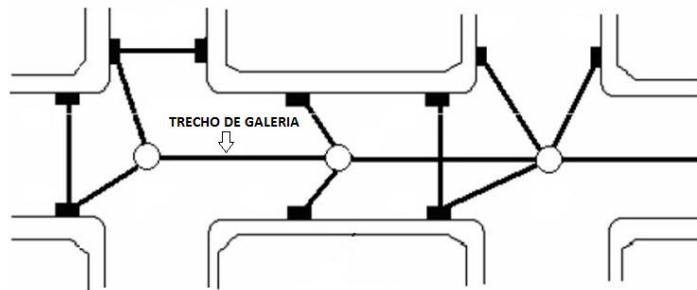
Figura 8 - Galeria pluvial



Fonte: Moraes (2015).

- Trecho de galeria: É a parte da galeria situada entre dois poços de visita (FIG. 9).

Figura 9 - Trecho de galeria



Fonte: Guedes (2018).

- Condutos forçados: Obras destinadas à condução das águas superficiais, onde o fluido escoar à seção plena e sob pressão.
- Estações de bombeamento: Conjunto de equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem para outro, quando este for impossível escoar por gravidade.

#### 4.4.1.1 Galerias

As galerias de águas pluviais são condutos fechados destinados ao transporte das águas de escoamento superficial, captadas pelas bocas coletoras. É a parte subterrânea de um sistema de microdrenagem (RAMOS; BARROS; PALOS, 1999).

No dimensionamento das galerias adotam-se vários parâmetros, incluindo o tempo de concentração inicial, recobrimento mínimo, velocidade mínima, velocidade máxima, relação máxima da lâmina de água-diâmetro adotada e a forma de escoamento estabelecida no cálculo; além disso, é fundamental fixar esses parâmetros dentro de algumas restrições para se calcular as galerias (MENEZES FILHO; COSTA, 2012).

Segundo Cardoso Neto (2018), o maior problema em um dimensionamento é a especificação das declividades e dimensões mais econômicas. Entretanto, de acordo com o CEAP (2018), as diretrizes a seguir podem orientar na escolha desses parâmetros:

- Para um bom funcionamento do escoamento superficial de águas pluviais, as seções circulares são as mais utilizadas, além de dispor da praticidade dos pré-moldados de concreto na construção dos condutos. As seções retangulares têm as paredes executadas de alvenaria e laje de concreto armado, são empregadas na falta de tubos pré-moldados com diâmetro superior a 1,50 m.
- Para evitar obstruções nos condutos, o diâmetro mínimo deve ser de 40 cm. As galerias sempre estendem-se para jusante, não sendo concedida a atenuação da seção no trecho seguinte. Nas tubulações circulares, a capacidade máxima é prevista pela seção plena e nos retangulares indica-se um afastamento de 0,10 m.
- A velocidade mínima definida é de 0,75 m/s, visto que velocidades inferiores dificultariam a limpeza das tubulações. Sob outra perspectiva, grandes velocidades acarretariam danos às galerias, portanto o valor limite de velocidade máxima é de 5,0 m/s em função do material usado nas paredes internas da tubulação.
- As declividades variam comumente de 0,3% a 4,0%, para que a velocidade seja compatível com os limites recomendados. A inclinação média do terreno define a declividade de cada trecho. Para os terrenos com declividades maiores que 10%,

usualmente o projetista estabelece uma solução particular. Enfim, quanto maior o declive do terreno, maior será a velocidade da água, e quanto maior a superfície transversal da tubulação, menor será a declividade exigida.

- Quanto ao recobrimento da canalização, deve ser maior que 1,0 m e, como limite máximo 4,0 m. Valores fora deste intervalo, devem ser analisados sob o ponto de vista do projetista.

Outro fator indispensável é a determinação do regime permanente com as canalizações funcionando como condutos livres (MENEZES FILHO; COSTA, 2012), pois essa é a base do dimensionamento das galerias pluviais.

#### 4.4.1.2 Métodos de dimensionamento de galerias

Para calcular a capacidade de vazão da seção de uma galeria, utiliza-se a equação da continuidade e, para obter a velocidade média do fluxo, podem ser usados três métodos, sendo eles as equações de *Strickler*, *Manning* e *Chezy - Bazin*, representadas pelas Equações 1, 2 e 3 respectivamente.

- *STRICKLER*:

$$V = K \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Onde:

V = velocidade, m/s;

R = raio hidráulico, m;

I = declividade, m/m;

K = coeficiente de atrito.

O coeficiente de atrito (K) pode ser obtido através da TAB. 1 que aponta os coeficientes de rugosidade para a equação de *Strickler*.



Tabela 1 - Coeficientes de rugosidade (K) da equação de *Strickler*

Natureza das paredes	K
Canais com revestimento de concreto bruto	53 a 57
Canais com bom revestimento, bem alisado	80 a 90
Galerias de concreto, lisas	90 a 95
Galerias escavadas em rocha	25 a 40
Galerias com fundo e abóbada de concreto comprimido, paredes laterais de alvenaria de pedra	85 a 90
Galeria com fundo e paredes laterais com revestimento, abóbada sem revestimento	55
Canais antigos com depósitos ou vegetação	43 a 52
Canais de terra	30 a 40
Canais com fundo não revestido	
seixos grandes	35
seixos médios	40
pedra fina	45
pedra fina e areia	50
areia fina	até 90
Canais de alvenaria bruta	50
Canais de alvenaria comum	60
Canais de tijolos ou pedra aparelhada	80
Canais muito lisos	90 ou >
Rios e arroios	
fundo rochoso, rugoso	20
medianamente rugoso	20 a 28

Fonte: Carvalho (2018).

- *MANNING*:

$$C = \frac{1}{n} \Rightarrow V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (2)$$

Onde:

V = velocidade, m/s;

R = raio hidráulico, m;

I = declividade, m/m;

n = coeficiente de atrito.

O coeficiente de atrito (n) pode ser obtido através da TAB. 2 que aponta os coeficientes de rugosidade para a equação de *Manning*.

Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade (n) da equação de *Manning*

Natureza das paredes	n
1 - Canais de chapas com rebites embutidos, juntas perfeitas e águas limpas. Tubos de cimento e de fundição em perfeitas condições	0,011
2 - Canais de cimento muito liso de dimensões limitadas, de madeira aplainada e lixadas, em ambos os casos; trechos retilíneos compridos e curvas de grande raio e água limpa. Tubos de fundição usados	0,012
3 - Canais com reboco de cimento liso, porém com curvas de raio limitado e águas não completamente limpas; construídos com madeira lisa, mas com curvas de raio moderado	0,013
4 - Canais com reboco de cimento não completamente liso; de madeira como no número 2, porém com traçado tortuoso e curvas de pequeno raio e juntas imperfeitas	0,014
5 - Canais com paredes de cimento não completamente lisas, com curvas estreitas e águas com detritos; construídos de madeira não aplainada de chapas rebitadas	0,015
6 - Canais com reboco de cimento não muito alisado e pequenos depósitos no fundo; revestidos por madeira não aplainada; de alvenaria construída com esmero; de terra, sem vegetação	0,016
7 - Canais com reboco de cimento incompleto, juntas irregulares, andamento tortuoso e depósitos no fundo; de alvenaria revestindo taludes não bem perfilados	0,017
8 - Canais com reboco de cimento rugoso, depósitos no fundo, musgo nas paredes e traçado tortuoso	0,018
9 - Canais de alvenaria em más condições de manutenção e fundo com barro, ou de alvenaria de pedregulhos; de terra, bem construídos, sem vegetação e com curvas de grande raio	0,020
10 - Canais de chapas rebitadas e juntas irregulares; de terra, bem construídos com pequenos depósitos no fundo e vegetação rasteira nos taludes	0,022
11 - Canais de terra, com vegetação rasteira no fundo e nos taludes	0,025
12 - Canais de terra, com vegetação normal, fundo com cascalhos ou irregular por causa de erosões; revestidos com pedregulhos e vegetação	0,030
13 - Álveos naturais, cobertos de cascalhos e vegetação	0,035
14 - Álveos naturais, andamento tortuoso	0,040

Fonte: Carvalho (2018).

- *CHEZY*:

$$V = C \times \sqrt{R \times I} \quad (3)$$

Onde:

V = velocidade, m/s;

R = raio hidráulico, m;

I = declividade, m/m;

C = coeficiente de atrito.

Para determinar o coeficiente de atrito (C) da equação de *Chezy*, usa-se a fórmula de *Bazin*, representada pela Equação 4.

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad (4)$$

Onde:

$\gamma$  = coeficiente de rugosidade.

O coeficiente de rugosidade ( $\gamma$ ) da equação de *Bazin* pode ser obtido através da TAB.

3.

Tabela 3 - Coeficientes de rugosidade ( $\gamma$ ) da equação de *Bazin*

Natureza das paredes	$\gamma$
Paredes muito lisas – cimento liso, madeira aparelhada, etc.	0,06
Paredes lisas – tábuas – alvenaria de tijolos bem rejuntados	0,16
Paredes de alvenaria de pedra bruta	0,46
Paredes mistas, parte revestida, parte em terra	0,85
Paredes de terra nas condições ordinárias	1,30
Paredes apresentando rugosidade excepcionalmente grandes	1,75

Fonte: Carvalho (2018).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

Para o dimensionamento das galerias é necessário, primeiramente, o estabelecimento de um *layout* para o sistema de galerias, o qual permitirá a definição dos trechos a serem dimensionados. Assim, através da análise do levantamento planialtimétrico de um loteamento, realizou-se o traçado do sistema de galerias pluviais (ANEXO A), estabelecendo-se a partir do *layout* traçado, 11 trechos de galeria a serem dimensionados. Depois de definidos os trechos a serem dimensionados, é necessário estimar a vazão que irá escoar por cada trecho. Para a estimativa dessa vazão, diversas variáveis precisam ser quantificadas, as quais são descritas a seguir.

### 5.1 Bacias de contribuição

Bacia hidrográfica ou bacia de contribuição “é uma área drenada por um curso d’água ou por uma série de cursos d’água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma só saída, na porção mais baixa do seu contorno.” (MENDONÇA, 2009). A delimitação da bacia se inicia a partir do exutório que está situado na parte mais baixa do trecho, conectando-se nos pontos mais elevados, tendo como base as curvas de nível.

Inicialmente, foi analisado o levantamento planialtimétrico com o objetivo de definir os melhores caminhos para o escoamento da água de chuva. Dessa análise, foi feita a demarcação das áreas das bacias de contribuição, conforme apresentado no ANEXO B, onde desenhou-se as linhas de contorno com base nas curvas de nível já apresentadas (ANEXO C). Cada bacia vai drenar as águas de chuva para um trecho da rede de galerias.

Após delinear cada bacia, as áreas foram calculadas por meio de um *software* de desenho computacional, visto que os mapas topográficos se encontram digitalizados.

### 5.2 Determinação das declividades médias das bacias

“A declividade é uma grandeza importante, atuando diretamente sobre a velocidade dos escoamentos. Quanto maior a declividade dos cursos d’água, maior a velocidade do escoamento” (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Por meio das curvas de nível, foram obtidos os valores das cotas máximas e mínimas, que resultam no desnível do trecho. Após encontrar a diferença de cotas, esse resultado foi

dividido pelo comprimento medido em planta ao longo do talvegue principal, determinando assim as declividades médias, realizadas através da Equação 5.

$$S = \frac{\Delta Z}{L} \quad (5)$$

Onde:

S = declividade de fundo representativa do trecho (m/m);

$\Delta Z$  = diferença de cotas ao longo do talvegue considerado (m);

L = comprimento do talvegue principal (m).

### 5.3 Determinação do coeficiente de deflúvio do loteamento

Este coeficiente estabelece a relação entre o volume de escoamento superficial e o total precipitado. É a grandeza, no método racional, que requer maior atenção na sua determinação, tendo em vista o grande número de variáveis que afetam no volume escoado, tais como infiltração, armazenamento, evaporação, retenção, etc, tornando-se uma adoção empírica do valor adequado (Centro de Ensino Superior do Amapá – CEAP, 2018).

A ocupação do terreno é um elemento fundamental para o cálculo da vazão de microdrenagem, portanto foi identificado o grau de impermeabilização do terreno, em porcentagem. Para a determinação do coeficiente de deflúvio (C), foi empregado o Método Simples de *Schueler*. Esse método estima o deslocamento da poluição urbana em um lugar determinado (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Considerando que para o loteamento proposto a área impermeável seja de 90% e a área permeável seja de 10%, o coeficiente de deflúvio encontrado foi obtido através da Equação 6.

$$C = 0,05 + 0,009 \times AI \quad (6)$$

Onde:

AI = área impermeável (%);

C = coeficiente de deflúvio.

#### 5.4 Determinação do tempo de retorno da chuva de projeto

Após determinar o valor do coeficiente de deflúvio, é crucial definir um período de retorno, que se refere ao tempo médio, em anos, que um dado valor de chuva é igualado ou superado pelo menos uma vez.

A escolha do mesmo é feita por meio da população que a utiliza, da sua localização e do seu entorno. Portanto, o que define o tempo em que os moradores ficarão seguros quanto à inundações é o período de retorno adotado para dimensionar o sistema de drenagem.

“Muitas entidades fixam os períodos de retorno para diversos tipos de obra como critério de projeto” (TUCCI, 2000). Os valores exibidos na TAB. 4 são usualmente encontrados na literatura técnica e possuem certo consenso internacional.

Tabela 4 - Períodos de retorno para diferentes ocupações da área

Tipo de Obra	Tipo de ocupação da área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2-5
Macrodrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
	Áreas comerciais e residenciais	50-100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: TUCCI (2000).

Diante dessas informações, o tempo de retorno adotado para todas as bacias foi o valor de 2 anos.

Considerando o sistema natural da bacia, é normal que o coeficiente de deflúvio varie com o tempo de retorno ou com o tamanho do fluxo, pois com o aumento da intensidade, os prejuízos não são os mesmos e o coeficiente deverá ter um aumento (TUCCI, 1993).

Em razão disso, foi usado um fator de correção (Cf) para o valor de C conforme o tempo de retorno adotado, apresentado na TAB. 5.

Tabela 5 - Fator de correção de C

Tempo de Retorno (anos)	Cf
2 a 10	1,00
25	1,10
50	1,20
100	1,25

Fonte: TUCCI (1993).

Portanto, multiplicou-se o valor de C pelo Cf da TAB. 5, devido à variação do coeficiente (C) com o tempo de retorno.

### 5.5 Determinação do tempo de concentração das bacias de contribuição

O tempo de concentração é definido como o tempo que a água precipitada no ponto mais distante da bacia precisa para deslocar-se até a seção principal (PORTO et al., 1993).

Existe uma ampla quantidade de fórmulas que estabelecem o valor de (tc) em função de características próprias da bacia, como declividade, comprimento do talvegue, rugosidade das superfícies, área, entre outras e, conseqüentemente, da intensidade da chuva.

Para determinar o tempo de concentração foi utilizada a fórmula de *Schaake*, definida pela Equação 7, que é comumente usada para bacias urbanas com áreas menores que 70 hectares.

$$t_c = \frac{0,0828 \times L^{0,24}}{A_{imp}^{0,26} \times S^{0,16}} \quad (7)$$

Onde:

$t_c$  = tempo de concentração (h);

L = comprimento do talvegue principal da bacia (km);

A imp. = área impermeável (decimal);

S = declividade média da bacia (m/m).

## 5.6 Determinação da intensidade de precipitação local

A intensidade de precipitação é definida como a quantidade de chuva por unidade de tempo para um dado período de retorno e duração previstos.

A partir de dados pluviométricos registrados através de vários anos de estudo e observação, é feita uma pesquisa nas curvas que têm uma relação conhecida como IDF (intensidade/duração/frequência), onde obtém-se alguns parâmetros da região em análise (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Depois de definir o tempo de concentração, foi preciso calcular a intensidade de precipitação, por meio da Equação 8 que representa a quantidade de chuva intensa no local.

$$IP = \frac{a \times TR^b}{(t + c)^d} \quad (8)$$

Onde:

IP = intensidade de precipitação (mm/h);

TR = tempo de retorno (anos);

t = tempo de duração da chuva (min);

a, b, c, d = são parâmetros empíricos de ajuste.

Segundo Canholi (2005), o tempo de duração da chuva (t) é igual ao tempo de concentração da bacia (tc).

Para determinar os parâmetros empíricos de ajuste da Equação 8, foi utilizado o *Software* Plúvio versão 2.1, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2006). Considerando, hipoteticamente, que o loteamento se localiza em Arcos – MG, os valores encontrados para tal município foram: a = 826,446; b = 0,194; c = 10,188; d = 0,742.

## 5.7 Determinação da vazão de projeto

Após obter todos os parâmetros apresentados anteriormente, a vazão de projeto ou deflúvio superficial direto, foi calculada pelo Método Racional, representado pela Equação 9.

Esse método associa a vazão escoada com a intensidade de chuva precipitada sobre a área de drenagem. No entanto, nem toda vazão gerada pela chuva se transforma em escoamento superficial, devido às áreas permeáveis que vão ter retenções superficiais. Por isso, aplica-se o



coeficiente de deflúvio para inserir essa diminuição na vazão gerada (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \quad (9)$$

Onde:

Q = deflúvio superficial direto (m<sup>3</sup>/s);

C = coeficiente de deflúvio;

I = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia de contribuição (km<sup>2</sup>).

Para encontrar a vazão escoada em cada trecho de galeria, foi aplicado o Método Racional em cada bacia de contribuição delimitada.

## 5.8 Dimensionamento dos trechos de galeria

Para o dimensionamento dos trechos de galeria, utilizou-se a equação da continuidade, representada pela Equação 10.

$$Q = A \times V \quad (10)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s);

A = área da seção transversal da galeria (m<sup>2</sup>);

V = velocidade de escoamento (m/s).

Considerando escoamento à seção plena, e que a galeria é circular, a área da seção transversal é dada por  $A = \pi \cdot D^2/4$  e o raio hidráulico é  $RH = D/4$ , sendo D o diâmetro da galeria, em metros. Quanto às velocidades, estas foram obtidas pelas equações de *Strickler*, *Manning* e *Chezy – Bazin*, representadas pelas Equações 1, 2 e 3. Associando as Equações 1, 2 e 3 à Equação 10, processando os dados e isolando o D, o dimensionamento do diâmetro das galerias foi feito através das equações 11, 12 e 13.

- *STRICKLER*

$$D = 1,55 \times \left[ \frac{Q}{K \times I^{0,5}} \right]^{\frac{3}{8}} \quad (11)$$

- *MANNING*

$$D = 1,55 \times \left[ \frac{Q \times n}{I^{0,5}} \right]^{\frac{3}{8}} \quad (12)$$

- *CHEZY – BAZIN*

$$D = 0,243 \times \left[ 1 + \left( \frac{2 \times \gamma}{\sqrt{D}} \right) \right]^{0,4} \times \left( \frac{Q}{I^{0,5}} \right)^{0,4} \quad (13)$$

A vazão de projeto (Q) de cada trecho foi determinada em função da análise de quais bacias desaguavam em cada trecho, por fim foi somado todas as contribuições.

Para fins de dimensionamento, a declividade média (I) dos trechos das galerias foram consideradas as mesmas das bacias.

Quanto ao coeficiente de rugosidade, foi adotado um valor diferente para cada método, sendo 92 para o K da equação de *Strickler*; 0,013 para o n da equação de *Manning* e 0,06 para o  $\gamma$  da equação de *Chezy – Bazin*, conforme TAB. 1, 2 e 3.

Os diâmetros calculados não coincidem com os diâmetros comerciais, portanto foi considerado o valor comercial mais próximo e acima do calculado, sendo diâmetro mínimo de 400 mm.

Após realizar o cálculo dos diâmetros pelas diferentes equações, os valores encontrados foram comparados entre si, afim de verificar o melhor método para o dimensionamento das galerias.

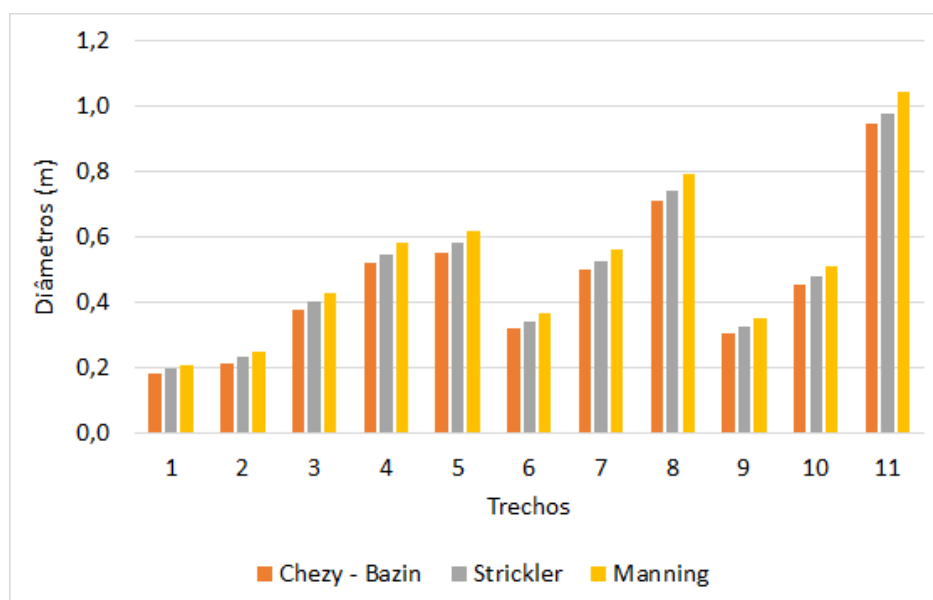
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa, são apresentados os resultados obtidos no dimensionamento das galerias por meio das três metodologias propostas.

### 6.1 Galerias pluviais

Após calcular as vazões geradas em cada trecho, a estrutura foi dimensionada pelos métodos de *Strickler*, *Manning* e *Chezy – Bazin*, cujos diâmetros calculados são apresentados no GRAF. 1.

Gráfico 1 - Diâmetros das tubulações calculados



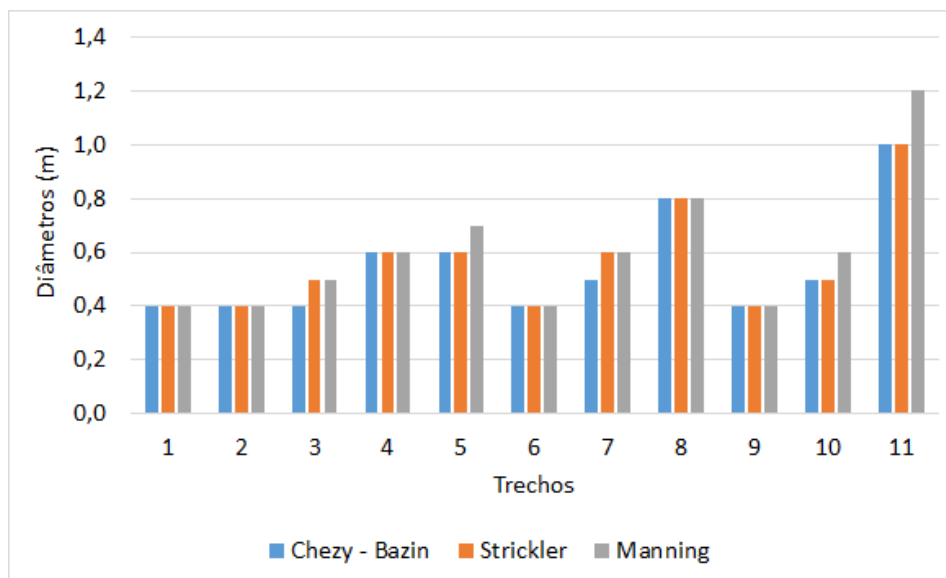
Fonte: Dados de pesquisa (2018).

Ao analisar os resultados obtidos, observou-se que os valores dos diâmetros calculados foram próximos. Porém, o método de *Manning* apresentou uma pequena diferença nos trechos de maior vazão, ou seja, nos trechos em que o diâmetro foi maior. Já o método de *Chezy – Bazin*, foi o que gerou os menores diâmetros e o de *Strickler* foi o intermediário entre os três métodos. Essa diferença se dá pelo coeficiente de rugosidade que é o único parâmetro diferente entre os três métodos estudados.

Considerando em termos de projeto, o diâmetro calculado não coincide com o comercial, sendo necessário implantar um diâmetro maior que o calculado, conforme a

disponibilidade no mercado. Dessa forma, o GRAF. 2 apresenta os diâmetros comerciais adotados para a tubulação de cada trecho de galeria.

Gráfico 2 - Diâmetros das tubulações comerciais



Fonte: Dados de pesquisa (2018).

Observa-se que ao escolher o diâmetro a ser implantado na rede, para os trechos iniciais (1, 2, 6 e 9), não importa o método adotado. Os diâmetros encontram-se iguais devido à recomendação de um diâmetro mínimo a ser adotado. No trecho 11, verifica-se uma diferença dada pela equação de *Manning*, onde foi adotado uma manilha de 1,2 m, enquanto para os métodos de *Chezy – Bazin* e *Strickler* foi adotado uma de 1,0 m. Isso reforça a análise de que a equação de *Manning* leva aos maiores diâmetros, tanto os calculados como os adotados comercialmente.

Para o loteamento analisado, não se verificou de um modo geral, muita diferença entre os métodos, porém se fosse analisada uma rede pluvial maior, ou seja, para um município inteiro as vazões continuariam aumentando e o método de *Manning* tenderia a superestimar a estrutura, já que nos trechos iniciais não foi encontrada diferença, houve alteração apenas nos trechos finais.

Analisando a eficiência dos três métodos, a adoção de um método ou outro atende no que diz respeito a um bom funcionamento das galerias pluviais, pois os diâmetros adotados comercialmente foram iguais em sua maioria. Apenas nos trechos finais os diâmetros foram maiores pelo método de *Manning*, o que acaba impondo uma segurança maior no sistema. Já o método de *Chezy – Bazin*, para todos os trechos, apresentou-se como o método economicamente mais viável, já que seus diâmetros foram os menores.

Na equação de *Chezy – Bazin*, o valor do coeficiente de rugosidade é único para cada cenário da TAB. 3, o que leva a uma menor subjetividade, ou seja, o projetista tende a adotar sempre o mesmo valor. Isso ocorre para o coeficiente  $n$  da equação de *Manning* também (TAB. 2). Já na equação de *Strickler*, o coeficiente de rugosidade é apresentado em intervalos, o que impõe menos precisão e maior subjetividade nesse método.

Contudo, foi ressaltado a importância de um sistema de drenagem eficiente, pois quando existem estruturas que resolvem os problemas das cheias, evita-se prejuízos e assegura conforto e segurança à população.

Para o dimensionamento das galerias de águas pluviais realizado neste trabalho, o método de *Chezy – Bazin* é o mais econômico e objetivo. O método de *Strickler* é o mais subjetivo e intermediário quanto ao tamanho das estruturas. E o método de *Manning*, o mais usado na prática, é o que leva aos maiores diâmetros, imprimindo maior segurança ao projeto.

Ressalta-se que a adoção de um maior ou menor valor de  $K$  (extraído dos intervalos de valores da TAB. 1) podem alterar a discussão realizada até o momento, reforçando a subjetividade desse método.

Apesar de se ter considerado os métodos de *Manning* e *Chezy – Bazin* como mais objetivos, ressaltava-se que diferentes autores propõem diferentes tabelas para determinação dos coeficientes de rugosidade  $n$  e  $\gamma$ , o que de certa forma, acaba por impor um grau de subjetividade a esses métodos também.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi realizada uma análise do levantamento planialtimétrico de um loteamento, a fim de definir o sentido de escoamento superficial das águas pluviais. Dessa análise, foi traçado o *layout* do sistema de galerias pluviais com o objetivo de dimensionar as mesmas através dos métodos de *Strickler*, *Manning* e *Chezy – Bazin*.

Analisando os três métodos adotados, não se verificou muita divergência, todavia para os trechos finais a equação de *Manning* superestimou a estrutura, enquanto o método de *Chezy – Bazin* levou aos menores diâmetros comerciais.

Diante das condições deste estudo, a aplicação de um método ou outro é eficaz no que tange ao sistema de galerias pluviais e, para projetos economicamente mais viáveis, é recomendada a equação de *Chezy – Bazin* por ter levado aos diâmetros menores e ser mais objetivo na escolha do coeficiente de rugosidade.

## REFERÊNCIAS

- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302 p.
- CARDOSO NETO, A. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. 2018. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao\\_a\\_drenagem\\_urbana.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf)>. Acesso em 15 de março de 2018.
- CARVALHO, J. A. **Obras Hidráulicas**. 2018. UFLA – Universidade Federal de Lavras.
- CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DO AMAPÁ – CEAP. **Microdrenagem**. 2018. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT28052014140255.pdf>>. Acesso em 18 de abril de 2018.
- DYNACAL. **Coleta de amostras de solo**. 2018. Disponível em: <<http://www.dynacal.com.br/coleta-de-amostras-de-solo.htm>>. Acesso em 2 de abril de 2018.
- ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação**: estudo de caso na bacia do Rio Palmital, Paraná. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp110297.pdf>>. Acesso em 29 de março de 2018.
- FUCHS, B. E. **Desenvolvimento de um sistema de cálculo automatizado para projetos de drenagem urbana**. Graduação (Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30401608.pdf>>. Acesso em 29 de março de 2018.
- GUERRA, A. E. **Qualidade e eficiência dos serviços de saneamento**. ATLAS de Saneamento. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. 18 p.
- INFRAESTRUTURA URBANA. **Saneamento**: Sarjetões de concreto armado. 2018. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/1-sarjetoes-de-concreto-armado-227269-1.aspx>>. Acesso em 2 de abril de 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Desastres naturais**: 59,4% dos municípios não têm plano de gestão de riscos. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/21633-desastres-naturais-59-4-dos-municipios-nao-tem-plano-de-gestao-de-riscos>>. Acesso em 22 de outubro de 2018.
- MAIA, D. S.; SILVA, D. B.; ZAIA, J. C. **Portal Metálica Construção Civil**: Drenagem na construção civil. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/drenagem-na-construcao-civil>>. Acesso em 15 de março de 2018.
- MENDONÇA, A. S. F. **Hidrologia**. Departamento de Engenharia Ambiental: Universidade Federal do Espírito Santo. 2009.

MENEZES FILHO, F. C. M.; COSTA, A. R. **Verificação do dimensionamento das galerias de águas pluviais em uma sub-bacia do córrego botafogo na cidade de Goiânia – GO.**

REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil. 2012. Disponível em:

<<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/viewFile/18164/11278>>. Acesso em 12 de abril de 2018.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem Urbana: Do projeto tradicional à sustentabilidade.** 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 361 p.

MORAES, A. P. **Procedimentos técnicos de dimensionamento da microdrenagem do município de Santo André.** ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. 2015. Disponível em:

<<http://www.trabalhosassemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/99/118/t118t4e1a2015.pdf>>. Acesso em 4 de setembro de 2018.

MOURA, P. M. **Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana.**

Dissertação (Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos),

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004. Disponível em:

<<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/110M.PDF>>. Acesso em 29 de março de 2018.

NOVA ERA DRENAGEM E PRÉ MOLDADOS. **Drenagem com caixas pré moldadas.**

2018. Disponível em: <<http://www.novaeradrenagem.com.br/caixas-pre>

[moldadas/drenagem/drenagem-de-agua-pluvial/drenagem-com-caixas-pre-moldada-lavinia](http://www.novaeradrenagem.com.br/caixas-pre-moldadas/drenagem/drenagem-de-agua-pluvial/drenagem-com-caixas-pre-moldada-lavinia)>.

Acesso em 2 de abril de 2018.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; MALHEIROS, T. F.; AGUIAR, A. O. **Saneamento, Saúde e**

**Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, São Paulo: Manole, 2005. 842 p.

RAMOS, C. L.; BARROS, M. T. L.; PALOS, J. C. F. (Coordenadores). **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo.** São Paulo: Fundação

Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999. 289 p.

RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. **Manejo de Águas Pluviais**

**Urbanas.** PROSAB 5 (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - Edital 5). Rio de

Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

SILVEIRA, P. A. **Indicadores de vulnerabilidade e classificação de áreas de risco**

**ambiental na vertente Sul da Serra do Periperi em Vitória da Conquista – Bahia –**

**Brasil.** Revista Geográfica de América Central, Costa Rica, v. 2, p. 1-15, jul./dez. 2011.

SOUZA, T. F. **Drenagem urbana sob cenários de longo prazo visando incentivos**

**ambientais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia – Hidráulica e Saneamento), Universidade

de São Paulo, São Carlos, 2008. 231 p.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana.** RBRH - Revista Brasileira de

Recursos Hídricos. Instituto de Pesquisas Hidráulicas: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em:

<<http://rhama.com.br/blog/wpcontent/uploads/2017/01/GEREN02.pdf>>. Acesso em 16 de março de 2018.

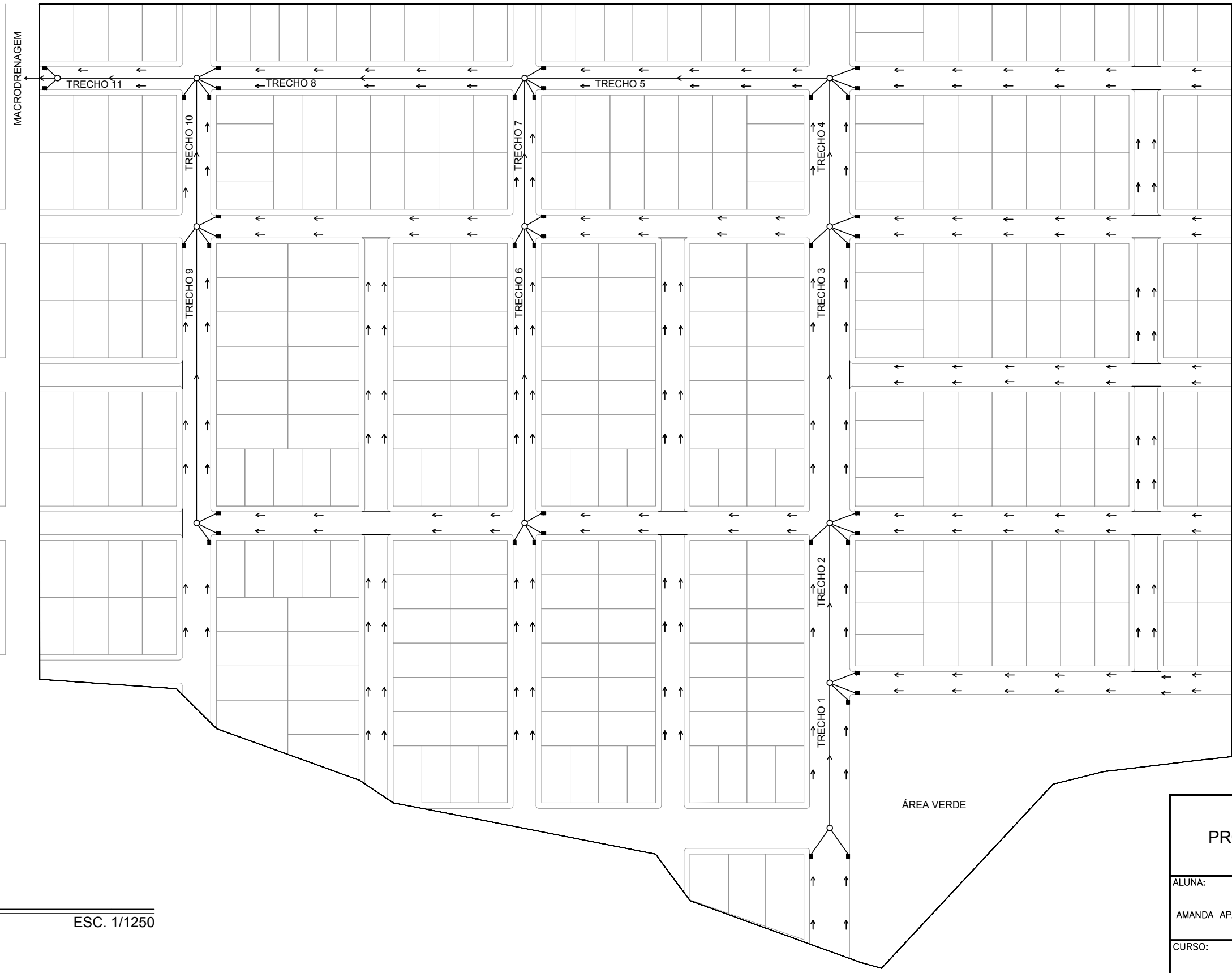


TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2000. 943 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Editora da Universidade/UFRGS, ABRH. Porto Alegre, 1993. 952 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Software Plúvio 2.1**. 2006. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em 4 de setembro de 2018.

**ANEXO A – Projeto da rede de água pluvial**



LEGENDA:

- - POÇO DE VISITA
- ← - GALERIA
- - BOCA COLETORA
- ↔ - SARJETA

ESC. 1/1250

**PROJETO REDE DE ÁGUA PLUVIAL**

---

ALUNA:  
AMANDA APARECIDA DE OLIVEIRA

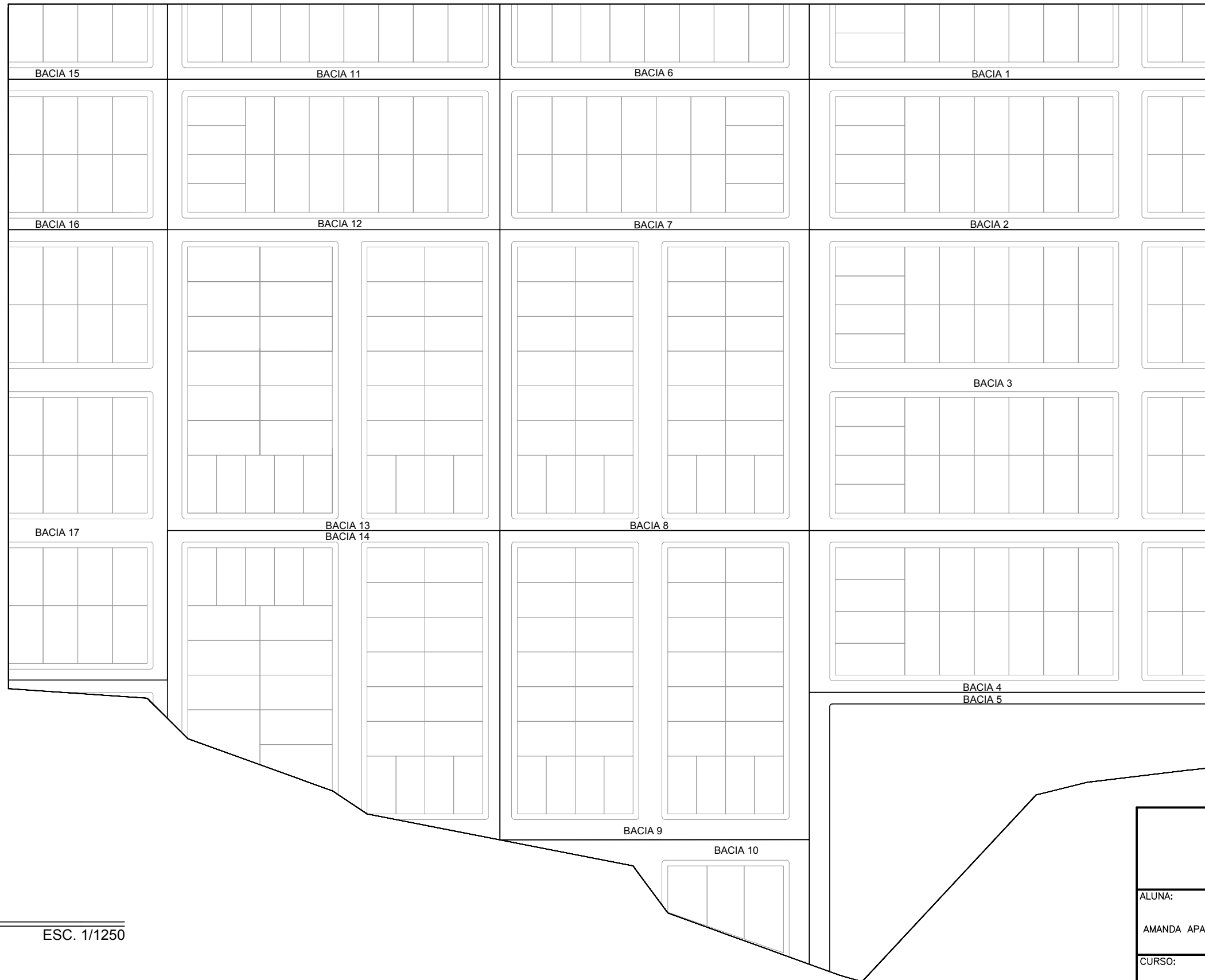
---

CURSO:  
ENGENHARIA CIVIL

---

CIDADE: FORMIGA - MG	DATA: 01/11/2018	FOLHA 01/01
----------------------	------------------	-------------

**ANEXO B – Bacias de contribuição**



### BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

ALUNA:

AMANDA APARECIDA DE OLIVEIRA

CURSO:

ENGENHARIA CIVIL

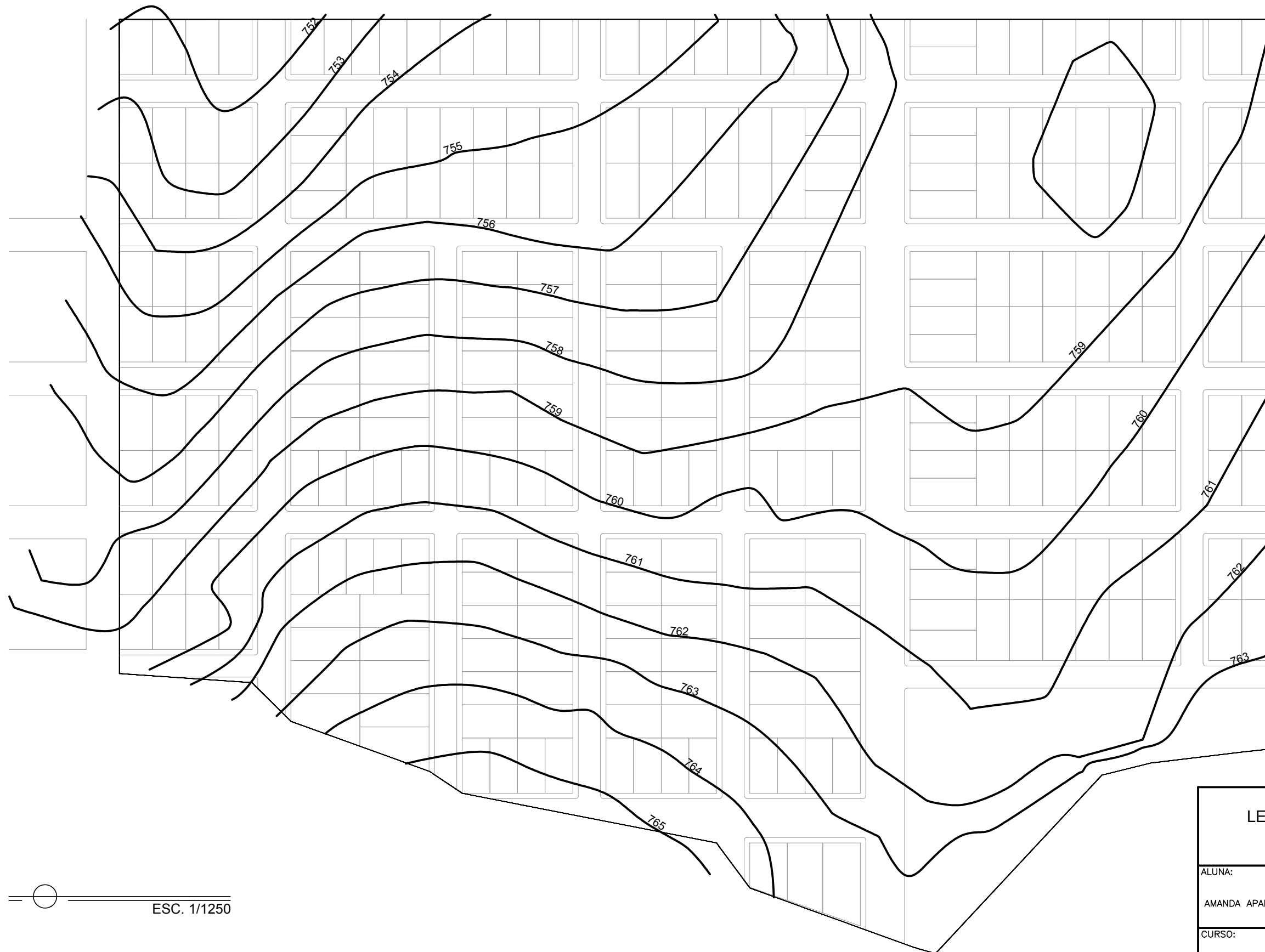
CIDADE: FORMIGA - MG

DATA: 01/11/2018

FOLHA  
01/01

ESC. 1/1250

**ANEXO C – Levantamento topográfico planialtimétrico**



—○— ESC. 1/1250

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO  
PLANIALTIMÉTRICO

ALUNA:

AMANDA APARECIDA DE OLIVEIRA

CURSO:

ENGENHARIA CIVIL

CIDADE: FORMIGA - MG

DATA: 01/11/2018

FOLHA  
01/01