



CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

BRUNO TEIXEIRA DE SOUSA

**MÉTODOS ALTERNATIVOS DE DRENAGEM NA AVENIDA
PRESIDENTE CASTELO BRANCO LOCALIZADA NA CIDADE DE
FORTALEZA - CE**

FORTALEZA

2021

BRUNO TEIXEIRA DE SOUSA

**MÉTODOS ALTERNATIVOS DE DRENAGEM NA AVENIDA
PRESIDENTE CASTELO BRANCO LOCALIZADA NA CIDADE DE
FORTALEZA - CE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Anderson Ruan
Gomes de Almeida

Co-orientador: Prof. Dr. Julianne Ribeiro
dos Santos

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Faculdade Ari de Sá

Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S725m Sousa, Bruno Teixeira de.

Métodos alternativos de drenagem na Avenida Presidente Castelo Branco localizada na cidade de Fortaleza - CE / Bruno Teixeira de Sousa. – 2021.

46 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Me. Anderson Ruan Gomes de Almeida.

Coorientação: Profa. Dra. Julianne Ribeiro dos Santos.

1. Drenagem Urbana. I. Título.

CDD 620

BRUNO TEIXEIRA DE SOUSA

**MÉTODOS ALTERNATIVOS DE DRENAGEM NA AVENIDA PRESIDENTE
CASTELO BRANCO LOCALIZADA NA CIDADE DE FORTALEZA - CE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Anderson Ruan
Gomes de Almeida

Co-orientador: Prof. Dra. Julianne Ribeiro
dos Santos

Aprovado em: 19/01/21

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Anderson Ruan Gomes de Almeida
Faculdade Ari de Sá



Prof. Dra. Julianne Ribeiro dos Santos
Faculdade Ari de Sá



Prof. Dra. Jéssyca de Freitas Lima Brito
UniFanor

Este trabalho é dedicado aos meus pais,
pois é graças ao seu esforço que hoje
posso concluir o meu curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Anderson Ruan Gomes de Almeida pelo incentivo e auxílio nas atividades do TCC.

Agradeço aos demais professores da Faculdade Ari de Sá.

Agradeço aos meus colegas de classe pela proximidade, pela troca de materiais e alegria que me deram durante o curso.

Agradeço a minha família pelo apoio que me deram em relação ao curso.

Concentre todos seus pensamentos na
tarefa que está realizando. Os raios de sol
não queimam até que sejam colocados
em foco.
(Alexander Graham Bell, 1901)

RESUMO

Com o crescimento da população, tornou-se necessária a construção de novas casas, prédios, ruas e avenidas. No Brasil, o crescimento populacional se dá pelo crescimento vegetativo, visto que o processo de migração das pessoas do meio rural para o urbano ocorreu por volta do século XX. Estas construções de residências e de pavimentos que ocorrem devido ao aumento populacional, por muitas vezes, são feitas sem planejamento por conta da falta de conhecimento e de dinheiro da população para a contratação de empresas especializadas nessas obras. Essa falta de organização acaba trazendo problemas em relação ao saneamento básico, ao sistema de drenagem, ao sistema elétrico, entre outros. Para suprir a falta desses sistemas é interessante pensar em métodos de resolver esses problemas, além dos métodos convencionais, sem que haja um custo elevado nas obras. Em relação ao sistema de drenagem, há vários métodos que permitem reter, tratar e transpor as águas pluviais. Métodos simples como a criação de parques em meio ao ambiente urbana já seria uma solução para as enchentes e inundações que ocorrem pela falta de sistema de drenagem. No presente trabalho será feita uma avaliação das curvas de nível e da declividade, através de um programa, da Avenida Presidente Castelo Branco, localizada no bairro Barra do Ceará, na cidade de Fortaleza para mostrar possíveis métodos alternativos de drenagem que se enquadraria no local em questão. No caso, esse local, em épocas de chuvas, sofre constantemente com enchentes, mesmo havendo sistema de drenagem convencional, com bocas de lobo, sarjetas, galerias, entre outros sistemas. O estudo foi feito para mostrar outros possíveis métodos que poderiam ser usados na área, que auxiliem o sistema convencional. Por meio de pesquisas e com o auxílio do programa QGIS, foram coletados informações a respeito das características hidráulicas e topográficas da região. Com os dados coletados, foram analisados quais métodos poderiam ser utilizados na avenida. Os métodos escolhidos para a avenida foram à implantação de pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração. Foi visto também que, até métodos como a coleta seletiva de lixo e a implantação de áreas verdes, poderiam amenizar o problema das enchentes, podendo concluir que com simples projetos podemos solucionar os problemas de alagamentos das cidades.

ABSTRACT

With the growth of the population, it became necessary to construct new houses, buildings, streets and avenues. In Brazil, population growth, since the process of migration of people from rural to urban areas occurred around the 20th century. These residential and pavement constructions that occur due to the population increase, are often made without planning due to the lack of knowledge and money of the population to hire companies specialized in these works. This lack of organization ends up causing problems in relation to basic sanitation, the drainage system, the electrical system, among others. To make up for the lack of the systems, it is interesting to think of methods to solve these problems, in addition to conventional methods, without having a high cost in the works. Regarding the drainage system, there are several methods that allow rainwater to be retained, treated and transposed. Simple methods like creating parks in the middle of the urban environment would already be a solution to the floods that occur due to the lack of the drainage system. In this work, an evaluation of the contour and slope curves will be carried out, through a program, on avenue Presidente Castelo Branco, located in the Barra do Ceará neighborhood, in the city of Fortaleza, to show possible alternative drainage methods that would fit the place in question. In the case, this place, in rainy seasons, constantly suffers from floods, even though there is a conventional drainage system, with storm drain, gutters, galleries, among other systems. The study will be done to show other possible methods that could be used in the area, that help the conventional system. Through research and with aid of the QGIS program, information was collected regarding the hydraulic and topographic characteristics of the region. With the collected data, it was analyzed which methods could be used on the avenue. The methods chosen for the avenue were the implantation of permeable pavements and infiltration trenches. It was seen that even methods such as selective garbage collection and the implementation of green areas, could alleviate the problem of flooding, concluding that with simple projects we can solve the flooding problems of cities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem de tubos de concreto	18
Figura 2 – Imagem de uma caixa pré-moldada	19
Figura 3 – Exemplo de boca de lobo	19
Figura 4 – Meio-Fio de concreto pré-moldado.....	20
Figura 5 – Figura para apontar a sarjeta	20
Figura 6 – Ilustração de um sarjetão	21
Figura 7 – Estação de bombeamento em Vitória, no Espírito Santo	21
Figura 8 – Alagamento em Fortaleza	22
Figura 9 – Corte de uma bacia de infiltração típica.	25
Figura 10 – Tipos de trincheiras de infiltração.....	26
Figura 11 – Vala de infiltração.....	27
Figura 12 – Modelo de pavimento permeável	28
Figura 13 – Bacias Hidrográficas do Município de Fortaleza	31
Figura 14 – Pontos de alagamento	32
Figura 15 – Área delimitada	33
Figura 16 – Mapa hipsométrico da área de estudo	35
Figura 17 – Mapa de declividade	36
Figura 18 – Tipos de materiais	37
Figura 19 – Áreas verdes urbanas	38
Figura 20 – Exemplo de um pavimento praticamente impermeável.....	39
Figura 21 – Instalação de um pavimento permeável.....	40
Figura 22 – Trincheira de infiltração	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SIGLAS

FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONU	Organização das Nações Unidas
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO PRELIMINAR	17
3.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO	17
3.2 CONSEQUÊNCIAS E CAUSAS DAS ENCHENTES	17
3.3 DRENAGEM	18
3.4 ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM	18
3.5 PROBLEMAS RELACIONADOS AO SISTEMA DE MICRODRENAGEM	22
3.6 ESTUDOS HIDROLÓGICOS	23
3.7 MÉTODOS ALTERNATIVOS DE DRENAGEM	25
3.7.1 Bacias de Infiltração	25
3.7.2 Trincheiras de infiltração	26
3.7.3 Valas	27
3.7.4 Pavimentos Permeáveis	27
3.8 QGIS	28
3.9 MDE	29
4 METODOLOGIA	30
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AVENIDA PRESIDENTE CASTELO BRANCO	30
4.2 ÁREA UTILIZADA NO ESTUDO	31
5 RESULTADOS	34
5.1 DADOS COLETADOS DO QGIS	34
5.1.1 Hipsometria e Curva de Nível	34
5.1.2 Declividade	35
5.2 MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA O SISTEMA DE DRENAGEM	36
5.2.1 Conscientização sobre o lixo nas ruas	36
5.2.2 Áreas verdes	37
5.2.3 Pavimentos permeáveis	39
5.2.4 Trincheiras de infiltração	42
6 COMENTÁRIOS FINAIS	44
7 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial tem causado grande impacto nos recursos naturais do planeta, como a água em particular, por ser um recurso essencial para a existência de vida na Terra. O aumento do consumo desse fluido e o gerenciamento inadequado dele têm causado tensão em diversos países. Exemplos de problemas relacionados são a falta de água potável, o lançamento do esgoto doméstico na natureza, as enchentes e as secas.

Esses problemas envolvendo os recursos hídricos têm um dano maior nas áreas urbanizadas. Segundo a ONU, atualmente 55% da população mundial vive em áreas urbanas e a expectativa é de que esta proporção aumente para 70% até 2050. No Brasil, a maior parte da população brasileira, 84,72%, vive em áreas urbanas, enquanto 15,28% vivem em áreas rurais (PNAD, 2015).

Na cidade de Fortaleza, esse crescimento tem ocorrido de uma maneira rápida e desordenada. A capital possui um percentual de ocupação urbana de 92,35% em uma área de 366,69 km² (IBGE, 2015). Esse aumento rápido fez com que várias zonas da cidade ficassem sem acesso ao saneamento básico e a sistemas de drenagem que previnem inundações.

Com projetos do Governo, segundo o Plano Municipal de Fortaleza apresentado em 2015 aproximadamente 70% da cidade de Fortaleza tem seu sistema de drenagem (natural ou artificial) implantado.

Um dos maiores problemas de drenagem de Fortaleza é advindo das chuvas. A hidrografia principal do município inclui as bacias da Vertente Marítima, do Rio Cocó, do Rio Maranguapinho e do Rio Pacoti. As bacias hidrográficas estão total ou parcialmente inseridas no município. A precipitação média anual é de 1378,30 mm, contribuindo para o volume das mesmas (FUNCEME, 1992).

Essas chuvas têm causado grande transtorno em Fortaleza pela falta de drenagem adequada ou pela falta de cuidados com o sistema de drenagem. O município frequentemente sofre com inundações, enchentes, deslizamentos de terra, falta de água para abastecimento, epidemias, congestionamentos, entre outras adversidades.

Tais Problemas são perceptíveis no objeto de estudo que consiste na Avenida Presidente Castelo Branco. A área de estudo fica localizada na bacia da Vertente Marítima, onde a maior parte de sua drenagem é transferida para o oceano

por meio de galerias ou canais. A via, inserida na cidade de Fortaleza, fica localizada perto do oceano, onde a altitude é mais baixa, estando próximo do nível do mar. Esta avenida liga vários bairros de Fortaleza como Barra do Ceará, Pirambu, Moura Brasil onde, em épocas de maiores regimes de precipitação, encontram-se problemas de inundações, de congestionamentos por conta do acúmulo de água na Avenida, entre outros.

Por conta disso, métodos de drenagem alternativos precisam ser implantados para auxiliar o sistema de drenagem existente ou inexistente na área mencionada. Neste trabalho serão mostrados alguns métodos de drenagem, diferente dos métodos convencionais, a fim de sugerir maneiras de solucionar ou amenizar os problemas de drenagem na Avenida Presidente Castelo Branco.

2 OBJETIVOS

Os objetivos que orientam o presente estudo são:

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é propor métodos alternativos para o sistema de drenagem da Avenida Presidente Castelo Branco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o sistema de drenagem na Avenida Presidente Castelo Branco.
- Analisar os parâmetros hidráulicos e topográficos através de pesquisas e do programa Qgis.
- Analisar técnicas de sistemas de drenagem que possam ser utilizadas no objeto de estudo, aliviando o sistema de drenagem convencional.

3 REFERENCIAL TEÓRICO PRELIMINAR

3.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Urbanização é o processo de crescimento das cidades, quando o espaço rural transforma-se em espaço urbano. O Brasil sofreu uma transformação demográfica intensa entre as décadas de 1960 e 1990 devido ao processo de migração interna. Esse fenômeno levou a um aumento de cerca de 350% na população urbana (SAMPAIO, 2011).

No início do século XX, a população urbana compunha cerca de 15% da população mundial, enquanto que, no final da época, atingiu-se a marca de 50%. Esse processo é mais acelerado nos países em desenvolvimento de acordo com Tucci (2001). Em termos populacionais o espaço urbano vem superando o espaço rural.

O aumento rápido e desordenado da urbanização trouxe consigo várias consequências, parte delas negativas. Problemas como a favelização, a violência urbana, a poluição e as enchentes.

3.2 CONSEQUÊNCIAS E CAUSAS DAS ENCHENTES

De uma forma geral, as enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido a chuvas de magnitude elevada. As enchentes em áreas urbanas podem ser decorrentes destas chuvas intensas de longo período de retorno; ou devidas a transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças no equilíbrio no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas; ou ainda, devidas à própria urbanização (POMPÊO, 2000).

Para Pompêo (2000), as enchentes provocadas pela urbanização devem-se a diversos fatores, dentre os quais destacamos o excessivo parcelamento do solo e a conseqüente impermeabilização das grandes superfícies, a ocupação de áreas ribeirinhas tais como várzeas, áreas de inundação freqüente e zonas alagadiças, a obstrução de canalizações por detritos e sedimentos e também as obras de drenagem inadequadas.

3.3 DRENAGEM

Segundo Cardoso (2016), drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana. A drenagem urbana não se restringe aos aspectos puramente técnicos impostos pelos limites restritos à engenharia, pois compreende o conjunto de todas as medidas a serem tomadas que visem à atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações aos quais a sociedade está sujeita.

Durante muito tempo o principal objetivo da drenagem urbana foi remover as águas pluviais em excesso da forma mais eficiente possível para evitar transtornos, prejuízos e riscos de inundações. A partir de tal enfoque as ações concentraram-se na execução de projetos e obras e na análise econômica dos benefícios e custos dessas medidas, ditas estruturais (TUCCI, 2001).

3.4 ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM

Para Tucci (2001), os principais termos utilizados no dimensionamento de um sistema pluvial são:

- Galeria: são canalizações públicas destinadas a conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas. Na figura 1 temos a imagem de uma galeria sendo construída;

Figura 1 – Imagem de tubos de concreto



Fonte: Aecweb

- Poço de Visita: dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitir o seguinte: mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações. Na imagem a seguir vemos como seria um poço de visita;

Figura 2 – Imagem de uma caixa pré-moldada



Fonte: Fonber

- Trecho: porções de galerias situadas entre dois poços de visita;
- Bocas de lobo: são dispositivos localizados em pontos convenientes nas sarjetas para captação das águas pluviais. A seguir temos uma imagem com um exemplo de boca de lobo;

Figura 3 – Exemplo de boca de lobo



Fonte: Portal do projetista

- Tubos de ligação: são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas das bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visita;
- Meio-Fio: são elementos de pedra ou concreto, colocados entre o passeio ou a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio como mostrado na figura abaixo;

Figura 4 – Meio-Fio de concreto pré-moldado



Fonte: Tetraconind

- Sarjetas: são faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incluem sobre as vias públicas e que para elas escoam como mostra a figura a seguir;

Figura 5 – Figura para apontar a sarjeta



Fonte: Ebanataw

- Sarjetões: calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas. Na figura 6 vemos um sarjetão;

Figura 6 – Ilustração de um sarjetão



Fonte: Blog do Consa

- Conduitos Livres: obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal dos condutos;
- Estação de Bombeamento: conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando não há mais condição de escoamento por gravidade, para outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo. Na figura 7 temos um exemplo de estação de bombeamento localizada no Espírito Santo.

Figura 7 – Estação de bombeamento em Vitória, no Espírito Santo



Fonte: Prefeitura de Vitória

3.5 PROBLEMAS RELACIONADOS AO SISTEMA DE MICRODRENAGEM

O sistema de drenagem urbana apresenta muitos problemas por conta da falta de cuidados com o sistema. Alguns problemas das grandes cidades, em relação a microdrenagem são:

- Alagamentos, Enchentes e Inundações: a obstrução da rede por detritos, lixos e sedimentos caracteriza-se como a maior causa dos pontos de alagamentos nas cidades. A ausência, a deficiência ou a manutenção inadequada do sistema de microdrenagem permitem a ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações. Esses juntamente com a impermeabilização do solo devido à urbanização e a ocupação de áreas de várzea tendem a aumentar a magnitude desses fenômenos. Na figura 8 temos um exemplo de alagamento em Fortaleza;

Figura 8 – Alagamento em Fortaleza



Fonte: Diário do Nordeste

- O processo de crescimento acelerado experimentado por Fortaleza entre 1970 e 2000, sem que a infraestrutura urbana fosse ampliada de forma a suportar o adensamento da cidade, prejudicando especialmente as áreas onde vivem os mais carentes;

- Problemas de Saúde: o contato com a água contaminada das enchentes coloca em perigo a saúde da população devido ao risco de contaminação e proliferação de doenças contagiosas, como por exemplo, a cólera e a leptospirose.

Além desses problemas, também há a possibilidade de problemas relacionados à topografia da região. Em alguns trechos, pelo fato das bocas de lobo e poços de visita estar cheios de detritos, as águas das chuvas que deveriam ir para esses locais escoam para as regiões mais baixas, causando assim as enchentes.

Então é necessário prover, além da rede de drenagem urbana, um sistema de coleta de lixo mais eficiente e efetivo, pois, os resíduos sólidos que não são coletados pelo serviço de limpeza escorrem para as galerias, obstruindo-as e interferindo na drenagem. A conscientização da sociedade em relação ao despejo de resíduos nas ruas das cidades também deve ser levada em consideração.

Em relação ao excesso de áreas impermeabilizadas, deveria haver a interligação entre o número de parques e áreas verdes nessas áreas somados a rede de drenagem para um melhor escoamento das águas e para controlar o avanço do índice de impermeabilização dos solos nas cidades. A utilização de pavimentos permeáveis também é uma alternativa que funciona como um dispositivo de infiltração onde o escoamento superficial é desviado através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de pedras localizado sob a superfície do terreno.

As trincheiras de infiltração também seriam uma solução já que elas são projetadas para armazenamento das águas superficiais, posterior percolação da água no solo e recarga das águas subterrâneas, concomitantemente à retenção de partículas poluentes advindas do escoamento superficial.

3.6 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Hidrologia é a ciência que estuda as relações entre as águas, suas propriedades, sua ocorrência, distribuição, circulação, em diversos meios como solo, atmosfera, rocha e outros.

O zoneamento hidrológico de uma bacia hidrográfica pode servir como importante ferramenta para se visualizar áreas de comportamento semelhante do ponto de vista do aproveitamento de água superficial, de forma a contribuir para um planejamento e gestão dos recursos hídricos superficiais.

Conceitos necessários, segundo Tucci (2001);

- Ciclo Hidrológico: é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia associada à gravidade e à rotação terrestre;
- Conceito de Bacia Hidrográfica: é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório;
- Precipitação: é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitação. O que diferencia essas formas de precipitação é o estado em que a água se encontra;
- Tempo de Recorrência: é o número médio de anos em que se espera que uma precipitação seja igualada ou superada e o seu inverso é a probabilidade de um fenômeno igual ou superior ao analisado, ocorra em um ano qualquer;
- Altura Pluviométrica: espessura média da lâmina de água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação admitindo-se que essa água não se infiltrasse, não se evaporasse, nem se escoasse para fora dos limites da região;
- Duração: é o período de tempo durante o qual a chuva cai;
- Intensidade: precipitação por unidade de tempo.

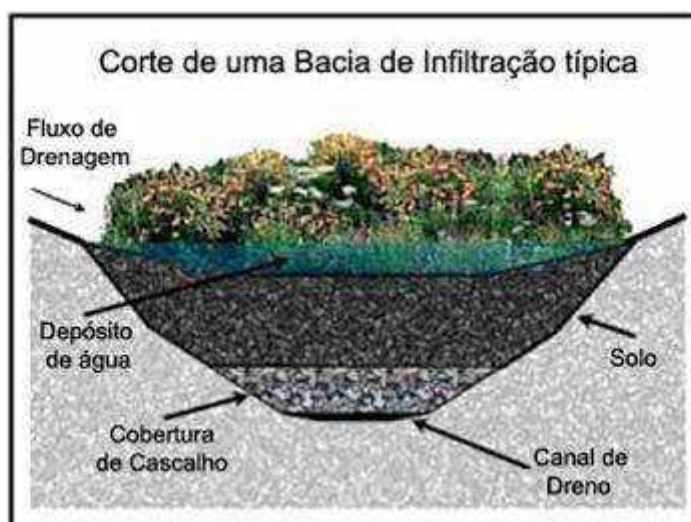
3.7 MÉTODOS ALTERNATIVOS DE DRENAGEM

Para solucionar os problemas provenientes do sistema de microdrenagem, temos como possibilidade a aplicação de técnicas de drenagem diferentes da drenagem convencional. A seguir temos alguns exemplos de métodos alternativos de drenagem.

3.7.1 Bacias de Infiltração

IPH/DEP (2005) define bacias de infiltração como um terreno cercado por taludes que retém as águas de chuva até que estas infiltrem através da base e de seus lados. Normalmente são escavadas, porém pode-se utilizar pequenas encostas já existentes na área. Para sua adoção é importante se certificar da permeabilidade do solo e de que o nível do lençol freático seja suficientemente profundo, sendo indicada sua utilização em áreas de até 20 hectares; o uso do vertedouro é de caráter emergencial, pois o volume retido é liberado unicamente por infiltração. Na figura 9 temos a imagem de um corte mostrando os elementos que compõem uma bacia de infiltração.

Figura 9 – Corte de uma bacia de infiltração típica.

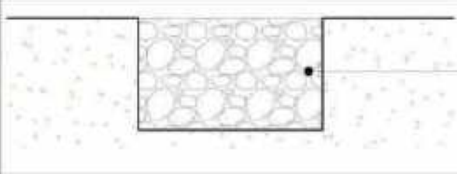
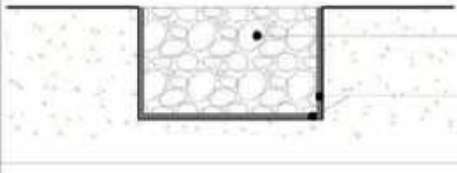
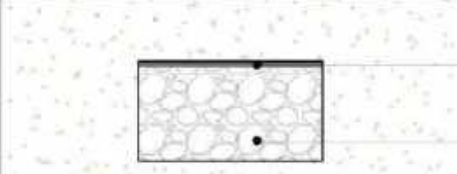
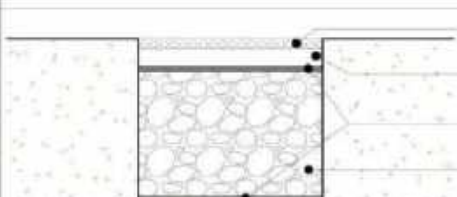
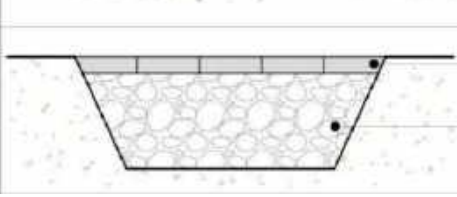


Fonte: Fórum da construção

3.7.2 Trincheiras de infiltração

Silva (2007) aponta que as trincheiras de infiltração são estruturas lineares nas quais o comprimento prepondera sobre a largura e profundidade. A geometria depende da infiltrabilidade do solo e da própria área disponível para que se proceda a infiltração. Dependendo das condições locais e do volume a infiltrar o projeto pode priorizar a infiltração, o armazenamento ou ambos. Geralmente as trincheiras se destinam a grandes volumes de água a serem infiltrados, são fechadas e permitem o uso de paisagístico em harmonia com as demais estruturas. Abaixo temos alguns tipos de trincheiras de infiltração representados na figura 10.

Figura 10 – Tipos de trincheiras de infiltração

	MATERIAL GRANULAR	DUCHENE; McBEAN & THOMSON (1994) AKAN (2002)
	MATERIAL GRANULAR GEOTÊXTIL	SOUZA (2002) EMERSON; WADZUK & TRAVER (2010)
	GEOTÊXTIL MATERIAL GRANULAR	WARNAAS <i>et al.</i> (1999)
	SEIXO ROLADO AREIA GROSSA GEOTÊXTIL MATERIAL GRANULAR	LUCAS; BARBASSA & MORUZZI (2013)
	PAVIMENTO PERMEÁVEL MATERIAL GRANULAR	CHAHAR; GRILLOT & GAUR (2012)

Fonte: Scielo

3.7.3 Valas

As valas e valetas são técnicas compensatórias constituídas por simples depressões escavadas no solo, com o objetivo de recolher as águas pluviais, efetuar o seu armazenamento temporário e favorecer sua infiltração (SILVA, 2007). A manutenção da condição aeróbia e a alternância de uso são importantes para que as valas de infiltração não entupam. Na figura 11 temos um exemplo de vala de infiltração.

Figura 11 – Vala de infiltração



Fonte: Semantic Scholar

3.7.4 Pavimentos Permeáveis

Os pavimentos permeáveis têm sido utilizados nos Estados Unidos e Europa desde meados dos anos 70. Este tipo de revestimento é uma opção à utilização das superfícies impermeáveis tradicionalmente adotadas, tal qual o asfalto e superfícies de concreto, utilizadas na pavimentação de áreas destinadas a estacionamento de veículos, passeios públicos e até mesmo no interior de lotes.

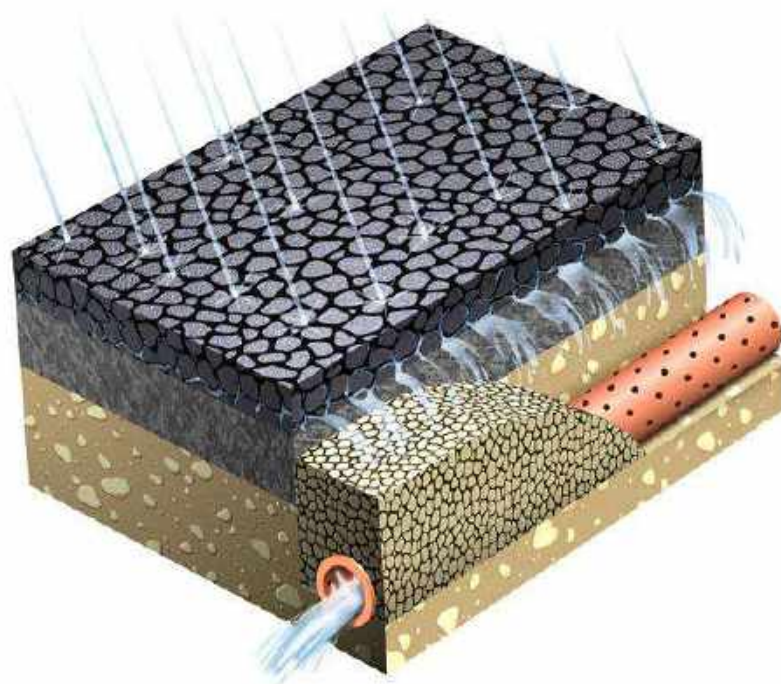
São dispositivos através do qual o escoamento é desviado por meio de uma camada permeável para um reservatório subterrâneo de pedra, situado sob a superfície do terreno. Após, o escoamento armazenado gradualmente se infiltra no

terreno ou ocorre uma lenta liberação por tubulações coletoras subterrâneas. O pavimento permeável se parece com os revestimentos convencionais. No entanto, ao contrário destes, ele contém pouca ou nenhuma quantidade de agregados finos. Assim, formam vazios que propiciam a infiltração. Ele pode ser constituído por:

- Asfalto Poroso;
- Concreto Poroso;
- Blocos modulares.

Na figura 12 temos um modelo de pavimento permeável. Esse modelo mostra não só na absorção da água da chuva pelo material, mas também indica como essa água seria transportada.

Figura 12 – Modelo de pavimento permeável



Fonte: Engenharia 360

3.8 QGIS

O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permite a visualização, criação, edição e análise de dados georreferenciados. Este software está disponível para diversos tipos de sistemas operacionais como o Windows, Android, Linux, Unix e Mac OSX.

O QGIS disponibiliza um número de funcionalidades em constante crescimento através das funções nativas e de complementos. No programa temos a possibilidade de visualizar combinações de dados vetoriais e rasterizados (em 2D ou 3D) em diferentes formatos e projeções sem conversão para um formato interno ou comum. Você pode compor mapas e explorar dados espaciais interativamente com a interface de usuário amigável. O software tem a facilidade de criar, editar, gerenciar e exportar camadas vetoriais e raster em vários formatos.

Outras funções do QGIS são a de: análises de dados espaciais em bancos de dados espaciais e outros formatos compatíveis com OGR; o QGIS pode usado como um cliente WMS, WMTS, WMS-C ou WFS e WST-T, e o QGIS Server permite que você publique seus dados através dos protocolos WMS, WCS e WFS na internet usando um servidor web.

3.9 MDE

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) consistem na representação de elementos presentes na superfície da Terra com a utilização de topografia por satélite, modelos em 3D e curvas de nível. Os Modelos de Elevação podem ser gerados a partir de mapas topográficos, de técnicas de aerofotogrametria ou de imagens de satélite em diferentes resoluções espaciais.

Com base nos modelos digitais de Elevação (MDE), é possível extrair informações planialtimétricas, tornando possível a obtenção das diferenças de nível entre as partes do terreno, os ângulos e as medidas planas. O modelo Digital de Elevação utilizado na área de estudo é de imagens de satélite do Alos Palsar, com resolução espacial de 12,5m.

4 METODOLOGIA

Para aplicar a metodologia proposta, escolheu-se a Avenida Presidente Castelo Branco. De início, foi feito um levantamento das características dos dispositivos de drenagem da via, bem como a sua eficiência em certos trechos da avenida e buscaram-se os motivos que podem ser relacionados ao mau funcionamento do sistema de drenagem.

Os parâmetros hidráulicos e topográficos da área de estudo foram encontrados a partir de pesquisas, de análises e de cálculos realizados no desenrolar do projeto. O projeto contou com a assistência do programa denominado QGIS, que ajudou com a topografia do local, informando a hipsometria da área, suas curvas de nível e a sua declividade.

Com os dados coletados, foi feita uma avaliação de quais métodos alternativos de drenagem poderiam ser implantados junto ao sistema de drenagem convencional do local de estudo para que não houvesse problemas futuros de enchentes.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AVENIDA PRESIDENTE CASTELO BRANCO

A Avenida Presidente Castelo Branco fica localizada próximo ao litoral, na Regional I do município de Fortaleza. A avenida se encontra na Bacia da Vertente Marítima, com topografia favorável ao escoamento das águas para o mar, seja diretamente ou através de riachos.

A avenida abrange vários bairros de Fortaleza como: Moura Brasil, Carlito Pamplona, Pirambu, Cristo Redentor, Barra do Ceará e Álvaro Weyne. A média da precipitação anual no município de Fortaleza é de 1444,6 mm, segundo dados da Funceme (2020). O clima é tropical, com temperatura média anual de 26,5°C. Na figura 13 temos a localização das bacias hidrográficas de Fortaleza e onde seria localizada a área de estudo.

Figura 13 – Bacias Hidrográficas do Município de Fortaleza



Fonte: Plano Municipal de Drenagem de Fortaleza (2015)

A drenagem utilizada na área de estudo é por meio do sistema de galerias. A rede compreende todo o conjunto do sistema de microdrenagem, formado pelas vias, sarjetas, meio-fio, bocas de lobo, tubos e conexões, poços de visita, etc. Esse sistema de microdrenagem tem tido diversos problemas nas cidades.

Segundo o Plano Municipal de Drenagem de Fortaleza (2015), um dos pontos de alagamento da avenida em questão fica localizado no cruzamento da Avenida Presidente Castelo Branco com a Rua Eduardo Studart, no bairro do Pirambú. Outro ponto que fica próximo é no cruzamento da avenida com a Rua Santa Rosa.

4.2 ÁREA UTILIZADA NO ESTUDO

Na área de estudo foi selecionado dois pontos de alagamentos que serão utilizados como referência para o trabalho apresentado. Um desses pontos é considerado crítico pelo Plano Municipal de Drenagem. O outro ponto teve ocorrências de enchentes registradas por meio de jornais, imagens e vídeos.

Com o auxílio do Google Earth, foi feita a identificação dos pontos de alagamento localizados na Avenida Presidente Castelo Branco e a delimitação da área em que foram retirados os dados para que se fosse feita uma possível análise do local.

O 1º ponto de alagamento está localizado na Avenida Presidente Castelo Branco com a Rua Eduardo Studart. O 2º ponto de alagamento está localizado próximo ao primeiro na Avenida Presidente Castelo Branco com a Rua Santa Rosa (Figura 14).

Figura 14 – Pontos de alagamento



Fonte: Google Earth

A área com o contorno em azul representa o espaço utilizado para a concepção do mapa hipsométrico, das curvas de nível e da declividade. A área com o contorno vermelho representa a Avenida Presidente Castelo Branco (Figura 15).

Figura 15 – Área delimitada



Fonte: Google Earth

5 RESULTADOS

5.1 DADOS COLETADOS DO QGIS

5.1.1 Hipsometria e Curva de Nível

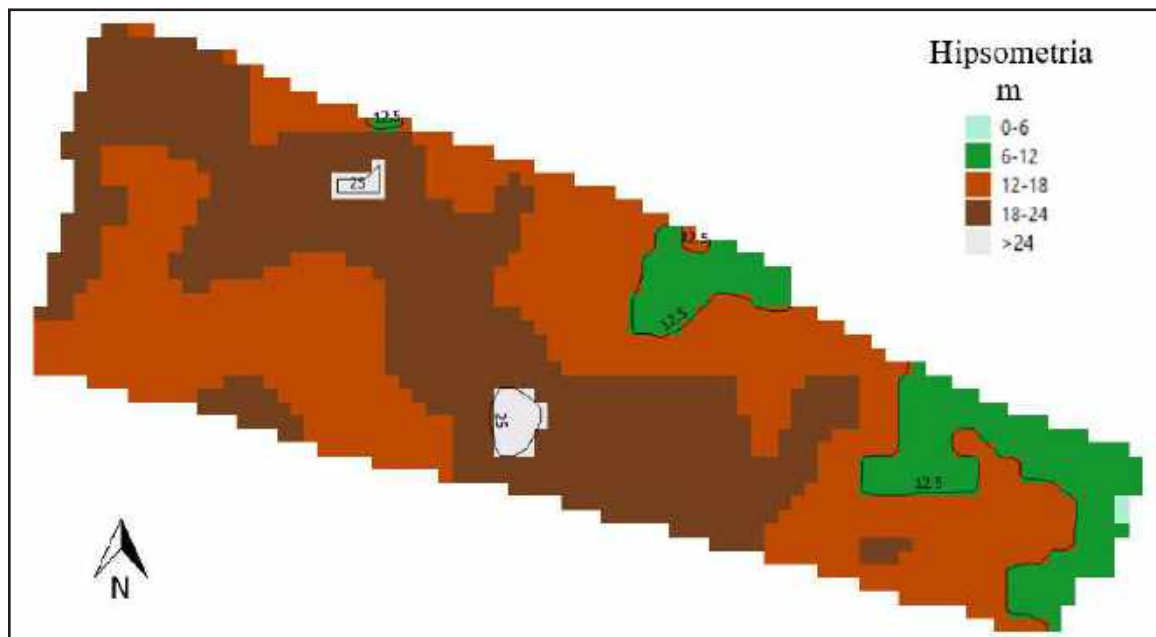
A hipsometria é um método que possibilita a representação da elevação de um terreno, a partir do nível do mar, em um mapa topográfico através de uma variação de cores. Geralmente utiliza-se um sistema de graduação de cores.

Mapas hipsométricos são geralmente usados em áreas mais amplas (mapas de pequena escala). Em mapas de maior escala, ou seja, que representam áreas menores, o mais aconselhável é a representação da altitude por meio de curvas de nível.

Com uma área pequena, como a do objeto de estudo, seria necessário apenas as curvas de nível. Porém, como os dados foram pegos de imagens de satélite com pouca resolução espacial, fez-se necessário o auxílio de um mapa hipsométrico para uma melhor análise altimétrica.

O mapa hipsométrico gerado neste estudo está representado na figura abaixo. A Hipsometria foi classificada seguindo uma cadência de 6 metros. Deste modo, estabeleceu-se a seguinte classificação para as cotas altimétricas: 0 a 6, 6 a 12, 12 a 18, 18 a 24 e mais de 24 metros de altitude (Figura 16).

Figura 16 – Mapa hipsométrico da área de estudo



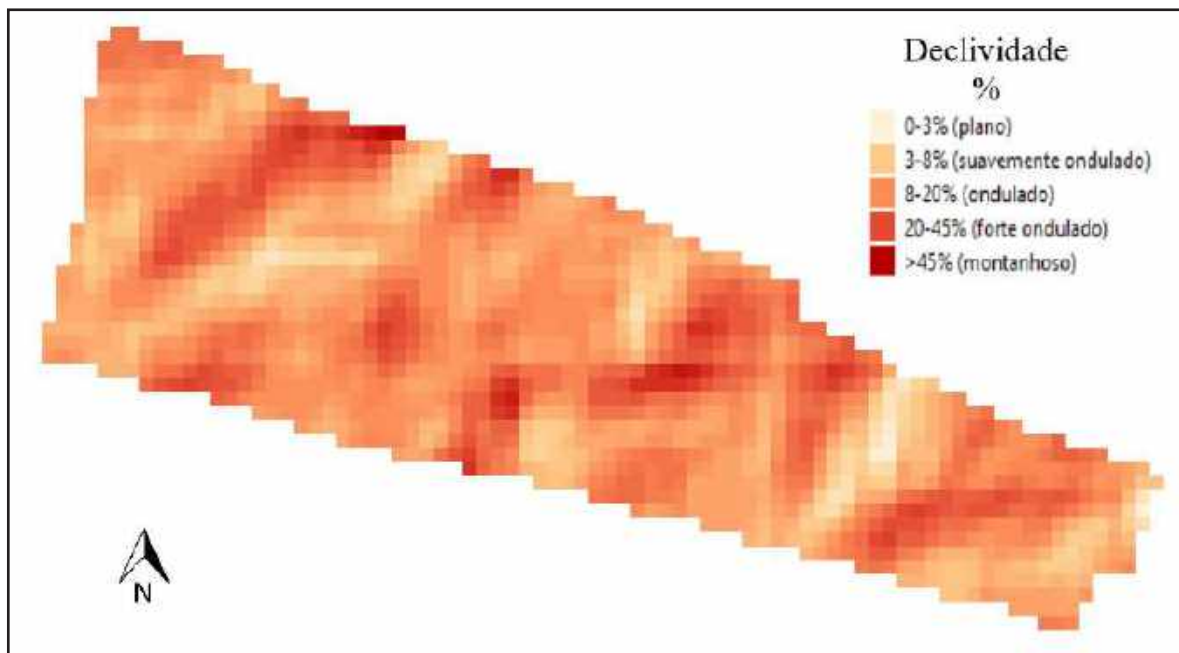
Fonte: Autor

5.1.2 Declividade

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. É dada pelo ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal. Os valores de declividade podem variar de 0° a 90°, e podem também ser expresso em porcentagem.

A partir da derivação do modelo digital de elevação do terreno foram geradas as declividades da área. A classificação das declividades foi realizada da seguinte forma: 0 a 3% (plano), 3 a 8% (suavemente ondulado), 8 a 20% (ondulado), 20 a 45% (forte ondulado) e maior do que 45% (montanhoso) (Figura 17).

Figura 17 – Mapa de declividade



Fonte: Autor

Pode-se observar que a declividade predominante na área de estudo é a de 0-20%, apresentando relevo plano, suavemente ondulado, ondulado e uma pequena porção, forte ondulado.

5.2 MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA O SISTEMA DE DRENAGEM

5.2.1 Conscientização sobre o lixo nas ruas

Como umas das principais causas das enchentes é a obstrução de bocas de lobo e galerias, a primeira solução a ser apresentada será a respeito dos rejeitos jogados pela população nas ruas, avenidas, entre outros. Para solucionar este problema, seria necessária a ajuda do governo e de toda a população que é responsável pelo cuidado com o ambiente.

Uma das alternativas para a conscientização da população sobre o despejo de lixo nas ruas seria a implantação de projetos de coleta seletiva. Coleta seletiva seria uma coleta diferenciada de resíduos, sendo eles separados segundo sua constituição ou composição. Isso significa que, ao invés de um depósito único, são criados vários depósitos para os distintos materiais. São eles o plástico, o papel, o

vidro, o metal, a madeira, os resíduos orgânicos, os resíduos radioativos e os resíduos hospitalares. Na figura abaixo temos a representação de como seria feito a separação do lixo através dos tipos de materiais.

Figura 18 – Tipos de materiais



Fonte: Biocomp

Há incontáveis benefícios atrelados a coleta seletiva. Além da diminuição de lixo nas ruas das cidades, uma das principais vantagens, do ponto de vista ambiental, é minimizar os danos ao meio ambiente por conta do descarte de lixo realizado de forma incorreta.

5.2.2 Áreas verdes

As áreas verdes são espaços físicos urbanos com prevalência de vegetação arbórea, criado com diversos propósitos, correspondendo, em geral, o que se conhece como parques, jardins ou praças. São consideradas um indicador na avaliação da qualidade ambiental urbana e também obrigatória por lei. Quando não existem ou não são efetivas no ambiente urbano interferem na qualidade do mesmo,

e também a falta desses espaços adequados para o lazer prejudica a qualidade de vida da população.

Pesquisadores apontam que os bairros verdes funcionam como remédios naturais, pois ajudam a reduzir a poluição do ar, regulam a umidade e ainda minimizam o efeito do calor. As áreas de vegetação são essenciais para as cidades e funcionam como amenizadores microclimáticos. Sem eles, as cidades seriam cada vez mais quentes, formando ilhas de calor. Além de resfriar as cidades, as áreas verdes são essenciais para a redução de poluição e enchentes. Abaixo temos a imagem de uma área verde urbana (APOLINO 2018).

Figura 19 – Áreas verdes urbanas



Fonte: Infoescola

As áreas verdes podem ser classificadas como:

- Urbanas privadas e semi-públicas: fazem parte desta categoria os jardins residenciais, hortos urbanos, verde semi-público.
- Urbanas públicas: estão inclusas nesta categoria os parques urbanos, as praças, complexos recreativos e esportivos, jardim botânico e zoológico, cemitérios, entre outros.

5.2.3 Pavimentos permeáveis

Nos pavimentos impermeáveis ou de baixa permeabilidade, rapidamente há formação de escoamento superficial de água devido à falta de permeabilidade. Esta água superficial irá demandar os sistemas de microdrenagem durante o período de chuvas, podendo vir a causar enchentes (MARCHIONI, 2016). A figura a seguir mostra como um pavimento impermeável reage na presença de água.

Figura 20 – Exemplo de um pavimento praticamente impermeável



Fonte: Sahara

Ao contrário, os pavimentos permeáveis evitam este tipo de escoamento superficial, garantindo que boa parte da água seja infiltrada através de sua estrutura, podendo esta infiltrar no solo ou ser transportada através de sistemas auxiliares de drenagem, evitando um rápido acúmulo de volumes de água acima da superfície do piso (MARCHIONI, 2016)

Podendo ser encontrado em diversos locais e apresentando ótimas funcionalidades, os pavimentos permeáveis podem ser utilizados para a construção de estradas, ciclovias, calçadas, parques, estacionamentos e condomínios. A definição que mais se destaca em relação aos pavimentos permeáveis são os espaços livres presentes em sua estrutura, pois é através deles que a água da

chuva irá escoar e infiltrar no solo. Na figura 21 temos um exemplo de pavimento permeável.

Figura 21 – Instalação de um pavimento permeável



Fonte: Mapa da Obra

Os tipos de pavimentos permeáveis podem ser classificados segundo a sua composição e segundo a sua infiltração (BERTOLLETI, 2014). De acordo com sua composição, são eles:

- Pavimentos de asfalto poroso: o revestimento asfáltico é composto de forma similar aos convencionais, mas com a retirada de fração de areia fina da mistura dos agregados do pavimento. Essa graduação resulta em uma mistura asfáltica que pode conter de 18% a 25% de vazios, permitindo rápida percolação da água.
- Pavimentos de concreto poroso: a camada de concreto poroso é composta a partir do conceito similar ao pavimento de asfalto poroso, com retirada de areia fina da mistura dos agregados do pavimento. Como resultado consegue-se de 15% a 25% de vazios. Como consequência, também apresenta menor resistência em relação ao concreto comum e é indicado apenas para tráfego leve ou pouco intenso.

- Pavimento de blocos de concreto vazado: são assentados sobre material granular, como areia, e preenchidos com vegetação rasteira, como grama. Filtros geotêxteis, colocados sob a camada da areia, são importantes para prevenir o carregamento de areia fina para as camadas granulares inferiores.
- Pavimento de blocos de concreto e paralelepípedos: os blocos intertravados de concreto também possuem permeabilidade, cuja magnitude depende da permeabilidade do concreto do bloco em si e da granulometria do material de assentamento e das juntas. Contudo, a permeabilidade de tipo de pavimento é menor que a dos demais tipos e diminui com o tempo, chegando a ser metade do valor original apenas em cinco anos. Outro revestimento semi-rígido e modular é composto por paralelepípedos. As considerações em relação à permeabilidade e o material granular são similares às apresentadas para os blocos de concreto. A principal diferença é que para os paralelepípedos a permeabilidade do material em si não pode ser condicionada, enquanto que para os blocos é possível utilizar concreto poroso como forma de melhorar o desempenho do sistema.

Segundo a destinação da água:

- Pavimento com infiltração total: todo o volume coletado infiltra no solo. Quando o solo do subleito apresenta alta permeabilidade ou o nível do lençol freático for suficientemente baixo.
- Pavimento sem infiltração: todo o volume coletado é coletado por sistemas de drenagem com drenos perfurados e espaçados para a condução da água à rede de drenagem. Quando o solo do subleito apresenta baixa permeabilidade ou o nível do lençol freático encontra-se elevado.
- Pavimento com infiltração parcial: situação intermediária das condições de solo ou do lençol freático, permitindo infiltração parcial.

As principais vantagens e desvantagens da instalação de pavimentos permeáveis são:

- Vantagens: esse sistema é composto por um revestimento que permite a passagem da água através de uma camada formada por agregados com

granulometria aberta, criando espaços que atuam como reservatórios. O pavimento também mantém a área permeável do terreno e apresenta o melhor custo benefício em relação a outros sistemas de drenagem, como trincheiras de infiltração ou reservatórios de retenção para manejar a água da chuva no próprio lote. Os pavimentos permeáveis favorecem as árvores urbanas a medida que deixam passar água e ar para o nível das raízes.

- Desvantagens: o piso permeável, embora seja produzido com concreto, que é um material com alta resistência, não suporta cargas muito elevadas. Peso, volume e até a forma de transporte de carga podem danificar o piso. Também óleos de outros materiais contaminantes podem penetrar no pavimento e contaminar o solo. Por isso, sua utilização é recomendada em calçadas, pátios, estacionamento e parques.

5.2.4 Trincheiras de infiltração

Trincheiras de infiltração são escavações rasas preenchida com pedra britada com o objetivo de criar um armazenamento subterrâneo que permita a infiltração das águas pluviais do terreno (SILVEIRA, 2008). Uma trincheira pode ser utilizada como parte de um grande sistema de drenagem de águas pluviais, ou até mesmo como um único dispositivo de um sistema de água da chuva para uma pequena área. Na figura 22 temos a representação de uma trincheira de infiltração preenchida com pedras.

Figura 22 – Trincheira de infiltração



Fonte: Aquafluxus

Segundo Sousa (2002), as trincheiras de infiltração apresentam as seguintes vantagens e desvantagens:

- Vantagens: redução do risco de inundação; redução do escoamento superficial; melhoria da qualidade de água pluvial; ganho financeiro com a redução das dimensões da rede de drenagem; fácil construção; boa integração com o meio ambiente; controle da poluição das águas pluviais, influenciando na recuperação e preservação do meio ambiente.
- Desvantagens: preocupação com manutenção frequente; risco de colmatção; riscos de poluição do lençol freático; restrições de eficiência em áreas de fortes declividades.

6 COMENTÁRIOS FINAIS

A drenagem urbana é o conjunto de medidas que tem como objetivo diminuir os prejuízos causados por inundações. O sistema de drenagem de águas pluviais é de grande importância para a boa organização das cidades. Uma aplicação adequada do sistema de drenagem pode até trazer melhorias consideráveis para a população, tanto melhorias na economia quanto melhorias na saúde.

São vários os trabalhos voltados para a elaboração de soluções e métodos alternativos para os problemas de enchentes e inundações no meio urbano. Esse transtorno tem atingido vários países além do Brasil, trazendo consigo consequências negativas para a população dessas regiões, com perdas materiais e humanas, especialmente nas cidades em que a ocupação ocorre de forma desordenada.

Esses problemas, como foram mostrados no trabalho, têm como causa diversos fatores como: o crescimento da população, que trouxe a necessidade de se ter novas moradias com sistemas elétricos, hidrossanitários, entre outros sistemas que, por falta de dinheiro e planejamento, acabaram sendo realizados de maneira errada e precipitada; o acúmulo de lixo nas bocas de lobo e galerias e a falta de limpeza dos mesmos, entre outros.

Para resolver estes problemas, métodos convencionais podem não ser totalmente eficazes por conta do acúmulo de detritos nos sistemas e a falta de cuidados com ele, como foi mostrado no corpo do trabalho, sendo necessário buscar outros meios que auxiliem em uma drenagem adequada. Em determinadas situações, a substituição do sistema de drenagem convencional poderia ser levada em consideração, trazendo menos custos.

Então, em relação à viabilidade dos métodos alternativos de drenagem urbana apresentados nos resultados, o único que apresentaria algum problema seria a implantação de áreas verdes, pois a sua implantação não seria possível em uma avenida, a não ser que fossem implantadas vegetações nas calçadas. Um possível problema também poderia surgir na implantação de trincheiras de infiltração, pois uma das suas desvantagens é a restrição de eficiência em fortes declividades. Apesar da área não ter um nível de declividade acentuada, esse problema poderia ser discutido.

7 CONCLUSÃO

Na Avenida Presidente Castelo Branco, vimos que o seu sistema de drenagem é formado por galerias, poços de visita, bocas de lobo, sarjetas, entre outros elementos. Esse sistema tem como principal problema o entupimento da rede de drenagem por detritos e sedimentos. A falta de manutenção e limpeza dessas redes agrava ainda mais o problema.

Com esse estudo, foi possível entender que, com o devido controle do acúmulo de lixo e detritos nas ruas e avenidas e com o auxílio de áreas verdes e métodos alternativos há a possibilidade de correção e manutenção do sistema de drenagem convencional atual.

Com o auxílio de programas como o QGIS, que foi o software utilizado neste trabalho, é possível analisar as características de qualquer terreno e buscar soluções que se adequem aos locais examinados. As avaliações por meio de programas também permitem a verificação de aclives e declives no terreno que podem ajudar na identificação dos problemas na topografia que contribuem com a ocorrência de enchentes nas localizações.

REFERÊNCIAS

BERTOLLETI, A. G. **Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem.** Seminário 2014.

CARDOSO, A. N. **Sistemas urbanos de drenagem.** Disponível em: https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf. Acesso em: 05 de jun. de 2020.

CEARÁ. Prefeitura de Fortaleza. **Plano municipal de drenagem.** Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_drenagem.pdf. Acesso em: 30 de mai. De 2020.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/media/anual/2020-1-1>. Acesso em: 05 de jun. de 2020.

IPH/DEP. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Plano Diretor de Drenagem Urbana – Manual de Drenagem Urbana.** 2005.

MARCHIONI, M. L.; SILVA, C.O. **Conceitos e Requisitos para Pavimentos Intertravado Permeável.** Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/PR2_Conceitos_requisitos_pav_permeavel.pdf. Acesso em: 21 de jan. de 2021.

PNAD, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>. Acesso em: 20 de abr. de 2020.

PERSONALITE, A. **Bairros verdes: porque são importantes para o espaço urbano.** 2018.

POMPÊO, C. A. **Drenagem urbana sustentável.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Santa Catarina, v.5, n.1, p. 15-25. Disponível em: http://www.reasul.org.br/files/Drenagem_Urbana_Sustent%C3%A1vel_.pdf. Acesso em: 08 de jun. de 2020.

SAMPAIO, G.. P.; WANDERLEY, M. R.; CASSEB, G.. B.; NEGREIROS, M. A. M. P. **Descrição epidemiológica dos casos de leptospirose em hospital terciário de Rio Branco.** Revista Brasileira Clínica Medica. São Paulo, 2011, v.9, n. 5, p. 338-342. Disponível em: <http://files.bvs.br/upload/S/1679-1010/2011/v9n5/a2246.pdf>. Acesso em: 04 de jun. de 2020.

SILVEIRA, G.L. **Cobrança pela Drenagem Urbana de Águas Pluviais: incentivo à sustentabilidade.** Relatório de Pós-Doutorado 2008.

SOUZA, V.C.B. **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial.** 2002. 127p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 2 ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas.** Disponível em: <https://www.semrah.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem1.pdf>. Acesso em: 04 de jun. de 2020.