

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP
ENGENHARIA CIVIL**

**A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA (ÁGUAS PLUVIAIS):
Um estudo de caso feito na Cidade de Campo Limpo Paulista**

**JOSÉ RAFAEL HENRIQUE SANTOS
KARINA DIAS
TALITA REGIANE DE LIMA**

**Campo Limpo Paulista - SP
Dezembro - 2023**

RA 29070 - JOSÉ RAFAEL HENRIQUE SANTOS

RA 29903 - KARINA DIAS

RA 29559 - TALITA REGIANE DE LIMA

A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA (ÁGUAS PLUVIAIS):

Um estudo de caso feito na Cidade de Campo Limpo Paulista

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Campo Limpo Paulista – UNIFACCAMP, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. William Timóteo Malouf

Campo Limpo Paulista - SP

Dezembro - 2023

29070 JOSÉ RAFAEL HENRIQUE SANTOS

29903 KARINA DIAS

29559 TALITA REGIANE DE LIMA

A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA (ÁGUAS PLUVIAIS):

Um estudo de caso feito na Cidade de Campo Limpo Paulista

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Campo Limpo Paulista – UNIFACCAMP, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Banca Examinadora:

**Prof.
Convidado**

**Prof. William Timóteo Malouf
Orientador**

**Prof. André Nicézio Borges
Coordenador**

Campo Limpo Paulista - SP

Dezembro - 2023

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a Deus, pois sem ele não teríamos capacidade;
Aos nossos Familiares, que sempre nos apoiaram e nos deram força;
E a todas as pessoas que fizeram e fazem parte da nossa caminhada (Colegas,
Amigos e Professores), que de alguma forma contribuíram para o nosso crescimento
e aprendizado.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a todos que contribuíram no decorrer desta jornada, especialmente:
A Deus, que nos deu força e coragem para vencer todos os obstáculos e dificuldades enfrentadas durante o Curso.

A toda nossa família, que sempre nos apoiaram nos estudos e nas escolhas tomadas, compreendendo a dedicação a realização deste trabalho que é um dos momentos mais importantes das nossas vidas.

A todos desta Instituição, principalmente aos Professores por terem acreditado na realização deste trabalho, pelo permanente encorajamento, disponibilidade e sugestões que foram preciosas para a concretização desta Monografia para chegar aonde estamos.

Aos nossos colegas pelo companheirismo e disponibilidade para nos auxiliarem em vários momentos, lutando conosco com garra e coragem para a cada dia apresentarmos um melhor desempenho no nosso processo de Formação.

“A vitalidade é demonstrada não apenas pela persistência, mas pela capacidade de
começar de novo”.
(F. Scott Fitzgerald)

RESUMO

O planejamento urbano aos recursos hídricos nas grandes, médias e pequenas cidades brasileiras, em sua grande maioria, é bastante ineficaz. A drenagem superficial através de dispositivos como bocas de lobo e sarjetas não são as únicas preocupações das gestões municipais. Constatou-se que a cidade de Campo Limpo Paulista ocupa áreas de baixada junto ao rio principal (Jundiaí), e áreas com córregos de menor hierarquia fluvial. Com os impactos e mudanças climáticas, as chuvas estão ocorrendo mais intensamente e rapidamente, aumentando o fluxo das águas, causando as grandes enchentes. A principal função de uma Drenagem Urbana é minimizar os problemas que esse excesso de água pode causar à população. Este trabalho discute e apresenta a importância e os benefícios de um sistema de drenagem urbana e os impactos de sua inexistência ou ineficiência. Assim, é elaborada uma proposta de drenagem para o bairro Jardim Marchetti, localizado na cidade de Campo Limpo Paulista –SP, nas partes baixas próximas a passagem do Rio Jundiaí na Rua Água Marinha, onde com frequência ocorrem alagamentos. A metodologia utilizada partiu inicialmente da pesquisa de campo, com visitas in loco e realização de estudo bibliográfico para dar embasamento teórico a toda pesquisa. Diante do estudo, conclui-se que neste trecho mencionado acima, o sistema de drenagem urbana é ineficiente e necessita de revitalização, modernização e manutenção. Portanto, é proposta a melhoria utilizando técnicas que interliguem os trechos existentes na região para que flua com eficiência: sistema de limpeza e alargamento de modo trincheiras nas extremidades mais justas do rio, também travando as laterais com concreto armado, de modo que o fluxo da água funciona mais natural, e não fique travada sem escoamento. Sobretudo que ofereça uma maior segurança e qualidade de vida para a população. Também é recomendado o tratamento adequado do esgoto, limpeza e coleta dos resíduos sólidos no entorno do trecho afetado e continuidade do projeto nos trechos subjacentes para melhor drenagem urbana, limpezas de manutenção periódicas do trecho evidenciado a cada ano antes das épocas mais típicas de chuvas.

Palavras chaves: Saneamento Básico. Planejamento Urbano. Drenagem Urbana. Manejo. Impermeabilização. Veiculação Hídrica. Tratamento de Esgoto. Coleta de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

Urban planning of hydric resources in big, medium, and small cities in Brazil is inefficient in most cases. Surface drainage through devices such as manholes and gutters are not the unique concerns of municipal managements. It was observed that the Campo Limpo Paulista City occupies low-lying areas next to its main river (Jundiaí River), and areas with small water streams. Because of climate change and its impacts in nature, rains are more intense and quickly. It increases water flow, and causes big floods. The main objective of urban drainage is to minimize problems that huge water flows may cause to populations in cities. This research aims to discuss and to present the importance and benefits of urban drainage systems to populations as well as the impacts of its absence and/or inefficiency. It is developed a purpose of drainage system to Jardim Marchetti neighborhood in Campo Limpo Paulista City, state of São Paulo, considering low lands near to Jundiaí River (Água Marinha Street) which is often flooded due to rain falls. The methodology is based on in loco visit and study of reference literatures in order to develop theoretical basement to the whole research. The study leads to conclusion that drainage system is not efficient in the area studied and it needs revitalization, modernization, and maintenance. Thus, it is proposed an improvement applying techniques that connect to existing areas so water can flow efficiently, which are: cleaning system, and enlargement by trenches in the river ends, to clamp sides using reinforced concrete so water flows naturally avoiding water flow locks. And above all, the purpose offers more safety and life quality to populations in the neighborhood. It is also recommended adequate sewage treatment, cleaning and waste collection in the area affected and to spread this project to nearby areas in order to obtain better urban drainage, frequent cleaning of the excerpt area every year before the known period of rains.

Keywords: Basic Sanitation. Urban Planning. Urban Drainage. Management. Waterproofing. Water conveyance. Sewage treatment. Solid waste gathering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Alagamento no Bairro Jardim Marchetti

Figura 02- Alagamento no Bairro Jardim Marchetti

Figura 03- Alagamento no Bairro Jardim Marchetti

Figura 04- Alagamento no Bairro Jardim Marchetti

Figura 05- Alagamento no Bairro Jardim Marchetti

Figura 06 - Represa do Bairro Jardim Marchetti

Figura 07- Local Atualmente

Figura 08-Local Atualmente

Figura 09-Local Atualmente

Figura 10-Local Atualmente

Figura 11-Local Atualmente

Figura 12-Local Atualmente

Figura 13-Local Atualmente

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AP – Águas Pluviais

BJMCH– Bairro Jardim Marchetti

CLP – Campo Limpo Paulista

CRS- Coleta Resíduos Sólidos

CT – Uso para Centro de tratamento

DMAPU - Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

DU– Drenagem Urbana

LMP – Limpeza e Manutenção Periódicas

PU – Planejamento Urbano

RJ – Rio Jundiá

RH – Recursos Hídricos

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

TE- Tratamento de Esgoto

LISTA DE SÍMBOLOS

C - Coeficiente de escoamento superficial

D - Diâmetro

Km² - quilômetro quadrado

m² - metro quadrado

m³ - metro cúbico

mm - milímetro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	
1.1 FORMULAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	
1.2 OBJETIVO.....	
1.2.1 Objetivo Geral.....	
1.2.2 Objetivos Específicos.....	
1.3 PROBLEMA.....	
1.4 JUSTIFICATIVA.....	
1.5 METODOLOGIA.....	
1.5.1 Metodologia Científica.....	
1.5.2 Metodologia do Projeto.....	
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO	
2.1 DRENAGEM PLUVIAL URBANA.....	
2.2 CONCEITO.....	
2.3 SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL.....	
2.4 ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA.....	
2.4.1 Caixas de Ligação.....	
2.4.2 Sarjetas.....	
2.4.3 Bocas Coletoras.....	
2.4.4 Galerias (Drenagem).....	

1. INTRODUÇÃO

O aumento significativo dos centros urbanos nas cidades Brasileiras tem contribuído com os impactos para a sociedade de uma forma geral e principalmente para o meio ambiente que acaba sofrendo com sua degradação por esse aumento. Esses impactos, como acúmulo de resíduos orgânicos e inorgânicos que ficam parados nas laterais dos rios, trazem recorrentes problemas na qualidade de vida da população, sobretudo na cidade de Campo Limpo Paulista. Pois acarreta o aumento de inundações devido a grandes quantidades das chuvas recebidas na cidade mencionada acima, e a ineficácia do escoamento dessas águas que deveriam passar especificamente no trecho Rio Jundiáí próximo à represa do bairro Jardim Marchetti. Com a falta de manutenção acumulam sedimentos agravando o escoamento.

A drenagem urbana é um dos principais sistemas da infraestrutura de uma cidade. É um conjunto de medidas que tem como objetivo minimizar os riscos a que a população está sujeita, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Todo esse método é de suma importância, pois gerencia as águas decorrentes das chuvas que escoam por meio urbano, contribuindo com a minimização de alagações e inundações.

Tecnicamente falando, um sistema de drenagem pluvial urbano é um conjunto de elementos existentes em uma cidade com finalidade de coletar, transportar, e direcionar as águas para os leitos de córregos e rios a jusante.

O Instituto Águas e Saneamento divulgou em relatório com base nas informações disponibilizadas pelo IBGE e o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (ano base 2021) algumas informações bem relevantes a respeito da Cidade de Campo Limpo Paulista. Até o referido ano, consta que 40% da população é atendida com Drenagem de Águas Pluviais, frente a média de 29,8% do estado e 25,96% do país e ainda segundo o relatório, o município não possui domicílios em risco de inundação; O município tem mapeamento de áreas de risco; e não existem sistemas de alerta para riscos hidrológicos. O mesmo documento ainda informa que o município tem em seu Plano Municipal de Saneamento abrange a componente de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas planos possui ações para emergências

e contingências abrangendo o abastecimento de água. Entretanto, uma análise pouco mais aprofundada permite observar que faltam informações principalmente relacionadas a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU) no município (INSTITUTO ÁGUAS E SANEAMENTO, 2021).

Ao longo dos últimos anos, as chuvas intensas têm se tornado frequentes em Campo Limpo Paulista/SP. No ano de 2019, houve registro de desabamento de uma residência devido a fortes chuvas (Correio Braziliense, 2019). Em outra ocasião, foi registrado o deslizamento de quatro casas, interdição em outras sete e várias vias importantes ficaram bloqueadas devido a alagamentos sem causar vítimas (G1 Sorocaba e Jundiaí, 2020). Em 2023, após um temporal onde foi registrado 84 mm de chuvas em seis horas, casas foram invadidas pela água e alagamentos se formaram pela cidade (G1 Sorocaba e Jundiaí, 2023).

A cidade de Campo Limpo Paulista, especificamente no bairro Jardim Marchetti, vem sofrendo com problemas relacionados à chuva. Diversos picos de enchentes marcam o histórico da cidade que está edificada nas margens do Rio Jundiaí. Em fevereiro de 2022, a Prefeitura da cidade decretou situação de emergência após fortes chuvas que atingiram este e outros bairros da cidade causarem deslizamentos, inundações, enxurradas e alagamentos e prejudicarem residências, comércios, vias públicas (Comando Militar do Sudeste, 2022). Na ocasião, choveu cerca de 290 mm em 72 horas. Militares do exército foram acionados para dar apoio em áreas mais críticas. Não houve vítimas, porém, 40 casas nos bairros Jardim Marchetti e Botujuru foram interditadas por precaução pela Defesa Civil (Tribuna de Jundiaí, 2022).

O interesse por este assunto surgiu mediante a participação dos integrantes deste grupo as Matérias de Hidrologia, Hidráulica Geral e Aplicada, Instalações Hidráulicas e Sanitárias, Saneamento Básico, estudadas durante o Curso de Engenharia Civil, que com o aprendizado adquirido, nos fez querer aprofundar mais no assunto de Drenagem Pluvial. Na atualidade, com o desenvolvimento urbano geralmente sem planejamento, os sistemas de drenagem, na maioria dos casos, não acompanham esse processo, ficando defasado, trazendo como consequência, inundações e alagamentos, causando transtornos e prejuízos à população. O estudo proposto tem como objetivo informar, examinar e eliminar as inúmeras ocorrências de

alagamentos causados no local de estudo de caso bem como indicar a utilização do projeto como base para melhoria aos demais pontos de alagamentos próximos.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como principal objetivo apresentar uma verificação e propor uma solução da rede de drenagem pluvial do bairro Jardim Marchetti (especificamente nos trechos da Rua Água Marinha, próximo a Represa), apontando possíveis falhas que proporcionam estes alagamentos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar quais os fatores que estão influenciando a ineficácia da Drenagem.
- Apresentar um novo dimensionamento possibilitando a solução do alagamento.
- Dimensionar os coletores do sistema de galerias, comparando com sistemas existentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Ciclo hidrológico

O conhecimento de alguns conceitos se faz necessário para justificar a origem e necessidades de um sistema de drenagem. Um tema muito importante e norteador para sistemas de drenagem de águas pluviais é o ciclo hidrológico.

Entende-se por ciclo hidrológico a sequência de processos naturais, cujo ponto de partida é considerado por meio da transpiração dos seres vivos combinado a radiação solar; o resultado do processo metabólico dos seres vivos é a evaporação da água para a atmosfera. Sob a força da gravidade, a água condensada presente nas nuvens, precipita-se (PIROLI, 2022). Quando na superfície da Terra, a água percorre longos caminhos através de lagos e rios até desaguar no oceano, mas uma parte penetra poros, e fissuras terrestres. A Figura 1 abaixo é uma representação destes processos.

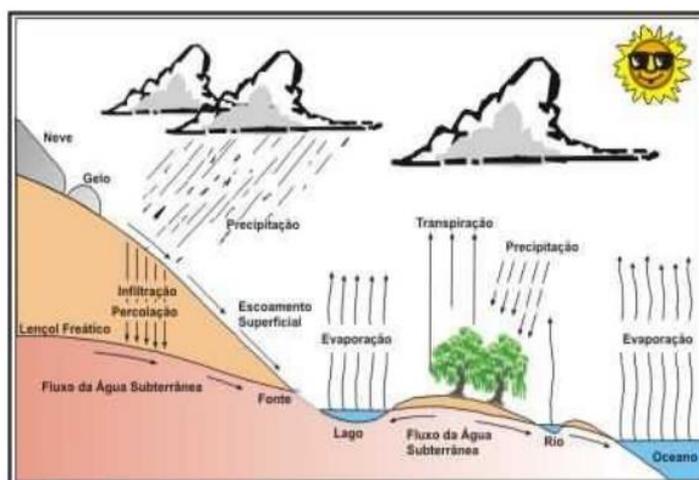


Figura 1 - Ciclo Hidrológico

Fonte: <https://biblioteca.ana.gov.br/>, acesso 10/09/23

Os processos do ciclo hidrológico podem ser modelados matematicamente através de equações que visam balancear a quantidade de água presente nas diferentes fases.

2.1.1. Bacias Urbanas

As bacias urbanas apresentam maiores picos e vazões se comparadas às bacias rurais devido ao processo de urbanização, que traz consigo maior impermeabilização das superfícies, desmatamento, ocupação desordenada, etc (PIROLI, 2022).

Os principais problemas envolvendo drenagem urbana estão diretamente ligados a deterioração dos cursos hídricos naturais pois diminuem a capacidade de receber os volumes de água, aumenta o escoamento superficial. Estes volumes de água que não tem para onde escoar muitas vezes ficam retidos em áreas urbanas, causando prejuízos para a população não apenas da área envolvida, mas muitas vezes de outras regiões que tem algum tipo de ligação com o curso da água que foi afetado.

Define-se tempo de concentração como o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída. Bacias urbanas são, em geral, classificadas como de porte pequeno e médio. As bacias pequenas tem tempo de concentração inferior a 1h e/ou área de drenagem de até 2,5 km². Bacias médias tem tempo de concentração de 1 a 12h e/ou área de drenagem entre 2,5 a 1000 km² (Fundação Nacional de Saúde, 2016).

2.1.2. Contexto histórico e institucional

A Lei 11.445/2007 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. e considera o serviço de drenagem e manejo das águas pluviais como um dos princípios fundamentais para os serviços públicos de saneamento básico. Ela ainda define a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas como:

“constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.” (BRASIL, 2007).

Dentre outras coisas, ela ainda define que é responsabilidade do município estabelecer como será prestado o serviço de saneamento e que este pode renovar as concessões com as companhias estaduais por meio de convênios com os governos

dos Estados; licitar para contratar outras empresas; criar companhias e serviços autônomos municipais; ou ainda prestá-lo diretamente. (BRASIL, 2007)

Mas anteriormente a criação e vigência desta Lei, outras medidas foram tomadas com intuito de estabelecer um sistema eficiente de saneamento que pudesse garantir o bem-estar social. Na década de 60, o Banco Nacional de Habitação (BNH) deu origem ao Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), cujos recursos inicialmente eram empregados para sanar o déficit habitacional. Porém, alguns anos depois, observou-se a necessidade de atender à infraestrutura, principalmente o saneamento básico. (SÃO PAULO, 2009)

No Estado de São Paulo, por exemplo, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), criada no ano de 1973, se tornou a responsável em realizar contratos de concessão com os municípios.

2.1.3. Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas

Drenagem urbana é tida como o manejo das águas pluviais urbanas, considerando o ciclo das águas no plano terrestre do planeta, juntamente com os avanços nos métodos de atuação, em relação às técnicas usadas atualmente, tendo em vista os avanços técnicos decorrentes da evolução sobre a percepção hídrica (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2020). Como é estabelecido pela Agência Nacional de Água (ANA), o objetivo da drenagem urbana é retirar o escoamento da água das chuvas o mais rápido possível do perímetro urbano, evitando danos para a cidade e assegurando que não haja impactos aos corpos hídricos, receptores das águas pluviais. Conforme Silva et al. (2019), "o conceito de drenagem urbana está condicionado às práticas da antiguidade de lidar com o problema das águas pluviais nas cidades, que resulta no procedimento da captação da água da chuva, buscando que esse procedimento ocorra o mais rápido possível, de forma eficiente para evitar danos". Ademais, a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas são o conglomerado de atividades voltadas à infraestrutura e às instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, ao transporte e à detenção ou de retenção das águas da chuva, buscando a redução no volume das vazões das cheias (TUCCI, 2016).

Tomando-se como referência a bacia hidrográfica, duas principais infraestruturas são as responsáveis pelo manejo e drenagem das águas pluviais: macrodrenagem e microdrenagem. Na macrodrenagem, estruturas de dimensões maiores são orientadas pela rede de drenagem natural. Já a microdrenagem é orientada pelas ruas e é composta por estrutura de dimensões menores (BRASIL, 2020).

No Brasil, não existem normas técnicas de abrangência nacional para projetos de DMAPU. Assim, municípios nos quais a gestão é melhor estabelecida tem seus próprios manuais contendo as normas que se devem seguir ao longo das etapas em serviços: planejamento, projeto, execução, operação e manutenção. Como exemplos de cidades, é possível citar São Paulo (SP), Brasília (DF), Porto Alegre (RS) e Vitória (ES) (BRASIL, 2020).

Ao longo desta revisão, os temas aqui destacados serão abordados de forma mais esclarecedora.

Apesar do sistema drenagem pluvial urbana passar despercebido pelos olhos da população e ficar à margem quando falamos de saneamento básico, ela desempenha papel fundamental para o bom funcionamento da cidade, principalmente em períodos com grandes quantidades de chuvas.

2.2. Elementos estruturais do sistema de DMAPU.

2.2.1. Galerias (Drenagem)

A função principal da galeria de drenagem é coletar e conduzir as águas pluviais de áreas urbanas, garantindo o escoamento adequado e a prevenção de inundações. A galeria de drenagem é responsável por receber a água da chuva proveniente de áreas pavimentadas, como ruas, calçadas e estacionamentos. Ela captura e direciona essa água para evitar o acúmulo em superfícies, o que poderia levar a inundações e danos às propriedades. Após a coleta, a galeria de drenagem conduz a água pluvial para longe das áreas urbanas. Ela transporta a água por meio de tubos subterrâneos, garantindo que ela seja escoada de forma segura e eficiente até um ponto de descarga adequado, como rios, lagos ou sistemas de tratamento de águas pluviais. Ao coletar

e conduzir as águas pluviais de forma eficiente, a galeria de drenagem ajuda a prevenir danos às infraestruturas urbanas, como estradas, calçadas e edifícios. Ela também contribui para a redução da erosão do solo, evitando o desgaste das áreas pavimentadas e preservando o ambiente natural. É importante ressaltar que o sistema de galerias de drenagem faz parte de um sistema maior de drenagem pluvial, que inclui outras estruturas como bocas de lobo, sarjetas, caixas de inspeção etc. Essas estruturas trabalham em conjunto para garantir um sistema de drenagem eficiente e sustentável, protegendo áreas urbanas contra inundações e promovendo a gestão adequada das águas pluviais.



Figura 2 – Sistema de drenagem nas vias urbanas

Fonte: Autores

2.2.2. Caixas de Inspeção

Caixa de inspeção: É uma estrutura utilizada em sistemas de drenagem para permitir a inspeção, manutenção e controle do fluxo das águas pluviais. Essas caixas desempenham um papel importante na coleta e direcionamento adequado da água da chuva, ajudando a prevenir inundações e garantir o escoamento eficiente. A caixa de inspeção é geralmente feita de concreto, polímeros. Ela é enterrada no solo e possui uma tampa removível para permitir o acesso ao seu interior. A estrutura é projetada para suportar as cargas da terra e do tráfego leve, dependendo de sua localização.

A caixa de inspeção possui aberturas nas laterais ou na parte superior para a entrada das águas pluviais. Essas aberturas são conectadas a tubos ou canos que coletam a água da chuva das superfícies pavimentadas, como ruas, calçadas e pátios.

A caixa também possui saídas que direcionam a água para os canais de drenagem ou tubulações adequadas.

Ela é projetada para permitir a conexão de tubos ou canos de drenagem, facilitando o escoamento da água para o sistema. Ela pode ter várias conexões e derivações para possibilitar a interligação com outras caixas de inspeção, poços de visita ou a rede de drenagem pluvial.

Para evitar a entrada de detritos sólidos no sistema de drenagem, a caixa de inspeção é frequentemente equipada com uma grade na entrada da água. Essa grade retém folhas, galhos, lixo e outros materiais indesejados, impedindo que obstruam as tubulações e canais de escoamento. A tampa removível da caixa de inspeção permite o acesso fácil para inspeção, limpeza e manutenção do sistema de drenagem. Isso é importante para verificar o estado das conexões, remover quaisquer obstruções e garantir o bom funcionamento dos sistemas. As caixas de inspeção são projetadas de acordo com as normas e regulamentações locais, bem como as necessidades específicas do sistema de drenagem. Elas desempenham um papel essencial na coleta e controle adequado das águas pluviais, ajudando a proteger as áreas urbanas contra inundações e contribuindo para um ambiente mais seguro e saudável.



Figura 3 - Caixa de inspeção de concreto

Fonte: Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br>

2.2.3. Sarjetas

Uma sarjeta para coleta de água pluvial é uma estrutura que faz parte do sistema de drenagem urbana. Ela é projetada para captar e direcionar a água da chuva que cai nas ruas e superfícies pavimentadas, evitando o acúmulo e o escoamento descontrolado. A sarjeta é geralmente construída na borda da pista de

rolamento, ao longo das guias ou meio-fio. Ela consiste em um canal estreito e inclinado, revestido com materiais resistentes, como concreto ou pedra, para garantir sua durabilidade e capacidade de escoamento. A inclinação da sarjeta é projetada de forma a permitir que a água flua naturalmente em direção aos pontos de drenagem, como bocas de lobo, galerias pluviais subterrâneas ou outros dispositivos de captação. Esses pontos de drenagem são conectados à rede de esgoto pluvial da cidade, que encaminha a água para locais apropriados, como rios, lagos ou estações de tratamento. A sarjeta é projetada com uma seção transversal em forma de V ou U, permitindo que a água escoe suavemente em seu interior. Ela possui uma abertura voltada para a rua, chamada de boca da sarjeta, por onde a água entra no canal. Além disso, a sarjeta pode ser equipada com grelhas ou grades de proteção para evitar a entrada de detritos sólidos, como folhas, galhos e lixo, que podem obstruir o fluxo da água. Essas grelhas são projetadas para permitir que a água passe livremente, enquanto retêm os resíduos sólidos. Uma sarjeta bem projetada é essencial para prevenir problemas de enchentes e alagamentos nas áreas urbanas, ao garantir o escoamento eficiente da água pluvial. Ela desempenha um papel fundamental na gestão das águas pluviais, contribuindo para a segurança e o bem-estar da comunidade.



Figura 4 - Bocas Coletoras.

Fonte: autores

Boca de lobo: É um componente importante do sistema de drenagem urbana, projetado para capturar e direcionar eficientemente a água da chuva das áreas pavimentadas para a rede de escoamento. Essa estrutura desempenha um papel

crucial na prevenção de inundações e no controle do fluxo de água durante tempestades. Geralmente a boca de lobo consiste em uma abertura retangular ou circular no pavimento, com uma grade de proteção que impede a entrada de detritos maiores, como folhas, galhos e lixo, no sistema de drenagem. Ela é posicionada estrategicamente em áreas onde a água da chuva se acumula, como nas ruas, calçadas e áreas de estacionamento. Essa caixa é conectada a uma rede de tubos subterrâneos que conduzem a água para fora da área pavimentada, direcionando-a para rios, córregos, lagos ou para outros sistemas de gerenciamento de águas pluviais. Dentro da caixa da boca de lobo, há um sistema de retenção que ajuda a separar os detritos sólidos da água. Isso é feito através de uma combinação de gradeamento, sedimentação e filtragem. A grade impede que objetos grandes entrem no sistema, enquanto a sedimentação permite que as partículas mais pesadas se depositem no fundo da caixa. Além disso, alguns modelos de boca de lobo possuem um filtro para reter partículas menores e evitar o entupimento dos tubos.



Figura 5 – Modelo de boca de lobo
Fonte: Disponível: <https://www.google.com/>

2.2.4. Reservatório (piscinão)

"Piscinão" é uma estrutura projetada para o armazenamento temporário de grandes volumes de água pluvial durante chuvas intensas. Essa estrutura tem como objetivo principal prevenir inundações em áreas urbanas suscetíveis a alagamentos. Um piscinão é construído em uma área de terra ou escavado no solo, e possui dimensões consideráveis para acomodar um grande volume de água. A capacidade de armazenamento pode variar dependendo do tamanho do piscinão e das

necessidades locais, podendo chegar a milhões de litros de água. O piscinão é projetado para receber a água pluvial proveniente de áreas pavimentadas, como ruas e calçadas. Para garantir o esvaziamento gradual e controlado do piscinão, podem ser utilizados dispositivos, como comportas ou válvulas, que regulam o fluxo de água que sai da estrutura. Isso evita que grandes volumes de água sejam liberados repentinamente, reduzindo os riscos de inundação rio abaixo. Piscinões requerem manutenção regular para garantir seu bom funcionamento. Isso inclui a remoção de detritos, sedimentos e materiais acumulados, bem como a inspeção e reparo de eventuais danos ou desgastes. A limpeza adequada é essencial para manter a capacidade de armazenamento e garantir a eficiência do piscinão. Os piscinões desempenham um papel fundamental no gerenciamento de águas pluviais em áreas urbanas propensas a inundações. Eles ajudam a mitigar os impactos das chuvas intensas, protegendo a infraestrutura urbana, reduzindo danos às propriedades e garantindo a segurança das comunidades afetadas por alagamentos.



Figura 6 – Reservatório para retenção de água

Fonte: <https://www.aecweb.com.br>

2.2.5. Macrodrenagem

Originadas a partir dos rios e córregos, suas ampliações e canalizações, a macrodrenagem é constituída pelas estruturas de condução principais e deve concentrar e conduzir as águas pluviais da bacia após receber contribuições de

diversos sistemas de microdrenagem (São Paulo, 2012). Neste sentido, a ausência de sistemas de macrodrenagem ou sua ineficiência são os maiores responsáveis pelas enchentes, inundações, erosões.

Além dos componentes naturais mencionados acima, outras estruturas também compõem um sistema de macrodrenagem. Um exemplo é a galeria de grandes dimensões, que são dutos destinados a conduzir a água captada pelos sistemas de microdrenagem até os pontos de lançamento. A Figura 7, representa este componente.



Figura 7 - Galeria de macrodrenagem
Fonte: Ed. Pini, 2014, In Funasa, 2016

Os canais artificiais são dispositivos como valas que podem ser revestidos ou não com material que lhes dê sustentação e que possibilite o fluxo da água. A natureza do solo, topografia do terreno e tipo de escoamento são fatores que influenciam na escolha da seção, declividade longitudinal e inclinação dos taludes (Funasa, 2016). A Figura 8, representa esta estrutura.



Figura 8 - Canais artificiais
Fonte: Mídia digital in Funasa, (2016)

Com intuito de adaptar um canal natural para a vazão esperada, é possível ampliar sua capacidade, aumentando sua seção transversal e forma original. Para isso, são necessárias obras de adequação e ampliação.

Da mesma forma que ocorre nas estruturas para microdrenagem, na macrodrenagem também se recorre aos piscinões, os reservatórios de retenção que regulam a vazão de saída da água de modo a atenuar os efeitos a jusante da vazão de entrada. Tais reservatórios podem ser abertos ou fechados e ter disposição em linha (*in line*) ou fora de linha (*off line*). Reservatórios em linha são construídos ao longo do curso da água para retardar as vazões de pico, pois eles retardam o tempo de escoamento e devolvem o volume de água ao canal por gravidade. Os reservatórios fora de linha, por outro lado, são executados fora do curso do canal fluvial e retiram volumes excedentes da capacidade de escoamento do canal. Este volume é devolvido em parte por gravidade e por meio de bombas. Em geral, os reservatórios fora de linha são construídos em cotas mais baixas (FUNASA, 2016). A Figura 9, apresenta os piscinões em linha e fora de linha.

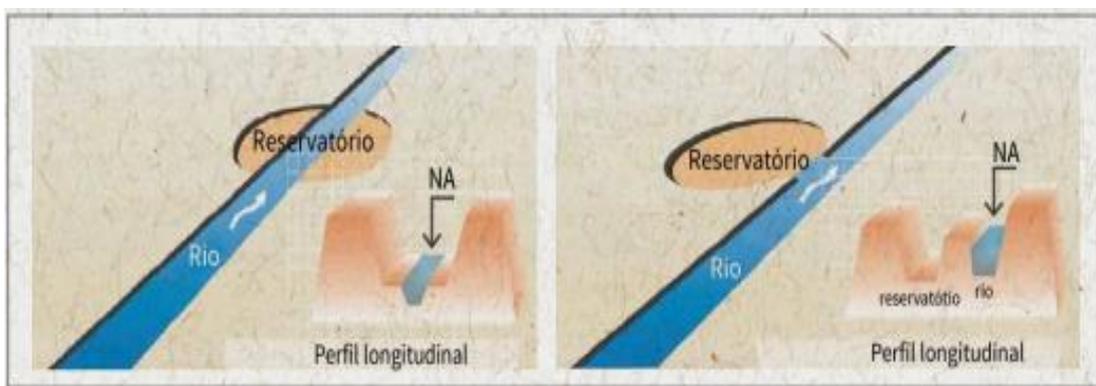


Figura 9: Reservatório em linha (esq.) e fora de linha (dir.)

Fonte: Mídia digital in Funasa, 2016

Outros dispositivos podem ainda complementar um sistema de macrodrenagem como por exemplo as proteções de corte e aterros, proteções contra erosão e assoreamento, estações de bombeamento, dissipadores de energia, travessias, entre outros. É necessário pontuar que uma obra de macrodrenagem não representa solução definitiva para os problemas de inundação. Por isso, outras medidas são necessárias para apoiar e complementar estas obras para aumentar a proteção das mesmas, a exemplo de sistemas de alerta, desvios de rotas, desocupação de áreas, zoneamentos de áreas inundáveis. (SÃO PAULO, 2012)

2.3. Emergências e contingências

Um acontecimento emergencial é aquele que leva a uma situação crítica, incidental ou urgente. Contingências são acontecimentos que podem ou não suceder a eventualidade. É dever do município estabelecer quais medidas serão tomadas para lidar com emergências e contingências. Hipoteticamente falando, em uma situação na qual uma inundação interrompa o abastecimento de água para um município ou mesmo parte dele, a gestão pode de antemão estabelecer veículos e equipamentos que serão empregados para atender a população, qual parcela será priorizada (hospitais, asilos, usuários com menor condição de atender suas necessidades) assim como meios e estratégias de comunicação para informar sobre o período de desabastecimento. (SÃO PAULO, 2009)

A partir da definição de Brasil (2007), entende-se por inundação como sendo o transbordamento de águas que atingem a planície de inundação ou área de várzea. Enchentes ou cheias são a elevação do nível da água no canal de drenagem devido ao aumento de vazão atingindo o nível máximo do canal (sem extravasar). Diferente do alagamento, que é o acúmulo pontual e momentâneo de um volume de água devido a uma deficiência do sistema de drenagem, a enxurrada é o escoamento superficial concentrado que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

2.4. Materiais e Métodos

Foi adotada a metodologia descritiva exploratória com estudo de caso em que buscou se um referencial bibliográfico com consultas em livros, dissertações e teses a fim de coletar informações que conceituem e esclareçam o que são os sistemas de drenagem urbana e sua importância para uma via pavimentada e desenvolvimento regional, o estudo se constitui como uma revisão de literatura especializada no qual se realizou uma consulta a trabalhos.

A segunda etapa se deu pelo estudo de caso realizado no município de Campo Limpo Paulista, situado no interior de São Paulo, onde, segundo o IBGE (2020) possui 85.541 habitantes e área territorial de 80,048 km². Foi escolhido o bairro Jardim Marchetti (baixadas próximos a Represa) como objeto de estudo por ter sido um dos

maiores pontos de alagamentos e necessidade maior de melhoria, podendo então beneficiar todos os moradores em volta e até mesmo os que por ali utilizam como passagens.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. MÉTODOS DE CÁLCULOS

CANALIZAÇÃO



Área molhada (A_m) = Base x altura

Perímetro molhado (P_m) = Base + altura + altura

R_h = Raio Hidráulico

I_0 = Declividade

n = coeficiente de rugosidade

Q = vazão

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} I_0^{1/2}$$

$$Q = V \cdot A$$

$$C = R_h^{1/6} / n$$

Carga específica

$$h_e = y + v^2 / 2g$$

Altura crítica

$$h_c = \frac{2}{3} h_e$$

Velocidade Crítica:

$$V_c = \sqrt{g \cdot h_c}$$

3.1.1. Cálculo da Vazão

FÓRMULA DE MANNING PARA SEÇÃO

VAZÃO

$$\blacktriangleright Q = 0,312 \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2} / n$$

VELOCIDADE

$$\blacktriangleright V = 0,397 \cdot D^{2/3} \cdot I^{1/2} / n$$

$$Q = V \cdot A$$

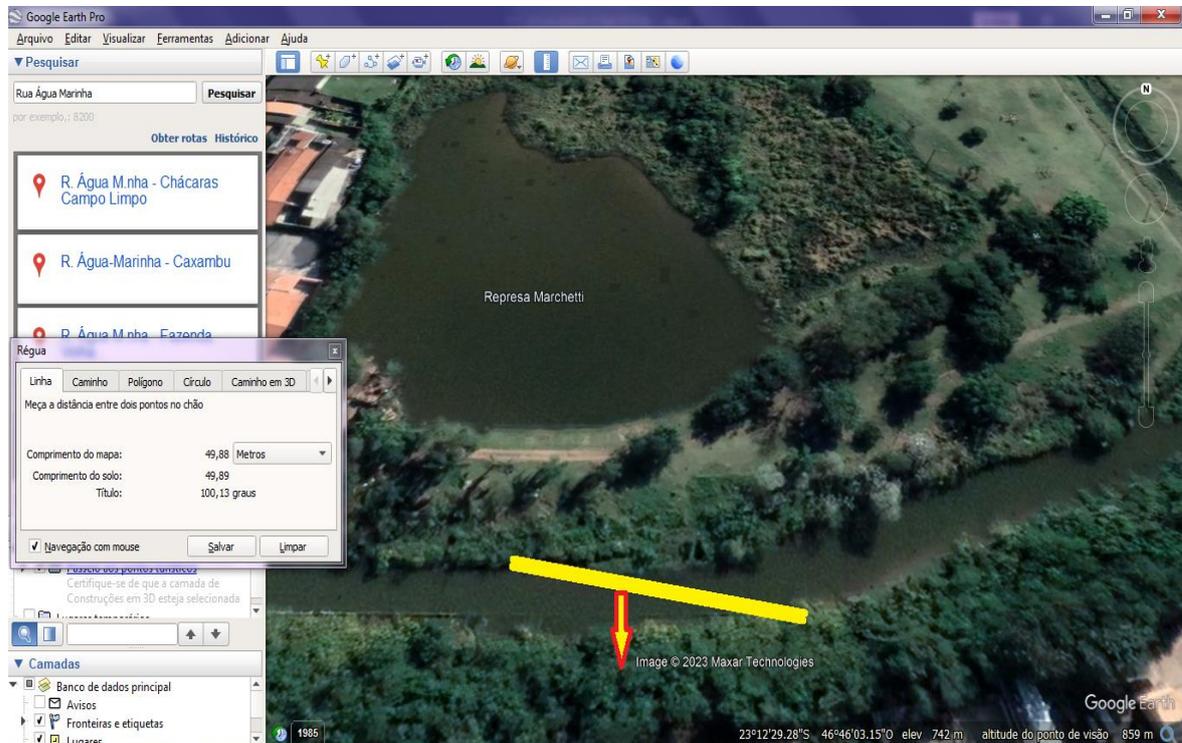
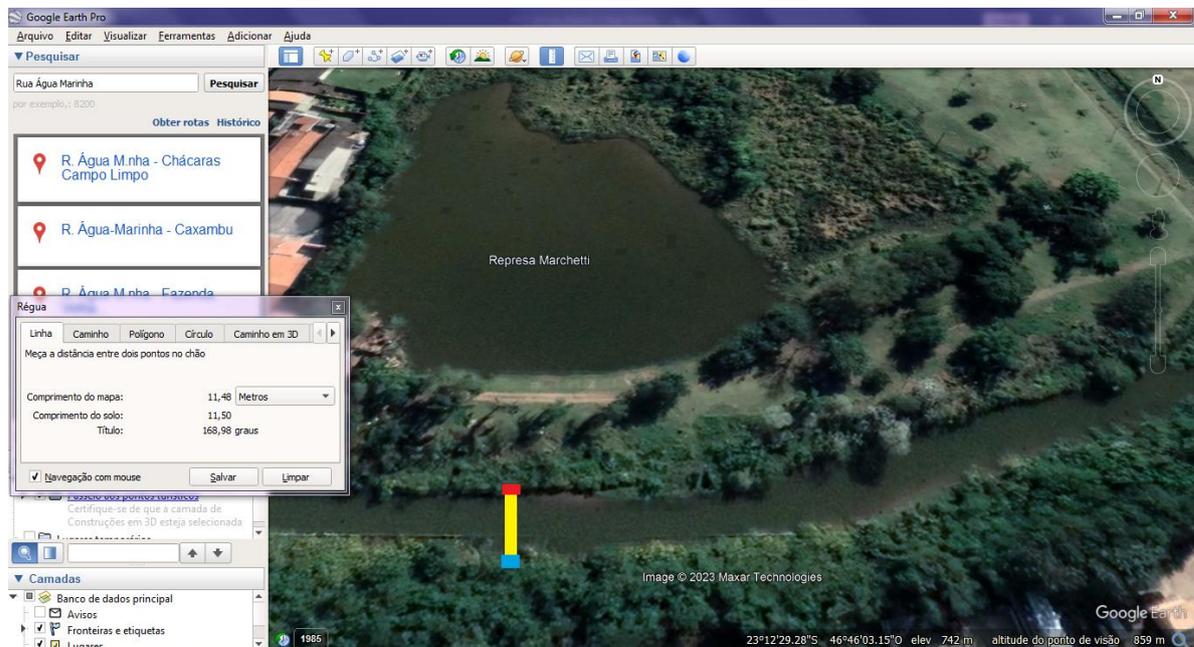
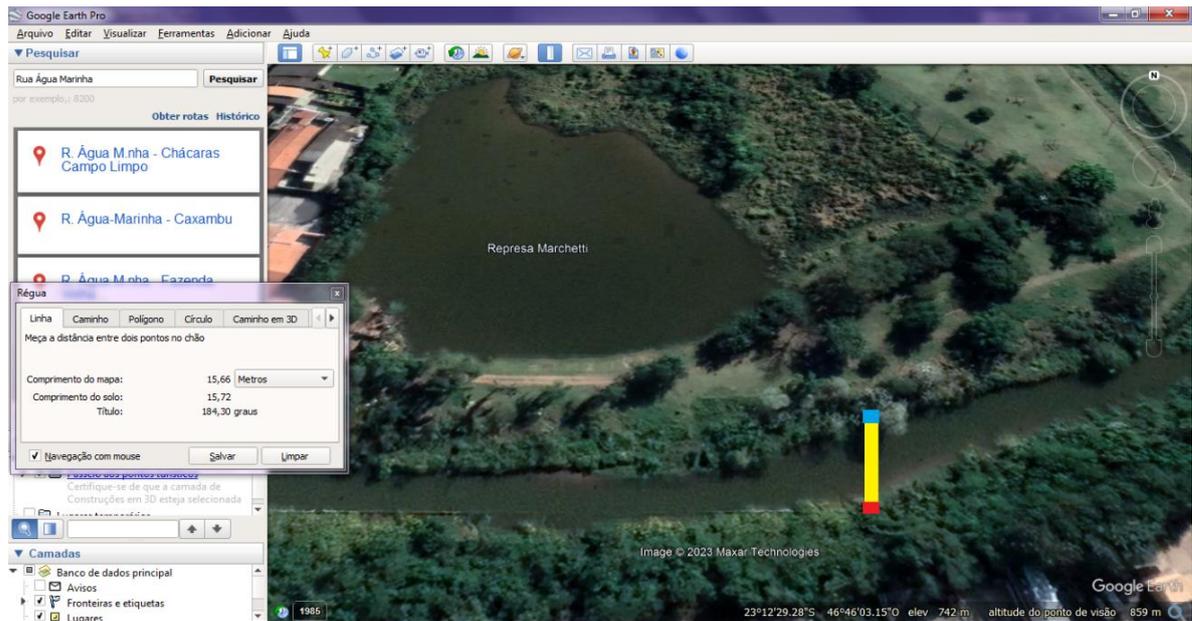


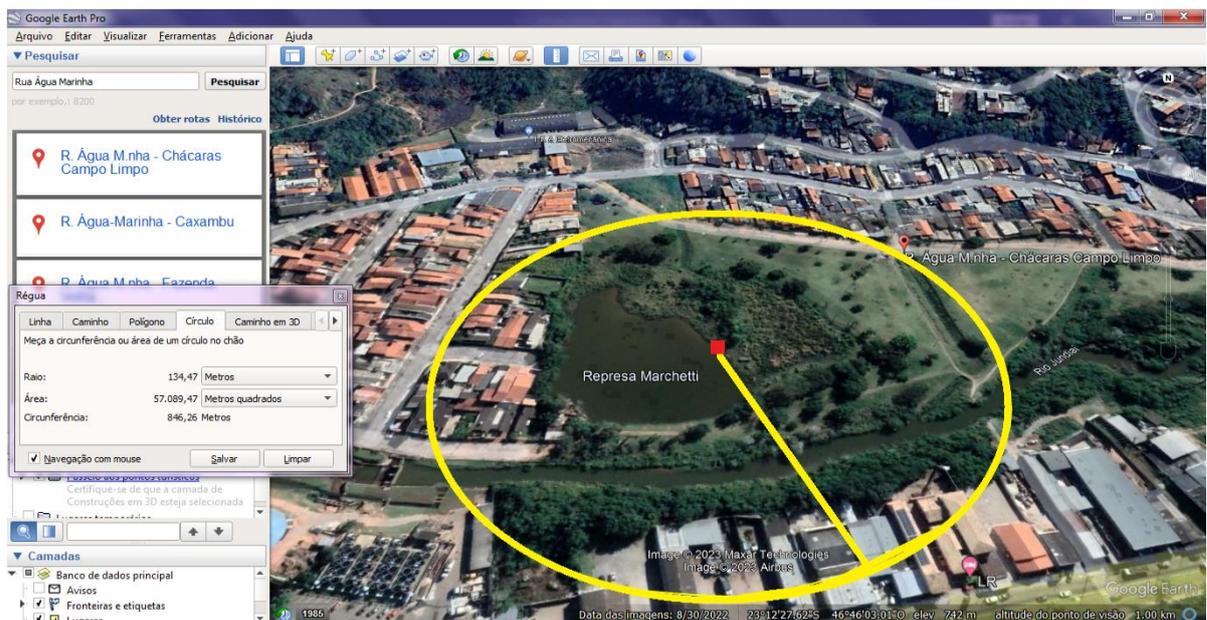
Figura 1 - Profundidade em destaque na linha amarela utilizando a ferramenta Google Earth.
 Fonte: Autores



Autores: (Acadêmicos da UNIFACCAMP: José Rafael H. Santos; Karina Dias e Talita R. de Lima)
 Largura em destaque na linha amarela a esquerda do trecho, utilizando a ferramenta Google Earth.



Autores: (Acadêmicos da UNIFACCAMP: José Rafael H. Santos; Karina Dias e Talita R. de Lima)
Largura em destaque na linha amarela a direita do trecho, utilizando a ferramenta Google Earth.



Autores: (Acadêmicos da UNIFACCAMP: José Rafael H. Santos; Karina Dias e Talita R. de Lima)
Raio em destaque na linha amarela da área afetada em alagamentos, utilizando a ferramenta Google Earth.

Vazão atual

(Am) - Área molhada = Base x altura

(PM) - Perímetro molhado = Base + altura + altura

(Rh) - Raio Hidráulico

(I) - Declividade

(n) - coeficiente de rugosidade

(Q) - vazão

$$L = 15,66$$

$$H = 2M$$

$$RH = \frac{AM}{PM}$$

$$n = 0,013 \text{ Coef.}$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * RH^{2/3} * I^{1/2}$$



$$AM = 16 * 2$$

$$AM = 32$$

$$PM = 2 + 16M + 2M$$

$$PM = 20M$$

$$RH = \frac{AM}{PM}$$

$$RH = \frac{32M}{20M}$$

$$RH = 1,6M$$

$$I = 0,02\%$$

$$Q = \frac{1}{n} * AM * RH^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,013} * 32 * 1,6^{2/3} * 0,01^{1/2}$$

$$Q = 10,50$$

Vazão proposta

(Am) - Área molhada = Base x altura

(PM) - Perímetro molhado = Base + altura + altura

(Rh) - Raio Hidráulico

(I) - Declividade

(n) - coeficiente de rugosidade

(Q) – vazão

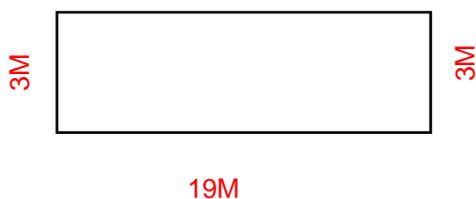
$$L = 18,70$$

$$H = 3M$$

$$RH = \frac{AM}{PM}$$

$$n = 0,013 \text{ Coef.}$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * RH^{2/3} * I^{1/2}$$



$$AM = 19 * 3$$

$$AM = 57$$

$$PM = 3 + 19M + 3M$$

$$PM = 25M$$

$$RH = \frac{AM}{PM}$$

$$RH = \frac{57M}{25M}$$

$$RH = 2,28M$$

$$I = 0,02\%$$

$$Q = \frac{1}{n} * AM * RH^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,013} * 57 * 2,28^{2/3} * 0,01^{1/2}$$

$$Q = 37,98$$

ORÇAMENTO COMPARATIVO DE CUSTOS

ANEXAR TABELA ????

3.1.2. Imagens dos Pontos Alagados do bairro Jardim Marchetti i

Abaixo estão imagens próximas da Rua Águas Marinhas, do bairro Jardim Marchetti junto ao Rio Jundiáí, onde sempre com as chuvas fortes, ocorrem os grandes alagamentos. Os dados registrados na Prefeitura Municipal de Campo Limpo Paulista, consta que o índice maior foi entre 2009 á 2013(<https://www.campolimpopaulista.sp.gov.br/public/resource/arq/arquivo/r116-15-pr009-14plano-de-saneamentocampo-limpovol-i-diagnostico-e-prognostico-1.pdf>), porém ainda depende da quantidade que chove, alaga este ponto.

Figura 01



Fonte:<http://www.coreciclagem.blogspot.com/2011/01/enchente-em-campo-limpo-paulista-j.html>

Figura 02



Fonte: <http://www.coreciclagem.blogspot.com/2011/01/enchente-em-campo-limpo-paulista-j.html>

Figura 03



<http://www.coreciclagem.blogspot.com/2011/01/enchente-em-campo-limpo-paulista-j.htm>

Figura 04



<http://www.coreciclagem.blogspot.com/2011/01/enchente-em-campo-limpo-paulista-j.html>

Figura 05

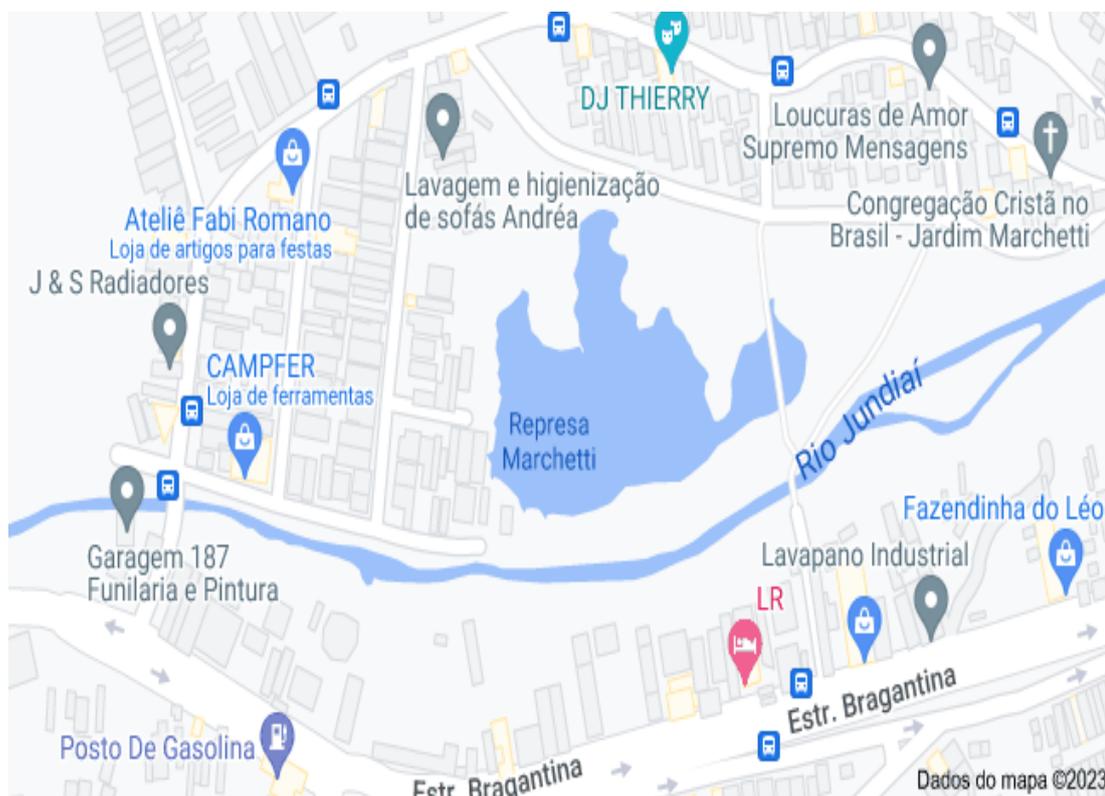


<http://www.coreciclagem.blogspot.com/2011/01/enchente-em-campo-limpo-paulista-j.html>

Represa do Bairro Jardim Marchetti, ponto onde acontecem Alagamentos

Neste ponto existe uma pequena Represa, onde uma parte foi aterrada para ser feita a construção de um parque aos moradores, e a outra parte coberta pelo mato, confirmado por visitas feitas no local.

Figura 6



3.1.3. Imagens do Local como está hoje.



Figura 07 -

Fonte: Autores (visita feita pelos alunos no local) março 2023.



Figura 08 -

Fonte: Autores (visita feita pelos alunos no local) março 2023.

Figura 09



Fonte: Autores (visita feita pelos alunos no local) março 2023.

Figura 10



Fonte: Autores (visita feita pelos alunos no local) março 2023.

Figura 11



Fonte: Autores (visita feita pelos alunos no local) março 2023.

Figura 12



Fonte: Autores (visita feita pelos alunos no local) março 2023.

Figura 13



Fonte: Autores (visita feita pelos alunos no local) março 2023.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SITE DAS FOTOS

<http://www.coreciclagem.blogspot.com/2011/02/enchente-do-jardim-marchetti-e-jardim.html>

<https://www.campolimpopaulista.sp.gov.br/public/resource/arg/arquivo/r116-15-pr009-14plano-de-saneamentocampo-limpovol-i-diagnostico-e-prognostico-1.pdf>

Fonte: Autores(visita feita pelos alunos no local) março 2023.

12º GAC apoia vítimas de enchentes em Campo Limpo Paulista. Comando Militar do Sudeste, 2022. Disponível em <https://cmse.eb.mil.br/index.php/ultimas-noticias-categoria/647-12-gac-apoia-vitimas-de-enchentes-em-campo-limpo-paulista>. Acesso em 11 setembro 2023.

BRASIL. 2007. Lei nº 11.445. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm Acesso em 11 setembro 2023.

_____. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. Disponível em: <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>. Acesso em 10 setembro 2023.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Informações para planejar a Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Brasília: SNS/MDR, 2020. 60 p.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 4º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 185 p.: il. Disponível em: http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2019/Diagnostico_AP2019.pdf. Acesso em 10 setembro 2023

Campo Limpo Paulista conta com apoio do Exército para auxiliar a cidade após chuvas. Tribuna de Jundiá, 2022. Disponível em <https://tribunadejundiai.com.br/cidades/campo-limpo-paulista/campo-limpo-paulista-Conta-com-apoio-do-exercito-para-auxiliar-a-cidade-apos-chuvas/>. Acesso em 11 setembro 2023.

Campo Limpo Paulista tem dia de limpeza após alagamentos provocados pela chuva. G1 Sorocaba e Jundiá, 2023. Disponível em <https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/noticia/2023/02/24/campo-limpo-paulista->

tem-dia-de-limpeza-apos-alagamentos-provocados-pela-chuva.ghtml. Acesso em 11 setembro, 2023.

Chuva causa estrago e desaloja famílias em 10 cidades do interior. Agência Estado, Jornal Correio Braziliense, 2019. Disponível em: <https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/01/07/interna-brasil,729427/chuva-causa-estrago-e-desaloja-familias-em-10-cidades-do-interior.shtml>. Acesso em 10 setembro 2023.

Chuva provoca transtornos em Campo Limpo Paulista. G1 Sorocaba e Jundiaí, 2020. Disponível em <https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/noticia/2020/02/20/forte-chuva-causa-transtornos-em-campo-limpo-paulista.ghtml> . Acesso em 11 setembro 2023.

CELLI, K.; RAY, L.; MILL, J. **"Clear as Mud": Toward greater clarity in generic qualitative research.** International Journal of Qualitative Methods, v. 2, n. 2, 2003 Disponível em http://www.ualberta.ca/~iiqm/backissues/2_2/html/caellietal.htm. Acesso em: 05 Maio 2018

Fundação Nacional de Saúde. **Cadernos Temáticos - Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.** Brasil. Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2016. ; FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). Caderno Temático: Drenagem e Manejo Das Águas Pluviais Urbanas. Brasília: [s.n.], 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. Ed. – 5. Reimpr. - São Paulo: Atlas, 2012.

GODOY, ARILDA S.; **Refletindo Sobre Critérios de Qualidade da Pesquisa Qualitativa.** Gestão.Org, v. 3, n. 2, p. 10. Mai. / Ago. 2005. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br>>. Acesso em: 05 Maio 2018. ISSN 1679-1827

Instituto Águas e Saneamento. Relatório. Ano 2021. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/sp/campo-limpo-paulista>. Acesso em 10 setembro 2023.

LINCOLN, Y, S; GUBA, E. G. **Paradigmatic controversies, contradictions, and emerging confluences.** In: Denzin, N. K.; LINCOLN, Y. S. (ed) Handbook of qualitative research. 2en ed Thousand Oaks, CA: Sage, 2000

MERRIAM, S.B. **Qualitative research in practice: examples for discussion and analysis.** San Francisco: Jossey-Base, 2002.

PIROLI, E. L. **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas** [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2022, 141 p.

São Paulo (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos.** v.3. São Paulo: SMDU, 2012. 128p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Energia – Departamento de Águas e Energia Elétrica; FUNDAÇÃO PREFEITO FARIA LIMA- CEPAM. Plano municipal de saneamento passo a passo. São Paulo, 2009. 78 p.

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.irlanmelo.com.br%2F2020%2F01%2F03%2Fboca-de-lobo-inteligente-projeto-de-lei-visa-impedir-residuos-contaminantes-de-chegarem-aos-rios%2F&psig=AOvVaw1MuZgltc_WsKwL7gni8iFR&ust=1687049653095000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKEwjJ0czri8n_AhXxrZUCHUXoAJ8Qr4kDegQIARBJ

