

**CENTRO UNIVERSITARIO UNIFAAT
ENGENHARIA CIVIL**

Camila Devecchi
Felipe dos Santos Antônio
Marcos Barros
Rodolfo Borges Pereira
Vitor Agnaldo Benedito

Avaliação de desempenho hidráulico do sistema de drenagem urbana
existente no Bairro Jardim Brasil - Atibaia

CENTRO UNIVERSITARIO UNIFAAT ENGENHARIA CIVIL

Camila Devecchi
Felipe dos Santos Antônio
Marcos Barros
Rodolfo Borges Pereira
Vitor Agnaldo Benedito

Avaliação de desempenho hidráulico do sistema de drenagem urbana
existente no Bairro Jardim Brasil - Atibaia

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia (Civil) pela UNIFAAT
FACULDADES, sob orientação do (a)
professor (a) Adélia Mara Massulo.

ATIBAIA - SP
2019

Resumo

A drenagem urbana é de suma importância, visto que um mau desempenho ou dimensionamento acarretará em grandes prejuízos sejam em perda de bens materiais, ou até mesmo vidas. Atualmente essa problemática vem afetando muitas pessoas em toda cidade de Atibaia. Este trabalho tem como objetivo calcular a rede de drenagem existente no bairro Jardim Brasil, bem como discutir o comportamento da mesma e analisar sua capacidade de coletar e transportar a precipitação até seu desemboque. Foi possível, através de pesquisas realizadas em materiais de grandes autores da drenagem urbana, o conhecimento sobre a mesma, possibilitando a conferência do desempenho e avaliação da sua capacidade. Realizando o levantamento bibliográfico juntamente com as pesquisas de campo e com as informações estruturadas foram desenvolvidos os devidos cálculos para a obtenção das conclusões. Além do bairro Jardim Brasil, se fez necessário utilizar os cálculos das vazões de três áreas adjacentes e por seu sistema de drenagem não comportar toda a vazão das mesmas, são conduzidas, devido à declividade, até o local estudado. Essas vazões somadas a do bairro fazem com que ocorram enchentes devido ao mau dimensionamento dos dispositivos de drenagem existentes. Mesmo com as obras realizadas desde a última grande cheia, de acordo com os dados numéricos alcançados, ainda não pode ser resolvida a problemática e a partir dos mesmos, chegou-se à conclusão de que deveria ser revisada tanto a disposição de drenagem das áreas adjacentes quanto o novo dimensionamento da aduela presente no bairro Jardim Brasil.

Palavras – chave: Drenagem urbana; enchentes; dimensionamento; precipitação.

ABSTRACT

Urban drainage is of the utmost importance, as poor performance or scaling will result in major damage whether it is of loss of material property, residence or possibly even life. Currently this problem has been affecting many people throughout the city of Atibaia. This work aims to calculate the existing drainage network in the Jardim Brasil neighborhood, as well as discuss its behavior and analyze its capacity to collect and transport precipitation water until its discharge. It was possible, through research carried out in materials of great authors of urban drainage, the knowledge about it, enabling the conference of its performance and the evaluation of its capacity. The bibliographic survey was carried out together with the field research and with the structured information was performed the appropriate calculations to obtain the conclusions. In addition to the Jardim Brasil neighborhood, the flow of three adjacent areas had to be calculated and because their drainage system does not support all the flow of the area, they are conducted, due to the slope, to the studied site. These flows added to that of the neighborhood causing floods to occur due to the poor dimensioning of the existing drainage devices. Even with the works carried out since the last major flood, according to the numerical data achieved, the problem cannot be solved yet and from them, it was concluded that both the drainage disposition of the adjacent areas should be reviewed, as the new dimensioning of the stave present in the Jardim Brasil neighborhood.

Key words: Urban drainage; flooding; sizing; precipitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Regiões hidrográficas brasileiras	15
Figura 2: Precipitações orográficas.....	16
Figura 3: Precipitações convectivas.....	16
Figura 4: Precipitações ciclônicas	17
Figura 5: Pluviômetro manual	18
Figura 6: Pluviômetro Automático	18
Figura 7: Previsão de máximas intensidades de chuvas para Bragança Paulista	21
Figura 8: Área de influência estudada com a declividade.	22
Figura 9: Tabela Coeficiente de Runnoff.....	23
Figura 10: Infiltração – solo compactado/ descompactado.....	24
Figura 11: Infiltração – Alterações hidrológicas decorrentes da urbanização	25
Figura 12: Tabela com os valores do coeficiente n de Manning.....	29
Figura 13: Sarjeta	32
Figura 14: Sarjetões	32
Figura 15: Rede coletora	33
Figura 16: Poço de visita	33
Figura 17: Boca de lobo com grelha	34
Figura 18: Caixa de ligação	34
Figura 19: Piscinão da cidade de Poá.....	35
Figura 20: escoamento Superficial	38
Figura 21: Localização do município de Atibaia	40
Figura 22: Enchente em Atibaia.....	42
Figura 23: Gráfico de Prevenção 2013-2017	43
Figura 24: Enchentes no município de Atibaia	44
Figura 25: Obra de canalização córrego Piqueri	45
Figura 26: Avenida Gaspar Camargo após canalização	46
Figura 27: Enchente de 2011.....	46
Figura 28: Enchente de 2011.....	47
Figura 29: Dia após a enchente de 2011	47
Figura 30: Colocação de novas tubulações	48
Figura 31: Galeria antiga que foi desobstruída.....	48
Figura 32: Família sendo resgatada após cair no córrego Piqueri	49
Figura 33: Projeto das aduelas do bairro ao riacho.....	50
Figura 34: Vista superior das Aduelas do bairro ao riacho	50
Figura 35: Casa desapropriada para execução das aduelas.....	51
Figura 36: Vala aberta para execução do muro	52
Figura 37: Pedras utilizadas no acabamento sendo depositadas.....	52
Figura 38: Muro em fase de concretagem.....	53
Figura 39: Localização Jardim Brasil	54
Figura 40: Planta Urbanística Loteamento Jardim Brasil.....	55
Figura 41: Registro apresentado em Diário Oficial.....	56
Figura 42: Parte do Memorial descritivo do Loteamento Jardim Brasil.....	56
Figura 43: Alteração apresentada em Diário Oficial	57
Figura 44: Jardim Brasil alterado	58
Figura 45: Zoneamento Jardim Brasil	58
Figura 46: Área de Contribuição Rua Amadeu Amaral.....	59

Figura 47: Área de Contribuição Rua Francisco P. de Camargo	60
Figura 48: Área de Contribuição Rua Brasília	60
Figura 49: Área de Contribuição Rua Prof. Domingos Mateus	61
Figura 50: Área de Contribuição Rua Euclides da Cunha	61
Figura 51: Área de Contribuição adjacente 1	62
Figura 52: Declividade área adjacente 1	63
Figura 53: Área de Contribuição adjacente 2	63
Figura 54: Declividade da área adjacente 2	64
Figura 55: Área de Contribuição adjacente 3	64
Figura 56: Declividade da área adjacente 3	64
Figura 57: Acúmulo de sujeira e água nas sarjetas.....	66
Figura 58: Guias e sarjetas irregulares, obstáculos e sujeira.	66
Figura 59: Sarjetão irregular e acumulo de água	67
Figura 60: Sarjetão em paralelepípedo	67
Figura 61: Boca de lobo combinada danificada.....	68
Figura 62: Grelha invadindo o leito carroçável	68
Figura 63: Grelha suja por mato	69
Figura 64: Tubulação no mesmo nível da boca de lobo	70
Figura 65: Poço de visita sob a camada de rolamento.....	71
Figura 66: Rua sem galerias de drenagem	72
Figura 67: Localização do bairro em relação ao Córrego Itapetininga e ao Rio Atibaia.....	73
Figura 68: Sarjeta média, utilizada nos cálculos.	78
Figura 69: Boca de lobo utilizada para os cálculos.	78
Figura 70: Tabela Área 1 utilizada para o cálculo de bocas de lobo necessária.....	79
Figura 71: Continuação da tabela Área 1 apresentada anteriormente	79
Figura 72: Boca de lobo, Área de influência 1.....	80
Figura 73: Altura de boca de lobo, Área de influência 1.	80
Figura 74: Rua da Área adjacente 1.	81
Figura 75: Rua da Área adjacente 1.	81
Figura 76: Tabela com cálculo de vazões área adjacente 1.....	82
Figura 77: Tabela Área 2 utilizada para o cálculo de bocas de lobo necessária.....	82
Figura 78: Continuação da tabela Área 2 apresentada anteriormente	83
Figura 79: Boca de lobo dupla.	83
Figura 80: Abertura de boca de lobo sendo medida.....	84
Figura 81: Medidas de sarjetas sem regularidade.....	84
Figura 82: Medidas de sarjetas sem regularidade.....	85
Figura 83: Tabela com cálculo de vazões área adjacente 2.....	85
Figura 84: Tabela Área 3 utilizada para o cálculo de bocas de lobo necessária.....	86
Figura 85: Continuação da tabela Área 3 apresentada anteriormente	86
Figura 86: Boca de lobo localizada na área.	87
Figura 87: Abertura de boca de lobo sendo medida.....	87
Figura 88: Boca de lobo tipo grelha, com lixo depositado pela população.	88
Figura 89: Tabela com cálculo de vazões área adjacente 3.....	88
Figura 90: Tabela utilizada para o cálculo de bocas de lobo necessária na Área Principal. .	89
Figura 91: Continuação da tabela Área Principal apresentada anteriormente	89
Figura 92: Tabela com cálculo de vazões Área Principal	90
Figura 93: Aduela existente no bairro.	91
Figura 94: Gráfico de vazões 1.	92

Figura 95: Gráfico de vazões 2.	93
Figura 96: Gráfico de vazões 3.	93
Figura 97: Gráfico de vazões do bairro.	94
Figura 98: Área de intervenção.	95
Figura 99: Área a ser desapropriada.....	96

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 : Equação de intensidade pluviométrica	21
Equação 2 : Equação de tempo de concentração	22
Equação 3: Método racional	26
Equação 4 : Formula de Manning	28
Equação 5 : Raio hidráulico	28
Equação 6 : Declividade	29
Equação 7 : Tempo de concentração	74
Equação 8 : Equação de intensidade pluviométrica	74
Equação 9 : Equação de intensidade pluviométrica resolvida	74
Equação 10: Cálculo de vazão área adjacente 1	75
Equação 11: Cálculo de vazão área adjacente 2	75
Equação 12: Cálculo de vazão área adjacente 3	75
Equação 13: vazão da sarjeta.....	76
Equação 14: Número de boca de lobo.....	76
Equação 15: Distância entre bocas de lobo	76
Equação 16: Soma das vazões adjacentes	90
Equação 17: Soma das vazões adjacentes com a vazão do bairro.....	90
Equação 18 : Fórmula de Manning	91
Equação 19: Fórmula de Manning Aduela existente	91
Equação 20: Fórmula de Manning Aduela necessária	92

Sumário

1. Introdução	11
2. Justificativa	11
3. Objetivo	11
4. Metodologia.....	12
5. Revisão bibliográfica.....	12
5.1 Hidrologia.....	12
5.1.1 Conceitos gerais da hidrologia	12
5.1.2 Precipitação.....	15
5.1.3 Intensidade pluviométrica	19
5.1.4 Tempo de concentração	21
5.1.5 Infiltração.....	22
5.1.6 Estimativa modelo chuva-vazão	25
5.1.7 Fórmula de Manning	27
5.1.8 Declividade	29
5.2 Drenagem Urbana.....	30
5.2.1 Considerações gerais	30
5.2.2 Sistema de Drenagem Urbana.....	30
5.2.3 Componentes, elementos, acessórios e instalações complementares.	31
5.2.3.1 Microdrenagem.....	31
5.2.3.2 Macrodrenagem	35
5.3 Drenagem Urbana no Brasil.....	36
5.4 Plano diretor de Drenagem Urbana	39
5.5 Caracterizações da cidade de Atibaia	40
5.5.1 Enchentes	41
5.5.2 Incidências de chuvas no bairro Jardim Brasil.....	45
5.6 Classificação dos solos e da pavimentação para caracterização de escoamento	53
6. Desenvolvimento	54
6.1 Caracterização do bairro estudado	54
6.2 Área de contribuição principal	59
6.3 Contribuições adjacentes	62
6.4 Situação da drenagem superficial	65
6.5 Situação das redes e galerias.....	70

6.6	Cálculo de chuvas intensas	73
6.7	Dimensionamento da rede pluvial	74
6.8	Cálculo das Áreas Adjacentes	74
6.8.1	Área adjacente 1	74
6.8.2	Área Adjacente 2	75
6.8.3	Área Adjacente 3	75
7.	Conferência das estruturas	75
7.1	Sarjeta	75
7.1.1	Desenho da sarjeta	75
7.1.2	Vazão sarjeta	76
7.2	Boca de lobo	76
7.3	Quantidade de boca de lobo	76
7.4	Distância entre bocas de lobo	76
7.5	Poços de visita	77
7.6	Dimensionamento da galeria	77
7.7	Conferência das estruturas das Áreas Adjacentes	77
7.7.1	Área Adjacente 1 (azul):.....	78
7.7.2	Área adjacente 2 (amarela):.....	82
7.7.3	Área Adjacente 3 (verde):.....	86
7.7.4	Conferência das estruturas da Área Principal	89
7.8	Dimensionamento das Aduelas	90
8.	Discussão dos resultados	92
9.	Conclusão final	94
10.	Referências	97

1. Introdução

Com o passar do tempo, houve uma expansão demográfica por todas as regiões da cidade, um reflexo negativo dessa expansão foi a impermeabilização de áreas e também a habitação de algumas regiões que não eram propícias a serem ocupadas por moradias. Com o desenvolvimento da pesquisa, buscamos identificar as áreas, e com isso desenvolver cálculos que possam servir de base na identificação dos fatores que colaboram para que ocorram enchentes, encontrando as possíveis soluções, e analisando se de fato as medidas tomadas corrigiriam o problema.

2. Justificativa

O projeto desenvolvido visa estudar o comportamento hidráulico do sistema de drenagem na cidade de Atibaia, uma região que nos últimos anos tem sido altamente prejudicada com problemas de enchentes, nas épocas em que o índice de precipitação está alto e constante.

Com a análise dos sistemas atuais de drenagem pluvial da cidade de Atibaia, nota-se facilmente a ineficiência da mesma em grande parte dos bairros, decorridos do mau planejamento, implantação e conservação por parte da população.

Por isso que é de grande valia os estudos das ineficiências dos sistemas para se remanejar e replanejar os dispositivos existentes.

3. Objetivo

O objetivo principal desse trabalho é analisar o atual desempenho hidráulico do sistema de drenagem urbana existente na cidade de Atibaia, para que com isso conseguirmos apresentar soluções para o grande problema de enchentes que a região vem sofrendo nos últimos anos.

Revisar os conceitos de drenagem urbana, critérios hidrológicos de projeto e a grande influência da urbanização no assunto em questão.

Comparar através do dimensionamento dos cálculos tradicionais a condição do atual sistema com o mínimo necessário para o escoamento pluvial adequado.

Realizar uma análise crítica da eficácia dos projetos que foram feitos nos últimos anos na região e entender o porquê de o problema persistir, apresentando soluções que possam ajudar a população a se livrar dos danos das enchentes.

4. Metodologia

A partir da revisão bibliográfica realizada em materiais com teorias consolidadas do meio de drenagem urbana, as quais foram feitas através de livros e artigos de autores renomados e conhecidos na área, com isso foi possível analisar e compreender os dados pertinentes ao tema em questão.

Subsequentemente foram feitas pesquisas buscando conhecer as áreas que mais sofrem com constantes casos de enchentes decorrentes das fortes chuvas que atingem a cidade de Atibaia, em determinados períodos do ano. Feito isso se teve a conclusão que o bairro escolhido seria o Jardim Brasil, por ser um dos mais afetados.

Inicialmente foram coletados documentos referentes à área de estudo como projeto urbanístico do loteamento, projeto de uma das obras realizadas no local visando à melhoria do escoamento pluvial, que se trata de uma aduela e memorial descritivo contendo o módulo de implantação do bairro.

Após a apuração das documentações obtidas, foi feita uma visita ao bairro de estudo, realizando medições dos dispositivos de drenagem existentes e registro fotográfico de todo o local. De acordo com o alinhamento dos dados obtidos, fez-se necessário conhecer áreas adjacentes que contribuem no agravamento das enchentes.

Foram executados cálculos a fim de comparar a quantidades de bocas de lobo existentes com as quantidades mínimas necessária para devida situação, comprovando então a ineficiência do sistema atual.

Por fim, foi somada toda a vazão recebida indiretamente no bairro, sendo elas, a das áreas adjacentes e a própria vazão do local, realizado um cálculo da aduela necessária, conferindo se de fato a presente é eficaz ou não.

5. Revisão bibliográfica

5.1 Hidrologia

5.1.1 Conceitos gerais da hidrologia

A hidrologia tem como objetivo estudar a água em todos os seus aspectos, entre eles, a maneira como está distribuída em todo o Globo terrestre, suas sub definições,

suas propriedades físicas e químicas e suas relações com o meio ambiente e com seres humanos (COLLISCHONN & TASSI, 2008).

Para Collischonn & Tassi (2008) para se estudar as áreas em que a água aparece como fator principal, precisa-se de disciplinas específicas em que especialistas ficam responsáveis em resolver a problemática da área em questão.

A água e suas utilidades vêm sendo estudada desde a Idade Média, onde os povos viviam perto das margens e utilizam da água para suas produções agrícolas e de sobrevivência. No Egito Antigo já estava sendo iniciadas as primeiras práticas de irrigação e os filósofos gregos foram os primeiros a tratar a hidrologia como ciência e perceber a importância da chuva no equilíbrio hídrico no planeta. No século 17, estudos realizados por Perrault fez-se conhecer a relação entre precipitação e vazão onde analisou a influência da precipitação e suas componentes com os cálculos já feitos por Edmé Mariotte, concluindo assim que a vazão era apenas 16% da precipitação (TUCCI, 1993).

De acordo com Tucci (1993) foi a partir do século 19 que se iniciam os estudos mais específicos relacionando a precipitação, vazão, teorias e experimentos da Hidráulica.

Ainda segundo Tucci (1993) a partir da década de 30 com a equação de Chezy, iniciaram cálculos de movimentos uniformes em canais e métodos para calcular vazões em pequenas bacias. Em 1932 e 1933 Sherman e Horton apresentaram soluções para compor a Hidrologia, sendo elas um Hidrograma unitário, feitos por Sherman e cálculos de infiltração para determinar a precipitação efetiva.

Com o surgimento da tecnologia, a Hidrologia que era basicamente analisada de acordo com as estatísticas, passou a ser cada vez mais aprimorada. Além das estatísticas foram criadas técnicas, métodos e cálculos para se aprofundar cada vez mais na influência hidrológica, tal como escoamento, fluxo de rios e lagos e a influência da evolução humana. Analisando a Hidrologia no meio ambiente, ou seja, a utilização e influência que a fonte hídrica pode proporcionar e interferir no mesmo (TUCCI, 1993).

No decorrer dos anos todos os conhecimentos que envolviam essa área passaram a se especializar e aprofundar nas problemáticas e nos benefícios tendo que conciliar a Hidrologia com a evolução da humanidade. Como a água passou a ser utilizado como fonte de energia, abastecimento de residências, irrigação, entre outros, estudos

foram feitos para que ela também fosse aproveitada sem que houvesse mau uso, ou seja, que fosse preservada e não prejudicasse o meio ambiente (NETO, 2010).

Com o crescimento da população no meio ocupacional houve desmatamento de áreas, tendo muitas residências que se instalaram nas proximidades de fontes de água e com esse crescimento também surgiram uma maior utilização para geração de energia e abastecimento (NETO, 2010).

Devido todas essas situações citadas anteriormente, os estudos multidisciplinares passaram a ter que se preocupar também com possíveis enchentes e o controle do uso de água que é uma fonte limitada. No Brasil, de acordo com Tucci (1993), foi baseada a hidrologia à aspectos como o desenvolvimento das Bacias hidrográficas de acordo com as necessidades de abastecimento, mas seguindo um planejamento tanto para utilização pública quanto à privada. Voltando-se à drenagem e considerando que a maior parte da população ocupa o perímetro urbano, as enchentes, sedimentos produzidos e qualidade da água têm sido levados em consideração como uma problemática. Assim também como questões que envolvem a utilização da água para suprir a energia hidrelétrica necessária para abastecer a população, a utilização da água na área rural, que com a sua utilização frequente acaba causando uma perda na qualidade do solo e assoreamento dos rios, assim como a necessidade de se usar irrigação em locais mais secos.

Atualmente, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de acordo com a Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003, divide o Brasil em 12 regiões hidrográficas. Diferentemente das bacias hidrográficas, que podem ultrapassar as fronteiras nacionais, as regiões hidrográficas estão restritas ao espaço territorial pertencente ao Brasil, como mostra a Figura 1.

O regime hidrológico de uma região é determinado por suas características físicas, geológicas e topográficas e por seu clima. Os fatores climáticos mais importantes são a precipitação, principal "input" do balanço hidrológico de uma região, sua distribuição e modos de ocorrência, e a evaporação, responsável direta pela redução do escoamento superficial (BERTONI & TUCCI, 1993).

Figura 1: Regiões hidrográficas brasileiras



Fonte: ANA – Agencia Nacional de águas (2019)

5.1.2 Precipitação

Segundo Villela & Mattos (1975) precipitação pluviométrica é o efeito em que a água condensa na região atmosférica e em seguida atinge o solo, tanto na forma de chuva, orvalho, granizo entre outras formas. Precipitação refere-se a toda forma de água que atinge o solo terrestre e contribui para a continuidade do ciclo hidrológico e manutenção da temperatura ambiente.

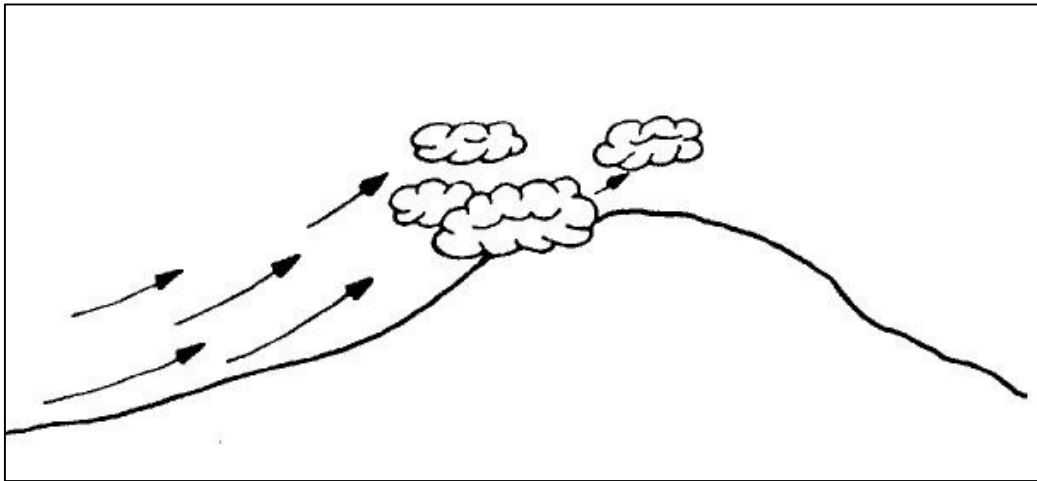
A condensação é o vapor d'água que formam as nuvens e somente com a junção de várias gotículas de uma nuvem é possível formar uma gota maior, que então poderá ser chamada de chuva sendo assim posteriormente precipitada (VILLELA & MATTOS, 1975).

Para que a chuva ocorra é necessário que as gotas atinjam tamanho e peso suficientes, este fenômeno é conhecido como “coalescência” e está diretamente ligado à ascensão das massas de ar na atmosfera. Através desse movimento o ar é elevado a níveis mais altos nos quais resultam em perda de pressão, forçando a expansão dessa massa. Contudo, a temperatura é reduzida pela troca de energia ocorrida neste processo, atingindo o ponto de saturação condensando o vapor d'água. Dependendo então apenas que as gotas atinjam peso e volume suficiente para vencer as forças que sustentam a mesma no ar (FELLOWS, 1978).

Para Fellows (1978) a ascensão do ar depende de alguns itens que por sua vez são de tamanha importância e também utilizados para classificação das precipitações descritas nos tópicos abaixo:

- Precipitação orográfica: É formada quando o ar atmosférico é forçado através do vento a atravessar barreiras constituídas pelo relevo do terreno, como montanhas e vales (figura 2).

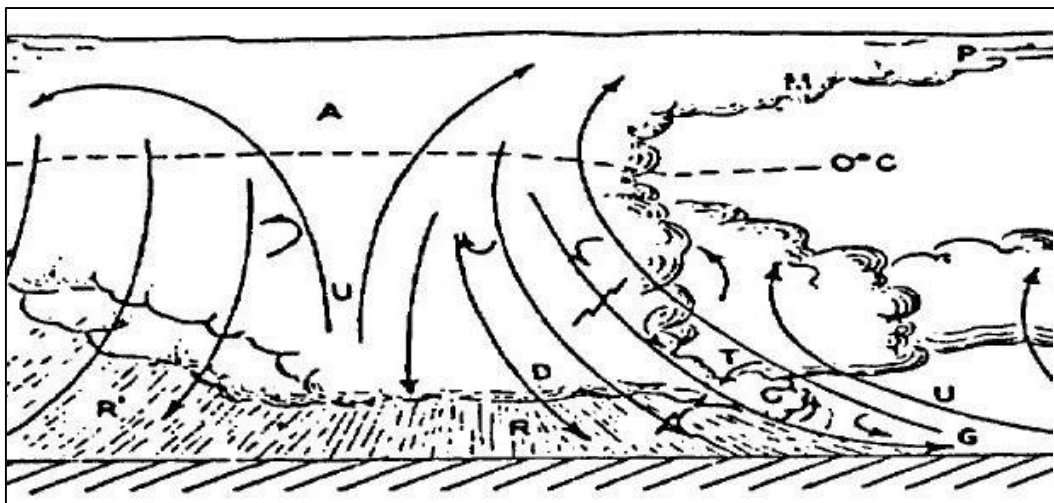
Figura 2: Precipitações orográficas



Fonte: Villela & Mattos, 1975.

- Precipitação por convecção também conhecida como “chuva de verão” obtém sua formação através das intensas evapotranspirações da superfície formando massas de ar instáveis que se elevam rapidamente e de acordo com a figura 3 onde é possível analisar através das setas a instabilidade do ar.

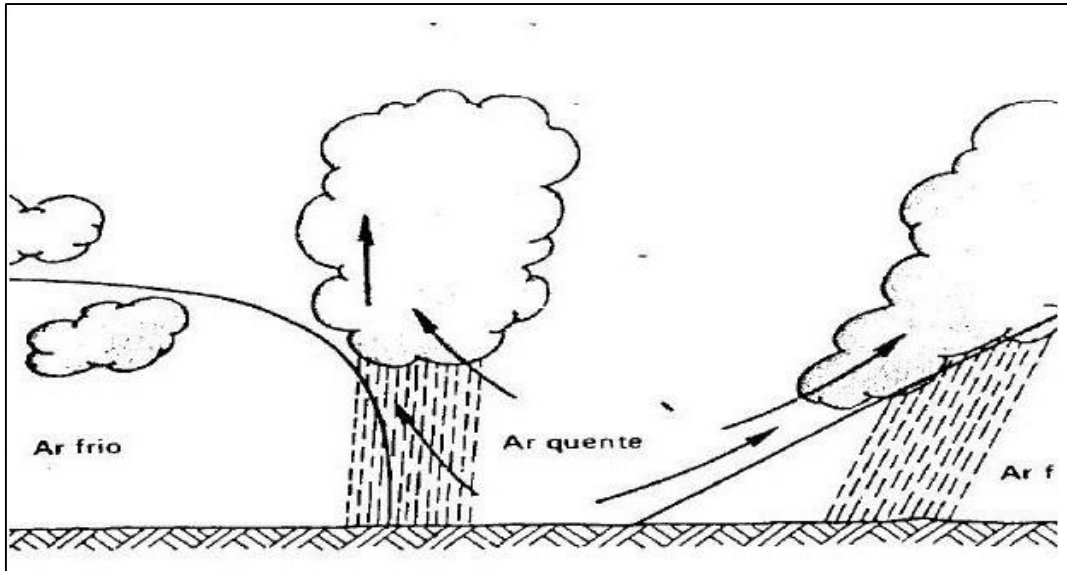
Figura 3: Precipitações convectivas



Fonte: Villela & Mattos, 1975.

- Na figura 4 temos a ilustração de precipitação ciclônica que são formadas quando as massas de ar quente se chocam com as massas de ar frio, onde o ar quente sobe e o ar frio se mantém abaixo, quando esse fenômeno ocorre, tem-se a precipitação.

Figura 4: Precipitações ciclônicas



Fonte: Villela & Mattos, 1975.

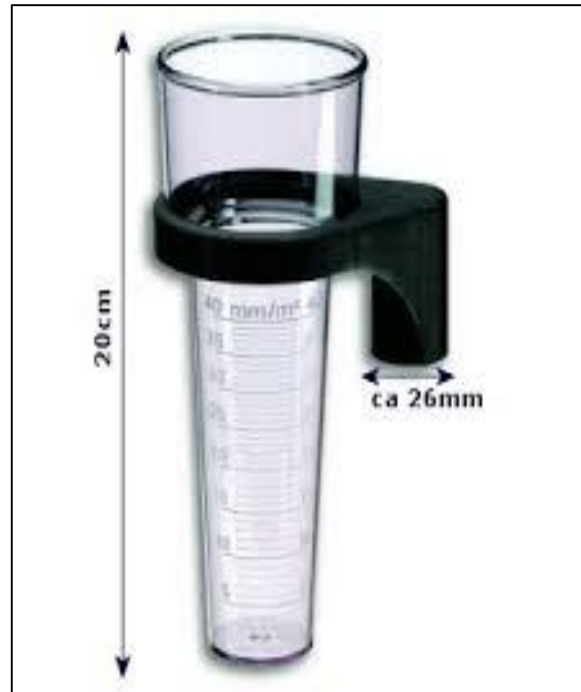
O cálculo do volume de precipitação que cai em determinado local é medido através da pluviometria. São caracterizados através de (Capaz & Nogueira, 2016):

- **Altura Pluviométrica:** que é calculada pela relação da altura da lâmina d'água por uma determinada área apresentada em milímetros (mm);
- **Período:** é contado a partir do início da chuva até o fim da mesma e é geralmente apresentado em horas (h);
- **Intensidade:** que relaciona a altura pluviométrica com a duração da chuva em um determinado período de tempo dada em milímetros/hora (mm/h).

O pluviômetro manual mais comum (figura 5) consiste em um recipiente cilíndrico ou cônico de volume conhecido que possui uma régua onde é possível observar o nível d'água coletado durante a chuva (MILANESI ET AL, 2017).

O pluviômetro automático (figura 6) é formado por uma placa que capta os dados da chuva por sensores e através de um sistema de monitoramento transfere as medições para um programa de computador que faz a leitura da coleta em tempo real (MILANESI ET AL, 2017).

Figura 5: Pluviômetro manual



Fonte: Unity Instrumentos, 2019

Figura 6: Pluviômetro Automático



Fonte: Cemaden, 2014

Por todas as partes do país existem estações meteorológicas que são formadas por aparelhos que medem além do volume da chuva, umidade do ar, direção dos ventos, etc. Esta medição é realizada diariamente num período de 24:00 horas, contados a partir das 07:00 horas durante todos os dias do ano (SILVA, 2005).

Conforme Machado (2017) os pluviômetros trabalham em conjunto com dois sistemas avançados para cálculo da precipitação, envolvendo radares e satélites e em ambas as formas são possíveis monitorar e juntar informações já coletadas para formar a previsão dos deslocamentos de chuva e sua intensidade, agilizando a entrega e a qualidade de informações. Com isso é possível antecipar e prever alertas para temporais, inundações e cheias de rios. Antevendo possíveis riscos que venham a ocorrer, estes dados coletados em campo são computados e lançados em um sistema de monitoramento em tempo real, que fica disponível na internet e pode ser acessado a qualquer momento.

A determinação da intensidade de precipitação é importante para o controle de enchentes e erosão do solo. Por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia (BERTONI & TUCCI, 1993).

5.1.3 Intensidade pluviométrica

Para calcular a intensidade de uma determinada área, são utilizados equipamentos denominados pluviômetros, que deve ser disposta a certa distância uns dos outros e em pontos estratégicos, a fim de se obter o mais completo levantamento de precipitação na área a ser estudada. Depois de coletada a água entre os pluviômetros é feito o cálculo da média entre os aparelhos para identificar a quantidade de chuva coletada em uma cidade, por exemplo (HOLTZ, 1976).

Existem também os pluviógrafos, que determinam a duração e quantidade de precipitação em uma determinada área. No Brasil, temos uma grande rede de dados pluviométricos que foram obtidos graças a instalação de inúmeros pluviômetros, visto que essa tecnologia é bastante barata e de fácil instalação em relação ao pluviógrafo (CANHOLI, 2012).

Para se determinar a precipitação em uma área, são considerados valores que estão sujeitos a alterações dependendo de local e tempo e às leis probabilísticas, por isso se faz necessário uma análise estatística (HOLTZ, 1976).

A intensidade pluviométrica nada mais é que, o tempo que leva para cair uma determinada quantidade de chuva. Esse levantamento, que é o volume de chuva, pode ser dado em litros, metros cúbicos, porém o mesmo é dado em milímetro (mm), porque o pluviômetro, aparelho que mede o volume precipitado, é lido em milímetros. Esse cálculo leva em consideração uma unidade de tempo que é minuto ou hora. A intensidade pluviométrica é um dos mais importantes dados na Hidrologia, pois é fundamental para a determinação do hidrograma de uma bacia, por exemplo. É um argumento imprescindível dos modelos chuva-vazão como o Método racional. Esse dado é muito importante para que um projeto seja muito bem dimensionado e por isso deve ser muito bem calculado (RIGHETTO, 2008).

A altura pluviométrica é o quanto a lâmina de água tem de espessura durante uma chuva sobre uma determinada região. Quando se dizem que choveu uma determinada quantidade em milímetros em uma certa região, quer dizer que choveu em uma área de um metro quadrado, isso quer dizer que o volume dessa precipitação é de litros por metro quadrado, e quando é multiplicado esse resultado pela área da bacia, que deve ser em metros quadrados, temos o valor total da chuva captada pela mesma (PAZ, 2004).

Para o cálculo da intensidade, que nada mais é que a altura da lamina d'água obtida em um determinado intervalo de tempo, costuma-se trabalhar com os sistemas de equações que relaciona a intensidade, duração e frequência de um evento em um determinado período de retorno através de um gráfico de curvas no qual é ajustado de forma empírica de acordo com os dados pluviométricos coletados de cada local (CAMPOS et al, 2014).

Como anteriormente citado a Intensidade pluviométrica é um dos parâmetros mais importantes da hidrologia, é a quantidade de chuva por unidade de tempo. Essa quantidade é o volume de chuva dada em mm/h e pode ser obtida através do site da DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica).

Para a realização do cálculo, conforme mencionado no parágrafo anterior será retirado dados referentes ao cálculo de Chuvas Intensas disponibilizadas pelo DAEE (1999), onde não se encontra tal cálculo para a cidade de Atibaia, sendo necessário utilizar como referência a cidade de Bragança Paulista. O DAEE disponibilizou em maio de 2018 a última atualização de Precipitações Intensas do Estado de São Paulo, porém nessa atualização não se encontra a cidade de Bragança Paulista. Portanto a Equação (1) utilizada foi disponibilizada em junho de 1999.

Para se conhecer a intensidade pluviométrica da cidade de Atibaia, utilizando as referências citadas anteriormente, serão analisados os dados da tabela de previsão de máximas intensidades de chuvas para Bragança Paulista (figura 7) na qual apresenta a duração de uma chuva expressa em minutos e o tempo de retorno da mesma contado em anos, dado estes necessários para resolução das equações de intensidade e tempo de concentração.

No presente trabalho, será calculado o tempo de concentração para a área de influência que escoar no bairro, em virtude do cálculo de Chuvas Intensas da cidade de Bragança Paulista.

Equação de intensidade pluviométrica

$$i_{t,T} = [33,7895 x (t + 30)^{-0,8832} + 5,4415 x (t + 10)^{-0,8442}] x [-0,488 - 0,9635 x \ln \ln(\frac{T}{T-1})] \quad (1)$$

Fonte: DAEE, 1999.

Figura 7: Previsão de máximas intensidades de chuvas para Bragança Paulista em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	74,5	102,9	121,7	132,3	139,8	145,5	163,2	180,7	198,1
20	61,5	81,7	95,1	102,6	107,9	112,0	124,5	137,0	149,4
30	52,6	68,4	78,9	84,8	88,9	92,1	102,0	111,7	121,4
60	36,9	46,8	53,3	57,0	59,6	61,6	67,7	73,8	79,8
120	23,5	29,4	33,3	35,5	37,0	38,2	41,8	45,4	49,0
180	17,5	21,8	24,6	26,2	27,3	28,1	30,8	33,4	36,0
360	10,1	12,6	14,2	15,1	15,7	16,2	17,7	19,2	20,7
720	5,7	7,1	8,0	8,5	8,8	9,1	9,9	10,8	11,6
1080	4,0	5,0	5,6	6,0	6,3	6,5	7,1	7,7	8,3
1440	3,1	3,9	4,4	4,7	4,9	5,0	5,5	6,0	6,5

Fonte: DAEE, 1999.

5.1.4 Tempo de concentração

O tempo de concentração segundo Tomaz (2002) nada mais é do que o tempo necessário para que toda a quantidade de água da chuva contribua para a bacia hidrográfica ou região estudada, resumidamente, é o tempo que a gota de água mais distante leva para chegar ao trecho de cálculo. Para o cálculo do Bairro de estudo, Jardim Brasil, utiliza-se a Fórmula de Kirpich, Equação (2), que é recomendada para

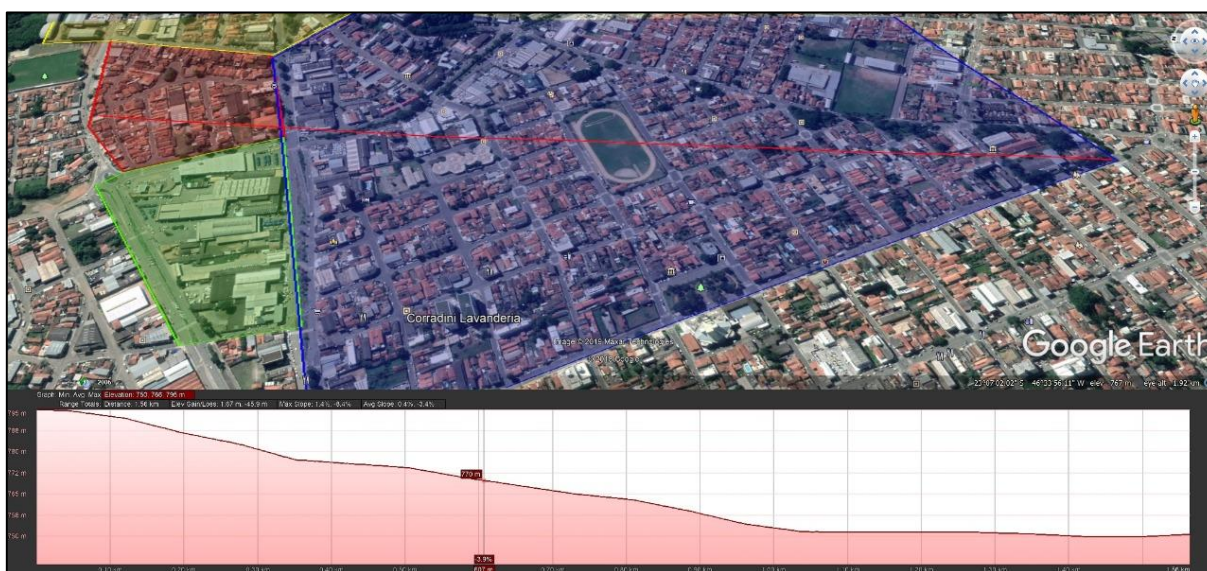
bacias com uma área de até 0,5 km² e para terrenos com declividade de 3 a 10% conforme dados retirados da figura 8.

Equação de tempo de concentração

$$t_c = 0,019 \times \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (2)$$

Fonte: DAEE, 1999.

Figura 8: Área de influência estudada com a declividade.



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

5.1.5 Infiltração

A infiltração é o fenômeno de penetração da água nas camadas do solo próximas à superfície do terreno, onde através dos vazios do solo e pela ação da gravidade, a água escorre até uma camada profunda, geralmente um lençol freático (MARTINS, 1976).

Para isso, deve-se respeitar o escoamento superficial de cada tipo de solo ou camada de recobrimento conhecido como Coeficiente de Runnof ou coeficiente de deflúvio, que é definido através da relação do volume de água escoado com o volume de água precipitado e que geralmente já possuem valores tabelados (SCHUELER, 1987).

Um dos fatores mais importantes para a obtenção do escoamento superficial se dá devido ao tipo de recobrimento do solo, podendo ser de asfalto, concreto, telhados,

lajes e outros, que são materiais que impossibilitam a absorção da água pelo solo e tendem a aumentar os valores do coeficiente de Runnof. Por outro lado, cobrimentos do tipo pedregulhos, solos naturais, jardins, campos abertos, tendem a diminuir o valor do coeficiente em questão (SCHUELER, 1987).

Como exemplo da importância do coeficiente de deflúvio uma área impermeável possui coeficiente próximo de 1, ou seja, quase toda a água que cai em sua superfície é escoada. Já uma área permeável possui coeficiente em torno de 0,2, ou seja, somente cerca de vinte por cento da água é escoada, onde o restante é absorvido pelo solo (SCHUELER, 1987). Após avaliação do solo e sua capacidade de infiltração será encontrado um coeficiente que funcionará como um fator de correção para essas divergências de permeabilidade. A figura 9 abaixo apresenta os valores utilizados para cada tipo de solo.

Figura 9: Tabela Coeficiente de Runnoff

Característica da Superfície	C
Área Comercial	
-Central	0,70 a 0,95
-Bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
-Residências Isoladas	0,30 a 0,50
-Unidades Múltiplas (Separadas)	0,40 a 0,60
-Unidades Múltiplas (Conjugadas)	0,60 a 0,75
-Subúrbio	0,25 a 0,40
-Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área Industrial	
-Indústrias leves	0,50 a 0,80
-Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
“Playground”	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
Ruas	
-Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
-Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
-Blocos	0,70 a 0,85
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos)	
-Pequena declividade (2%)	0,05 a 0,10
-Declividade média (2% a 7%)	0,10 a 0,15
-Forte declividade (>7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados (Solos Argilosos)	
-Pequena declividade (2%)	0,15 a 0,20
-Declividade média (2% a 7%)	0,20 a 0,25
-Forte declividade (>7%)	0,25 a 0,30

Fonte: ASCE/WEF, citado em Crow, 1962

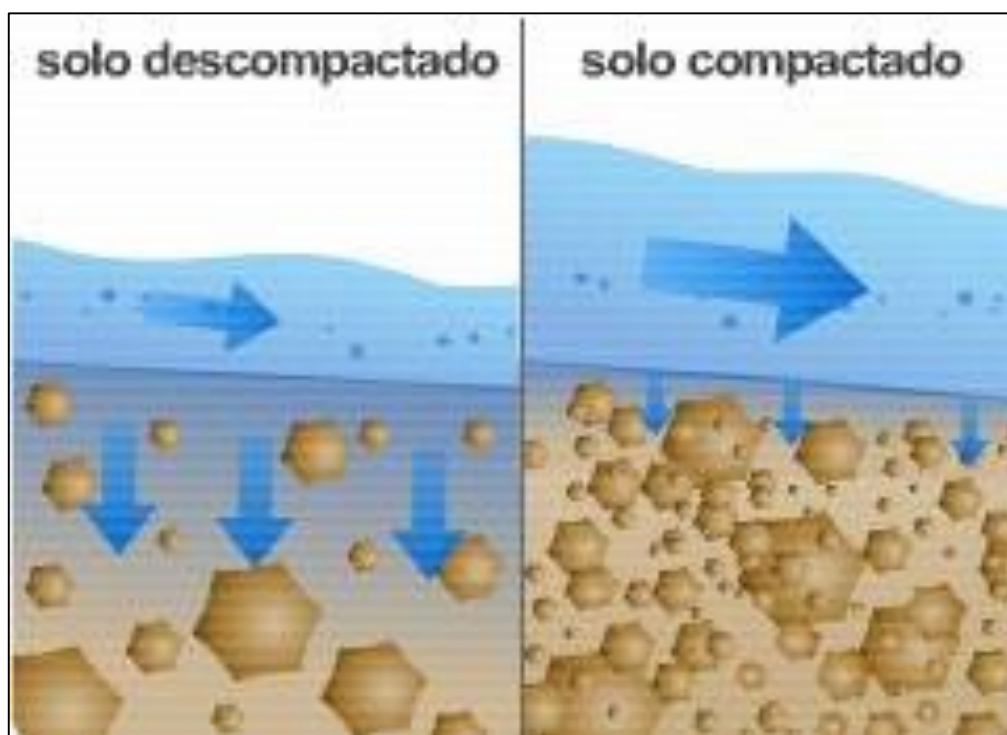
A água da chuva que é precipitada em um solo permeável tende a ser absorvida totalmente pelo solo, até que se inicie a formação de um espelho d'água, e conseqüentemente passe a escorrer superficialmente. Esse fato pode ser observado

por qualquer pessoa, porém é regido por leis físicas complexas, cuja quantificação é supostamente conseguida por meio de experimentos, leis empíricas e solução de equações diferenciais que governam o movimento da água no solo. (RIGHETTO, 2008).

A infiltração é afetada por uma série de fatores entre os quais estão inclusos os seguintes (RIGHETTO, 2008):

- Um aspecto crucial para determinar a capacidade de infiltração de um solo é a sua porosidade. Solos com poros pequenos como argila tendem a ter uma capacidade menor de infiltração. Outro fator importante é a compactação do solo, onde geralmente, quanto mais compactado for, menor será sua capacidade de infiltração de água, exemplificado na figura 10.

Figura 10: Infiltração – solo compactado/ descompactado



Fonte: LEPSCH (2002)

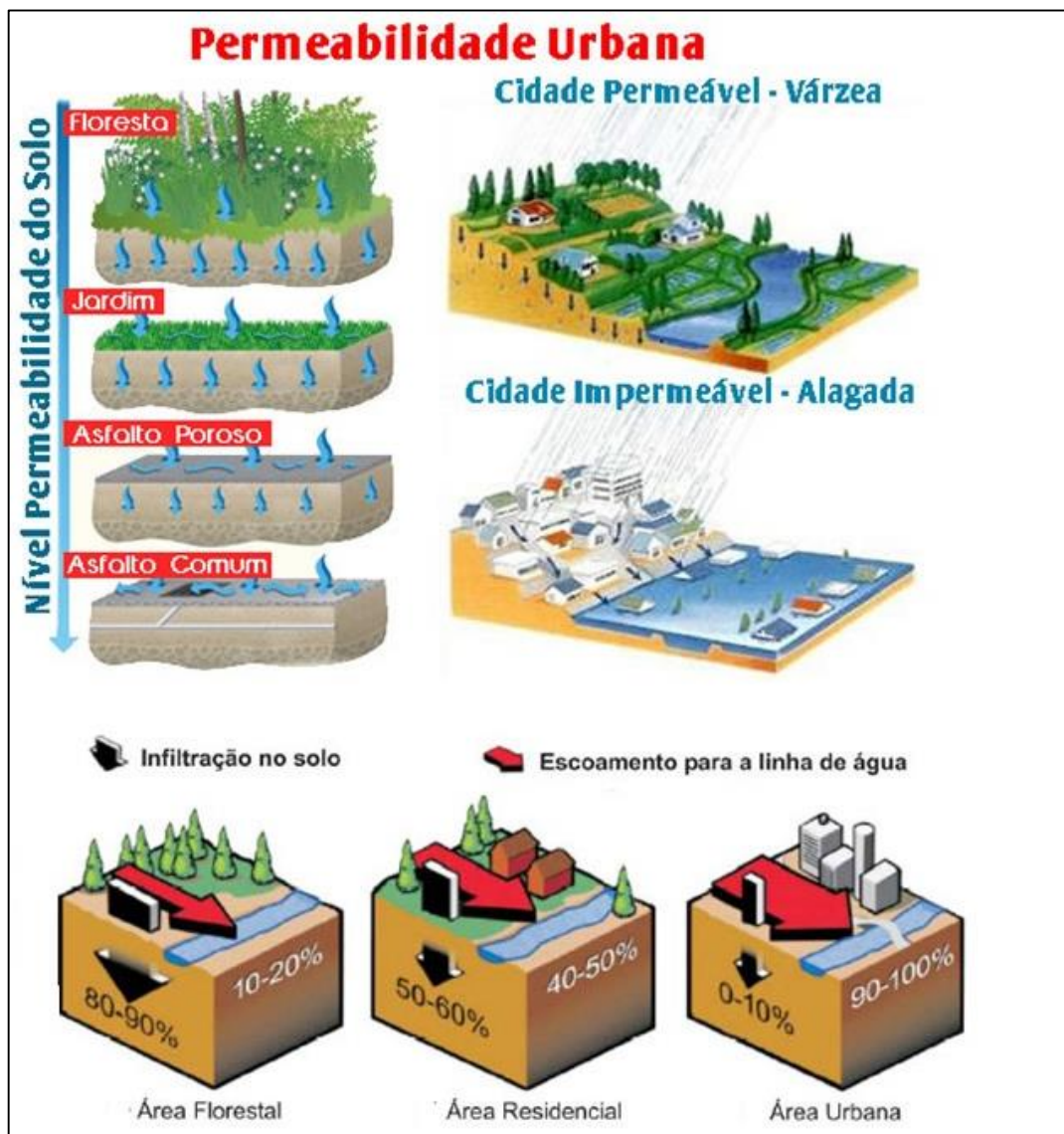
- Umidade do solo: Quanto maior a umidade já presente no solo, menor será sua capacidade de infiltração. Quando um solo fica saturado ele perde a sua capacidade de reter água.
- Material orgânico no solo: A maioria das matérias orgânicas aumenta a capacidade de infiltração do solo. As raízes de plantas se estendem no mesmo e realizam fissuras, na qual resultam em uma infiltração maior e mais rápida. Animais,

como minhocas e tatus, também permitem vazios, na qual ajudam o solo a ter uma melhor infiltração e também diminuem o risco de erosão.

- Ocupação do solo: os processos de urbanização como, por exemplo, a concretagem, diminui drasticamente a habilidade do solo em infiltrar água.

Os últimos tópicos descritos acima podem ser exemplificados na figura 11 apresentada abaixo.

Figura 11: Infiltração – Alterações hidrológicas decorrentes da urbanização



Fonte: Scielo (2006)

5.1.6 Estimativa modelo chuva-vazão

Uma das finalidades do estudo hidrológico se relaciona ao desenvolvimento de metodologias de cálculo, para que seja possível entender o desempenho de uma

bacia hidrográfica durante um período de uma precipitação. Este cálculo tem como função dimensionar o impacto no qual incide uma determinada vazão sobre um rio e sobre o meio ambiente quando ocorre interferência humana, seja na impermeabilização do solo pela expansão demográfica, ou pelo desmatamento. Outra aplicação favorecida pelo cálculo é a previsão de enchentes (PAZ, 2004).

Atualmente dois métodos são amplamente utilizados para a determinação da transformação vazão-chuva, que são o método simplificado, que procura estimar as características do hidrograma, e a modelagem do processo “vazão-chuva”. No método simplificado, são utilizados cálculos empíricos que estimam, por exemplo, valores como vazão e o tempo de pico do hidrograma, sendo mais comuns as utilizações dos cálculos pelo método racional e do hidrograma unitário. Para a utilização desses modelos de cálculos hidrológicos, procura-se reproduzir todas as características do local a ser estudado, tais como local da bacia, tipo de solo, relevo, rede de drenagem entre outros fatores, além de um grande levantamento de dados históricos que já foram feitos para o cálculo da transformação chuva-vazão (DUARTE, 2010).

Ainda segundo o autor, para a obtenção de fatores característicos da bacia, como área, tempo de concentração, rede de drenagem, e a quantidade de informações disponíveis, sendo o tempo e recurso. Adota-se uma das metodologias para a conversão chuva-vazão e, quando se faz um levantamento hidrográfico urbano, normalmente são utilizados os métodos simplificados, tais como o racional e do hidrograma unitário.

O método racional visa estimar a vazão de pico em uma bacia, considerando que a vazão é diretamente proporcional à área da mesma e à intensidade da chuva. Esse cálculo considera que a precipitação é uniforme em toda sua extensão, e não ocorre variação na intensidade da precipitação ao longo do período de duração (PAZ, 2004).

O cálculo do método racional, adotando as unidades usuais para a área da bacia e intensidade é dado pela expressão Equação (3) a seguir:

$$\begin{aligned} & \textit{Método racional} \\ Q_p &= 0,278 * C * i * A \end{aligned} \tag{3}$$

Em que Q_p é a vazão máxima de pico, i é a intensidade da precipitação em milímetros por hora (mm/h), A é a área da bacia dado em quilômetros quadrados (km^2), C é um coeficiente de escoamento superficial (adimensional) e o valor de 0,278 é usado para a conversão de unidades (PAZ, 2004).

O valor do coeficiente de escoamento é definido de acordo com o tipo de superfície do solo estudado, sendo assim, podendo ser maior ou menor (MATOS, 1994).

Por se tratar de um método relativamente simplificado, é utilizado em bacias pequenas com a área inferior a 2 km^2 ou com o tempo de concentração de até uma hora (TUCCI, 1993).

O histograma unitário (HU) é um estudo de escoamento superficial direto onde se observa a vazão em relação a intensidade e a duração unitárias.

A definição dessas chuvas pode ser arbitrada, porém para que se possa fazer uma comparação costuma-se adotar um padrão, ou seja, para uma chuva que dure uma hora com a intensidade de um milímetro, como valores unitários, fica definido que esses valores serão para a área total da bacia. (DUARTE, 2010).

Os hidrogramas são gráficos que procuram relacionar a vazão dada de uma bacia com seu tempo de duração e tomando como base suas características, tendo como fundamento todos os fatores que fazem parte da transformação vazão-chuva, sendo eles, rede de drenagem, área, relevo, tipo de solo, etc. (Paz, 2004).

Para a aplicação do método, são observados os dados históricos de vazão e precipitação, para o cálculo do hidrograma e da bacia para determinada duração. Contudo, os dados históricos nem sempre estão disponíveis para se consultar, dificultando a implementação do método. Como solução para esse empecilho, foram desenvolvidos hidrogramas artificiais, com base em características físicas da bacia e do tempo de concentração e são os chamados hidrogramas sintéticos (LIRA, 2013).

5.1.7 Fórmula de Manning

A hidráulica é considerada o “braço” da física e estuda o comportamento dos fluidos, tanto em repouso quanto em movimento. Ela é subdividida em três partes para efeito de estudo, sendo elas, a hidrostática, que estuda o comportamento dos fluidos em repouso, a hidrocínética, que é área de estudo dos fluídos em movimento e, por

fim, a hidrodinâmica que estuda os fatores envolvidos no escoamento dos fluídos, tais como pressão, viscosidade, forças gravitacionais, entre outras (DUARTE, 2010).

A fórmula de Manning é uma formula empírica que estima a velocidade média de um liquido que flui em um recipiente aberto, ou seja, que não esteja completamente cheio. A fórmula foi primeiramente apresentada pelo engenheiro francês Philippe Gauckler em 1967, mas foi alterada para a fórmula na qual conhecemos hoje Equação (4) por Robert Manning em 1890 (DUARTE, 2010).

Além dos fatores anteriormente citados, há ainda outro fator que se deve levar em consideração, que é o coeficiente de rugosidade de superfície, chamado de coeficiente de Manning (η). A definição do fator de escoamento se dá através da análise do material da superfície de escoamento e então é determinado o valor do coeficiente que já está previamente calculado.

Formula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad \text{ou} \quad V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Fonte: Material fornecido pela Professora Adélia em aula, 2018

Onde:

V= velocidade média na seção transversal

Q= razão do conduto livre

R_h = raio hidráulico, que é obtido através da razão entre área e perímetro molhado, apresentado na Equação (5).

I = declividade doo fundo do canal

n= coeficiente de rugosidade de Manning (dependente do material de constituição da parede do canal e estão descritos os valores na figura 12 abaixo)

Raio hidráulico

$$R = \frac{A}{P} \quad (5)$$

Fonte: Material fornecido pela Professora Adélia em aula, 2018

Onde:

R = raio hidráulico

A= área da seção transversal

P= perímetro molhado

Figura 12: Tabela com os valores do coeficiente n de Manning

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014*	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,030	0,033	0,035	0,040
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espaiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espaiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: Porto (1998) e Cirilo et al. (2001)

5.1.8 Declividade

A declividade é um fator muito importante para a determinação de vazão de escoamento. Uma variável diretamente afetada por ela é a velocidade de um curso d'água. A declividade pode ser determinada pela Equação (6) apresentada abaixo, onde "S" ou "I" é definida em milímetros e é resultado da diferença entre as cotas de nível divididas pela extensão do canal.

Declividade

$$S \text{ ou } I = \frac{\Delta h}{L} \quad (6)$$

Fonte: Prof. Lucas Sant'Ana (2016)

5.2 Drenagem Urbana

5.2.1 Considerações gerais

Ao longo da história da humanidade, existem vários registros de civilizações antigas onde se teve obras ou intervenções relacionadas à drenagem urbana.

Webster (1962) cita como exemplo o sistema de drenagem do aglomerado de Mohengo-Doro, desenvolvida pela civilização hindu, onde em 3000 a.C já dispunham de coletores adaptados para o escoamento das vazões mais reduzidas. Já na Babilônia em meados de 2500 a.C, foram encontradas infraestruturas de drenagem e saneamento, que eram utilizados para os encaminhamentos das águas pluviais para coletores, utilizando tipicamente o tijolo e asfalto para sua construção.

Needham et al. (1971) refere à algumas grandes civilizações chinesas de 200 a.C onde foram encontradas ruínas com a existência de complexos sistema de evacuação de águas residuais.

De acordo com Matos (2003) a primeira obra de drenagem que foi construída com o intuito de melhoria da qualidade de vida urbana, foi a cloaca máxima de Roma, fato evidente pela criação de um imposto dado a população, com o intuito de cobrir os custos de manutenção desse sistema. Entre a época do império Romano e o século XVII não houve mudanças significativas nos sistemas de drenagem. Somente no início do Século XIX, foi observado mudanças significativas em relação à drenagem urbana, com a introdução dos sistemas de abastecimentos e de distribuição de água domiciliária, já se utilizando ferro fundido como material funcionando sob pressão. Nessa época os engenheiros já tinham consciência da importância do declive e da facilidade da limpeza desses sistemas, para assegurar uma facilidade maior na manutenção dos sistemas.

Hamburgo na Alemanha é considerada a primeira cidade a ter um plano nacional de drenagem de águas residenciais. Em 1842, quando parte da cidade de Hamburgo estava destruída, um inglês William Lindley, residente no local, ficou encarregado de planejar o sistema de drenagem da cidade (WEBSTER, 1962).

5.2.2 Sistema de Drenagem Urbana

De acordo com Matos et al (1994) os objetivos principais dos sistemas de drenagem são de recolher e transportar as águas pluviais, residuais domésticas e

industriais até algum local adequado, onde ela será tratada, evitando assim, enchentes e melhorando a qualidade de vida da população.

Os sistemas de drenagem urbana são compostos, na sua grande maioria, pelos elementos acessórios como, por exemplo, poços de visita, sarjetas e sumidouros, instalações complementares como bacias de retenção e poços de grade e as instalações de tratamento e dispositivos de descarga final. Os sistemas de drenagem urbana são classificados conforme a sua finalidade e a natureza das águas que eles transportam. Elas podem ser divididas nos seguintes tipos de sistema (MATTOS, 2003):

- **Sistemas separativos:** São constituídos por duas redes distintas de coletores, onde uma rede se destina a transportar as águas residuais, tanto domésticas quanto industriais, até a estação de tratamento e a outra rede é utilizada para conduzir as águas pluviais, que são descarregadas diretamente no meio receptor.
- **Sistema unitário:** Nesse sistema, tanto as águas residuais das residenciais e indústrias, assim como as águas pluviais são misturadas e conduzidas para o sistema de tratamento de água.
- **Sistema misto:** É um sistema formado pela conjunção dos dois tipos anteriores, onde uma parte da rede funciona como sistema separativo e outra como sistema unitário.
- **Sistema pseudo-separativo:** São sistemas onde partes das águas pluviais são conduzidas à rede doméstica.

5.2.3 Componentes, elementos, acessórios e instalações complementares.

5.2.3.1 Microdrenagem

Microdrenagem são os componentes que coletam as águas da chuva nas áreas urbanas e as transportam para os locais adequados. De acordo com Matos (2003) os sistemas de drenagens são compostos por vários componentes que juntos formam os sistemas que utilizamos. Os principais componentes são:

- Na figura 13 estão representadas as sarjetas, localizadas entre a guia e a pista e tem como função coletar e transportar a água até os pontos de coleta como as bocas de lobo.

Figura 13: Sarjeta



Fonte: Aquafluxus (2013)

- Sarjetões são canais com seção triangular (figura 14) localizados normalmente nos pontos mais baixos das vias e nos cruzamentos. Sua função é de coletar e conduzir as águas da chuva até a boca de lobo ou outra sarjeta.

Figura 14: Sarjetões



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2011).

- Redes de coletores são os principais componentes dos sistemas de drenagem urbana, e sua função é de coletar e garantir a condução das águas residenciais, industriais ou pluviais, a algum destino adequado como, por exemplo, uma unidade de tratamento de água. Os coletores são fabricados de diversos materiais como, por exemplo, pvc, fibrocimento ou em tubos de concreto, como visto na figura 15, e as ligações entre eles são feitas por juntas para garantir que não haja vazamentos e também para manter a tubulação centrada.

Figura 15: Rede coletora



Fonte: Alírio Brasil Gimenez (2019)

- Na figura 16 temos os poços de visita, que tem como função permitir a entrada ao sistema de drenagem para a inspeção e limpeza da rede coletora. Através desses poços é possível remover obstruções, assim como o monitoramento do nível e da qualidade da água. Elas podem ser aproveitadas como caixas de recepção de águas das bocas de lobo.

Figura 16: Poço de visita



Fonte: Dimensional Engenharia (2017).

- Bocas-de-Lobo são os elementos do sistema de drenagem que servem para captar as vazões superficiais para a rede coletora. Elas são normalmente construídas com alvenaria a exemplo da figura 17, e podem ser simples, múltiplas e equipadas com grelhas pré-moldadas. Suas dimensões são definidas pela vazão determinada pelo projeto de cálculo.

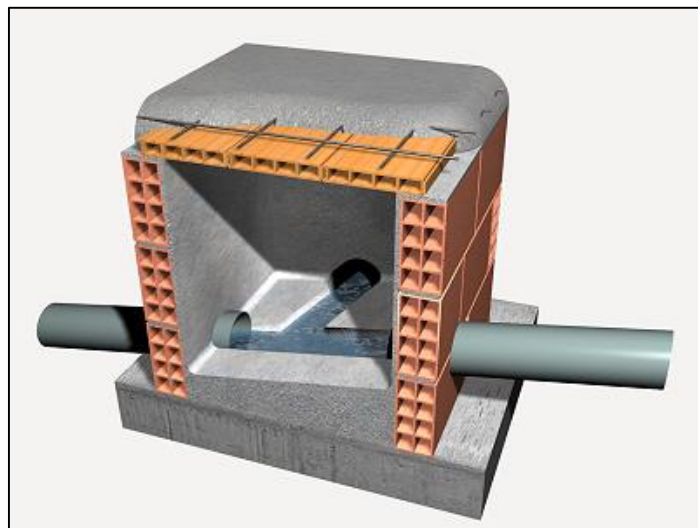
Figura 17: Boca de lobo com grelha



Fonte: Ronaldo Cunha Filho (2018)

- Na figura 18 temos o exemplo de caixa de ligação, que são utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas-de-lobo intermediárias ou para evitar-se a chegada em um mesmo poço de visita, mais de quatro tubulações. Sua função é similar à do poço de visita, porém apresentam a diferença de não serem visitáveis.

Figura 18: Caixa de ligação



Fonte: CYPE Ingenieros (2019).

5.2.3.2 Macrodrenagem

Macrodrenagem é o conjunto de ações estruturais e não estruturais feitas com o intuito de evitar enchentes e atenuar os problemas de erosão e assoreamento. Ela tem como objetivo minimizar os riscos e prejuízos em grandes áreas que sofrem de uma forma constante com o problema das cheias (TASSI, 2002).

De acordo com Lira (2003) a macrodrenagem é responsável pelo escoamento final das águas, na qual pode ser composta por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares. Ela corresponde a rede de drenagem natural, antes da ocupação.

Tucci (2001) define macrodrenagem como as intervenções em fundos de vale que coletam as águas pluviais, transportadas pelo sistema de microdrenagem. Nesse fundo de vale, o escoamento é geralmente bem definido, mesmo não tendo um curso de água constante.

Um exemplo de macrodrenagem é o piscinão (figura 19), são reservatórios subterrâneos ou ao ar livre, que tem como finalidade reter o excesso da água da chuva e dar outras finalidades a mesma, como exemplo o reuso da água acumulada para irrigação.

Figura 19: Piscinão da cidade de Poá



Fonte: Prefeitura de Poá (2019)

5.3 Drenagem Urbana no Brasil

O principal objetivo da drenagem urbana é a gestão da água da chuva que escoam no meio urbano. De acordo com Vaz (2004) as medidas envolvendo a drenagem urbana são tomadas com a visão de minimizar os prejuízos causados a população devido às fortes chuvas.

O Brasil apresentou um elevado crescimento urbano nas décadas passadas, Tucci (2003) mostra que o evidente desenvolvimento urbano brasileiro ocorreu no final dos anos 1960 até o final dos anos 1990, quando o país passou de 55 % de população urbana para 76 %, ocorrendo em grande parte nas zonas metropolitanas, aumentando assim a poluição e frequentes enchentes devido ao aumento das áreas impermeáveis e canalizações. Porém com falta de espaço nas grandes cidades e o contínuo crescimento da população, houve um crescimento, porém com planejamentos ineficazes, onde as pessoas acabam residindo em áreas de extremo risco, como as chamadas comunidades, antigamente chamadas de favelas, se submetendo à riscos extremos como acidentes e doenças, que poderiam ser evitados e muitas vezes podem levar a óbito.

Os prejuízos de drenagem causados pela rápida urbanização ainda ocorrem, devido à falta de investimentos sustentáveis, pois os órgãos ainda preferem utilizar técnicas ultrapassadas que já não são mais aplicadas nos países mais avançados há algumas décadas, segundo Cruz et al. (2007) e se trata da insistência dos profissionais responsáveis em levar o quanto antes a água advinda das chuvas para locais mais afastados através da canalização e condutos. Porém se tem notado que esse método além de ser financeiramente alto, somente transfere os pontos de enchentes para outros locais, necessitando futuramente a realização de demais projetos e obras mais caros e complexos. Causando ainda mais danos à população a jusante e aos cofres públicos.

Conforme afirmado por Cruz et al. (2007), outro grande problema nos sistemas de drenagem das cidades brasileiras é a enorme quantidade de sólidos depositados nas ruas e beiras de rio, que conforme ocorre à precipitação são carregados aos canais e condutores, e a ausência do respeito com o meio ambiente por grande parte da população, resultando nos entupimentos das redes e intensificando ainda mais os alagamentos das regiões já afetadas. Apesar dos fatos ocorridos, nos dias de hoje não obtivemos grandes mudanças nas buscas por alternativas para a limpeza dos sistemas e retirada dos resíduos, somente fracas campanhas com propósito de

conscientizar os habitantes e pequenos esquemas de contenções nos canais de água, além da coleta de lixo e limpeza das ruas semanalmente em grande parte das cidades.

No presente trabalho estudamos a microdrenagem, que é o sistema que tem como principal objetivo a coleta da água da chuva e escoamento até o sistema de macrodrenagem. Os elementos básicos utilizados na microdrenagem são as sarjetas, galerias, bocas de lobo, poços de visita, meios-fios, condutores, sarjetões e estações de bombeamento que são utilizadas quando existe uma baixa declividade no local estudado (NETO, 2010).

Um estudo realizado em novembro de 2012 visou mapear locais com potencial de enchentes da cidade em um primeiro momento este mapeamento tinha a finalidade de gerar dados para subsidiar sistemas de alerta contra enchentes, estas informações são disponibilizadas para defesa civil e para o Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Outro ponto importante da pesquisa foi apresentar medidas para minimizar a problemática enfrentada (THEODOROVICZ & PEDRAZZI, 2012).

Para Theodorovicz & Pedrazzi (2012) as pesquisas apontaram que os principais motivos pelas quais a cidade enfrenta em relação às enchentes ocorrem devido a urbanização descontrolada e inadequada nas áreas em torno de rios e várzeas inundáveis, o que geograficamente torna a área impermeável e impede o escoamento das águas pluviais devido à baixa declividade e também pela má gestão de projetos de drenagem da cidade que foram mal dimensionados, apresentando diâmetro de galerias fora da norma, estrangulamento de tubulação e em alguns o casos escoamento superficial ocorrendo por entre as edificações (figura 20), além de estreitamento e canalização de cursos d'água.

Outro agravante para a situação se forma pela obstrução da rede de drenagem, que vem pela poluição onde o lixo jogado nas ruas acaba entrando nas bocas de lobo, diminuindo a seção de transporte pluvial ou até mesmo fechando-as, e o lixo que consegue ser transportado pela água acaba parando nos rios e córregos, poluindo o meio ambiente. A falta de limpeza e conscientização populacional é prejudicial nesses casos (THEODOROVICZ & PEDRAZZI, 2012).

Segundo Theodorovicz & Pedrazzi (2012) a urbanização da cidade não levou em conta o comportamento do escoamento superficial da região, bairros, pontes e parte da malha viária foi construída desrespeitando o nível de transbordamento dos rios e córregos. As galerias sofrem com este problema, pois na época das cheias dos rios,

a água acaba ultrapassando o nível de deságue da tubulação, alterando a vazão das redes que já possuem diâmetro reduzido. Torna-se difícil a manutenção dessas redes devido à má ocupação do solo em que parte das edificações estão construídas sobre a galeria o que impede, por exemplo, uma obra de retificação da tubulação existente. Córregos da cidade foram retificados e tiveram seu leito reduzido ao extremo devido ao crescimento urbano, existem casos em que os mesmos foram canalizados, impedindo a permeabilização de parte da água que percorre seu curso.

Figura 20: Escoamento Superficial



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2012).

A Prefeitura de Atibaia vem realizando um estudo de análise situacional no ponto de vista hidrológico, que visa apresentar problemas e suas respectivas soluções ajudando no planejamento de obras de micro e macrodrenagem, com este estudo deve ser criado o Plano Municipal de Drenagem Urbana. No entanto, a falta de informações cadastrais e mapeamento das atuais redes da cidade impede a conclusão do trabalho. O estudo em questão também prioriza a criação de um Departamento de Drenagem Urbana, visto que há muita divisão das responsabilidades entre a Secretaria de Infraestrutura, Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente e o Plano de Obras da cidade. A criação de um departamento que cuida especificamente desse aspecto é de suma importância no sentido de regulamentar, executar e fiscalizar obras de drenagem pelo município em monitorar os sistemas já existentes. Mapear e criar um banco de dados de todas as redes da região, o que centraliza as buscas por informações e facilita na busca de problemas

pontuais para se apresentar soluções de forma mais rápida e eficaz (O ATIBAIENSE, 2012).

5.4 Plano diretor de Drenagem Urbana

De acordo com Neto (2010) para a realização do controle das águas pluviais, as cidades brasileiras, com apoio dos poderes políticos e da população, criam um projeto estratégico fundamental para conseguir soluções competentes. Esse projeto é chamado Plano Diretor de Drenagem Urbana e tem a necessidade de ser feito diretamente em conjunto a outros meios como o de esgoto sanitário, o abastecimento de água, o plano de controle ambiental, transporte público caso haja instalações elétricas, entre outros. O plano é executado nas bacias hidrográficas em que a cidade foi desenvolvida e deve ser considerada homogênea, utilizando um período de retorno uniforme, visando sempre reduzir o impacto das chuvas sem afetar as áreas das cidades a jusante, ou seja, evitar causar danos nas cidades seguintes à continuação da bacia.

Ainda segundo Neto (2010), o plano visa criar regulamentações no planejamento da cidade, como, áreas a serem preservadas, que corram o risco de cheias, as que são habitadas, novos loteamentos e selecionar as que ainda podem ser compradas pela gestão pública antes que parte da bacia seja habitada ou que fiquem com preços inacessíveis, pois caso isso ocorra os órgãos públicos terão grandes dificuldades de responsabilizar quem estiver agravando as enchentes. Por esse motivo, existe a necessidade de um controle público através do gerenciamento, a fim de evitar futuros impactos nos cofres públicos e sociais. Do plano também consta a necessidade de criar e elaborar projetos com a finalidade de educar e informar os habitantes que ali residem sobre as soluções existentes e as novas propostas, informar a origem das cheias, e suas principais consequências, sempre procurando realizar medidas com maior cobertura social e de menor custo possíveis.

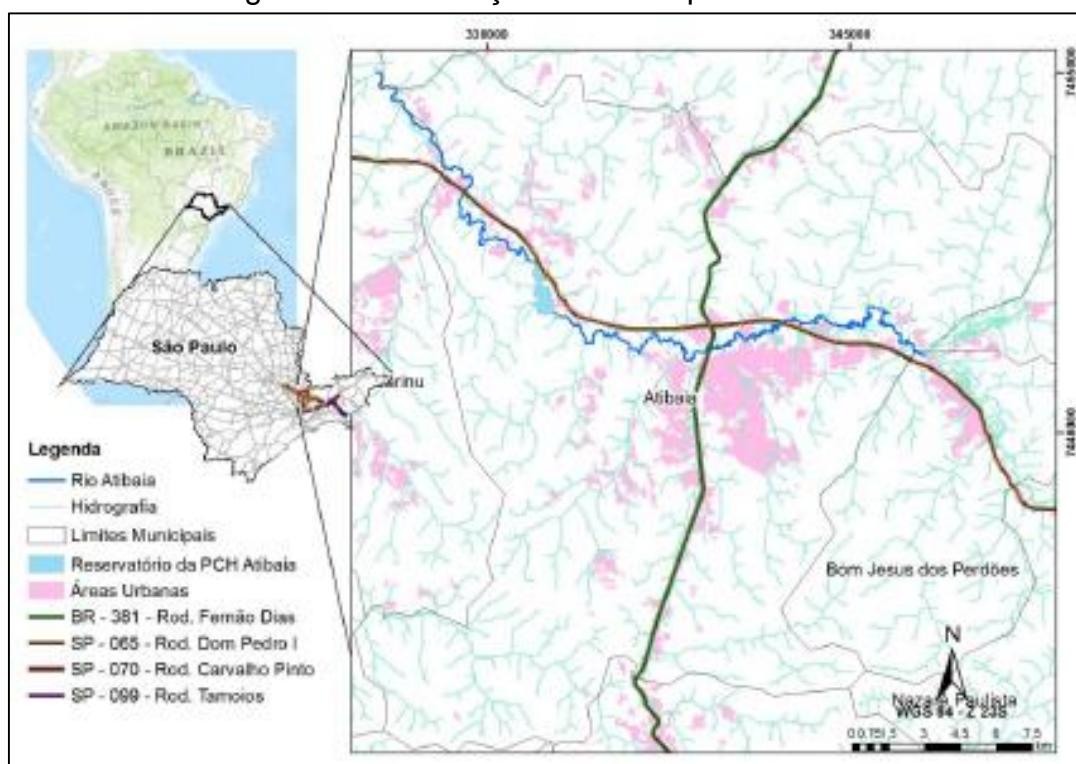
O controle das cheias, segundo Tucci (2001), é executado por sistemas estruturais e não estruturais, que dificilmente não estão relacionados entre si. As medidas de caráter estrutural são as que demandam um alto investimento financeiro, porém geralmente são para resolução de problemas específicos e localizados. Já as medidas não estruturais são as preventivas, que são realizadas através das leis e regulamentações.

5.5 Caracterizações da cidade de Atibaia

A cidade de Atibaia se localiza no interior de São Paulo (figura 21), em uma região de serras. Ela foi fundada pelo bandeirante Jeronimo de Camargo em 24 de junho de 1665. A partir desta data Atibaia iniciou uma fase de grande desenvolvimento com uma série de melhorias locais: a instalação de redes de água, esgoto e luz elétrica (IBGE, 2015).

Atibaia abrange uma área de aproximadamente 478,101 Km² e tem uma população estimada (IBGE) de 141.398 pessoas. O clima é do tipo temperado seco, com temperatura média anual de 19° C e umidade do ar de 80%, e a vegetação predominante no município é composta pela Mata Atlântica.

Figura 21: Localização do município de Atibaia



Fonte: Seixas et al. (2015)

Com relação aos recursos hídricos, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA,2008), sua gestão no Estado de São Paulo foi instituída através do Plano Estadual de Recursos Hídricos, que dividiu o estado em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI – e que visa ao planejamento e à gestão integrada, a fim de minimizar conflitos e garantir a qualidade das águas. Atibaia está inserida na UGRHI 5, que corresponde à bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, especificamente na bacia hidrográfica do Rio Atibaia.

Outro fator importante é que o centro urbano do município de Atibaia possui 70% de suas vias pavimentadas com asfalto ou paralelepípedos (GIANSANTE, 2012).

O município de Atibaia está inserido também na Área de Proteção Ambiental do Sistema Cantareira – APA do Sistema Cantareira –, instituída em 1998 através da Lei Estadual nº 10.111, de dezembro de 1998, abrangendo os municípios de Mairiporã, Atibaia, Nazaré Paulista, Piracaia, Joanópolis, Vargem e Bragança Paulista, com o objetivo de proteger e melhorar a qualidade dos recursos hídricos da região, particularmente das bacias de drenagem que formam o Sistema Cantareira, principal produtor de água para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (SÃO PAULO, 1998; WHATELY; CUNHA, 2007).

A legenda da figura 21, mencionada acima, mostra claramente a localização dos recursos hídricos no qual é contornado por parte da área urbana de Atibaia e cortado por duas das principais rodovias do país. O que ressalta a importância do Rio Atibaia em relação à urbanização local e sua vasta disponibilidade hídrica.

5.5.1 Enchentes

Um dos maiores problemas da atualidade e que causa enorme transtorno para quem o cerca tem sido a questão das enchentes (figura 22), onde os principais motivos para que tal fenômeno ocorra podem ser divididos em duas formas, os naturais e as causadas pelo homem, ou como se diz, antrópicas. As causas naturais têm por consequência das fortes chuvas inesperadas, acima da média pluviométrica local que ocorrem através de mudanças climáticas advindas de catástrofes naturais e aquecimento global provocando a cheia dos rios. Já as motivações antrópicas no nível das enchentes se dão pelo fato de invasões e ocupações irregulares de áreas sujeitas a alagamento, falta de planejamento urbano, precariedade no sistema de micro e macrodrenagem, descarte de material em locais inadequados ocasionando poluição e entupimento dos bueiros e galerias evitando o escoamento da água, impermeabilização excessiva do solo que evita a infiltração (COSTA ET AL, 2018).

Figura 22: Enchente em Atibaia



Fonte: O atibaense (2013)

Para Freitas & Ximenes (2012), drásticas são as consequências deste desastre, refletindo na destruição do meio de convívio, sendo causa de mortes, acidentes e de diversas perdas materiais como carros, casas, pavimento, entre outros. Além do risco à saúde, pois as cheias elevam a proliferação de várias doenças como a leptospirose, hepatite, cólera e até mesmo a dengue. Em alguns casos afetando a saúde mental devido a fatos emocionais voltados a distúrbios de sono, fobias, memórias repetitivas sobre o evento, entre outros, podendo levar o indivíduo ao suicídio.

Além das perdas irreparáveis advindas desta fatalidade, as enchentes podem causar danos à agricultura e pecuária, refletindo na contaminação de alimentos, prejudicando todo o ciclo desde a matéria prima até o produto final na mesa do consumidor, que além de gerar gastos pela perda, afeta o giro do capital através da produção e compra dos produtos (FREITAS & XIMENES, 2012).

Os principais meios de solução à esta problemática devem partir da reeducação populacional, na qual se deve conscientizar do prejuízo causado pelo mau descarte de resíduos e ocupação indevida do solo. Outro partido deve ser tomado pelos órgãos públicos, nos quais deve se responsabilizar pela manutenção do sistema de drenagem, captação e condução da água, limpeza dos rios, execução de projetos de infraestrutura e pelo desenvolvimento de métodos que evitem tal causa como exemplo um plano diretor que coordena o controle de enchentes (FREITAS & XIMENES, 2012).

De acordo com Canholi (2012), o saneamento básico das cidades brasileiras apresenta situações caóticas a respeito da drenagem urbana, no qual os municípios

são desafiados a criar e executar medidas de solução sem prejudicar o padrão de vida e o dia a dia da população, o que acaba incapacitando a eficácia das medidas a serem tomadas.

A falta de visão sistêmica no planejamento da macrodrenagem, que predomina por diversas razões, é a grande responsável pelo estado caótico do controle das enchentes nas áreas urbanas brasileiras. (CANHOLI 2012, p. 21)

De acordo com Stenner (2017), até o ano de 2010, mais de 8 milhões de pessoas viviam em áreas de risco abrangendo cerca de 872 municípios no país. E entre os anos de 2008 a 2012, os alagamentos deixaram em torno de 1,4 milhão de pessoas desabrigadas. Na intenção de minimizar os problemas, alguns municípios apresentaram programas de gestão de riscos, como Leis de uso e ocupação do solo, Leis de prevenção, planos diretores de riscos, entre outros. O gráfico abaixo (figura 23) mostra o percentual de municípios que possuíam tais programas entre os anos de 2013 e 2017.

Figura 23: Gráfico de Prevenção 2013-2017



Fonte: Perfil dos Municípios Brasileiros (MUNIC, 2017).

É nítida a falta de planejamento em relação a riscos de enchentes no Brasil, mesmo apresentando alto potencial em relação a este tipo de problema, poucos municípios mostraram-se preocupados com a gestão deste desastre tampouco com planejamento, gestão e ações de medidas preventivas. Como por exemplo, a criação

de um projeto de direcionamento e orientação que apresente capacidade de resposta frente à vulnerabilidade apresentada. Mesmo considerando que a cada desastre sofrido todo o ciclo socioeconômico, cultural e ambiental torna-se retrógrados e improdutivos até que a situação seja contornada. Isso mostra que apresentar soluções para esta situação torna-se viável a curto e longo prazo, pois evita transtornos sofridos com as perdas e danos causados por tal situação (CANHOLI, 2012).

Nesse cenário, destaca-se a necessidade inadiável de planificar ações preventivas, onde ainda forem possíveis, e corretivas, onde o problema já se encontra instalado. No entanto, essas ações devem ser realizadas de maneira integrada, abrangendo toda a bacia hidrográfica, esteja ela inserida num ou em vários municípios. Tais são, em resumo, a abordagem e o principal objetivo do plano diretor de macrodrenagem que muitas cidades e regiões metropolitanas do Brasil e de outros países vêm adotando sistematicamente. (CANHOLI 2012, p. 21)

Segundo Goncalves (2015), o município de Atibaia registrou ocorrências de enchentes nos períodos de 2002, 2009, 2010 e 2011 com danos a 6.835 pessoas, como demonstra a figura 24, no bairro do Alvinópolis. Já em 2016 três pessoas morreram quando o carro em que eles estavam foi arrastado pela forte enxurrada e eles acabaram caindo no córrego. Em todos os anos seguintes, também se tiveram problemas com enchentes.

Figura 24: Enchentes no município de Atibaia



Fonte: O atibaiense (2015)

5.5.2 Incidências de chuvas no bairro Jardim Brasil

Há alguns anos as chuvas vêm castigando com fortes enchentes a cidade de Atibaia, e para o melhor desenvolvimento do trabalho, foi especificado um bairro que já virou símbolo desse infeliz acontecido, chamado Jardim Brasil, uma de suas características é a passagem do Ribeirão Piqueri no seu limite mais baixo.

O bairro Jardim Brasil foi criado no ano de 1957 e logo já começou a ser povoado. Os constantes problemas com as chuvas se iniciaram entre os anos de 1995 e 1996, onde foi iniciada pela prefeitura a construção da Avenida Gaspar Camargo, com o intuito de criar uma ligação da Avenida Jerônimo de Camargo com a Avenida Professor Carlos Alberto de Carvalho Pinto. Com isso o bairro passou a ter uma barragem criada devido a instalação de tubulações (figura 25) que tiveram início na ponte da Avenida Carvalho Pinto, e seu final após a passagem da Avenida Jerônimo, onde canalizaram o ribeirão Piqueri, que se situava abaixo do nível natural do bairro.

Figura 25: Obra de canalização córrego Piqueri



Fonte: ATIBAIA TV, 2016.

Após a canalização e conclusão da obra, houve uma diferença de nível significativa entre a Avenida Gaspar Camargo e a Rua Euclides da Cunha que pertence ao bairro e fazem divisa, o bairro está aproximadamente de 2 a 2,50 metros abaixo da avenida principal (figura 26), fazendo assim com quem em dias de tempestades mais intensas, onde a água que não conseguir passar pelas tubulações

do riacho Piqueri será escoada para as ruas do bairro por conta da sua declividade, ficando ilhadas e sem ter para onde correr, tornando o bairro um lago.

Figura 26: Avenida Gaspar Camargo após canalização



Fonte: ATIBAIA TV, 2016.

Com o passar dos anos as chuvas assustavam cada vez mais os moradores, foi quando segundo o jornal Atibaia TV (2016) em 10 de janeiro de 2011 o bairro sofreu sua primeira grande enchente, onde o nível do rio se elevou de tal maneira que as águas chegaram nos tetos dos carros, famílias perderam móveis, roupas, eletrodomésticos, que não conseguiram ser removidos a tempo por seus donos, em pouco mais de uma hora o bairro já estava totalmente alagado (figuras 27 e 28). Quando o nível da água baixou, o cenário era de destruição, lama para todo lado e sujeira para todos os lados do bairro (figura 29).

Figura 27: Enchente de 2011



Fonte: ATIBAIA TV, 2014.

Figura 28: Enchente de 2011



Fonte: ATIBAIA TV, 2014.

Figura 29: Dia após a enchente de 2011



Fonte: O Atibaense, 2014.

No início do ano de 2014 uma obra conforme apresentada na figura 30 foi realizada com intuito de minimizar os impactos das fortes chuvas que atingem o bairro, com uma verba de aproximadamente R\$720.000,00 destinada pelo governo do Estado de São Paulo.

Segundo o memorial descritivo da Prefeitura de Atibaia, a obra consistia na limpeza das antigas galerias pluviais demonstrado na figura 31, além disso, foi feito

um novo projeto de drenagem urbana, que consistia no rebaixamento do lençol freático por bombeamento, com isso foram colocados novos tubos de concreto de diversas dimensões e instaladas novas bocas de lobo tanto simples como duplas, sarjetões de concreto e a construção de poços de visita em alvenaria. Além do recapeamento do local de instalação dos tubos, ainda estava previsto a criação de um muro de contenção que segundo a Prefeitura da Estância de Atibaia (2017) por meio de um abaixo-assinado com 660 assinaturas foi cancelada sua execução.

Figura 30: Colocação de novas tubulações



Fonte: ATIBAIA TV, 2014.

Figura 31: Galeria antiga que foi desobstruída



Fonte: ATIBAIA TV, 2014.

Apesar das obras de drenagem urbana realizadas e as limpezas feitas nas tubulações em 2014, o bairro voltou a sofrer com uma forte chuva que caiu na cidade de Atibaia e segundo o jornal Atibaia TV o volume de chuva foi de 111 milímetros em cerca de cinquenta minutos, no dia 21 de fevereiro de 2016, novamente a população sofreu diversos prejuízos em suas casas, e bens materiais perdidos. Porém este dia ficou marcado por ter ocorrido um acidente onde três pessoas da mesma família faleceram após o carro em que estavam ser levado pela enxurrada e cair no córrego Piqueri, o mesmo responsável pelas enchentes no bairro (figura 32).

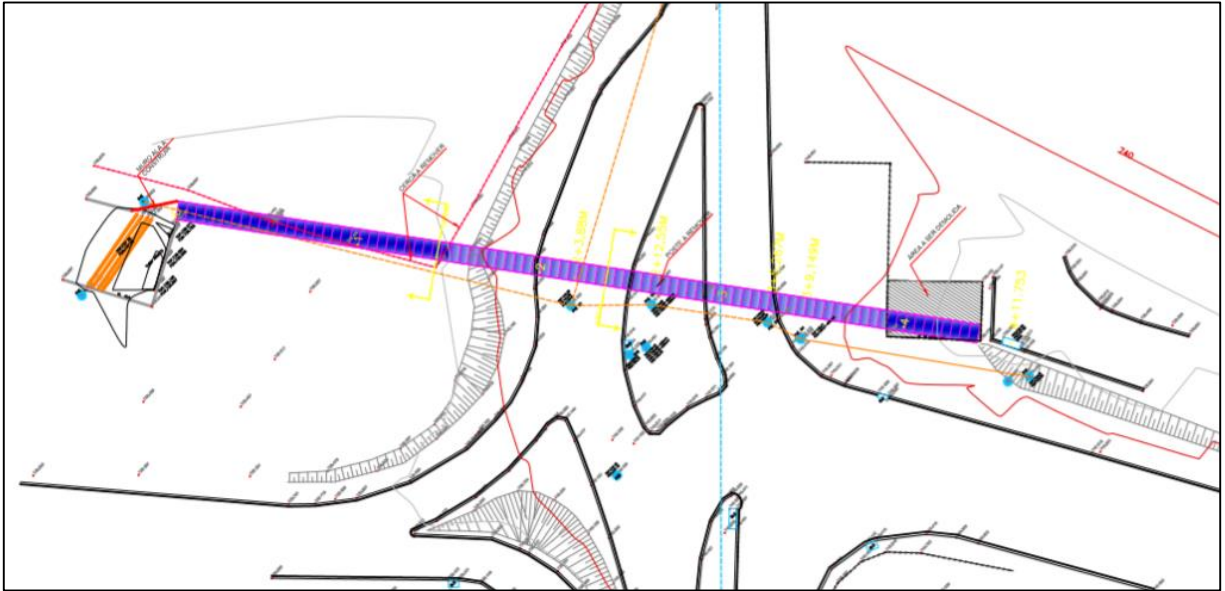
Figura 32: Família sendo resgatada após cair no córrego Piqueri



Fonte ATIBAIA TV, 2016. :

Após os acontecimentos trágicos, ainda em 2016 foi realizada uma nova obra para a tentativa da contenção dos alagamentos que ocorrem no bairro, onde foram colocadas aduelas de concreto pré-moldadas (figuras 33 e 34) para servir como um escape das águas no bairro, já que os dispositivos de drenagem antigos não conseguiam escoar toda a água que ficava ilhada no local. As aduelas vão diretamente do bairro até o córrego, porém para ser executada uma casa precisou ser desapropriada e demolida (figura 35).

Figura 33: Projeto das aduelas do bairro ao riacho



Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia, 2016.

Figura 34: Vista superior das Aduelas do bairro ao riacho



Fonte: Atibaia Hoje, 2016.

Figura 35: Casa desapropriada para execução das aduelas



Fonte: Atibaia Hoje, 2016.

Por fim, segunda a Prefeitura da Estância de Atibaia (2017) a última obra realizada com o intuito de minimizar os alagamentos no bairro foi a retomada da construção de um muro de contenção em novembro de 2017, obra realizada com o objetivo de impedir que as águas dos pontos mais altos escoem no bairro. O muro havia sido cancelado por meio de abaixo-assinado dos moradores em 2014 e foi retomado por uma reunião entre o prefeito de Atibaia e a Associação dos Moradores do Jardim Brasil (Amojab).

O muro teve um investimento de R\$199.000,00 feito pela própria prefeitura e por ser de contenção tende a ser muito reforçado. Foi executado por uma distância linear de 200 metros e com 0,80 metros de altura, ao longo do muro foram colocadas brocas e seu centro foi preenchido com concreto armado, seu acabamento foi feito com pedras (figuras 36, 37 e 38).

Figura 36: Vala aberta para execução do muro



Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia, 2017.

Figura 37: Pedras utilizadas no acabamento sendo depositadas



Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia, 2018.

Figura 38: Muro em fase de concretagem



Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia, 2018.

5.6 Classificação dos solos e da pavimentação para caracterização de escoamento

A cidade de Atibaia faz parte da região do circuito das frutas, que além da mesma é composto pelos municípios de Indaiatuba, Itatiba, Itupeva, Jarinu, Jundiá, Louveira, Morungaba, Valinhos e Vinhedo.

Essa região é composta basicamente pela mesma estrutura de solos que são:

- Cambissolos: Solos minerais não hidromórficos e na maioria das vezes são pouco profundos (até 1 metro de profundidade) possuem certo teor de argila, podendo variar de média, argilosa e muito argilosa. Geralmente é identificado pela presença de Mica em sua composição e pela textura mais sedosa devido ao silte (Prado, 1995).
- Argissolos: São solos com boa capacidade de drenagem, porém suscetíveis a erosão, geralmente é identificado devido à nítida separação entre horizontes quanto à cor, estrutura e textura. Podem ser arenosos, de textura média ou argilosa no horizonte mais superficial (Anselmo, 2011).

- Latossolos: Solos minerais, não-hidromorficos e profundos (normalmente superior a 2 metros) de alto teor de argila, apresentam pequena estrutura granular, além de serem macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos (Prado, 1995).

Todo o arruamento do bairro Jardim Brasil e das suas áreas de contribuição são compostos por pavimentação asfáltica que se encontra em boa qualidade, devido as recentes obras de infraestrutura na região, na qual foi realizado o recapeamento de vários trechos, tornando assim mais espessa e impermeável a camada de rolamento de asfalto.

6. Desenvolvimento

6.1 Caracterização do bairro estudado

O loteamento em questão conhecido como Jardim Brasil pertence ao Município de Atibaia na qual a sua localidade está demonstrada na figura 39 que se encontra no cruzamento da Avenida Gerônimo de Camargo com a Avenida Doutor Joviano Alvim, duas das principais vias da cidade.

Figura 39: Localização Jardim Brasil



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

O loteador e proprietário das terras na época de sua execução, conforme documentação encontrada era Eduardo Silva, desde 1933, de acordo com os Memoriais e Projeto Urbanístico (figura 40) arquivados no Cartório de Registro de

Imóveis da Comarca de Atibaia, no qual consta o recebimento o alvará de execução e aprovação dado pela Prefeitura de Atibaia em 1957.

Figura 40: Planta Urbanística Loteamento Jardim Brasil



Fonte: Cartório de Registro de Imóveis da comarca de Atibaia.

O Cartório Oficial de Registro de Imóveis de Atibaia publicou um documento referente ao protocolo dos memoriais através do diário oficial em 10 de abril de 1957 no qual foi possível constatar a existência do loteamento e decorrido o prazo descrito foi então firmado o registro do Loteamento Jardim Brasil (figura 41).

Figura 41: Registro apresentado em Diário Oficial



Fonte: Cartório de Registro de Imóveis da comarca de Atibaia.

O memorial descreve a área total loteada que é de 51.064,40 m² bem como informa divisão dos lotes, ruas, praças, avenidas e espaços livres no qual já denominava como Jardim Brasil (figura 42).

Figura 42: Parte do Memorial descritivo do Loteamento Jardim Brasil

MEMORIAL

Fôlha 1

Memorial apresentado ao Sr. Oficial de Registro de Imóveis do Município e Comarca de Atibaia, Estado de São Paulo, para inscrição de imóvel loteado, conforme determina o Decreto Lei nº 58, de 10/12/1937 e seu regulamento Decreto nº 3.079, de 15/9/1938.

Eduardo Silva, infra assinado, brasileiro, proprietário, domiciliado e residente nesta cidade, à Praça Bento Baes, nº 108, vem apresentar os devidos documentos e necessários esclarecimentos para a inscrição de um imóvel loteado, de sua propriedade.

a) - DESCRIÇÃO MINUCIOSA DA PROPRIEDADE LOTEADA

DENOMINAÇÃO DO IMÓVEL: " JARDIM BRASIL "

ÁREA: 51.064,00 mts² (Cinquenta e um mil e sessenta e quatro metros quadrados), distribuída da seguinte forma:

ÁREA LOTEADA	32.858,50	m ²
RUA, PRAÇA e AVENIDA	13.010,05	"
CONCORDÂNCIAS DAS RUAS	224,05	"
ESPAÇO LIVRE	4.971,40	"
ÁREA TOTAL	51.064,00	m².

Fonte: Cartório de Registro de Imóveis da comarca de Atibaia.

Após falecimento do proprietário em 1959, os filhos herdeiros do loteamento apresentaram uma carta ao oficial do Cartório de Registro de imóveis e abriram uma procuração requerendo que após uma análise mais aprofundada concluiu-se que o terreno apresentava uma área de 36.949,00 m² que foi considerada imprópria pois estaria sujeita a enchentes devido à baixa declividade e o aterramento seria inviável devido ao alto investimento para realização da obra. Por essa razão a prefeitura decretou válida a justificativa e autorizou a alteração (figura 43).

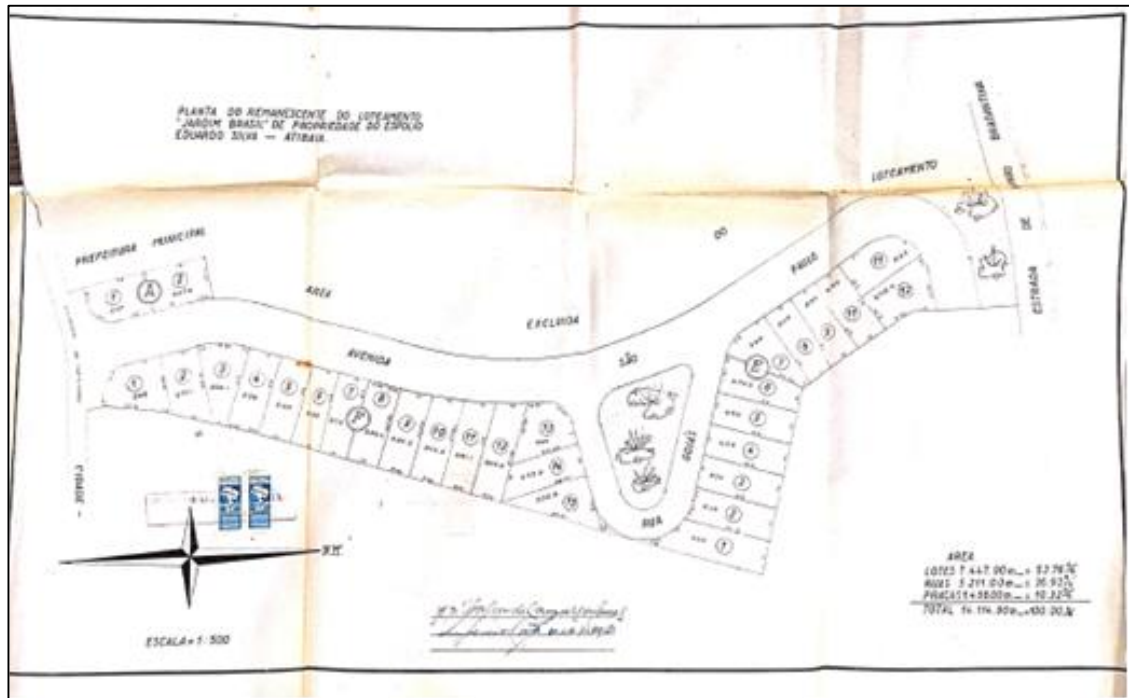
Figura 43: Alteração apresentada em Diário Oficial



Fonte: Cartório de Registro de Imóveis da comarca de Atibaia.

Ainda no mesmo ano, foi dado início a uma nova abertura do loteamento agora com a área de 36.949,00 m² excluída do projeto Urbanístico devido ao risco iminente de enchentes, na qual é possível observar a drástica diminuição do total loteado (figura 44).

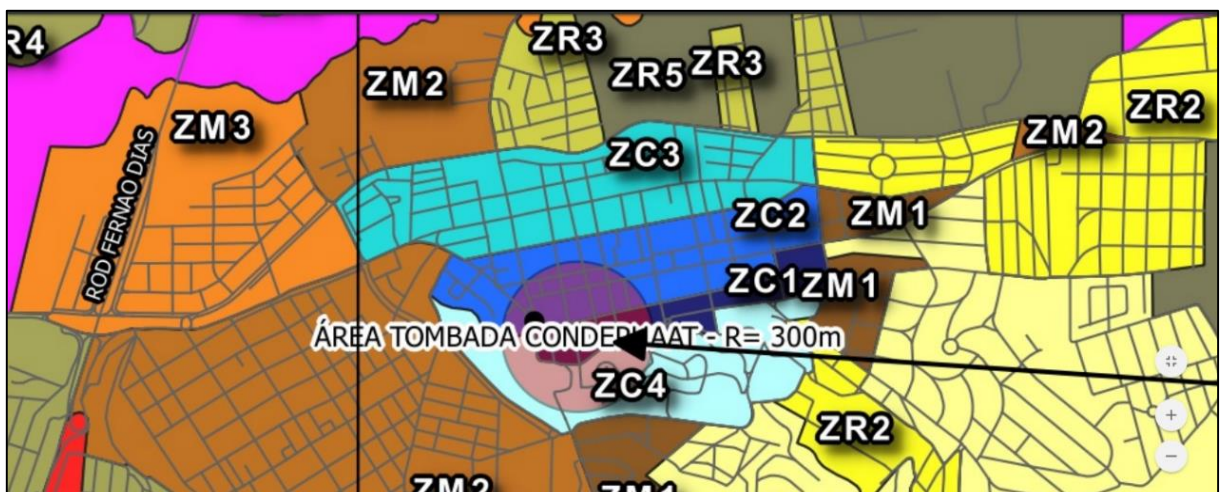
Figura 44: Jardim Brasil alterado



Fonte: Cartório de Registro de Imóveis da comarca de Atibaia.

O bairro estudado é definido como parte do zoneamento ZC3, que se descreve como zoneamento central com maior concentração de ofertas diversificadas de indústria, comércio e serviços, compreendendo, também, usos diversificados residenciais, conforme figura 45.

Figura 45: Zoneamento Jardim Brasil



Fonte: Acervo digital prefeitura de Atibaia, disponível em 28 de julho de 2019 às 13:00 h

Considerando que o bairro está situado em uma área previamente condenada, onde já haviam riscos estudados, contar que a declividade deve sempre ser um

elemento de grande influência em um momento de chuva, visto que o bairro é na base de uma ladeira e a área foi quase que em sua totalidade, impermeabilizada, fato esse que proporciona uma maior velocidade de vazão e evita que a água penetre no solo, ou seja, temos um grande volume de água aumentando significativamente sua velocidade e desaguando em uma área cercada por todos os lados e contando com poucas formas de escoamento.

6.2 Área de contribuição principal

Com todos os levantamentos necessários para o desenvolvimento do projeto, tais como intensidade pluviométrica e áreas de contribuição deu-se início aos cálculos para verificação das condições de drenagem no local. A partir das plantas e mapas disponibilizados e apresentados nos capítulos anteriores pode-se conhecer melhor o bairro e suas divisões para se realizar a apuração correta das vazões.

Para a definição do sistema de microdrenagem, foram consideradas todas as frentes de lotes que pudessem contribuir para o aumento da vazão no trecho a ser implementado o ponto de visita (PV).

Para a Rua Amadeu Amaral terá como contribuinte a soma das áreas dos lotes de 1 a 14 da Quadra A e a dos lotes de 1 a 4 da Quadra B considerando a metade para os que fazem frente para duas ruas, como mostra a seguir (figura 46).

Figura 46: Área de Contribuição Rua Amadeu Amaral



Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia

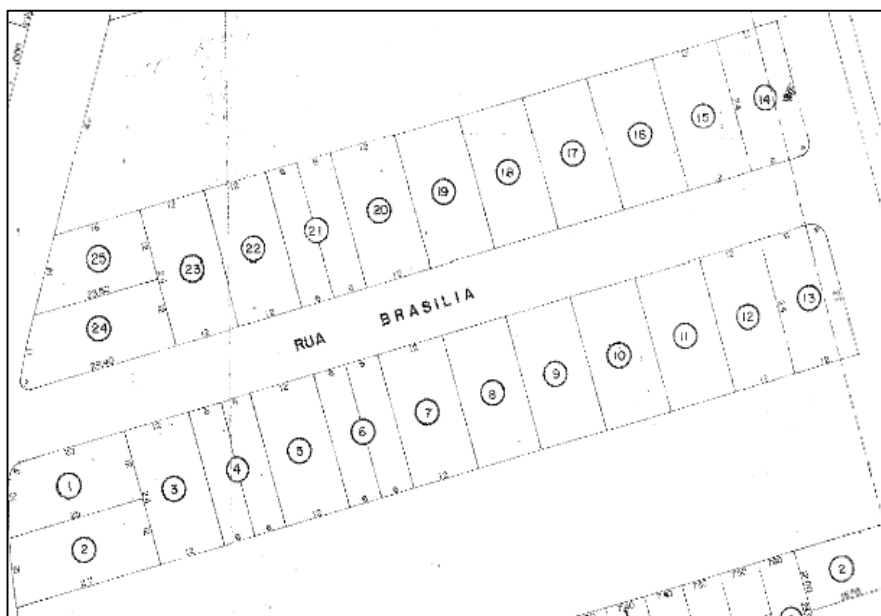
A Rua Francisco Pires de Camargo terá como contribuição as áreas dos lotes de 2 a 5 e depois 16 a 26 e por último lote 28 todos pertencentes da Quadra B, somando com os da Quadra C que são os lotes 1 e depois de 3 a 19 (figura 47).

Figura 47: Área de Contribuição Rua Francisco P. de Camargo



Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia

Figura 48: Área de Contribuição Rua Brasília

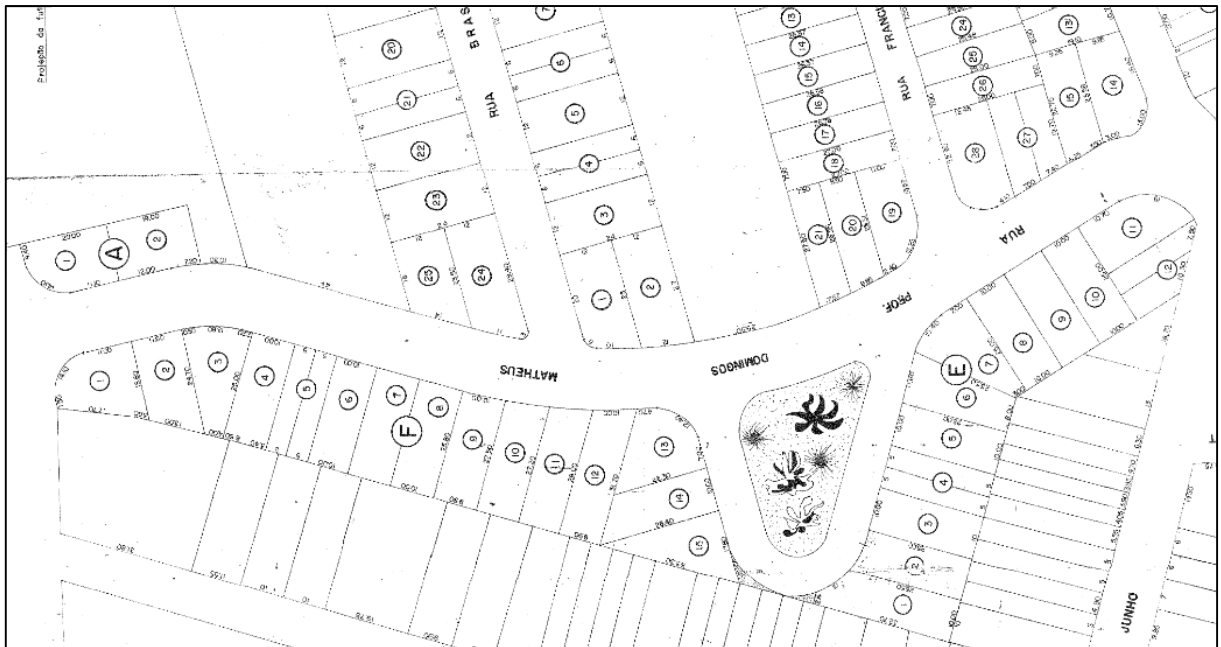


Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia

A Rua Brasília utiliza-se as áreas dos lotes 1 e os de 3 a 24 que confrontam com a mesma (figura 48).

A Rua Professor Domingos Mateus onde todos os lotes pertencentes as Quadras E e F, lotes 14, 15, 27 e 28 da Quadra B, 19, 29 e 21 da Quadra C em seguida 1,2, 24 e 25 e em último 1 e 2 da Quadra A (figura 49).

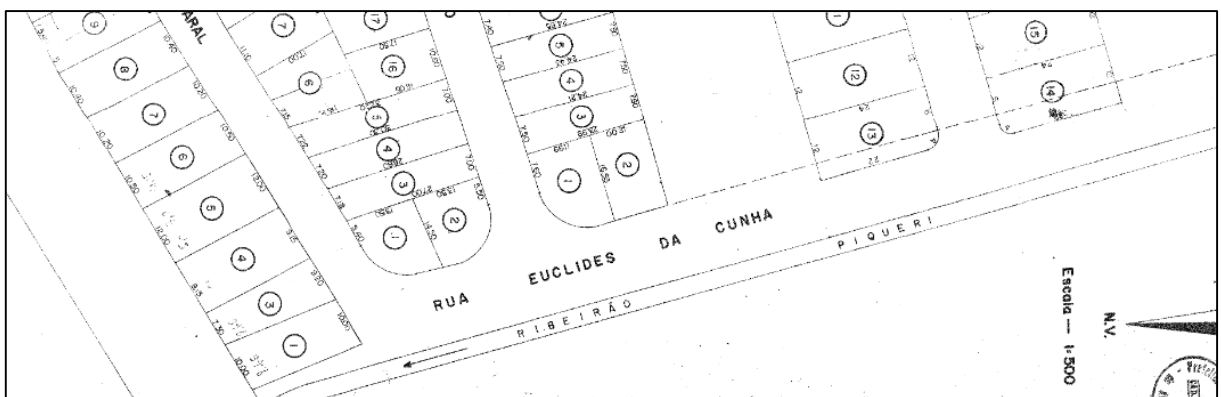
Figura 49: Área de Contribuição Rua Prof. Domingos Mateus



Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia

Por fim a Rua Euclides da Cunha os lotes 1 e 3 da Quadra A, lotes 1 e 2 da Quadra B e C em seguida 13 e 14 (figura 50).

Figura 50: Área de Contribuição Rua Euclides da Cunha



Fonte: Prefeitura da Estância de Atibaia

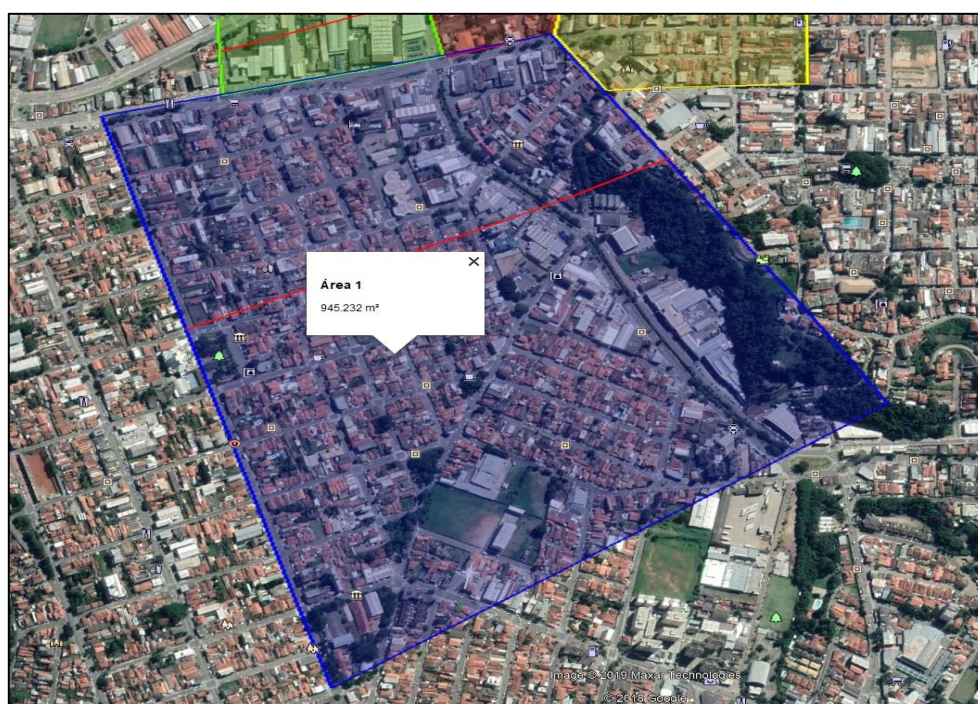
Após realizar todas as somas tem-se as áreas que influenciarão em cada rua e no dimensionamento de drenagem da mesma.

6.3 Contribuições adjacentes

Para fins de cálculos e avaliações do desempenho da rede de drenagem, também foi definida, de maneira empírica e observando o histórico de enchentes, as áreas de contribuição das vazões que colaboram no alagamento do bairro estudado. Foram consideradas as declividades das áreas para que se pudesse analisar o curso que a água irá tomar até que desague no rio.

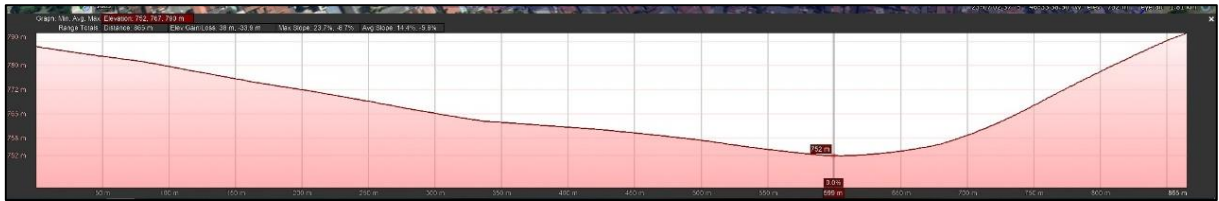
A primeira área analisada foi a paralela ao ribeirão Itapetinga, onde estão os bairros Vila Maria, o Atibaia Jardim, Alvinópolis e parte do Centro. A área tem aproximadamente 949.232 mil m² (Figura 41), e quando chove o volume de água, obedecendo a declividade da área que é de aproximadamente 40 metros do início da delimitação até o córrego (figura 52), escorre sentido o córrego mencionado acima que devido ao alto volume de água muitas vezes ultrapassa seu limite e vai de encontro ao Bairro de estudo. Os bairros presentes nessa área apresentam uma parte residencial e grande parte comercial e por suas vias serem cobertas de asfalto e ter apenas uma pequena parcela de área arborizada e permeável a área total apresenta maior parte impermeabilizada.

Figura 51: Área de Contribuição adjacente 1



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

Figura 52: Declividade área adjacente 1



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

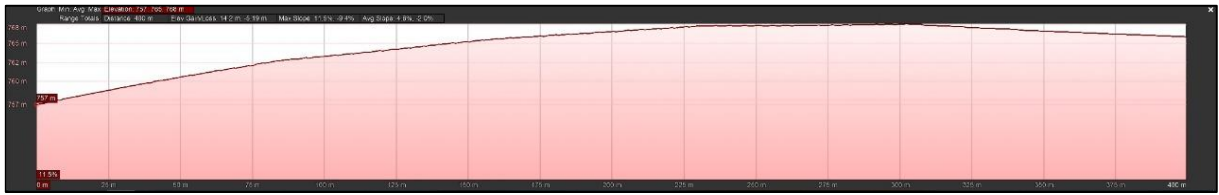
A segunda área (Figura 53) é uma parte do Centro de Atibaia, foi levada em consideração a que apresenta uma inclinação para a avenida Prof. Carlos Alberto de Carvalho Pinto e suas imediações. A área estudada tem aproximadamente 199 mil m² tem em sua maior parte presença de comércios, não apresenta áreas permeáveis, apenas uma parcela que contém em algumas ruas que no lugar de asfalto blocos de paralelepípedo. A declividade presente analisando do ponto mais alto até confrontar com o bairro é de aproximadamente 10 metros (figura 54).

Figura 53: Área de Contribuição adjacente 2



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

Figura 54: Declividade da área adjacente 2



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

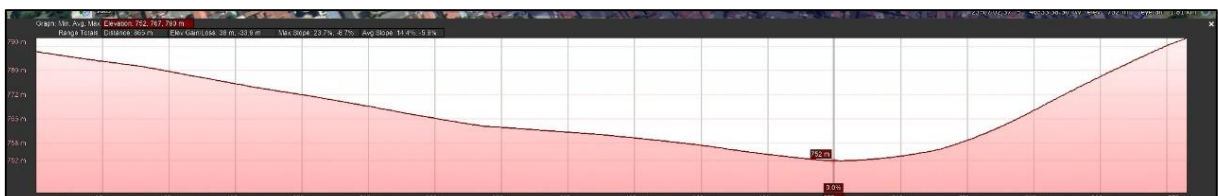
A área 3 é a parte em que estão os supermercados Nagumo e Extra além de outras lojas e comércios, esta área está entre as Avenidas Carvalho Pinto e Jerônimo de Camargo e possui aproximadamente 80 mil m² (Figura 55). De acordo com o Google Earth apresenta uma declividade de aproximadamente 4 metros com seu ponto mais baixo no encontro com o bairro estudado (figura 56).

Figura 55: Área de Contribuição adjacente 3



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

Figura 56: Declividade da área adjacente 3



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

São essas as áreas que serão adotadas para o cálculo de dimensionamento e análise de desempenho da drenagem local, e conclusão sobre seu dimensionamento se haveria sido realizado corretamente e quais os processos a serem adotados caso haja alguma irregularidade.

6.4 Situação da drenagem superficial

Após analisar toda a extensão do bairro Jardim Brasil em Atibaia, verificamos que esta determinada área apresenta um sistema de microdrenagem, onde a mesma é composta por guias, sarjetas, sarjetões, bocas de lobo de várias formas e tamanhos. Estes canais observados são os responsáveis por conduzir a água pluvial ao logo dos trechos na região e despejar nas galerias existentes.

No entanto, após averiguar a situação de tal sistema, concluímos que não há um cadastro fiel desse sistema, que mostre principalmente a circunstância de cada rua, quantificação, dimensões e posição dos equipamentos de drenagem, nem mesmo um sistema de monitoramento da situação do bairro, que informe as condições meteorológicas e se a rede atual suportará tal chuva, avisando assim os riscos de enchentes, sendo esse levantamento feito somente no local e apenas durante o período estudado.

As guias e sarjetas existentes no local, possuem dimensões irregulares com alturas variando entre 9 cm e 19 cm para as guias, e largura entre 25 cm e 70 cm para as sarjetas, além de apresentarem alguns trechos com pequenos obstáculos como rampas para acesso de veículos, afundamentos, trincas, muita sujeira, como mostrado na figura 57, e pouca declividade, no qual acaba atrapalhando o escoamento da água até as bocas de lobo.

Outro problema que conseguimos perceber após a verificação, foi que existem locais onde as guias não possuem tamanho adequado e suficiente para vencer a altura da lâmina d'água, fazendo com que a precipitação da água invada as calçadas e posteriormente as casas.

A falta de padronização desses elementos, mostrados na figura 58, e as condições em que os mesmos se encontram representam claramente a falta de projeto e planejamento adequado para execução e manutenção do local.

Figura 57: Acúmulo de sujeira e água nas sarjetas



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 58: Guias e sarjetas irregulares, obstáculos e sujeira.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Claramente olhando para as figuras acima, constatamos que os sarjetões que possuem a importante função de cortar as ruas e direcionar as águas para as sarjetas, bocas de lobo e vielas, se encontram na mesma situação das guias, com grandes problemas de escoamento e acúmulo de sujeira, além de apresentar diferentes matérias em sua execução, onde alguns foram feitos de concreto moldado no local e

outros feitos de paralelepípedos assentados a mão. Além da baixa declividade a diferença da rugosidade dos materiais e a irregularidade no assentamento dos paralelepípedos dificultam ainda mais o livre escoamento das águas. Apresentam também medidas irregulares que variam de 40 cm a 70 cm de largura com o exemplo visto nas figuras 59 e 60.

Figura 59: Sarjetão irregular e acumulo de água



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 60: Sarjetão em paralelepípedo



Fonte: Elaborada pelos autores.

No local foram encontrados três tipos de bocas de lobo:

- As bocas de lobo tipo chapéu, modelo no qual a água escoa em sua abertura lateral (guia);
- E combinada (figura 61), que é o conjunto dos dois dispositivos;
- Tipo grelha (figuras 62 e 63), no qual a água é engolida através de uma grade ao nível da sarjeta;

Figura 61: Boca de lobo combinada danificada



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 62: Grelha invadindo o leito carroçável



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 63: Grelha suja por mato



Fonte: Elaborada pelos autores.

Estes aparelhos foram encontrados em toda a extensão da Rua Amadeu Amaral e Rua Euclides da Cunha, até a metade da Rua Brasília e apenas no início da Rua Francisco Pires de Camargo.

Os dispositivos apresentam formatos irregulares, devido à má execução e as condições sofridas ao longo dos anos, sendo que algumas bocas de lobo com grelha estão invadindo uma grande parte da rua fazendo com que elas fiquem danificadas devido ao trânsito local, outras em si apresentam muita sujeira acumulada, que estão relacionadas com o descarte indevido de materiais, como sacos plásticos, garrafas, caixas de papelão, entre outros.

Outro problema encontrado é a grande quantidade de mato que existe no local, no qual nos mostra a falta de limpeza e manutenção no bairro, obstruindo ainda mais a entrada de água causando a diminuição da capacidade de utilização do sistema, que além de prejudicar a durabilidade do pavimento das ruas. Em suma o conjunto desses problemas devido a várias infiltrações, problemas como a sujeira e os entupimentos prejudicam ainda mais o escoamento da água até o rio, intensificando a formação de um alagamento nessa área nas épocas de chuvas intensas.

Ao analisar as imagens acima, pode-se perceber que devido à falta de projetos e à situação em que a micro drenagem do bairro se encontra, tornou-se inviável a coleta de medidas (largura, profundidade e comprimento) das caixas coletoras das bocas de

lobo que aparentemente nem se quer foram dimensionadas, no entanto foi possível coletar as medidas das grelhas que variam de 80 cm x 80 cm nas quadradas e 60 cm x 30 cm em cada peça retangular. Cada peça tipo chapéu possuía aberturas entre 60 cm e 120 cm de largura e altura variando de 10 cm a 15 cm.

Nota se a grande falta de manutenção e cuidado em todo o sistema existente devido ao fato de encontrarmos algumas grelhas estragadas, guias e sarjetas quebradas, sarjetões mal assentados, muito lixo descartado de forma irregular, ocasionando entupimento e futuras falhas na funcionalidade da parte superficial da drenagem do bairro, que posteriormente tem grande influência nas galerias profundas, promovendo a ineficácia de todo o conjunto, contribuindo na intensificação das enchentes locais.

6.5 Situação das redes e galerias

Referente à situação das redes e galerias, percebe-se a macrodrenagem, onde a prefeitura de Atibaia possuía um mapa básico de localização que indica a posição das redes, dos poços de visita bem como o diâmetro da tubulação e suas respectivas cotas. No entanto o mapa não representa a real situação do conjunto e de forma precária serve apenas para se aproximar da verdadeira localização dos equipamentos.

Segundo este mapa e a posição dos poços de visita foram possíveis notar que as galerias principais destinam seus resíduos em apenas dois pontos, o primeiro no encontro das Ruas Euclides da Cunha e Amadeu Amaral onde encontramos um bueiro com tubulação demonstrado na figura 64, e o segundo está localizada em uma viela entre as casas ao final da Rua Amadeu Amaral e ambos são ligados à rede existente na Av. Jerônimo de Camargo fato este que sobrecarrega o sistema.

Figura 64: Tubulação no mesmo nível da boca de lobo



Fonte: Elaborada pelos autores.

Um grande fator de interferência se dá devido à baixa declividade da tubulação, que em quase todo o trecho é praticamente nulo (o mesmo ocorre na microdrenagem) em alguns casos a tubulação da rede principal está no mesmo nível das bocas de lobo e quando é exigida solicitação máxima do sistema, causa transbordamento em todo o trecho devido ao afogamento da seção do tubo.

De acordo com o projeto da prefeitura de Atibaia, as redes de tubulação do bairro possuem diâmetros variando entre 100 cm e 30 cm, o que não é permitido, pois o padrão mínimo de diâmetros exigido em casos como este é de 40 cm.

Outro fator influenciador é que na maioria das ruas, os poços de visita encontram-se escondidos sob uma camada nova de asfalto conforme figura 65, tornando difícil sua localização e possível inspeção da rede. Por via de regra sua tampa deve sempre estar exposta e com a indicação de sua funcionalidade.

Figura 65: Poço de visita sob a camada de rolamento



Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com a geografia da região, toda a água escoada pelas galerias, é direcionada para o Ribeirão Itapetininga e deságua no Rio Atibaia. Porém a tubulação existente é insuficiente para a drenagem de toda a água, exemplificado na figura 66, que acaba escoando por todo o bairro, causando os principais problemas como as enchentes. Fator que é crucial para as mesmas, surgindo novamente à questão da obstrução das galerias, que é causada principalmente por causa da população, que geram resíduos e descartam estes de forma quase que totalmente irregular, e a junção da falta da manutenção do local (como a limpeza dos matos), faz um estrago ainda

maior, resultando no estrangulamento da galeria, que se trata de pontos onde o acúmulo de resíduos diminui a seção e conseqüentemente retém parte da água que escoá.

Outro fator que também ocorre é a falência do sistema e a ausência das redes tanto profundas como superficiais, que são mais variantes condicionantes para também formação das enchentes nos períodos de fortes chuvas.

Figura 66: Rua sem galerias de drenagem



Fonte: Elaborada pelos autores.

Além das redes de drenagem não serem suficientes para suprir as necessidades do próprio bairro, outro ponto de grande interferência é a sua localização (figura 67), situada em uma área de várzea abaixo dos demais locais da cidade, onde toda a chuva decorrente em outros bairros acaba se concentrando nesse ponto, desta forma, o bairro Jardim Brasil acaba funcionando como uma área de retenção de cheias, segurando toda a água da região antes de chegar ao Ribeirão Itapetininga e desaguar no Rio Atibaia, o que torna a área totalmente alagável.

Figura 67: Localização do bairro em relação ao Córrego Itapetininga e ao Rio Atibaia



Fonte: Extraído do Google Earth adaptado pelo autor.

6.6 Cálculo de chuvas intensas

Conforme mencionado na Revisão bibliográfica do capítulo anterior, utilizaremos das equações encontradas para resolução desses cálculos referentes a intensidade pluviométrica e tempo de concentração.

Para o dimensionar o sistema de drenagem do bairro utilizamos o Tempo de Retorno de 25 anos e o tempo de concentração calculado na Equação (7), onde encontramos o valor de 21,38 minutos. A partir do cálculo realizado anteriormente será calculada a intensidade pluviométrica, onde estão descritos nas equações (8) e (9).

$$\begin{aligned}
 & \text{Tempo de concentração} \\
 & tc = 0,019 \times \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} = 0,019 \times \frac{1560^{0,77}}{0,0289^{0,385}} = 21,38 \text{ minutos.}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Onde:

tc = tempo de concentração;

L = 1560m, comprimento do curso d'água em metros;

S = $\frac{45m}{1560} = 0,0289 \text{ m/m}$, declividade equivalente em metros/metros.

Equação de intensidade pluviométrica

$$\begin{aligned}
 it, T = [33,7895 \times (t + 30)^{-0,8832} + 5,4415 \times (t + 10)^{-0,8442}] \times \\
 [-0,4885 - 0,9635 \times \ln \ln(\frac{T}{T-1})]
 \end{aligned} \tag{8}$$

Onde:

T = Tempo de Retorno;

tc = Tempo de Concentração.

Equação de intensidade pluviométrica resolvida

$$\begin{aligned}
 it, 25 = [33,7895 \times (21,38 + 30)^{-0,8832} + 5,4415 \times (21,38 + 10)^{-0,8442}] \times \\
 [-0,4885 - 0,9635 \times \ln \ln(\frac{25}{25-1})] = 1,80 \text{ mm/s} \\
 it, 25 = 1,80 \times 60 \text{ minutos} = 108 \text{ mm/h}
 \end{aligned} \tag{9}$$

6.7 Dimensionamento da rede pluvial

Para o dimensionamento das redes de drenagem urbana utilizaremos o método Racional mencionado nos capítulos anteriores e analisando o solo e sua capacidade de infiltração chegou a um valor de 0,8 para coeficiente de Runnof, com base na tabela do mesmo, apresentada mais acima.

6.8 Cálculo das Áreas Adjacentes

6.8.1 Área adjacente 1

Área adjacente 1 = 945.232 m² = 0,945232 km²

C = 0,8

i = 108 mm/h

Cálculo de vazão área adjacente 1

$$Q = 0,8 \times 108 \times 0,945232 \times 0,278 \quad (10)$$

$$Q = 22,70 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.8.2 Área Adjacente 2

Área adjacente 2 = 199.630 m² = 0,199630 km²

C = 0,8

i = 108 mm/h

Cálculo de vazão área adjacente 2

$$Q = 0,8 \times 108 \times 0,199630 \times 0,278 \quad (11)$$

$$Q = 4,80 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.8.3 Área Adjacente 3

Área adjacente 3 = 79.765 m² = 0,079765 km²

C = 0,8

i = 108 mm/h

Cálculo de vazão área adjacente 3

$$Q = 0,8 \times 108 \times 0,079765 \times 0,278 \quad (12)$$

$$Q = 1,92 \text{ m}^3/\text{s}$$

7. Conferência das estruturas

7.1 Sarjeta

7.1.1 Desenho da sarjeta

Para cálculo de sarjeta, primeiramente devemos apresentar suas dimensões, verificando suas necessidades quanto à altura, tamanho, dependendo da largura da sua rua e inclinação.

Como mencionado no capítulo 3.2 desse trabalho as sarjetas apresentam desigualdade e para iniciar o cálculo foi feito um estudo medindo de 3 a 4 pontos da rua, definindo assim uma altura e um comprimento médio para cada uma.

7.1.2 Vazão sarjeta

Depois de ser dimensionada a sarjeta, deve-se fazer os cálculos de área molhada, perímetro molhado para encontrarmos um raio hidráulico, que foi apresentado nos capítulos anteriores, e essas informações usaremos para uso no cálculo das vazões.

Vazão da sarjeta

$$Vazão\ sarjeta = \frac{1}{0,018} * d^{\frac{1}{2}} * Rh^{\frac{2}{3}} * Am \quad (13)$$

Onde:

Rh = Raio hidráulico

Am= Área molhada (m²)

d=declividade (m)

7.2 Boca de lobo

Para escolhermos a Boca de Lobo que deverá ser utilizada, primeiramente devemos fazer os cálculos das suas vazões analisando as contribuições das bacias em cada lado. Realizamos novamente o cálculo de vazão, porém agora utilizando as áreas descritas acima.

7.3 Quantidade de boca de lobo

A quantidade de boca de lobo é dada pela fórmula apresentada abaixo. A partir dela pode-se determinar um número mínimo e depois analisar se será suficiente para que se possa drenar a quantidade de água precipitada.

Número de boca de lobo

$$Número\ de\ boca\ de\ lobo = \frac{vazão\ da\ rua}{vazão\ da\ sarjeta} \quad (14)$$

7.4 Distância entre bocas de lobo

Para calcular a distância entre eles verificamos o comprimento total da rua e a quantidade necessária calculada anteriormente.

Distância entre bocas de lobo

$$Distância\ entre\ bocas\ de\ lobo = \frac{comp.\ da\ rua}{quant.\ de\ bocas\ de\ lobo} \quad (15)$$

7.5 Poços de visita

Para definir a quantidade de bocas em que o poço de visita pode suportar faz-se uma conta utilizando a declividade do trecho que irá influenciar na velocidade e com isso também na vazão, e deverão ficar distanciados no máximo 100 m entre eles. E para saber ao certo a quantidade de bocas de lobo relaciona a vazão do tubo de ligação com a vazão da sarjeta encontrada anteriormente.

7.6 Dimensionamento da galeria

Após analisar todo o loteamento, as áreas, distância entre poço de visita, a declividade e considerando que o loteamento tem caimento em direção à rua Euclides da Cunha, pois a própria topografia do local beneficia a implementação do projeto para a execução das galerias.

Ao fim da rua supracitada encontra-se o rio Atibaia, mais um benefício de se instalar a galeria nesse local, e conduzir a água para que desemboque por ali.

Com a escolha do caminho a ser utilizado, coleta-se as informações em que influenciarão para o dimensionamento do diâmetro necessário e a profundidade em que se encontrará a galeria ao longo das ruas.

Com a declividade entre os pontos, as áreas dos lotes de contribuição e a extensão se iniciam os cálculos. Também dependerá da intensidade pluviométrica e coeficiente de escoamento superficial, dados já mencionados no início desse projeto.

Definimos a vazão considerando as áreas de contribuição acumulada, uma vez que cada trecho terá sua própria vazão mais a vazão do poço anterior.

7.7 Conferência das estruturas das Áreas Adjacentes

Além das estruturas descritas que são internas ao bairro de seção de estudo, ainda existe influência de áreas adjacentes ao mesmo, que escoam indiretamente suas águas pluviais para o local estudado, conforme apresentado no capítulo 3.1.3.2.

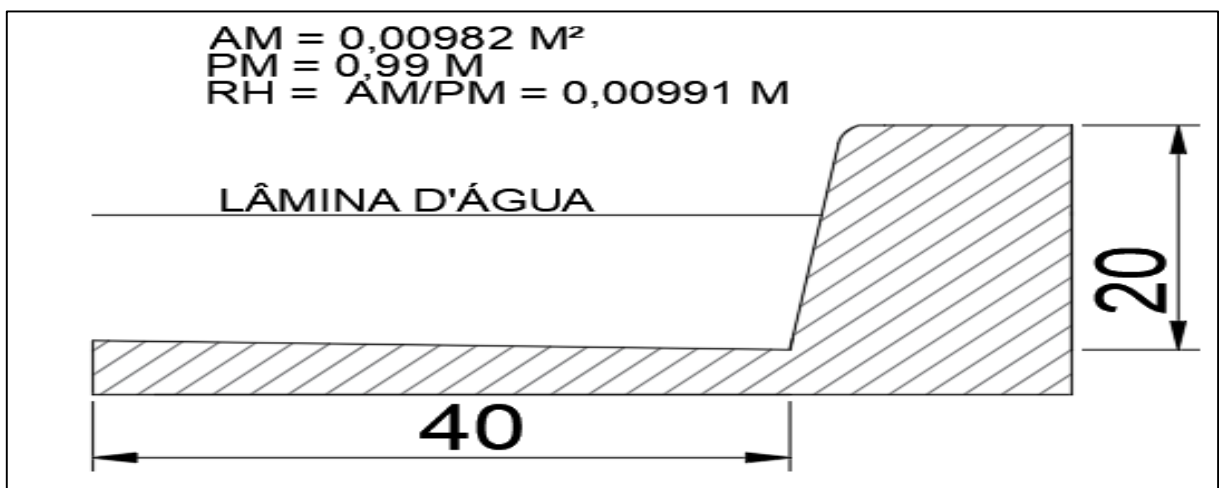
Separamos essas contribuições em três grandes áreas, e em todas elas notou-se a ausência de estruturas de drenagem adequada, desta forma percorremos as três áreas e calculamos para cada uma a quantidade de dispositivos de drenagem correta.

Para a conferência das estruturas existentes obtêm-se o número de bocas de lobo, uma média entre as larguras e alturas das sarjetas existentes nas áreas de influência, assim como a média de tamanho das bocas de lobo.

Com isso cada área de influência foi dividida por uma média das ruas, e feito então os cálculos para verificação entre o número de dispositivos necessários e os existentes.

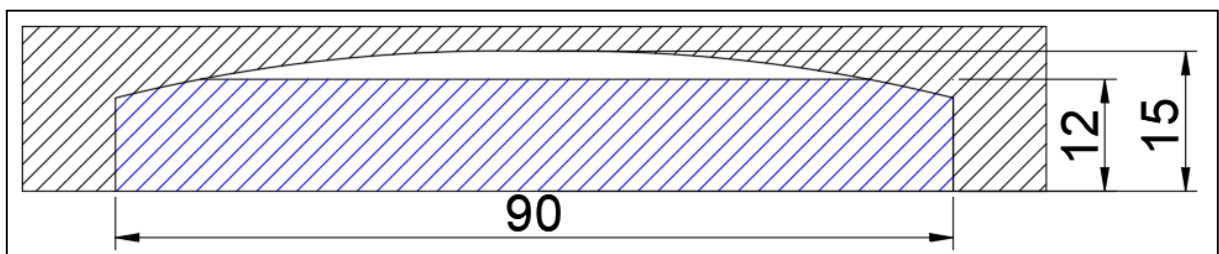
Como em todas as áreas adjacentes foram encontradas em grande maioria bocas de lobo semelhantes, e para facilitar os cálculos das teorias de drenagem, utilizamos uma boca de lobo padrão do tipo simples, com uma lâmina d'água de 12 centímetros, a mesma lâmina foi utilizada para cálculo das sarjetas observadas nas figuras 68 e 69 a seguir.

Figura 68: Sarjeta média, utilizada nos cálculos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 69: Boca de lobo utilizada para os cálculos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

7.7.1 Área Adjacente 1 (azul):

Nesta zona de influência foi encontrado um total de 108 bocas de lobo para uma área de 945.232 m². A área adjacente 1 foi dividida por 9 principais áreas de influência, obtendo assim uma média da quantidade total de bocas de lobo existente na área

para cada parte, totalizando 12 bocas de lobo existentes com uma declividade média de 40 metros.

Como resultado dos cálculos obtivemos um número mínimo de bocas de lobo solicitadas de 18 dispositivos para cada uma das partes ciadas, mostrando assim a ineficiência do sistema existente nessa área, como podemos observar na Tabela das figuras 70 e 71, abaixo.

Figura 70: Tabela Área 1 utilizada para o cálculo de bocas de lobo necessária.

RUA	COTA DO TERRENO		(L) (m)	(Declividade) (m/m)	ÁREA (Km ²)		tc (minutos)
	maior	menor			(trecho)	acumulada	
Area Adjacente 01	40,00	0,00	583,52	0,06855	0,10547	0,10547	21,38
9 Areas de Influencia							
SARJETA	Altura da Guia	N.A	L	Lamina d'agua	n	S(m/m)	Area molhada
Area Adjacente 01	0,15	0,12	0,4	0,4	0,018	0,0009	0,048
9 Areas de Influencia							

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 71: Continuação da tabela Área 1 apresentada anteriormente

F (anos)	i (mm/min)	C (run off)	Q (m3/s) (prevista)	Nº BOCAS DE LOBO POR AREA DE INFLUENCIA		TOTAL DE BOCAS DE LOBO
25	108,00	0,8	2,53331	Calculada	Arredondado	Calculada
				17,8	18	162
Perim. Molhado	R=A/P	V(m/s)	Q(m3/s)	Existente		Existente
0,52	0,09	0,34	0,14260	12,0		108

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na passagem pela área adjacente em questão notamos que em sua grande maioria as bocas de lobo utilizadas são de característica simples, que são as que contêm abertura na parte vertical da sarjeta, e nos pontos baixos dos quarteirões, tendo assim uma vazão maior em relação às intermediárias, as medidas padronizadas por serem pré-moldadas são de aproximadamente 90 centímetros de comprimento e 15 centímetros de abertura, quando se encontram em bom estado de conservação, como podemos observar nas Figuras 72, 73, 74 e 75 abaixo.

Figura 72: Boca de lobo, Área de influência 1.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 73: Altura de boca de lobo, Área de influência 1.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 74: Rua da Área adjacente 1.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 75: Rua da Área adjacente 1.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para obtermos a vazão de água pluvial escoada indiretamente para o bairro, fizemos uma subtração entre a chuva precipitada na Área adjacente 1, e a vazão captada pela quantidade total de bocas de lobo da mesma. Para isso calculamos a

vazão da boca de lobo que teve um resultado de 0,064 m³/s, e multiplicamos pelo número total de 108 dispositivos, com isso obtivemos uma vazão total captada de 6,87 m³/s, finalizando o cálculo com a subtração do total captado pela vazão de chuva, obtendo um total escoado para o bairro de 15,83 m³/s, comprovando a ineficiência da drenagem no local, os cálculos executados podem ser conferidos na Figura 76, que apresenta a tabela com os cálculos descritos anteriormente.

Figura 76: Tabela com cálculo de vazões área adjacente 1.

BOCA DE LOBO PONTO BAIXO				
L		LÂMINA D'ÁGUA		VAZÃO (M ³ /S)
0,9		0,12		0,064
ÁREA ADJACENTE 1 (M ²)	QUANTIDADE DE BOCAS DE LOBO	VAZÃO TOTAL CAPTADA (M ³ /S)	VAZÃO DA CHUVA (M ³ /S)	VAZÃO ESCOADA PARA O BAIRRO (M ³ /S)
945232	108	6,87	22,70	15,83

Fonte: Elaborada pelos autores.

7.7.2 Área adjacente 2 (amarela):

A segunda área de influência é localizada na extremidade mais alta do bairro, facilitando assim o escoamento de toda água que não é captada pelas bocas de lobo para a seção de estudo.

Dividimos a área por 4 zonas de influência, com um comprimento aproximado de 385 metros e uma diferença entre alturas de 11 metros, com uma média de 5 bocas de lobo por área. Pelos cálculos obtivemos a quantidade mínima necessária de 13 bocas de lobo por área, o que já mostra de forma mais abrangente a deficiência da drenagem no local, nas Figuras 77 e 78 podemos observar a tabela com os cálculos.

Figura 77: Tabela Área 2 utilizada para o cálculo de bocas de lobo necessária.

RUA	COTA DO TERRENO		(L) (m)	(Declividade) (m/m)	ÁREA (Km ²)		tc (minutos)
	maior	menor			(trecho)	(acumulada)	
Area Adjacente 02	11,00	0,00	385,00	0,02857	0,04991	0,04991	21,38
4 Areas de Influencia							
SARJETA	Altura da Guia	N.A	L	Lamina d'agua	n	S(m/m)	Area molhada
Area Adjacente 02	0,15	0,12	0,4	0,4	0,018	0,0009	0,048
4 Areas de Influencia							

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 78: Continuação da tabela Área 2 apresentada anteriormente

F (anos)	i (mm/min)	C (run off)	Q (m3/s) (prevista)	Nº BOCAS DE LOBO POR AREA DE INFLUENCIA		TOTAL DE BOCAS DE LOBO
				Calculada	Arredondado	
25	108,00	0,8	1,19874	13,0	13	52
Perim. Molhado	R=A/P	V(m/s)	Q(m3/s)	Existente		Existente
0,52	0,09	0,34	0,09206	5,0		18

Fonte: Elaborado pelos autores.

A área se destaca por ter um pequeno número de dispositivos de drenagem, e com péssimo estado de conservação, onde as alturas das guias variaram de 15 a 20 centímetros, e sua largura de 26 a 36 centímetros. As ruas são praticamente planas, sem contar nas sujeiras encontradas na parte interna das bocas de lobo, abaixo são exibidas as fotografias tiradas na passagem pelo bairro, e a medição de algumas sarjetas. (figuras 79, 80, 81 e 82).

Figura 79: Boca de lobo dupla.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 80: Abertura de boca de lobo sendo medida.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 81: Medidas de sarjetas sem regularidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 82: Medidas de sarjetas sem regularidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como precisamos obter a quantidade de água que não é captada pelas bocas de lobo, utilizamos a subtração da quantidade total de água escoada que é $4,80 \text{ m}^3/\text{s}$ pela quantidade total captada pelas 18 bocas de lobo, que é $1,14 \text{ m}^3/\text{s}$. O resultado é que menos de 25% da vazão total consegue ser captada, sendo escoada para o bairro de estudo $3,66 \text{ m}^3/\text{s}$ de água pluvial, como podemos observar na Tabela apresentada na figura 83.

Figura 83: Tabela com cálculo de vazões área adjacente 2.

BOCA DE LOBO PONTO BAIXO				
L		LÂMINA D'ÁGUA		VAZÃO (M ³ /S)
0,9		0,12		0,064
ÁREA ADJACENTE 1 (M ²)	QUANTIDADE DE BOCAS DE LOBO	VAZÃO TOTAL CAPTADA (M ³ /S)	VAZÃO DA CHUVA (M ³ /S)	VAZÃO ESCOADA PARA O BAIRRO (M ³ /S)
199630	18	1,14	4,80	3,66

Fonte: Elaborado pelos autores.

7.7.3 Área Adjacente 3 (verde):

A terceira área faz divisa com a parte mais baixa do bairro de estudo, sendo o principal ponto de descida das águas escoadas por si e pela área adjacente 1, e tem uma altura elevada em relação ao bairro.

Como é uma zona industrial, e com uma área relativamente pequena, não foi necessitada a divisão de outras áreas. Nos cálculos utilizamos a maior distância da área de 363 metros e uma diferença de altura de 5 metros de um ponto a outro, foram encontradas um total de 9 bocas de lobo, sendo em sua maioria do tipo simples, e utilizando os métodos de cálculo tivemos a comprovação de mais um sistema ineficiente, com a necessidade de um total de 30 dispositivos, como exibido nas Figuras 84 e 85, abaixo.

Figura 84: Tabela Área 3 utilizada para o cálculo de bocas de lobo necessária.

RUA	COTA DO TERRENO		(L)	(Declividade)	ÁREA (Km ²)		tc
	maior	menor	(m)	(m/m)	(trecho)	(acumulada)	(minutos)
Area Adjacente 03	5,000	0,000	363,00	0,01377	0,07977	0,07977	21,38
1 Área de Influencia							
SARJETA	Altura da Guia	N.A	L	Lamina d'agua	n	S(m/m)	Area molhada
Area Adjacente 03	0,15	0,12	0,4	0,4	0,018	0,0009	0,048
1 Área de Influencia							

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 85: Continuação da tabela Área 3 apresentada anteriormente

F	i	C	Q (m3/s)	Nº BOCAS DE LOBO POR		TOTAL DE BOCAS DE
(anos)	(mm/min)	(run off)	(prevista)	ÁREA DE INFLUENCIA		LOBO
				Calculada	Arredondado	Calculada
25	108,00	0,8	1,91589	30,0	30	30
Perim. Molhado	R=A/P	V(m/s)	Q(m3/s)	Existente		Existente
0,52	0,09	0,34	0,06392	9,0		9

Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim como na passagem pelas outras áreas, observamos uma certa degradação e desleixo na parte de drenagem, todas as bocas de lobo sujas com lixo e em mal estado de conservação, com medidas variáveis sem um padrão. Para melhor visualização tiramos algumas imagens de bocas de lobo com grelha, que apesar de serem poucas, ainda são utilizadas nas áreas, como podemos ver nas Figuras 86, 87 e 88, abaixo.

Figura 86: Boca de lobo localizada na área.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 87: Abertura de boca de lobo sendo medida.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 88: Boca de lobo tipo grelha, com lixo depositado pela população.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como nosso foco é obter a água pluvial que não é captada, e como feito nas áreas anteriores, subtraímos da vazão total de chuva a quantidade coletada por todas as bocas de lobo do local, sendo a subtração de $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$ referente a quantidade captada de um total de $1,92 \text{ m}^3/\text{s}$ referente a vazão da chuva, totalizando um restante de $1,35 \text{ m}^3/\text{s}$ que não consegue ser captado e escoar para o bairro de estudo, a Figura 89 apresenta a tabela que compõem os cálculos acima.

Figura 89: Tabela com cálculo de vazões área adjacente 3.

BOCA DE LOBO PONTO BAIXO				
L		LÂMINA D'ÁGUA		VAZÃO (M^3/S)
0,9		0,12		0,064
ÁREA ADJACENTE 1 (M^2)	QUANTIDADE DE BOCAS DE LOBO	VAZÃO TOTAL CAPTADA (M^3/S)	VAZÃO DA CHUVA (M^3/S)	VAZÃO ESCOADA PARA O BAIRRO (M^3/S)
79765	9	0,57	1,92	1,35

Fonte: Elaborado pelos autores.

7.7.4 Conferência das estruturas da Área Principal

Para finalizar as comparações, deve-se calcular os dispositivos existentes na área de estudo, como o bairro possui ruas bem definidas e separadas, dividimos sua área por 4 zonas menores de influência para facilitar a separação das vazões pluviais.

Como relatado nos capítulos anteriores o bairro tem pouca presença de dispositivos de drenagem pluvial, além de ter uma baixa declividade, uma diferença média de altura de 9 metros, o que torna ainda mais evidente a menor velocidade do escoamento.

Na passagem pelo bairro observamos que os dispositivos são em grande maioria do tipo simples e em pontos baixos, portanto utilizamos como base de cálculo os mesmos dispositivos utilizados nas áreas adjacentes. Constatamos a presença de 11 bocas de lobo, sendo aproximadamente 4 bocas por zona de influência, com o resultado dos cálculos na tabela das Figuras 90 e 91, podemos notar que há a necessidade de no mínimo 5 bocas em cada área, e um total de 15 em todo o bairro.

Figura 90: Tabela utilizada para o cálculo de bocas de lobo necessária na Área Principal.

RUA	COTA DO TERRENO		(L)	(Declividade)	ÁREA (Km ²)		tc
	maior	menor	(m)	(m/m)	(trecho)	(acumulada)	(minutos)
Jardim Brasil	9,0	0,000	164,00	0,05488	0,02375	0,02375	21,38
3 Áreas de influência							
SARJETA	Altura da Guia	N.A	L	Lamina d'agua	n	S(m/m)	Area molhada
Jardim Brasil	0,15	0,12	0,4	0,4	0,018	0,0009	0,048
3 Áreas de influência							

Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 91: Continuação da tabela Área Principal apresentada anteriormente

F	i	C	Q (m ³ /s)	Nº BOCAS DE LOBO POR		TOTAL DE BOCAS DE
(anos)	(mm/min)	(run off)	(prevista)	ÁREA DE INFLUENCIA		LOBO
25	108,00	0,8	0,57053	Calculada	Arredondado	Calculada
				4,5	5	15
Perim. Molhado	R=A/P	V(m/s)	Q(m ³ /s)	Existente		Existente
0,52	0,09	0,34	0,12759	4,0		11

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ainda como forma de comprovar a ineficiência da drenagem no bairro, como também feito nas áreas adjacentes, utiliza-se a subtração de vazões que se dá pela diferença entre o volume de águas pluviais que é 1,71 m³/s e o volume de águas

captadas pelo sistema de drenagem que é 0,70 m³/s, demonstrado na Figura 92 onde o volume captado é menor que a metade do precipitado.

Figura 92: Tabela com cálculo de vazões Área Principal

BOCA DE LOBO PONTO BAIXO				
L		LÂMINA D'ÁGUA		VAZÃO (M³/S)
0,9		0,12		0,064
ÁREA ADJACENTE 1 (M²)	QUANTIDADE DE BOCAS DE LOBO	VAZÃO TOTAL CAPTADA (M³/S)	VAZÃO DA CHUVA (M³/S)	VAZÃO ESCOADA PARA O BAIRRO (M³/S)
71259	11	0,70	1,71	1,01

Fonte: Elaborada pelos autores.

7.8 Dimensionamento das Aduelas

Como forma de conter as enchentes de imediato, a prefeitura realizou a construção de um canal feito com aduelas que liga diretamente o bairro ao ribeirão, porém para se realizar o cálculo da mesma, devem-se unir as vazões indiretas que são advindas às zonas adjacentes com a vazão do bairro, para isso utilizamos as seguintes Equações (16) e (17):

Soma das vazões adjacentes

$$Vazão Adjacente Total = V. Adjacente1 + V. Adjacente2 + V. Adjacente3$$

$$Vazão Adjacente Total = 15,83 + 3,66 + 1,35 = 20,84 \text{ m}^3/\text{S} \quad (16)$$

Com a vazão adjacente total calculada, soma-se com a vazão direta do local de estudo para se obter a vazão final:

Soma das vazões adjacentes com a vazão do bairro

$$Vazão Final = V. Adjacente Total + V. Bairro$$

$$Vazão Final = 20,84 + 1,01 = 21,85 \text{ m}^3/\text{s} \quad (17)$$

Neste capítulo será verificado o tamanho da aduela que seria necessária atualmente e comparar este resultado com a vazão precipitada. Desta forma, será possível analisar se o dimensionamento do dispositivo existente Figura 93, está correto.

Para o cálculo da vazão foi necessário obter as medidas utilizadas na aduela existente no local, que são as seguintes, um dispositivo quadrado de 1,5 metros,

porém como utilizamos 0,75 da área, logo altura utilizada é de 1,125 metros. Para o dimensionamento será utilizada a de Manning, apresentada nos capítulos anteriores.

Portanto será necessária a utilização do coeficiente de Manning (n), utilizamos como referência Tubos de concreto, por serem aduelas pré-moldadas, e em condição boa, então, temos $n = 0,013$. A declividade utilizada de I é de 0,002. Com o levantamento das incógnitas será calculada as vazões da Aduela conhecida e da necessária para suprir as necessidades do bairro, equações (18), (19) e (20).

Figura 93: Aduela existente no bairro.



Fonte: Elaborada pelos autores

Fórmula de Manning

$$\frac{Q \times n}{\sqrt{I}} = A \times Rh^{2/3} \quad (18)$$

Fórmula de Manning Aduela existente

$$A \times Rh^{2/3} = (1,125 \times 1,5) \times 0,45^{2/3} \quad (19)$$

$$A \times Rh^{2/3} = 0,99$$

Fórmula de Manning Aduela necessária

$$\frac{21,85 \times 0,013}{\sqrt{0,002}} = A \times Rh^{2/3} \quad (20)$$

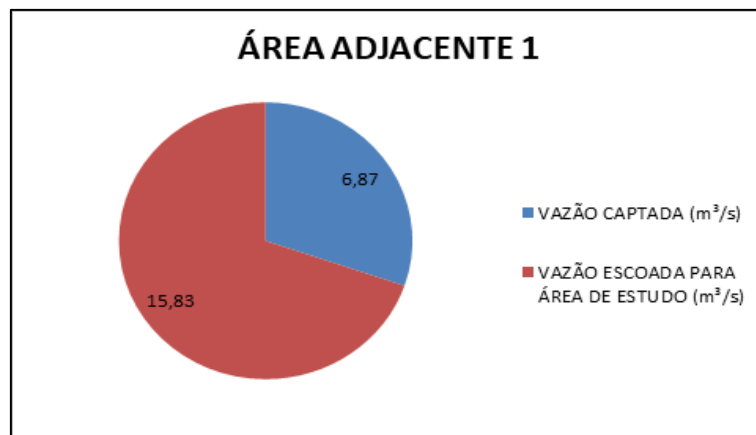
$$A \times Rh^{2/3} = 6,35$$

Portanto, os cálculos comprovam que há necessidade de um dispositivo 6,41 vezes maior que o existente.

8. Discussão dos resultados

Segundo informações apresentadas anteriormente foram analisadas as vazões indiretas recorrentes a áreas adjacentes ao bairro. A primeira zona analisada foi nomeada como Área Adjacente 1, que é contemplada por uma área de 945.232 m², praticamente toda impermeável, por ser uma área grande, foi dividida em 8 pequenas zonas de forma a facilitar os cálculos, neste local foram encontradas um total de 108 bocas de lobo. Os cálculos desenvolvidos apresentaram a necessidade mínima de 162 dispositivos, ainda seguindo está dinâmica de cálculos, a diferença entre a vazão captada e a precipitada foi de 15,83 m³/s, vazão esta escoada indiretamente para o Jardim Brasil, apresentada na Figura 94.

Figura 94: Gráfico de vazões 1.

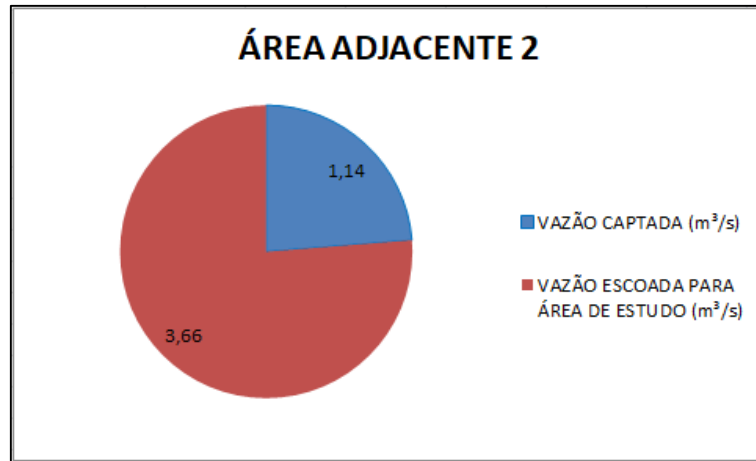


Fonte: Elaborada pelos autores.

Já na passagem pela Área Adjacente 2 identificamos uma área de 199.630 m², que para facilitar nos cálculos foi fracionada em 4 partes menores. Com uma vazão de precipitação 4,80 m³/s, os cálculos novamente se fizeram válidos já que provaram que o local necessita de pelo menos 52 bocas de lobo, onde foram encontradas somente 18, mostrando que a rede foi dimensionada para um volume de chuva menor.

Como podemos observar na figura 95, em azul a vazão captada pelos dispositivos e em vermelho a vazão excedente resulta em 3,66 m³/s.

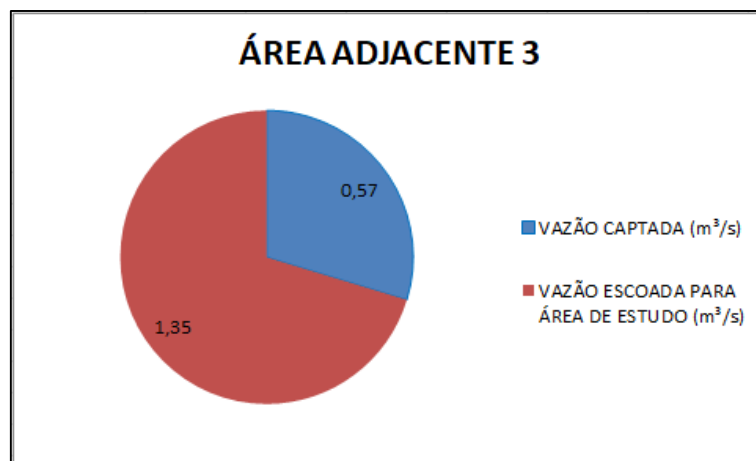
Figura 95: Gráfico de vazões 2.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A terceira Área Adjacente é formada por um total de 79.765 m², que mesmo sendo a menor não pode ser desprezada e nela foram encontradas 9 bocas de lobo, o que significa menos de 30% do mínimo necessário que são 30 dispositivos. Com isso a vazão precipitada não consegue ser captada por completa, ocasionando em 1,35 m³/s de água que correm para o bairro de estudo a jusante.

Figura 96: Gráfico de vazões 3.

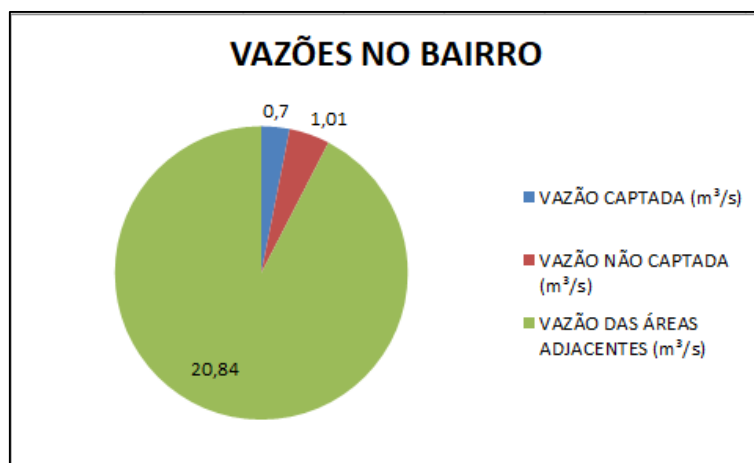


Fonte: Elaborada pelos autores.

O bairro principal contém uma área de 71,259 m², com um total de 11 dispositivos encontrados. Os resultados dos cálculos mostram que o bairro recebe um volume de chuva igual a 1,71 m³/s que são superiores ao volume para o qual a rede de drenagem

foi dimensionada, que corresponde ao valor de 0,70 m³/s. E ainda recebe o escoamento excedente das áreas adjacentes no qual foi obtido o valor de 20,84 m³/s.

Figura 97: Gráfico de vazões do bairro.



Fonte: Elaborada pelos autores.

9. Conclusão final

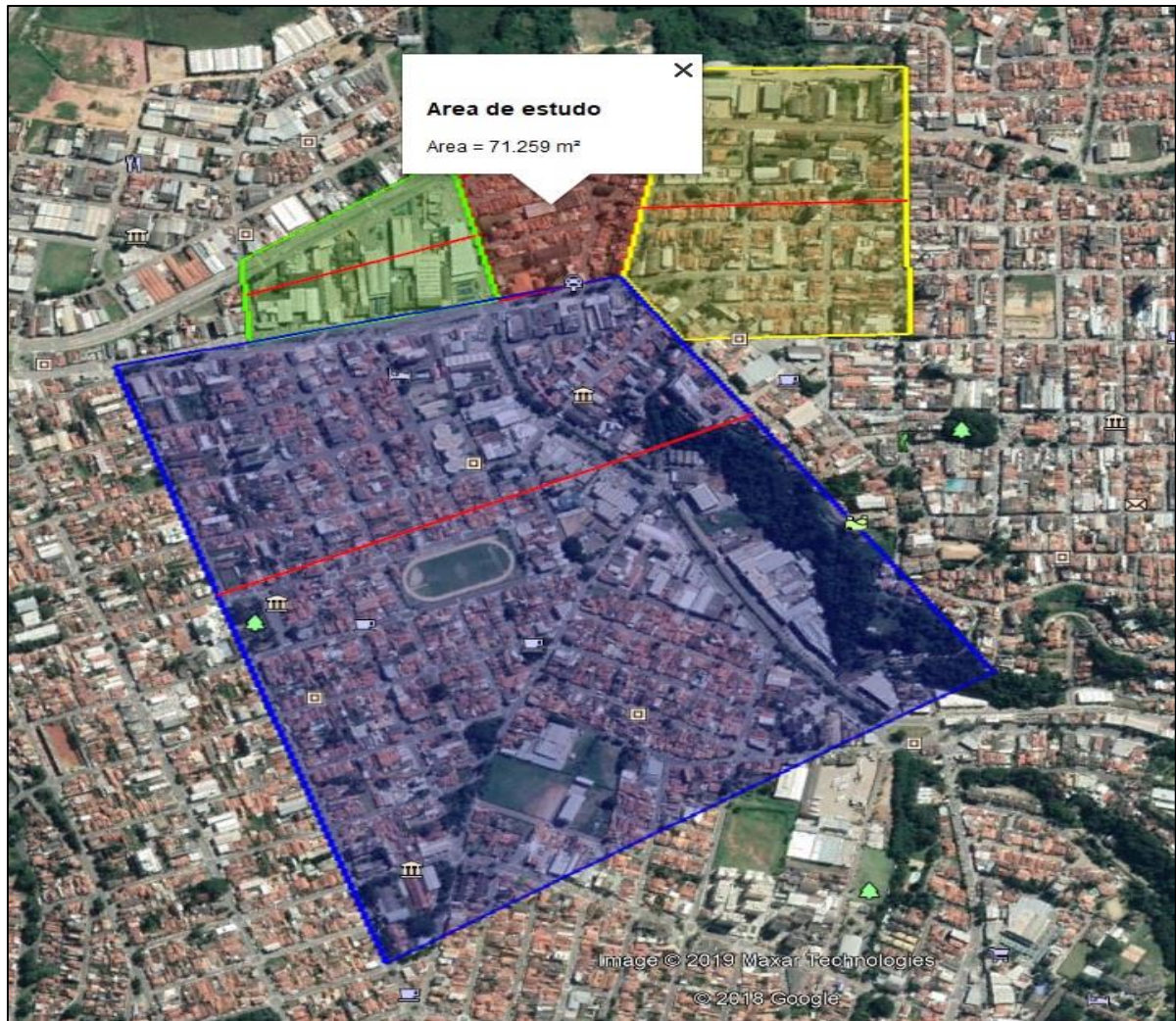
O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a análise crítica da importância de uma execução adequada dos sistemas de drenagem urbana, além da eficiência na qualidade de um bom projeto, respeitando todos os parâmetros necessários para a eficácia do sistema em si. No entanto com os dados apresentados, percebe-se que na execução do sistema do bairro Jardim Brasil não foi realizado a devida análise, como por exemplo, o estudo das áreas adjacentes e o volume de precipitação escoado pelos bairros até a área em questão.

Com base nesse estudo nota-se que primeiramente, para que se tivesse evitado os transtornos causados pelas enchentes registrados nos últimos anos, a área em questão, que se trata de uma região de várzea e por isso é propícia a inundação, não deveria ter sido ocupada pelo desenvolvimento da urbanização. Com isso chegam-se as seguintes conclusões na qual visam resolver o problema.

Outra possível solução seria a de readequação do sistema de drenagem das áreas de influência adjacentes ao bairro, demarcadas pelas cores em azul, verde e amarelo (figura 98) visando aumentar o dimensionamento de cada rede, boca de lobo, sarjeta etc. Visto que através dos cálculos executados, o principal problema a respeito das enchentes se dá devido ao excessivo escoamento superficial provindo do entorno do bairro, ocasionado devido à relação entre a falta de dispositivos das áreas vizinhas

com a baixa declividade do local, que acaba contribuindo na transformação do bairro em uma grande área de retenção de águas pluviais.

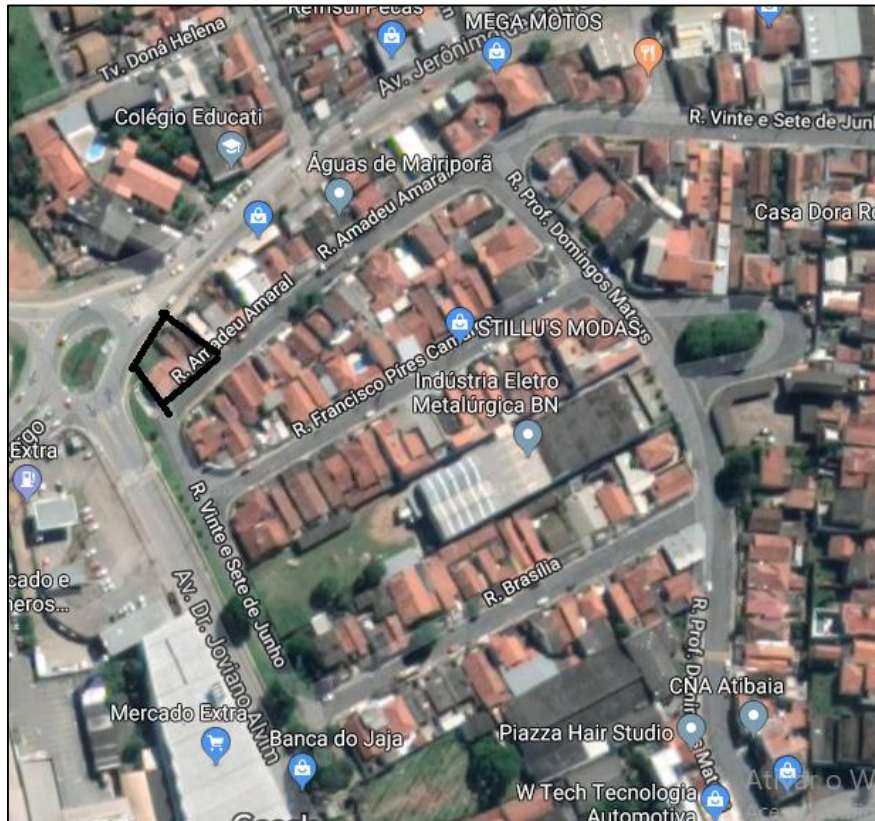
Figura 98: Área de intervenção.



Fonte: Extraído do Google Earth e adaptado pelo autor.

Ainda assim, a solução encontrada que mais se adequa a situação em que a área se encontra, na qual visa um menor impacto na urbanização e no ambiente de convívio, minimizando os possíveis transtornos de grandes obras de infraestrutura, seria então o aumento da capacidade de vazão do bairro, para isso torna-se necessário a ampliação do sistema de aduelas existente que conforme o cálculo apresentado, deve ser dimensionado um sistema cerca de 6,41 vezes maior.

Figura 99: Área a ser desapropriada.



Fonte: Extraído do Google Earth e adaptado pelo autor.

Para isso será necessário à desapropriação de uma pequena parcela de casas, totalizando três imóveis (figura 99) na qual seja suficiente para comportar um número de aduelas maior do que o encontrado no bairro, desta forma, consegue-se igualar o volume de água acumulada no bairro com a vazão necessária para que se evite o problema de enchentes.

A desapropriação de três casas se dá devido ao espaçamento entre aduelas, visto que, se as mesmas forem instaladas umas ao lado das outras, torna necessário à implantação de uma estrutura mais resistente, no qual suportará por si só toda a carga advinda do intenso trânsito local. No entanto, se as aduelas ficarem dispostas com espaçamento razoável e os vãos forem preenchidos com o próprio solo e recompactados, diminui-se a aplicação das cargas sobre as aduelas, que de acordo com os conhecimentos da teoria das estruturas e da mecânica dos solos torna possível a distribuição dos esforços entre as aduelas e o solo recompactado.

10. Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12218/1994: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. ABNT, 1994.
- BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. Hidrologia ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH, 1993.
- Campos A. R., Santos G.G., Silva J. B. L., Filho J. I., Loura D. S. Equação de Intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí. Revista de Ciências Agrônômicas - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza- Ce, 2014
- CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012
- CAPAZ, R., NOGUEIRA, L. Ciências ambientais para engenharia. Elsevier Academic, 2016
- Cardoso, M. A. (2007). Avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana. Dissertação de doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal (546 pp.).
- COLLISCHONN, W., TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. IPH UFRGS. Brasil, 2008
- COSTA, A. J. S.T., CONCEIÇÃO, R. S., AMANTE, F. O. (2018). As Enchentes Urbanas e o Crescimento Da Cidade Do Rio De Janeiro: Estudos Em Direção A Uma Cartografia Das Enchentes Urbanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. [sd] Disponível em : <<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>> acessado em 28 de julho de 2019
- D. Saldanha Matos, José. , 2003. "Aspectos Históricos a Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano."
- DUARTE, Mauro Alonso et al. Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana, 2010.
- FELLOWS, D. K. The Environment of Mankind: an introduction to physical geography. 1978. 484 p.
- FREITAS, C.M., XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública - uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação (2012) Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, Brasil.
- GIANSANTE, Serviços de Engenharia S/S Ltda. Plano Municipal de Drenagem de Águas Pluviais de Atibaia. Relatório Final. São Paulo, 2012.

HOLTZ, A. C. Precipitação. In: PINTO, N. L. S., HOLTZ, A. C., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. 1 ed. Rio de Janeiro, Ed. Edgard Blücher Ltda, 1976, cap. 2.

LEPSCH, Igo F. Formação e Conservação Dos Solos. Oficina de Textos. São Paulo. 2002.

LIRA, Andrea Monteiro. Avaliação das condições do sistema de macrodrenagem da cidade de São Carlos - SP. 2003. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
doi:10.11606/D.18.2016.tde-17102016-153855. Acesso em: 2019-07-18.

MACHADO, L. A. T. Centro de Previsão de Tempo e estudos Climáticos e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC - INPE). Disponível em: <http://lim.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 16 maio. 2019

Matos, M. R., Almeida. M. C., Cardoso, M. A. (1994). Introdução ao problema e aos conceitos. Curso sobre Modelação de Sistemas de Drenagem Urbana, Estações de Tratamento e Impacte nos Meios Receptores, 4 a 6 de Julho, LNEC, Lisboa, Portugal.

MILANESI, M. A., ALVES, R. R., GALVANI, E. (2017). Comparativo entre instrumentos pluviométricos experimentais e automáticos. Departamento de Geografia/FFLCH/Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.

Needham, J.; Ling, W. and Gwei-Djen, L. – Science and Civilization in China – Vol. 4: Physics and physical technology. III: Civil engineering and nautics. Cambridge University Press, New York, 1971.

NETO, A. C. Sistemas Urbanos de Drenagem. 2010. Disponível em: http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf. Acessado em 18 de julho de 2019.

PAZ, Adriano. Hidrologia Aplicada. Disciplina Ministrada na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul para curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia na unidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, setembro 2004.

PREFEITURA DA ESTÂNCIA DE ATIBAIA. Uso e Ocupação do solo [sd] Disponível em :<<http://www.prefeituradeatibaia.com.br/uso-e-ocupacao-do-solo/> > Acessado em 28 de julho de 2019

SANTOS, A.R UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO-UFES / DEPT. DE GEOGRAFIA / CLIMATOLOGIA. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo4PrecipitacaoAtmosferica.pdf>. Acesso em: 16 maio. 2019

SILVA, M. A. V. Meteorologia e climatologia. Recife: INMET, 2005

SEIXAS, S. R. C; HOFFEL, J. L. M; ROCHA, J. V; NUNES, R.J. Saúde Mental, Violência e Mudanças Ambientais Globais Urbanas no Corredor de Exportação Tamoios – D Pedro I, São Paulo, Brasil. 1º Relatório Científico Projeto Regular FAPESP Processo n. 2013/17173-5. 2015.

O ATIBAIENSE. Estudo sobre drenagem pode trazer soluções para alagamentos (2012). Disponível em:<http://www.oatibaiense.com.br/News/8/7507/estudo-sobre-drenagem-pode-trazer-solucoes-para-alagamentos/>. Acesso em: 19 maio. 2019

STENNER, C. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2017. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/default.php>. Acesso em: 16 maio. 2019

TASSI, R. 2002. Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana. Porto Alegre: UFRGS – Programa de pós-graduação em recursos Hídricos e saneamento ambiental. (Mestrado de engenharia)

THEODOROVICZ, A., PEDRAZZI, A. C. Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Inundações e Movimentos de Massa (2012) MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral Serviço Geológico do Brasil – CPRM Departamento de Gestão Territorial – DEGET. Atibaia – São Paulo.

Tucci, Carlos. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 1993. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [2001?]. 943 páginas.

Webster, C. – The sewers of Mohenjo-Daro. J. Water Pollution Control Fed., 34(2), 116-123, 1962.

VAZ, Valéria Borges. Drenagem Urbana: [s.n.], 2004. Disponível em: <<http://www.comitepardo.com.br/boletins/2004/boletim05-04.html>>. Acessado em 18 de julho de 2019.

VILLELA, Swami Marcondes, Matos, Artur. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1975.