



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA- UnICEUB**  
**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**Ana Clara Matos de Carvalho**  
**Giulia Milena Garcia da Silveira**

**Estudo sobre o sistema de drenagem de águas pluviais da região do início da  
Asa Norte**

**BRASÍLIA**

**2020**



**Ana Clara Matos de Carvalho**  
**Giulia Milena Garcia da Silveira**

**Estudo sobre o sistema de drenagem de águas pluviais da região do início da  
Asa Norte**

Relatório final de pesquisa de Iniciação  
Científica apresentado à Assessoria de Pós-  
Graduação e Pesquisa.

Orientação: Marcos Rafael Guassi

**BRASÍLIA**

**2020**

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos a presente pesquisa ao nosso orientador, professor e colega de trabalho, Marcos Rafael Guassi. Pelos ensinamentos, compreensão e incentivo com o desenvolvimento da pesquisa, foi de suma importância para a conclusão desta.

## RESUMO

A necessidade de revisão e estudo do sistema de drenagem de águas pluviais na região do início da Asa Norte diz respeito ao crescimento populacional acima do planejado, dos impactos ambientais como lixos e assoreamentos que acabam por obstruir os bueiros e prejudicar o escoamento junto aos condutos, e a influência das impermeabilizações de solo feitas pela construção civil, com consequente redução de áreas verdes. Para compreender a influência desses fatores, a pesquisa quantitativa direcionou-se a análise das redes de drenagem, conforme mostrado nos projetos, bem como a delimitação da bacia de forma a analisar a eficiência da rede de drenagem sob as condições atuais. Foram utilizados dados de chuvas registradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET com aplicação na curva IDF. No âmbito da análise qualitativa, verificou-se as condições da região nos cenários de crescimento populacional e interferência das construções civis no escoamento superficial. Constatou-se que algumas redes apresentam subdimensionamento com relação a demanda atual, que há falta de manutenção corretiva da rede de drenagem como um todo e que existe interferência da permeabilidade do solo nos alagamentos e seus reflexos de inundação de calçadas e nas velocidades exageradas de escoamento, que podem acarretar a erosão de pavimento.

**Palavras-Chave:** Drenagem. Escoamento. Águas Pluviais.

## LISTAS DE FIGURAS, QUADROS, TABELAS, GRÁFICOS, SÍMBOLOS E ABREVIações

Figura 1- Curvas de Intensidade – Duração – Frequência de Brasília-DF	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 2 - Delimitação da Bacia hidrográfica	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 3 - Localização da Estação A001	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Quadro 1- Coeficientes de escoamento	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Quadro 2 - Banco de Dado dos Projetos	19
Quadro 3- Tempo de retorno adotados para projetos estruturais	21
Quadro 4 - Levantamento dos dados do INMET	23
Tabela 1 - Crescimento demográfico	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 2 - Vazões de acordo com as lâminas 2/3 e 94%	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 3 - Dias de maiores precipitações (C = 0,70)	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 4 - Dias de maiores precipitações (C = 0,90)	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 5 - Status da rede analisada (C = 0,70 e 0,90)	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	7
OBJETIVOS.....	8
Objetivos Específicos .....	8
1    FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
1.1    Sistema de Drenagem .....	9
1.2    Curva de Intensidade, Duração e Frequência .....	10
1.3    Método Racional .....	11
1.4    Escoamento Superficial .....	12
1.5    Tempo de Concentração .....	13
1.6    Período de Recorrência .....	14
1.7    Elementos hidráulicos da seção circular .....	14
1.8    Conduitos horizontais de seção circular .....	16
1.9    Determinação da bacia hidrográfica de uma região a partir de um ponto de saída ou exutório .....	16
1.10    Dimensionamento hidráulico de conduitos .....	17
2.    MÉTODO.....	18
2.1    Delimitação da Bacia .....	18
2.2    Análise de Projetos .....	18
2.3    Caracterização da Bacia .....	19
2.4    Simulação das vazões com dados do INMET .....	21
3.    RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS (OU CONCLUSÕES) .....	29
REFERÊNCIAS .....	30
APÊNDICES.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
ANEXOS.....	33

## INTRODUÇÃO

A urbanização e a falta de planejamento das cidades brasileiras começaram após a década de 1960, com o aumento do êxodo rural e o crescimento exacerbado das cidades. A população brasileira hoje é de, aproximadamente, 210 milhões de pessoas, com um crescimento de 0,8% por ano, segundo o IBGE. De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (IBGE, 2015), a maior parte da população brasileira, cerca de 84,72%, vive em áreas urbanas.

Esse tipo de crescimento levou a grandes áreas impermeabilizadas, o que ocasionou em elevados volumes de água que deixaram de ser absorvidas pelo solo. Esse processo, segundo Fontes (2003), leva a marcas permanentes nas respostas hidrológicas das áreas urbanizadas, apresentando os efeitos mais notáveis no aumento do escoamento superficial.

Conforme ocorre o crescimento das cidades, diversos impactos são desencadeados, como a produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos, como abordado pelo Manual de Drenagem Urbana de Curitiba (2002). Esses fatores ocasionam obstruções nos sistemas de drenagem, bueiros e a má qualidade da água pluvial (Gomes, 2008).

Esse fator, conjuntamente com acúmulo de lixos e detritos em bocas de lobo e bueiros, causa grandes inundações, segundo Canholi (2005). Além disso, há uma grande produção de sedimentos que ocorrem devido a retirada da proteção natural do solo (Tucci, 2004), causando erosões em períodos chuvosos e, conseqüentemente, o transporte desses materiais para o sistema de drenagem.

As soluções compensatórias de drenagem, agindo em conjunto com as estruturas convencionais, buscam amenizar esses efeitos da urbanização. Os princípios de controle passam a priorizar o planejamento do conjunto da bacia, evitando a transferência dos impactos para jusante, através da utilização de dispositivos de infiltração, detenção e retenção (Programa de Saneamento Básico do Distrito Federal, 2009).

Brasília, apesar do planejamento urbanístico inicial, contou com um grande aumento populacional desde sua inauguração. Segundo o IPEA (2010), a capital foi projetada para 500 mil habitantes, mas hoje tem mais de 3 milhões de moradores (IBGE, 2020). Devido a isso, o sistema de drenagem tornou-se ineficaz frente às demandas locais. Algumas ampliações de redes foram feitas, porém não o suficiente para atender a atual demanda.

Nos últimos anos, algumas áreas do Plano Piloto sofreram influências que agravaram ainda mais o problema da drenagem das águas pluviais. As mais proeminentes sendo a impermeabilização do solo com a construção de novos prédios na região compreendida entre a rodoviária do Plano Piloto e o Brasília *shopping*, e da reforma do Estádio Mané Garrincha em 2014 para grandes eventos esportivos. Essa reforma reduziu as áreas verdes e a permeabilidade do solo, substituída por novos estacionamentos asfaltados, o que, conseqüentemente, levou a um aumento do escoamento superficial das águas pluviais em direção às quadras 102, 202, e 402 da Asa Norte, como mencionado na reportagem “Construção de prédios e vias asfaltadas são causas das cheias na Asa Norte”, feita pelo Correio Braziliense em 2015.

## **OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo analisar a rede de drenagem de águas pluviais existente entre as quadras 102, 202 e 402 da Asa Norte, para encontrar a razão dos alagamentos recorrentes nessa região na época de chuvas. Identificando qual a vazão máxima que a rede consegue atender e o que ela está atendendo hoje, e propor soluções adequadas para suprir a vazão de acordo com o crescimento populacional e o escoamento superficial decorrente da impermeabilização dessa região, evitando assim, inundações nesses períodos e grandes transtornos aos usuários.

### **Objetivos Específicos**

-Delimitar a bacia hidrográfica da microrregião do início da Asa Norte que escoam as águas pluviais até as quadras 102, 202 e 402.

-Verificar a vazão de projeto da rede de drenagem fornecidos pela NOVACAP e comparar com a vazão atual da região.

-Fazer uma comparação do crescimento demográfico a partir da época em que a rede começou a ser implantada até os dias atuais.

-Verificar a defasagem do sistema de drenagem atual para atender tal demanda.

- Definir a relação existente entre a impermeabilização das áreas verdes do Estádio Mané Garrincha, a construção de novos prédios na região compreendida entre a rodoviária do Plano Piloto e o Brasília *shopping*, com os alagamentos nas quadras 102, 202 e 402 Norte.



- Analisar a diferença entre o escoamento superficial antes e depois dessas áreas serem impermeabilizadas.

-Determinar o problema e apresentar possíveis soluções sobre a impermeabilização do solo, a falta de manutenção do sistema de drenagem ou se as galerias de águas pluviais precisam ser redimensionadas.

## **1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **1.1 Sistema de Drenagem**

Segundo o Núcleo de Pesquisa e Extensão em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), o termo drenagem urbana é entendido como:

*“o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável”.*

As soluções eficazes de drenagem urbana dependem de diversos fatores, como a existência de uma política para o setor que define objetivos a serem alcançados e os meios (legais, institucionais, técnicos e financeiros) para atingi-los, uma política para ocupação do solo urbano devidamente articulada com a política de drenagem urbana, principalmente no que se refere a ocupação das várzeas de inundação, uma entidade eficiente que domine as tecnologias necessárias, implante obras e medidas, desenvolva atividades de comunicação social, promova a participação pública, estabeleça critérios, aplique leis e normas. (Tucci 2001).

De acordo com Santos (2013), a gestão das águas urbanas pluviais nas cidades brasileiras tornou-se um grande desafio para os gestores, por conta dos inúmeros problemas ambientais resultantes da maneira como ocorreu o processo de urbanização e, posteriormente, de periferação do espaço nos municípios brasileiros a partir da segunda metade do século XX, que estão afetando o bem-estar e a qualidade de vida dos cidadãos.

Algumas cidades já estão incorporando em seus Planos Diretores de Drenagem Urbana a obrigatoriedade do uso de dispositivos para o controle do escoamento pluvial o mais próximo possível junto à fonte geradora. Esta prática considera que o controle do escoamento

deve ser feito no local onde se tem origem repassando, assim, a responsabilidade para aqueles que produzem alterações nos aspectos quali-quantitativos das águas pluviais no meio urbano (Drumond et al., 2011).

Segundo a Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos, Aquafluxus (2013), a função da drenagem se mostra essencial no contexto de uma cidade, pois uma rede de drenagem que apresenta mal funcionamento é responsável por enchentes severas, com grandes áreas alagadas, causando prejuízos e expondo a população a riscos diversos. Os sistemas de drenagem urbana englobam dois subsistemas principais característicos: a microdrenagem e a macrodrenagem.

A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais nos loteamentos ou na rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado (Manual de Drenagem Urbana do Paraná, 2017).

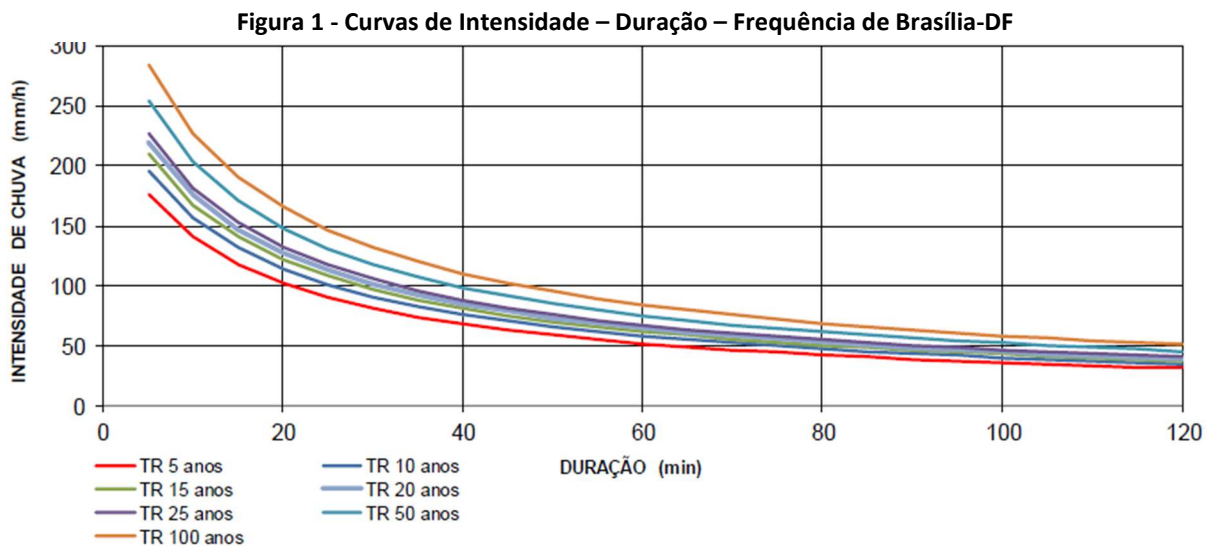
A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Este tipo de sistema deve ser projetado para acomodar precipitações superiores às da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais. Para os projetos de redes pluviais de macrodrenagem é necessário utilizar uma chuva de projeto variável, ao longo do tempo. A maioria dos métodos que estabelecem chuvas de projeto em todo o mundo baseiam-se na curva IDF. O hidrograma de projeto é obtido a partir desta chuva de projeto, pela aplicação de modelos de transformação chuva-vazão (Manual de Drenagem Urbana do Paraná, 2017).

## **1.2 Curva de Intensidade, Duração e Frequência**

A intensidade da precipitação é estimada através de funções cujas variáveis são a duração da chuva (ou o tempo de concentração da bacia) e o tempo de retorno. São as chamadas curvas Intensidade x Duração x Frequência. Quanto menor o tempo de concentração, maior a intensidade e maior será a vazão específica média a ser adotada. Da mesma forma, quanto maior o tempo de retorno, maior será a vazão específica natural (Manual de Drenagem Urbana de Curitiba, 2002).

O desenvolvimento da curva IDF baseia-se na seleção das maiores chuvas de uma duração escolhida em cada ano da série de dados. Com base nesta série de tamanho N (número de anos) é ajustada uma distribuição de frequências que melhor representa a distribuição dos valores observados. O procedimento é repetido para diferentes durações de chuva (5 minutos; 10 minutos; 1 hora; 12 horas; 24 horas; 2 dias; 5 dias) e os resultados são resumidos na forma de um gráfico, ou equação, com a relação das três variáveis: Intensidade, Duração e Frequência (ou tempo de retorno). Tal como mostra o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal (ADASA, 2018).

A curva IDF é obtida a partir da análise estatística de séries longas de dados de um pluviógrafo, mais de 15 anos, pelo menos (Walter Collischonn e Rutinéia Tassi, 2008).



Fonte: Geológica, 2018.

### 1.3 Método Racional

Consiste o Método Racional no cálculo da descarga máxima de uma enchente de projeto por uma expressão muito simples, relacionando o valor desta descarga com a área da bacia e a intensidade da chuva através de uma expressão (Manual de Hidrologia Básica, 2005).

A aplicação do Método Racional é válida para bacias urbanas ou rurais pequenas com áreas de até 500 ha e pode ser aplicado com segurança até 50 ha ou 100 acres (WILKEN, 1978; DEBO, REESE, 2003). Entretanto há outros autores que consideram o limite de área para aplicação deste método de 2km<sup>2</sup> (TUCCI, 2004) e até 3km<sup>2</sup> ou 300 ha como Festi (2005).

O Método Racional, adequadamente aplicado, pode conduzir a resultados satisfatórios em projetos de drenagem urbana e rural que tenham estruturas hidráulicas como redes, galerias, bueiros, etc (Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal, 2017).

O Método pode ser colocado sob a seguinte fórmula:

$$Q = C \times i \times A,$$

sendo:

Q = vazão de projeto (l/s);

C = coeficiente de escoamento superficial, função das características da bacia em estudo;

i = intensidade da chuva de projeto (l/s x ha);

A = área da bacia de contribuição (ha).

#### **1.4 Escoamento Superficial**

Tucci (1993) define escoamento superficial como a combinação dos fluxos de pequena profundidade na superfície que, ao se unirem, formam cursos d'água cada vez maiores, que constituem a rede de drenagem.

Quando a bacia é rural e possui cobertura vegetal, o escoamento sofre interferência pela cobertura e grande parte do mesmo é infiltrada. Já o escoamento em bacias em áreas urbanas é regido pela interferência do homem por meio de superfícies impermeáveis e sistemas de esgotos pluviais (TUCCI, 1993).

De acordo com Brandão *et al.* (2003) as condições de superfície que mais influenciam no escoamento superficial são:

- Tipo de solo: interfere diretamente na taxa de infiltração de água no solo e na capacidade de retenção de água sobre a superfície;
- Topografia: além de influenciar a capacidade de escoamento da água, interfere também na capacidade de armazenamento da água no solo. A área com maiores declives geralmente tem menor capacidade de armazenamento superficial;

- Rede de drenagem: uma rede de drenagem densa e ramificada permite a concentração rápida do escoamento superficial, favorecendo a ocorrência de maiores vazões;
- Obras hidráulicas: presentes na bacia: as obras de drenagem provocam um aumento na velocidade de escoamento, enquanto as obras com finalidade de contenção do escoamento provocam redução na vazão máxima.

Dessa forma, os coeficientes de escoamento superficiais podem variar de acordo com a zona que a bacia está inserida, como demonstra o Quadro 1

**Quadro 1 - Coeficientes de escoamento superficiais**

Zonas	C
Centro da cidade densamente construído	0,70 a 0,95
Partes adjacentes ao centro com menor densidade	0,60 a 0,70
Áreas residenciais com poucas superfícies livres	0,50 a 0,60
Áreas residenciais com muitas superfícies livres	0,25 a 0,50
Subúrbios com alguma edificação	0,10 a 0,25

Fonte: Introduzindo Hidrologia, 2008

### 1.5 Tempo de Concentração

O tempo de concentração é o tempo necessário para a água precipitada no ponto mais distante da bacia deslocar-se até a seção principal. É um parâmetro decisivo do Método Racional, assim como o coeficiente de escoamento superficial, e a determinação de ambos está sujeita a incertezas e imprecisões (TUCCI, 1993; PMSP, 1999) .

Existem várias fórmulas empíricas e semi-empíricas para determinação do tempo de concentração (MATA LIMA *et al.*, 2007). O livro de hidrologia básica considera que o cálculo pode ser feito através das seguintes fórmulas:

1.Kirpich:

$$T_c = 57 \left( \frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{0,385}$$

Sendo:

leq = declividade equivalente em m/km

L = Comprimento do curso d'água em km

## 2. Picking:

$$T_c = 5,3 \left( \frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Sendo:

leq = declividade equivalente em m/m

L = Comprimento do talvegue em km

### 1.6 Período de Recorrência

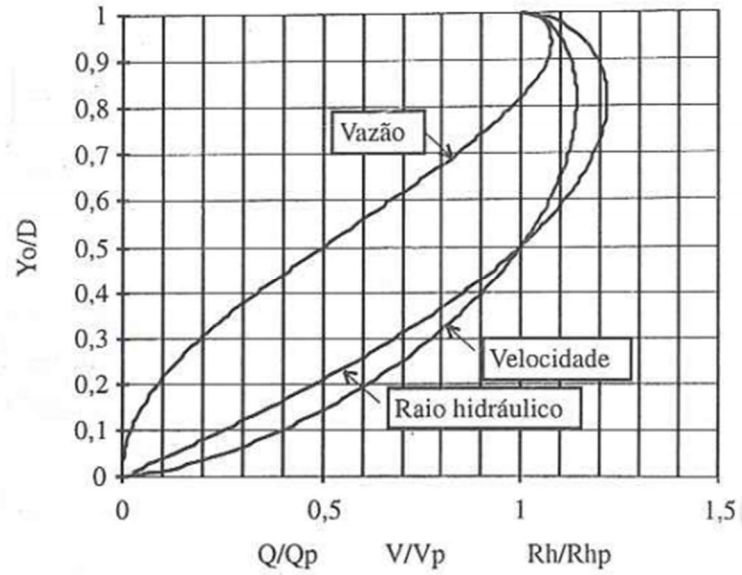
Segundo o Manual de Hidrologia Básica (DNIT, 2005), o período de recorrência se refere ao espaço de tempo onde provavelmente ocorrerá um fenômeno de grande magnitude, pelo menos uma vez visto. No caso dos dispositivos de drenagem, este tempo diz respeito a enchentes de projeto que orientarão o dimensionamento, de modo que a estrutura indicada resista a essas enchentes.

De acordo com o Termo de Referência para elaboração de projetos executivos de drenagem e pavimentação elaborado pela NOVACAP (2019), o Período de Recorrência deverá ser adotado o valor 10 (DEZ) anos para as redes e galerias. Para a estrutura de lançamento final deverá ser feita uma análise de risco e econômica que possibilite adotar o valor mais adequado, nunca inferior ao já citado.

### 1.7 Elementos hidráulicos da seção circular

De acordo com o livro Hidráulica Básica, do autor Rodrigo de Melo Porto (2006), em algumas situações, como galerias de águas pluviais, esgotos, as tubulações trabalham parcialmente cheias, por isso é importante conhecer sobre os elementos hidráulicos e geométricos para várias alturas d'água. Também é necessário saber, para uma determinada lâmina d'água, qual é a relação entre a vazão que está escoando e aquela que escoaria se a seção fosse plena, como a relação representada pelo Gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1 - Elementos hidráulicos da seção circular



Fonte: Hidráulica Básica, 2006.

As equações utilizadas para o cálculo do raio hidráulico, velocidade e a vazão de uma determinada lâmina e na seção plena são:

$$\theta = 2 \arccos \left( 1 - 2 \frac{y_0}{D} \right)$$

$$A = D^2 \frac{(\theta - \operatorname{sen} \theta)}{8}$$

$$R_h = D \frac{\left( 1 - \frac{\operatorname{sen} \theta}{\theta} \right)}{4}$$

$$\frac{V}{V_p} = \left( \frac{R_h}{R_{hp}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{A}{A_p} \left( \frac{R_h}{R_{hp}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

### 1.8 Conduitos horizontais de seção circular

Conforme a NBR 10844/1989 de Instalações prediais de águas pluviais, o dimensionamento de canais e calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler descrita abaixo.

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2}$$

sendo:

Q = Vazão de projeto, em L/min

S = área da seção molhada, em m<sup>2</sup>

n = coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 2)

R = raio hidráulico, em m

P = perímetro molhado, em m

i = declividade da calha, em m/m

K = 60.000

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. Além disso, considera-se a lâmina d'água de 94%, a qual corresponde ao preenchimento em que a velocidade de escoamento é máxima.

### 1.9 Determinação da bacia hidrográfica de uma região a partir de um ponto de saída ou exutório

Para delimitação dessas bacias, conforme descrito pela UNESP - Bacia Hidrográfica (2007), define-se o ponto em que será feita a delimitação da bacia, situado na parte mais baixa do trecho em estudo do curso d'água principal. Para definir o limite da bacia hidrográfica, parte-se da foz e conecta-se aos pontos mais elevados, tendo por base as curvas de nível e os pontos cotados. O limite da bacia circunda o curso d'água e tributários, não podendo nunca os cruzar. Próximo a cada limite marcado, deve-se conferir se a água da chuva escoará sobre o terreno rumo às partes baixas (cruzando perpendicularmente às curvas de nível) na direção



dos tributários e do curso d'água principal. No ANEXO I, há um esboço da NOVACAP que mostra a bacia de contribuição para a região de interesse. A bacia hidrográfica terá uma área final aproximada da área mostrada neste anexo.

### **1.10 Dimensionamento hidráulico de condutos**

Para o dimensionamento de condutos para a microdrenagem, o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo (2012), diz que após as águas correrem pelos terrenos até chegarem às ruas, sendo as ruas com declividade transversal, e tendo inclinação longitudinal, elas escoarão rapidamente para as sarjetas e, destas ruas abaixo. Se a vazão for excessiva ocorrerá: alagamento e seus reflexos, inundação das calçadas, velocidades exageradas com erosão do pavimento. A capacidade de condução da rua ou da sarjeta pode ser calculada a partir de duas hipóteses:

- A água escoando por toda a calha da rua;
- A água escoando somente pelas sarjetas.

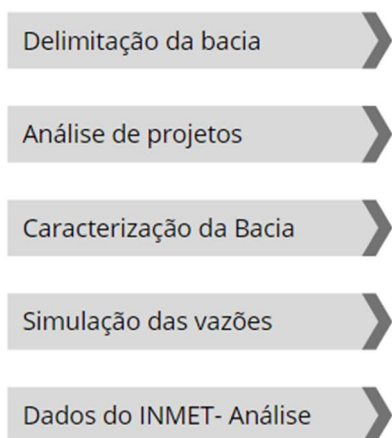
Para a primeira hipótese, admite-se a declividade transversal da rua a 3% (ANEXO II) e a altura da água na sarjeta de 0,15 m. Para a segunda hipótese, admite-se declividade transversal também de 3% e altura de água na sarjeta de 0,10 m. É importante saber que quando a vazão calculada for maior do que a capacidade da sarjeta, é necessário que se utilizem as bocas de lobo para retirar o excesso.

Para o dimensionamento das galerias de águas pluviais utiliza-se o Método Racional que é o mais difundido nos meios acadêmicos e órgãos públicos ligados a projetos de sistemas coletores de águas pluviais, segundo o artigo Sistemática de Cálculo para o Dimensionamento de Galerias de Águas Pluviais: Uma Abordagem Alternativa.

Existem inúmeras equações que expressam o fator de resistência ao escoamento, uma delas é a equação de Manning-Strickler, que é um ajuste numérico da equação derivada da distribuição logarítmica de velocidades (válida para o regime turbulento hidraulicamente rugoso), segundo a estrutura da equação de Manning. Por ter uma estrutura monomial, seu uso é mais fácil. Portanto, a única dificuldade neste tipo de equação é a definição adequada da rugosidade das paredes.

## 2. MÉTODO

A metodologia foi dividida em etapas que compreendem:



### 2.1 Delimitação da Bacia

Conforme determina TUCCI (2004) a delimitação da área da bacia é fundamental para definir o potencial de geração de escoamento da bacia hidrográfica, uma vez que o seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia.

Delimitou-se para a presente pesquisa a partir do *software* Google Earth, a área de captação natural da água de precipitação da chuva que abrange desde o estádio Mané Garrincha, até o exutório localizado no late Clube. Definiu-se, posteriormente, o comprimento linear da tubulação entre os dois pontos.

### 2.2 Análise de Projetos

Com base nessa delimitação, foi possível coletar junto à Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP) através do sistema e-SIC, os projetos da rede de drenagem existentes dentro da região delimitada. O intuito da coleta de projetos é a extração de dados como: diâmetro, material da tubulação, extensão, sarjetas, bocas de lobo, inclinação da rede e poços de visitas ao longo do trecho, bem como as galerias para as quais as águas são direcionadas.

Posto isso, para facilitar o levantamento de dados, criou-se um banco de dados com os projetos relevantes ao estudo, ou seja, que compreendem as quadras 102, 202 e 402 da Asa Norte. Assim, o espaço amostral do estudo compreendeu um total de vinte e seis pranchas, sendo oito relativas ao ano de 1978 e dezoito relativas ao ano de 2009. Os demais projetos anteriores a 1978, foram desconsiderados da análise pela falta de legibilidade nos mesmos. O Quadro 2 a seguir exemplifica de forma sintética o levantamento dos dados da rede da 202 no ano de 1978.

**Quadro 2 - Banco de Dado dos Projetos**

Rede Projeto	PVe	PVs	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Cota PVe	Inclinação (%)
202	PV1	PV2	600	26,000	1068,360	0,017
202	PV2	PV3	600	87,500	1067,504	0,027
202	PV3	PV4	600	72,500	1067,736	0,023
202	PV4	PV5	600	100,000	1065,338	0,023
202	PV5	PV5a	600	70,000	1062,223	0,041
202	PV5a	PV6	600	30,000	1060,391	0,024
202	PV6	Pvex	600	36,000	1059,421	0,037
202	Pvex	-	-	-	1058,697	-

Fonte: Próprias autoras

sendo:

PVe - Poço de visita de entrada;

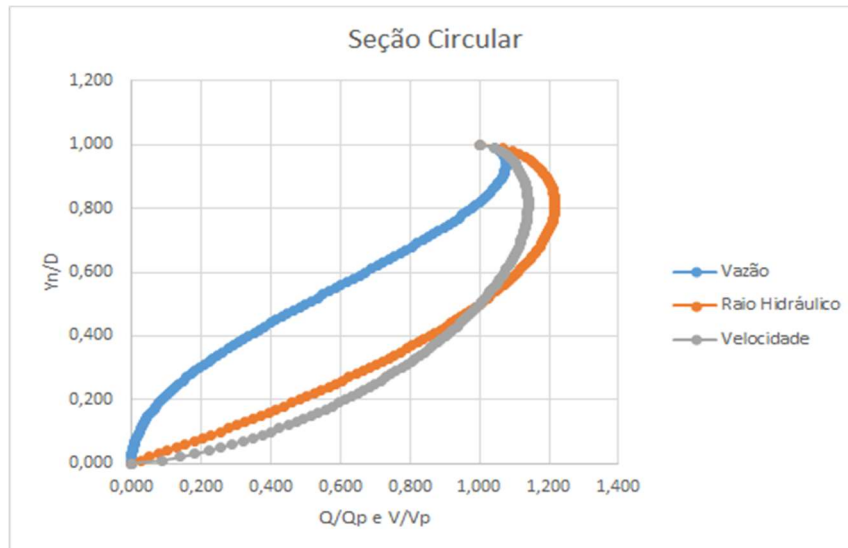
PVs - Poço de visita de saída.

O levantamento compreendeu redes de drenagem com tubulações de 400, 600, 800, 1000, 1500 e 2000 milímetros de diâmetro com suas devidas extensões, cotas, inclinações e marcação dos poços de visitas e galerias.

### 2.3 Caracterização da Bacia

Para cada rede levantada, desenvolveu-se uma análise da seção circular integrando as variáveis de vazão, raio hidráulico e velocidade, conforme apresentado na memória de cálculo. O Gráfico 2 a seguir exemplifica o resultado de uma dessas análises.

Gráfico 2 - Análise da seção circular da tubulação de 400 mm



Fonte: Próprias autoras

Para a aplicação das fórmulas aos elementos hidráulicos da seção circular, conforme disposto no item 1.7 e, conseqüentemente, a geração dos gráficos foram necessários os seguintes dados de entrada:

- Diâmetro, em metros;
- Altura da Lâmina de água, em metros;
- Inclinação de Fundo, em metros por metros;
- Coeficiente de rugosidade.

A partir do dimensionamento de cada um dos modelos de condutores horizontais de seção circular; analisou-se através da fórmula de Manning-Strickler, conforme apresentado no item 1.8 deste estudo, considerando lâmina de altura igual a  $2/3$  do diâmetro interno (D) do tubo.

Para a determinação do método racional, conforme citado no item 1.3, relacionou-se a área da bacia com o coeficiente de escoamento superficial e a intensidade da chuva, definida pela equação da curva IDF. Para o Tempo de concentração, o item 1.5 apresenta a formulação de Picking e Kirpich, todavia, para o estudo em questão optou-se por utilizar a fórmula de Picking. Cabe ressaltar que o tempo de retorno adotado para o estudo de redes e galerias foi de 10 anos, conforme evidenciado no Quadro 3 abaixo.

**Quadro 3 - Tempo de retorno adotados para projetos estruturais**

Estrutura	TR (anos)
Bueiros de estradas pouco movimentadas	5 a 10
Bueiros de estradas muito movimentadas	50 a 100
Pontes	50 a 100
Diques de proteção de cidades	50 a 200
Drenagem pluvial	2 a 10
Grandes barragens (vertedor)	10000
Pequenas barragens	100
Micro-drenagem de área residencial	2
Micro-drenagem de área comercial	5

Fonte: Introduzindo Hidrologia, 2008

## 2.4 Simulação das vazões com dados do INMET

Diante das análises apresentadas, foram levantados os dias com as chuvas mais intensas no DF. Esse levantamento foi embasado em reportagens que constataram alagamentos nas áreas do estudo em questão. Posteriormente a isso, foi coletada a precipitação referente aos dias que antecederam e sucederam a data registrada, através dos boletins gerados pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. A memória de cálculo apresenta um levantamento desses dados de medição tais como, pressão (hPa), umidade (%), temperatura (°C) e chuva (mm), para a estação A001 que corresponde a estação localizada no Setor Sudoeste.

Para fins demonstrativos dessa análise, em 13/11/2018 o jornal Metrôpoles publicou a seguinte matéria “Chuva causa estragos: 202 Norte fica alagada e Eixinho Sul é fechado”. Posto isso, foi feito um comparativo com o dia da chuva indicada na reportagem (12/11/2018), bem como os dias que antecederam e sucederam de forma a identificar o comportamento dessa chuva com um espaço amostral maior. O Quadro 4 a seguir exemplifica parte desse levantamento, que se estende para outros períodos no ano de 2019.

**Quadro 4 - Levantamento dos dados do INMET**

Dados de medição			Pressão (hPa)			Umidade (%)			Temperatura (°C)			CHUVA (mm)
Mês	DATA	HORA	Instantânea	Mínima	Máxima	Instantânea	Mínima	Máxima	Instantânea	Mínima	Máxima	
Novembro	10/11/2018	04:00	885.7	885.7	886.4	93	93	93	18.7	18.7	18.8	0,2
Novembro	10/11/2018	05:00	884.8	884.8	885.7	93	93	94	18.5	18.5	18.7	0,2
Novembro	10/11/2018	07:00	884.1	884.1	884.3	94	93	94	18.4	18.3	18.5	0,2
Novembro	10/11/2018	09:00	884.6	884.2	884.6	94	94	94	18.1	18	18.2	0,4
Novembro	10/11/2018	11:00	885.8	885.1	885.8	94	93	94	18.9	18.2	18.9	0,6
Novembro	10/11/2018	12:00	886.3	885.8	886.3	93	92	94	18.9	18.7	19.1	0,2
Novembro	10/11/2018	13:00	886.6	886.3	886.6	93	93	94	18.9	18.7	19.1	4,2
Novembro	10/11/2018	14:00	886.5	886.4	886.7	93	93	94	19.1	18.8	19.1	2,4
Novembro	10/11/2018	15:00	885.8	885.8	886.5	93	93	94	19	18.9	19.4	2,6
Novembro	10/11/2018	16:00	885.3	885.3	885.8	92	92	94	19.5	19	19.6	0,6
Novembro	10/11/2018	17:00	885	885	885.4	93	91	93	18.7	18.6	19.5	1,6
Novembro	10/11/2018	18:00	883.7	883.7	885	90	90	93	19.1	18.4	19.1	0,6
Novembro	11/11/2018	21:00	882.9	882.6	882.9	57	54	58	25.4	25.4	26.7	0,2
Novembro	11/11/2018	23:00	884.2	883.3	884.2	85	73	87	20.8	20.7	23.4	4,6
Novembro	12/11/2018	00:00	884.5	884.2	884.6	89	85	90	20.5	20	20.8	0,2
Novembro	12/11/2018	23:00	885.4	884.1	885.4	92	67	92	18.5	18.5	22.8	17,6
Novembro	13/11/2018	00:00	886.5	885.1	886.5	93	77	93	19	18.2	20.2	16,8
Novembro	13/11/2018	10:00	886	886	886.6	93	93	94	18.8	18.7	19.1	1,6
Novembro	13/11/2018	05:00	885	885	885.5	94	94	94	18.8	18.3	18.8	0,2
Novembro	13/11/2018	15:00	887.1	886.9	887.2	87	56	87	21.5	21.5	26.1	0,6
Novembro	15/11/2018	00:00	886	885.4	886	87	71	87	21	21	23	4
Novembro	15/11/2018	01:00	886.7	886	886.8	92	87	92	19.7	19.6	21	0,6
Novembro	15/11/2018	02:00	887.3	886.7	887.5	94	92	94	19.1	19	19.8	3,8
Novembro	15/11/2018	03:00	886.6	886.6	887.4	94	93	94	18.6	18.4	19.1	10
Novembro	15/11/2018	04:00	885.7	885.7	886.6	94	94	94	18.4	18.4	18.8	1,4
Novembro	15/11/2018	05:00	885.4	885.4	885.8	93	93	94	18.1	18	18.4	1
Novembro	15/11/2018	06:00	884.3	884.3	885.4	93	93	93	18.2	18.1	18.3	0,2

Fonte: Próprias autoras

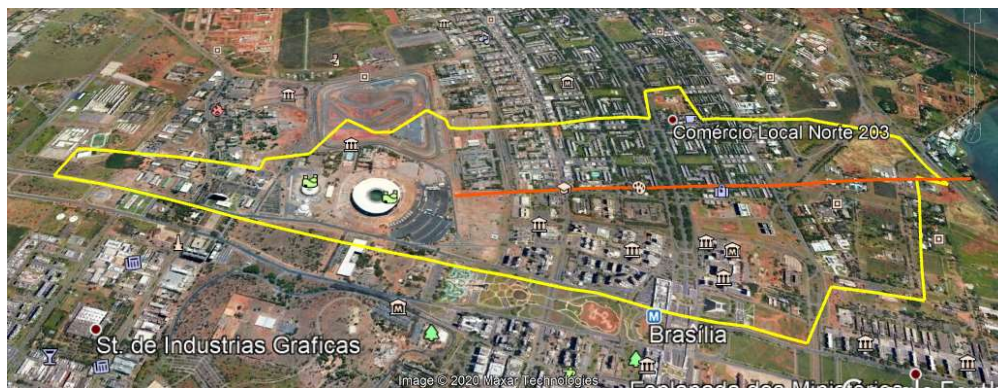
Com esses dados foi possível correlacionar o dimensionamento das redes de drenagem, mais uma vez utilizando o método racional disposto no item 1.3, no entanto, dessa vez utilizando as precipitações das chuvas críticas definidas pelo INMET. Possibilitando assim, analisar o comportamento para cada uma das redes em questão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo como foco analisar a rede de drenagem de águas pluviais existentes entre as quadras 102, 202 e 402, de acordo com a metodologia descrita no item anterior, foi possível verificar a porcentagem da rede que se encontra subdimensionada e a que está com os limites adequados para vazões com lâminas d'água de ⅓ e 94%.

Para início da análise, delimitou-se a bacia hidrográfica da região estudada, como a Figura 2 demonstra.

**Figura 2 - Delimitação da Bacia hidrográfica**



Fonte: Próprias autoras

O traçado em amarelo representa a delimitação da área, e o traçado em laranja representa o comprimento do talvegue, delimitado a partir do início da galeria 3, conforme classificada em projeto, até o exutório no late Clube. Totalizando uma área de 7,2 km<sup>2</sup> e um comprimento de 3,7 km, calculado diretamente no *software* Google Earth. Além disso, a partir desses dois pontos de localização foi possível definir a declividade do talvegue. A saber:

Declividade Inicial (Di) - 1.116,00 metros

Declividade Final (Df) - 1.014,00 metros

Após a delimitação da bacia e recebimento dos projetos da NOVACAP, realizou-se uma análise aprofundada de todas as pranchas disponibilizadas. Os recebidos apresentaram muita incompatibilidade de datas de implantação. Como citado no item 2.2, oito projetos eram do ano de 1978 e dezoito de 2009, que colaboraram para a retirada das informações mais atuais referentes a área. Além disso, muitos deles possuem resquícios de desgastes que quando digitalizados impossibilitou a leitura de alguns dados. Dessa forma, o processo de levantamento tornou-se dificultoso na etapa da pesquisa e nem toda a rede das quadras em estudo foram coletadas. Limitou-se o estudo no trecho principal de passagem, que engloba as principais galerias do início da Asa Norte e seus respectivos ramais.

Realizou-se uma comparação do crescimento demográfico da população do DF no ano em que possui mais projetos, 1978, o ano de 2009 e os dias atuais. Não há confirmações que outras obras foram realizadas posteriormente a essa data de 2009. Diante disso, observa-se na Tabela 1 o crescimento demográfico entre 1980, 2009 e 2020 do DF e do Brasil. Definiu-se

o ano de 1980, por conta do ano de 1978 não possuir dados confiáveis para análise. Os valores foram retirados das pesquisas do IBGE (2020) e do site do Senado Federal (2010).

**Tabela 1 - Crescimento demográfico**

Ano	População - DF	Crescimento (%)	População - Brasil	Crescimento (%)
1980	1.176.935	-	118.562.549	-
2009	2.606.885	121%	191.480.630	62%
2020	3.055.149	17%	211.755.692	11%

Fonte: Próprias autoras

Nota-se que a população do DF possui um crescimento demográfico acima do percentual geral brasileiro. Em 11 anos, a população cresceu mais de 17%. Todo o crescimento populacional e, conseqüentemente, o crescimento da cidade, influencia no coeficiente de escoamento, na quantidade de resíduos gerados nas ruas, no quanto cada rede de drenagem suporta com esses fatores que surgem.

Com intuito de conhecer os elementos hidráulicos e geométricos das redes analisadas e verificar o quanto suportam, calculou-se a área, raio hidráulico, velocidade e vazão na seção circular, considerando desde uma rede sem nenhum escoamento, ou seja, lâmina d'água em relação ao diâmetro,  $y_0/D = 0,00$ , até o comprometimento máximo da seção, onde  $y_0/D = 1,00$ , com 100% da sua capacidade preenchida. A variação de  $y_0/D$  ocorreu a cada 0,010, chegando a 101 análises diferentes dos elementos hidráulicos, conforme os diâmetros das redes observadas nos projetos disponibilizados pela NOVACAP: 400mm, 600mm, 800mm, 1000mm, 1500mm e 2000mm.

Contudo, para o referido estudo, utilizou-se apenas os valores de  $y_0/D = 0,67$  ( $\frac{2}{3}$ ), definido pela NBR 10844/1989, e  $y_0/D = 0,94$ , em que a velocidade de escoamento é máxima. A Tabela 2 abaixo demonstra as vazões para as lâminas d'água selecionadas, calculadas através da fórmula de Manning-Strickler para condutos horizontais de seção circular, variando conforme o diâmetro das redes localizadas nos projetos.



**Tabela 2 - Vazões de acordo com as lâminas 2/3 e 94%**

<b>400 mm</b>		
Q(2/3)	15.527,90	l/min
Q(94%)	21.161,33	l/min
<b>600 mm</b>		
Q(2/3)	27.607,24	l/min
Q(94%)	37.623,00	l/min
<b>800 mm</b>		
Q(2/3)	101.539,81	l/min
Q(94%)	138.377,90	l/min
<b>1000 mm</b>		
Q(2/3)	184.103,92	l/min
Q(94%)	250.895,83	l/min
<b>1500 mm</b>		
Q(2/3)	381.176,48	l/min
Q(94%)	519.465,25	l/min
<b>2000 mm</b>		
Q(2/3)	820.910,97	l/min
Q(94%)	1.118.733,04	l/min

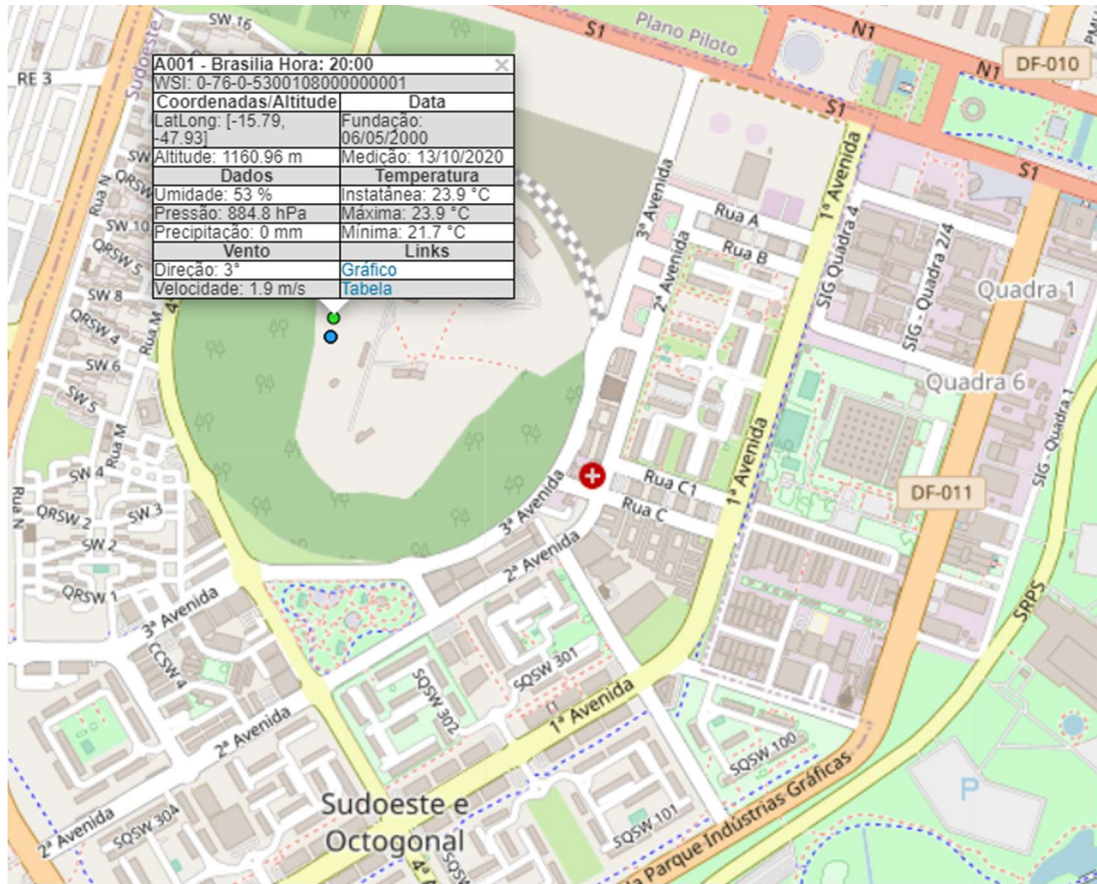
Fonte: Próprias autoras

Buscou-se através dos jornais locais, notícias em que o DF registrou chuvas intensas, as quais causaram grandes estragos para a população da área analisada. Foram encontrados 33 dias, os quais variam entre os meses de abril, novembro e dezembro de 2018 e 2019. A estação de maior precipitação em Brasília é de outubro a abril, com maiores intensidades no mês de dezembro e janeiro (Weather Spark, 2017).

Com os dias determinados, buscou-se a precipitação registrada pelas estações meteorológicas do INMET. Conforme a área em estudo, utilizou-se os dados da estação mais próxima, a A001 (Figura 3), a qual está localizada na região administrativa Setor Sudoeste, a aproximadamente 10 km da região estudada. Com isso, criou-se duas planilhas de cálculos para analisar as vazões de acordo com a precipitação, de hora em hora, dos 33 dias. Na primeira, utilizou-se o coeficiente de escoamento superficial igual a 0,70, o qual representa centros urbanos com menor densidade, uma população menos densa e com mais áreas

verdes. O intuito é calcular as vazões de projeto antes das impermeabilizações que ocorreram com o crescimento urbano em volta das quadras 102, 202 e 402 analisadas.

**Figura 3 - Localização da Estação A001**



Fonte: INMET

Na segunda planilha, utilizou-se o coeficiente de escoamento igual a 0,90, o qual representa centros urbanos densamente construídos. Para esse coeficiente, os cálculos das vazões são para os dias atuais, contabilizando os efeitos das áreas impermeabilizadas. As Tabelas 3 e 4 mostram os 5 dias com as maiores precipitações (mm) e, conseqüentemente, as maiores vazões (l/min) para cada coeficiente. Nota-se que a maioria ocorreu no mês de dezembro de 2019.

**Tabela 3 - Dias de maiores precipitações (C = 0,70)**

Data	Precipitação (mm)	Vazão (l/min)
06/12/2019	72,40	6.081.600,00
10/12/2019	61,80	5.191.200,00
15/04/2019	45,60	3.830.400,00
14/12/2019	28,60	2.402.400,00
21/04/2019	27,20	2.284.800,00

Fonte: Próprias autoras

**Tabela 4 - Dias de maiores precipitações (C = 0,90)**

<b>Data</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Vazão (l/min)</b>
06/12/2019	72,40	7.819.200,00
10/12/2019	61,80	6.674.400,00
15/04/2019	45,60	4.924.800,00
14/12/2019	28,60	3.088.800,00
21/04/2019	27,20	2.937.600,00

Fonte: Próprias autoras

Percebe-se um aumento de quase 80% entre as vazões, por conta da elevação do coeficiente de escoamento superficial. Isso ocorreu devido ao aumento populacional, às grandes áreas impermeabilizadas do Estádio Mané Garrincha e a construção de novos prédios entre a rodoviária do Plano Piloto e o Brasília *Shopping*. Essas áreas influenciam diretamente no escoamento da chuva, sobrecarregando as redes subsequentes, as quais, possivelmente, foram projetadas para coeficientes inferiores, devido às extensas áreas verdes que Brasília continha.

Diante de todos os dados levantados, considerando o máximo que as redes poderiam suportar, analisou-se a capacidade das redes de drenagem para as chuvas intensas dos 33 dias mencionados e com os diferentes coeficientes de escoamento. A Tabelas 5 compreende os coeficientes = 0,70 e 0,90, uma vez que apresentaram resultados próximos em relação ao *status* do quanto cada rede encontra-se subdimensionada ou adequada de acordo com as vazões de projeto calculadas.

**Tabela 5 - Status da rede analisada (C = 0,70 e 0,90)**

<b>Vazão (2/3) - Subdimensionada</b>		<b>Vazão (94%) - Subdimensionada</b>	
400	100%	400	100%
600	76%	600	76%
800	56%	800	50%
1000	42%	1000	36%
1500	30%	1500	21%
2000	17%	2000	12%
<b>Vazão (2/3) - Adequada</b>		<b>Vazão (94%) - Adequada</b>	
400	0%	400	0%

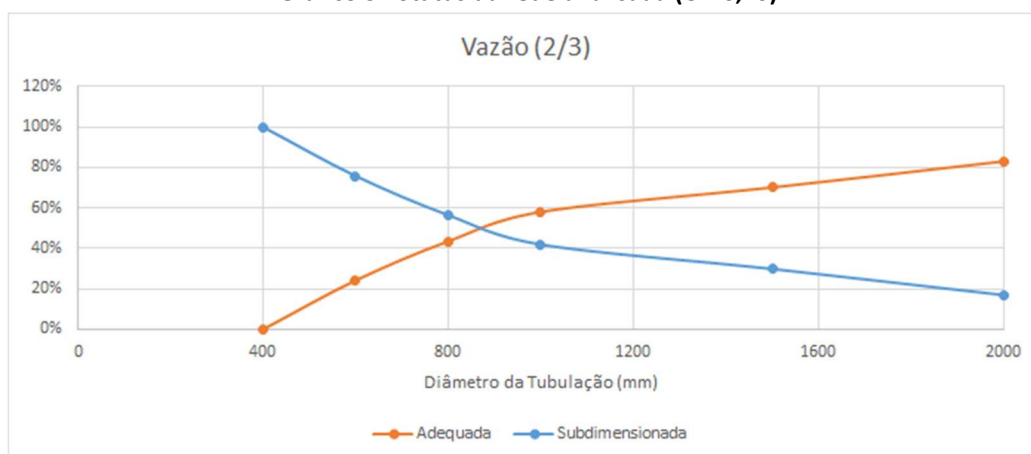
600	24%	600	24%
800	44%	800	50%
1000	58%	1000	64%
1500	70%	1500	79%
2000	83%	2000	88%

Fonte: Próprias autoras

Nota-se que tanto para a lâmina d'água de  $\frac{2}{3}$  quanto para a de 94%, com os diferentes coeficientes, a rede de 400mm está superior aos limites definidos pelas vazões de projeto. Isso pode ter ocorrido devido ao número de entradas de água - boca de lobo, bueiros - existentes serem insuficientes para tamanha demanda, pela falta de manutenção, pelo subdimensionamento da rede e até mesmo por sujeiras acumuladas nas entradas. Não foi possível realizar a contabilização da quantidade de dispositivos de entrada, por conta da falta de detalhamento nos projetos fornecidos pela NOVACAP.

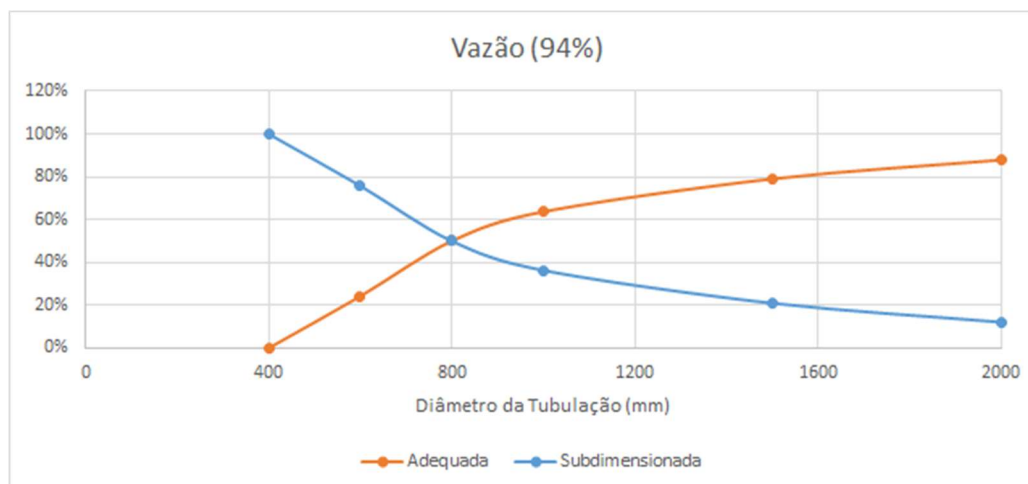
A rede de 600mm também possui uma porcentagem de adequação muito baixa às chuvas estudadas. Isso pode ocorrer devido aos reflexos concomitantes das tubulações de 400mm, com sobrecarga do sistema subsequente. Porém percebe-se uma inversão, como os Gráficos 3 e 4 demonstram, a partir da tubulação de 800 e 1000m, quando a rede passa a ser adequada para, pelo menos, 50% do escoamento gerado pelas chuvas intensas.

Gráfico 3 - Status da rede analisada (C = 0,70)



Fonte: Próprias autoras

**Gráfico 4 - Status da rede analisada (C = 0,90)**



Fonte: Próprias autoras

Comparou-se, posteriormente, a chuva mais volumosa detectada no levantamento pela estação A001 do INMET, ocorrida no dia 15/04/2019, de 41,2 mm/h, com os valores resultantes a cada hora pela Curva IDF de Brasília. Constatou-se que a chuva de 41,2 mm está abaixo do Tempo de Retorno - TR de 10 anos, recomendado pela NOVACAP (2019) para o dimensionamento de galerias de águas pluviais. Como verificou-se alagamento para essa precipitação registrada, impreterivelmente ocorrerá para a precipitação resultante do TR de 10 anos, a qual é superior a esse valor.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS (OU CONCLUSÕES)**

Contudo, há indícios que as tubulações existentes precisam ser analisadas *in loco* pelos órgãos responsáveis, pois conforme apresentado no estudo em tela, apenas as tubulações de grande porte conseguem suprir toda a demanda de chuva nos últimos tempos. Isso não ocorre apenas pelo volume intenso, mas também pela falta de permeabilidade no solo que as grandes construções provocam, sobrecarregando o sistema de drenagem de águas pluviais.

Além disso, a falta de planos periódicos de manutenção corretiva das redes de drenagem como um todo - tubulações, poços de visitas, bocas de lobo, bueiros - causam enormes problemas, pois há um grande depósito de lixo nesses dispositivos, o que impede a passagem fluida da água, causando pontos de alagamentos em diversas regiões. Com isso corre o risco de danificar, permanentemente, os dispositivos que poderiam ser apenas recuperados.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (Adasa), Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal. P. 333. Brasília, 2018. Formato digital. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area\\_de\\_atuacao/drenagem\\_urbana](http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/drenagem_urbana)> Acesso em: 04/09/2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844/1989: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, p. 13. 1989.

BRANDÃO, V.S.; PRUSKI, F.F.; Silva, D.D. Infiltração da água no solo. Universidade Federal de Viçosa, 2003.

CANHOLI, Aluísio P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

COLLISCHONN, WALTER e TASSI, RUTINÉIA, Introduzindo Hidrologia, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS). P. 147. Porto Alegre, 2008.

CONSULTORIA AMBIENTAL EM RECURSOS HÍDRICO. Drenagem Urbana, Recursos Hídricos. 2013. Disponível em: <[https://www.aquafluxus.com.br/microdrenagem\\_e\\_macro\\_drenagem\\_os\\_subistemas\\_caracteristicos\\_da\\_drenagem\\_urbana/?lang=en](https://www.aquafluxus.com.br/microdrenagem_e_macro_drenagem_os_subistemas_caracteristicos_da_drenagem_urbana/?lang=en)> Acesso em: 02/09/2020.

COMPANHIA URBANIZADORA DA NOVA CAPITAL DO BRASIL (NOVACAP). Termo de referência e especificações para elaboração de projetos de sistema de drenagem pluvial no Distrito Federal. Brasília, 2019. Disponível em: <[https://caudf.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Termo\\_de\\_Referencia\\_21151132\\_Termo\\_de\\_referencia\\_e\\_Especificacoes\\_Para\\_elaboracao\\_de\\_Projeto\\_de\\_Sistema\\_de\\_Drenagem\\_Pluvial\\_no\\_DF\\_Abril\\_de\\_2019\\_\\_1\\_.pdf](https://caudf.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Termo_de_Referencia_21151132_Termo_de_referencia_e_Especificacoes_Para_elaboracao_de_Projeto_de_Sistema_de_Drenagem_Pluvial_no_DF_Abril_de_2019__1_.pdf)> Acesso em: 06/09/2020.

DEBO, T.N; REESE, A.J. Municipal storm water management. 2.ed. Boca Raton, Flórida: Lewis Publishers, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). Método do Histograma Triangular Unitário (MHTU). P. 70. Figueirópolis - TO, 2011. Formato digital Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/anexo/Projetos/Projetos\\_edital0373\\_11-23\\_0.pdf](http://www1.dnit.gov.br/anexo/Projetos/Projetos_edital0373_11-23_0.pdf)> Acesso em: 04/09/2020.

DRUMOND, P. P.; COELHO, M. M. L. P.; MOURA, P. M. Análise do Volume de Reservação de Reservação de Águas Pluviais em Lotes: Comparação do Caso de Belo Horizonte com Outras Cidades Brasileiras. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH. Maceió, AL, 2011.

FESTI, A. V. Equações de chuva brasileira. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais, João Pessoa, Paraíba, 20p, 2005.

FONTES; A. R. M.; BARBASSA, A. P. Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbana. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, São Paulo, v. 8, n.2, abr/jun 2003.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. Programa de Saneamento Básico no Distrito Federal, 2009. Disponível em: <<https://www.sanfrancisco2.com.br/files/legislacoes/02-Manual-de-Drenagem-Urbana-Manuais-Tecnicos-2-3.pdf>> Acesso em: 25/08/2020

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Manual de Drenagem Urbana. Curitiba, 2002. Disponível em: <[http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu\\_versao01.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_versao01.pdf)> Acesso em: 30/08/2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>> Acesso em: 05/09/2020

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasil/panorama>> Acesso em: 13/10/2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Desafios do desenvolvimento. Brasília, 2010. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2339:catid=28&Itemid=23](https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2339:catid=28&Itemid=23)> Acesso em: 28/08/2020.

LEOPOLD, L. B. Hydrology for urban planning - A guide book on the hydrologic effects on urban land use. USGS circ. 554, 18p. 1968. Formato Digital. Disponível em <<https://pubs.usgs.gov/circ/1968/0554/report.pdf>> Acesso em: 30/08/2020.

MATA LIMA, H.; VARGAS, H.; CARVALHO, J.; GONÇALVES, M.; CAETANO, H.; MARQUES, A.; RAMINHOS, C. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. Rev. Esc. Minas, 2007.

PORTO, R. M. Hidráulica básica. 2.ed. São Carlos: EESC-USP, 1999. cap.2 , p.13.

SENADO FEDERAL. Brasília tem 2,6 milhões de habitantes e a maior renda 'per capita' do país. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/especiais/brasil50anos/not01.asp>> Acesso em: 13/10/2020.

TUCCI, C.E.M (2001), Hidrologia Ciência e Aplicação, Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2ª ed., p.945

TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: TUCCI, C. E. M. (org). Hidrologia: Ciência e Aplicação. São Paulo, 1993.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO. Manual de drenagem urbana. Toledo, 2017. Disponível em: <[https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual\\_de\\_drenagem\\_urbana\\_-\\_volume\\_i.pdf](https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf)> Acesso em: 02/09/2020.

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE SÃO PAULO(SMDU-SP), Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos. P.128.São Paulo (cidade), 2012. Formato digital. Disponível em <[www.prefeitura.sp.gov.br](http://www.prefeitura.sp.gov.br)> Acesso em: 06/09/2020.

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL (UNISC). Núcleo de Pesquisa e Extensão em Gerenciamento de Recursos Hídricos. Boletim Informativo Nº 05. Santa Cruz do Sul, 2004. Disponível em: <<http://www.comiteparado.com.br/boletins/2004/boletim05-04.html>> Acesso em: 02/09/2020.

WILKEN,P.S.Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: CETESB, 1978.477p.



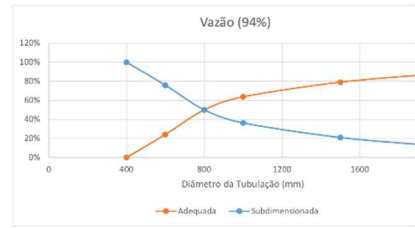
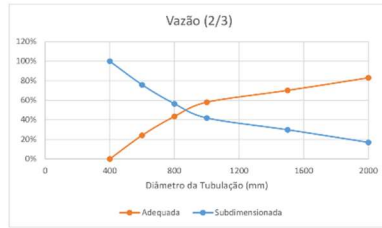






10/11/2018	21.600,00	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	21.600,00	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	21.600,00	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	43.200,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	64.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	21.600,00	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	453.600,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	259.200,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	280.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	64.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	172.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	64.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
10/11/2018	21.600,00	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
11/11/2018	496.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
12/11/2018	21.600,00	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
12/11/2018	1.900.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension
13/11/2018	1.814.400,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension
13/11/2018	172.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
13/11/2018	21.600,00	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
13/11/2018	64.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
15/11/2018	432.000,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
15/11/2018	64.800,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada
15/11/2018	410.400,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
15/11/2018	1.080.000,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension
15/11/2018	151.200,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
15/11/2018	108.000,00	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada
15/11/2018	21.600,00	Subdimension	Subdimension	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada	Adequada

Vazão (2/3) - Subdimension		Vazão (94%) - Subdimension	
400	100%	400	100%
600	76%	600	76%
800	56%	800	50%
1000	42%	1000	36%
1500	30%	1500	21%
2000	17%	2000	12%
Vazão (2/3) - Adequada		Vazão (94%) - Adequada	
400	0%	400	0%
600	24%	600	24%
800	44%	800	50%
1000	58%	1000	64%
1500	70%	1500	79%
2000	83%	2000	88%



## ANEXO 3

$$Q = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} A i^{\frac{1}{2}}$$

onde:

$Q$  vazão escoada;

$A$  área da seção da sarjeta;

$R_h$  raio hidráulico em m;

$i$  declividade longitudinal da rua;

$n$  coeficiente de Manning que, para concreto liso, pode-se adotar o valor de 0,018.

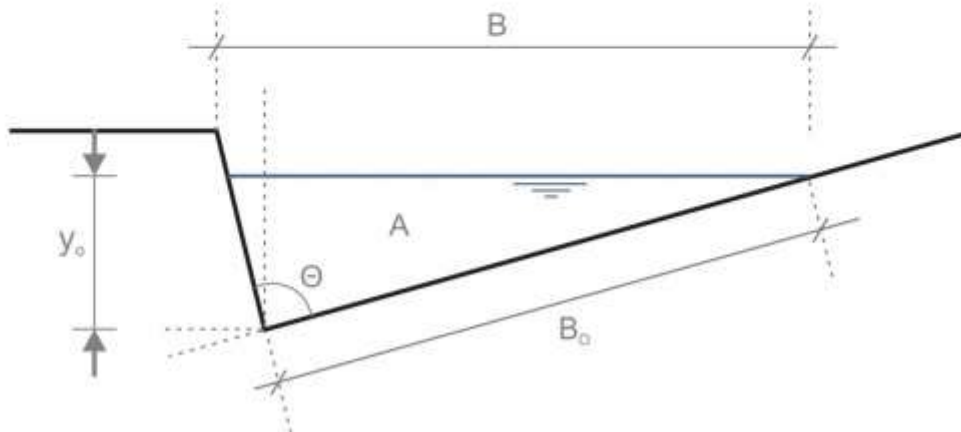


Figura adaptada 1 Seção de Escoamento de uma sarjeta

Fonte: Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo (2012)



1. Memória de Cálculo - (C=0,70).xlsx
2. Memória de Cálculo - (C=0,90).xlsx
3. ANEXO II\_.jpg
4. ANEXO I.jpg