



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

AMANDA RODRIGUES CANUTO

**ALAGAMENTO URBANO NA CIDADE DE FORTALEZA: CAUSAS, EFEITOS E
SOLUÇÃO – UM ESTUDO DE CASO DA AVENIDA HERÁCLITO GRAÇA.**

FORTALEZA

2021

AMANDA RODRIGUES CANUTO

ALAGAMENTO URBANO NA CIDADE DE FORTALEZA: CAUSAS, EFEITOS E
SOLUÇÃO – UM ESTUDO DE CASO DA AVENIDA HERÁCLITO GRAÇA.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C235a Canuto, Amanda Rodrigues.
ALAGAMENTO URBANO NA CIDADE DE FORTALEZA:
CAUSAS, EFEITOS E SOLUÇÃO. : UM ESTUDO DE CASO DA
AVENIDA HERÁCLITO GRAÇA. / Amanda Rodrigues Canuto. -
2021.

80 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto.

1. Riacho Pajeú. 2. Alagamento. 3. Drenagem. I. Título.

CDD 624

AMANDA RODRIGUES CANUTO

ALAGAMENTO URBANO NA CIDADE DE FORTALEZA: CAUSAS, EFEITOS E
SOLUÇÃO – UM ESTUDO DE CASO DA AVENIDA HERÁCLITO GRAÇA.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Christus, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala
Neto.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto (Orientador)
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Profa. Ma. Paula Nobre de Andrade
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dr. André Gadelha de Oliveira
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

AGRADECIMENTOS

Início os meus agradecimentos por quem me deu a oportunidade e o privilégio de estar aqui, o Pai de nós todos: Deus. Foi quem me sustentou, me deu coragem e me deu forças, quando muitas vezes eu achei que não tinha mais, que não ia dar conta, que era muito peso. E hoje olhando pra trás, consigo enxergar tudo isso de uma forma muito mais clara, me sinto orgulhosa de mim mesma por tudo que passei, todas as experiências e todos os aprendizados.

Agradeço aos meus pais: Raimundo Irismar e Vanderlúcia, que nunca mediram esforços para me dar tudo de melhor, acreditaram em mim, depositaram toda confiança possível em todas as minhas escolhas sem questionar, investiram na minha educação e sempre me motivaram.

Agradeço a minha irmã Andressa, aos meus avós maternos: Joaquim e Sebastiana, que sempre se fizeram presentes na minha vida, sempre preocupados comigo e fazendo de um tudo por mim. Aos meus avós paternos: Zulmira e Edmar (*in memoriam*) que também sempre estiveram ao meu lado, cresci com eles, e parte do que eu sou hoje, dos meus valores eu devo a eles.

Ao meu orientador, Prof. Eliezer Abdala, meu muito obrigada por aceitar entrar nessa empreitada comigo e meus parabéns pelo profissional extremamente competente que é, eu o admiro muito. Durante todo o desenvolvimento da minha pesquisa, foi dedicado, atencioso e a cada reunião sempre estava a me motivar. Serei eternamente grata por toda a sua dedicação e por todo o conhecimento que o senhor me transmitiu.

Agradeço aos membros da minha banca, por dedicarem parte do seu tempo para ler, avaliar e contribuir com o desenvolvimento do meu trabalho, sempre dando sugestões ricas e coerentes, para que eu chegasse até aqui.

A todos os professores que tive no decorrer da graduação: obrigada! Vocês fazem do mundo um lugar melhor, obrigada por todo o acolhimento, comprometimento e todos os ensinamentos que me fizeram hoje Engenheira Civil.

Aos meus amigos de toda a vida, meus companheiros de raspa, obrigada por se fazerem presentes na minha vida até então, por sempre torcerem pelo meu sucesso e por terem colaborado com meu crescimento.

Aos amigos que a faculdade me deu, pessoas que eu amo de paixão e que fizeram com que esse período de graduação fosse mais leve e mais fácil, obrigada, vocês são um verdadeiro presente da Engenharia.

Gostaria de agradecer aos colegas de estágio que tive, foram pessoas que no decorrer desses anos, me ensinaram muito, me acolheram extremamente bem, me deram espaço, oportunidade, foram e ainda hoje são suportes na minha vida como profissional. Vocês sempre terão um lugar reservado no meu coração e no coração da minha família, nós somos extremamente gratos por tudo que vocês fizeram e fazem por mim.

Eu digo com muita propriedade, que não é fácil você sair do conforto da sua casa pra correr atrás de um sonho, de independência. É o medo do novo, a saudade diária da família, dos amigos e da vida confortável que se tem quando se mora com os pais. Mas hoje escrevendo esses agradecimentos, eu pude ver melhor o quanto sou abençoada, o quanto tudo valeu a pena, desde as dificuldades até os momentos de glória, eles me fizeram ainda mais forte, me trouxeram ensinamentos, um diploma e de brinde pessoas incríveis.

RESUMO

A Avenida Heráclito Graça, na cidade de Fortaleza/CE, sofre com alagamentos intensos causados pelo impedimento da dinâmica do ciclo hidrológico do Riacho Pajeú, que faz parte da bacia litorânea de Fortaleza, onde é formada por um conjunto de pequenos riachos que drenam para o Oceano Atlântico. A intervenção atípica sobre o leito do Riacho Pajeú, oriundo do crescimento demográfico acelerado da cidade e do planejamento inadequado da urbanização da região, resultou em situações caóticas de alagamentos recorrentes no período da quadra chuvosa, dado que a maior parte do riacho se encontra aterrado ou canalizado com um sistema de drenagem que não atende as precipitações da região. A referida pesquisa, analisa a situação a partir dos acontecimentos históricos no entorno do riacho e de sua importância em séculos passados, abordando também fatores hidrológicos que evidenciam a problemática atual, e ao final propõe-se uma alternativa para mitigar os feitos negativos provocados por estes impactos. Uma vez que o objetivo é estabelecer um panorama da gestão da drenagem na sub-bacia do riacho Pajeú, visando contribuir com uma solução aplicada às Políticas Públicas no setor que ampliam a capacidade de drenagem no local. Além da tal resolução, esta pesquisa ainda sugere uma forma para que a água dessas precipitações possam ser aproveitadas para o abastecimento da população.

Palavras-chave: Riacho Pajeú. Alagamento. Drenagem.

ABSTRACT

Avenida Heráclito Graça, in the city of Fortaleza / CE, suffers from intense flooding caused by the impediment of the dynamics of the hydrological cycle of the Riacho Pajeú, which is part of the coastal basin of Fortaleza, where it is formed by a set of small streams that drain into the Atlantic Ocean. The atypical intervention on the bed of the Pajeú Creek, resulting from the accelerated demographic growth of the city and the inadequate planning of the urbanization of the region, today results in chaotic situations of recurrent flooding during the rainy season, since most of the stream is grounded or piped with a drainage system that does not meet the region's rainfall. This research analyzes the situation from the historical events surrounding the stream and its importance in past centuries, also addressing hydrological factors that highlight the current problem, and at the end an alternative is proposed to mitigate the negative effects caused by these impacts. Since the objective is to establish a panorama of the drainage management in the sub-basin of the Pajeú stream, aiming to contribute with a solution applied to the Public Policies in the sector that expand the drainage capacity in the place. In addition to this resolution, this research also suggests a way for the water from these precipitations to be used to supply the population.

Keywords: Stream Pajeú. Flooding. Drainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico da população brasileira residente por situação de domicílio.	16
Figura 2 – População nos Censos Demográficos – NORDESTE; CEARÁ E FORTALEZA - (1872/2010).	18
Figura 3 – Curva de intensidade-duração-frequência de chuvas proposta para a estação climatológica da UFC em Fortaleza- CE.....	21
Figura 4 – Zona de Convergência Intertropical - ZCIT apresentada através de imagens do satélite METEOSAT-7.	23
Figura 5 – Ciclo Hidrológico.....	25
Figura 6 – Dinâmica da parcela de água que infiltra no solo e que pode percolar até os aquíferos.	26
Figura 7 – Esquema de Jardim de Chuva.	27
Figura 8 – Pavimentos Permeáveis.....	28
Figura 9 – Valo de Infiltração.....	29
Figura 10 – Plano de Infiltração com Valo (Trincheira Drenante).....	29
Figura 11 – Perfil Esquemático de Enchentes e Inundações.	31
Figura 12 – Componentes da Estrutura da Gestão das águas Urbanas.....	35
Figura 13 – Mapa do Estado do Ceará com destaque do Município de Fortaleza.	39
Figura 14 – Mapa das Regionais de Fortaleza.....	40
Figura 15 – Localização da área de estudo - Av. Heráclito Graça.	40
Figura 16 – Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.....	41
Figura 17 – Localização da Bacia da Vertente Marítima.	45
Figura 18 – Trajeto do Riacho Pajeú.	46
Figura 19 – Resíduos grosseiros impedindo o escoamento correto da água, na Av. Heráclito Graça, registro realizado logo após um evento de alagamento.	48
Figura 20 – Resíduos sólidos encontrados na pista de rolamento da Av. Heráclito Graça, registro realizado logo após um evento de alagamento.	48
Figura 21 – Tentativa de retenção de resíduos sólidos em Boca de Lobo na Av. Heráclito Graça, registro realizado logo após um evento de alagamento.	49
Figura 22 – Resíduos sólidos grosseiros obstruindo Boca de Leão na Av. Heráclito Graça, registro realizado logo após um evento de alagamento.	49
Figura 23 – Alagamento em março de 2019 na Av. Heráclito Graça, em Fortaleza/CE.	50
Figura 24 – Alagamento em janeiro de 2020 na Av. Heráclito Graça, em Fortaleza/CE.	50

Figura 25 – Alagamento em maio de 2021 na Av. Heráclito Graça, em Fortaleza/CE.	51
Figura 26 – Alagamento em maio de 2021 na Av. Heráclito Graça, em Fortaleza/CE.	51
Figura 27 – Localização da Quadra de Análise.....	61
Figura 28 – Imagem da quadra escolhida, com sequência das cobertas selecionadas para o cálculo do potencial de captação de águas pluviais.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fases do desenvolvimento das águas urbanas.	33
Quadro 2 – Situações Relevantes para diferentes métodos de pesquisa.....	37
Quadro 3 – Relação de Obras de Drenagem executadas em Fortaleza (2013/2020).	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População brasileira nos Censos Demográficos (1872/2010).	17
Tabela 2 – Densidade demográfica das cinco maiores cidades brasileiras.	19
Tabela 3 – Quantidade de eventos de chuva extrema em Fortaleza/CE (2004/2015).	19
Tabela 4 – Eventos de Chuvas extremas em Fortaleza/CE de (1974/2012).	20
Tabela 5 – Precipitação média por ano no Município de Fortaleza/CE (2011/2020).	24
Tabela 6 – Tipos de cobertura e sua inclinação.	62
Tabela 7 – Quadro de Áreas do local de análise.	62
Tabela 8 – Valores de C (runoff), em função da ocupação humana.	63
Tabela 9 – Cálculo de Intensidade e Vazão de Projeto.	63
Tabela 10 – Volume de água oriundo das precipitações na Quadra em análise.	65
Tabela 11 – Opções em modelos e dimensões para o reservatório referente a coleta da cobertura C9.	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	15
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	15
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Crescimento da População Urbana no Brasil	16
2.2 Chuva Extrema e Precipitação Máxima	19
2.3 Distribuição das Chuvas em Fortaleza/CE	22
2.4 Infiltração da Água	24
2.5 Dispositivos de Infiltração	27
2.5.1 <i>Jardins de Chuva</i>	27
2.5.2 <i>Pavimentos permeáveis</i>	28
2.5.3 <i>Valos de infiltração</i>	28
2.5.4 <i>Planos de infiltração</i>	29
2.6 Enchentes, Inundações e Alagamentos: Semelhanças e Diferenças	30
2.7 Alagamentos: Causas e Consequências	31
2.8 Drenagem Urbana	32
3 METODOLOGIA	37
3.1 Tipologia da Pesquisa	37
3.2 Caracterização da Área de Estudo	38
3.3 Etapas da Pesquisa	41
3.4 Desenvolvimento da Pesquisa	41
3.4.1 <i>Análise do histórico e das influências urbanas na cidade de Fortaleza</i>	41
3.4.2 <i>Caracterização do Riacho Pajeú</i>	42
3.4.3 <i>Dados de Precipitações</i>	42
3.4.4 <i>Causas e efeitos dos alagamentos na área de estudo</i>	43
3.4.5 <i>Medidas existentes no Controle de Alagamentos da área de estudo</i>	43
3.4.6 <i>Solução proposta com foco na resolução da problemática em estudo</i>	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1 Histórico e os fatores de influência nos alagamentos da Av. Heráclito Graça	45
4.2 Medidas estruturais e não estruturais realizadas na Av. Heráclito Graça	51
4.2.1 <i>Medidas não estruturais realizadas na Av. Heráclito Graça</i>	51
4.2.2 <i>Medidas estruturais realizadas na Av. Heráclito Graça</i>	52
4.3 Solução proposta para mitigar os alagamentos na Av. Heráclito Graça	59

<i>4.3.1 Solução proposta - Delimitação da quadra de análise e cálculo de áreas</i>	61
<i>4.3.2 Solução proposta - Potencial de captação das áreas delimitadas: cobertas e pela quadra</i>	63
<i>4.3.3 Solução proposta - Dimensionamento do reservatório para a edificação C9</i>	65
<i>4.3.4 Proposta de ações não estruturais para mitigar os alagamentos na Av. Heráclito Graça</i>	66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

Consta na Lei 11.445/07 que o saneamento básico é um conjunto de serviços, divididos em quatro categorias, que são elas: abastecimento de água; esgotamento sanitário; resíduos sólidos; drenagem e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007a).

É entendida como drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas, o conjunto de medidas relacionadas a infraestrutura afim de realizar o transporte, detenção ou retenção das águas pluviais com o intuito de minimizar as vazões de cheias em áreas urbanas, e assim diminuir as possibilidades de alagamentos e outros diversos prejuízos que podem acontecer devido a esses alagamentos (TUCCI *et al.*, 2007).

O descompasso entre o processo de urbanização e a drenagem urbana tem gerado grandes problemas de alagamentos, uma vez que esse evento pode estar ligado a deficiência no sistema de drenagem e a intervenções humanas no ciclo hidrológico da água (BRASIL, 2007b).

A cidade de Fortaleza, situada na região do Nordeste brasileiro no estado do Ceará, tem como uma de suas principais problemáticas os eventos de alagamentos que ocorrem de forma constante no período da quadra chuvosa, em alguns determinados pontos, como Rua Barão do Rio Branco com Rua Castro e Silva, no Centro; entre as avenidas Desembargador Moreira e Pontes Vieira, no bairro Dionísio Torres; Av. dos Jangadeiros, no bairro do Mucuripe; Av. Historiador Raimundo Girão com Rua Ildefonso Albano, no bairro Meireles; Av. Beira-Mar e Av. João Pessoa, no bairro Damas; ruas Diamante, no Bairro Barroso; Três Corações, Granja Portugal e Capitão Aragão, Aerolândia; Av. Duque de Caxias com rua da Assunção; Rua Francisco Glicério, na Maraponga; Rua Barão do Rio Branco com a rua Senador Alencar, no Centro; Av. Heráclito Graça, que é o ponto crítico de objeto dessa pesquisa; entre outros locais que a cidade conta com esse problema, que vem a afetar milhares de pessoas que de alguma forma dependem da região.

Em Fortaleza, dentre os fatores que ocasionam tal problema, tem-se o crescimento acelerado da população, sem a ampliação da infraestrutura urbana que suporte o adensamento da cidade e satisfaça às necessidades da população. Com esse crescimento, a busca por espaços para a construção de vias e edificações se tornou cada vez mais intensa, e sem planejamento algum, foram executados aterros em lagoas, os rios foram canalizados, desviados do seu curso, drenados em áreas que interfere na ocupação urbana, desfigurando a natureza, e gerando problemas (SIEBRA, 2019).

Aldeota e Centro, fazem parte dos bairros que possuem uma maior densidade populacional em Fortaleza (FORTALEZA, 2020a) e suas edificações e vias foram construídas sobre o aterramento de um riacho denominado Pajeú, em que fazia parte da bacia litorânea da

capital, onde o mesmo possui cerca de 5km de extensão e encontra-se em sua maior parte, correndo pelos sistemas de drenagem da região, tendo pouquíssimas áreas de forma encoberta (TEXEIRA, 2017).

Dentre as vias que alagam em Fortaleza no período da quadra chuvosa, tem-se a Av. Heráclito Graça no bairro Aldeota, que de acordo com Texeira (2017), é uma das vias que o riacho Pajeú está passando de forma canalizada. Essa ocasião de alagamento, é causada pelo somatório de diversos elementos, começando pela reconfiguração não planejada do riacho Pajeú, em que se foi construído uma cidade com elementos impermeáveis sobre ele e que quando somados aos eventos de precipitações acarreta um grande volume de escoamento superficial causando os referidos alagamentos (TUCCI, 2008; RINALDO, 2014).

A presente pesquisa além de trazer uma análise histórica da cidade de Fortaleza, levando em consideração a influência Riacho Pajeú no seu desenvolvimento, a mesma realiza também um confronto dos fatos com conceitos básicos da hidrologia e seus elementos que colaboram com a drenagem e a infiltração da água. A partir deste confronto, o trabalho especifica as causas e efeitos dos alagamentos na Avenida Heráclito Graça e traz à tona a necessidade de uma maior atenção por parte do poder público, com o intuito de tornar a infraestrutura da região mais satisfatória, visto que no decorrer de todos esses anos não houve nenhum planejamento ou ação que pudesse resolver por completo os problemas de alagamentos recorrentes da região que ocasionam uma série de danos a própria cidade e aos seus ocupantes.

Portanto, essa pesquisa está inserida no auxílio da problemática que a cidade de Fortaleza/CE enfrenta em decorrência desses alagamentos, expondo os fatores que de alguma forma contribuem para essa situação, e apresentando um método de resolução para tal problema que afeta grande parte da população dependente da região.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estabelecer um panorama da gestão da drenagem na sub-bacia do riacho Pajeú, visando contribuir com uma solução aplicada às Políticas Públicas no setor que ampliam a capacidade de drenagem na Avenida Heráclito Graça.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar o histórico e as influências das atividades urbanas sob o Riacho Pajeú, no entorno da Avenida Heráclito Graça na cidade de Fortaleza/CE;
- Elencar causas e efeitos dos alagamentos na Avenida Heráclito Graça, na cidade de Fortaleza/CE;
- Identificar as medidas estruturais e não estruturais para o controle dos alagamentos existente na área central da cidade de Fortaleza/CE, e previstas nos projetos e planos;
- Propor um método para mitigar a problemática de alagamento na Avenida Heráclito Graça, na cidade de Fortaleza/CE.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

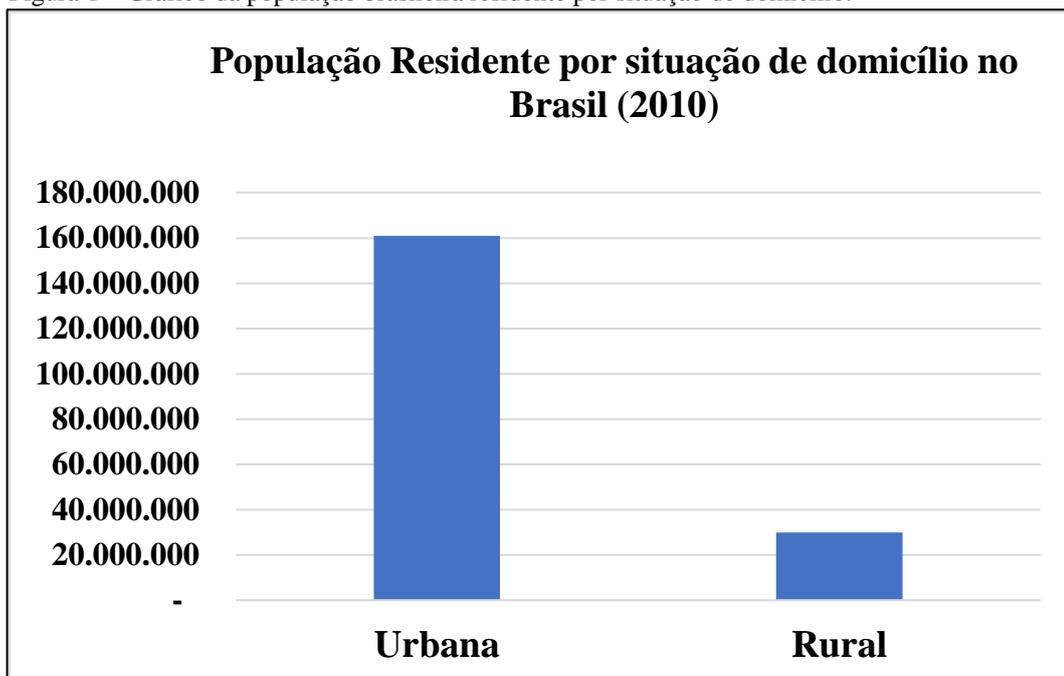
2.1 Crescimento da População Urbana no Brasil

No Brasil, entre os anos de 1870 e 1930 foi tido uma ampliação populacional expressiva, que resultou no aumento da taxa vegetativa do país, esses números foram beneficiados pela imigração internacional, que foi principal determinante do processo demográfico (CAMARANO; BELTÃO, 2000).

Torna-se impossível falar de crescimento populacional urbano, sem falar da urbanização das cidades, visto que esses dois fatores devem caminhar lado a lado. A urbanização brasileira, teve como uma das suas características mais marcantes, entre os anos de 1930 e 1980, à concentração progressiva da população urbana em cidades. Esse processo de crescimento urbano apresenta um número de habitantes urbanos superior a quantidade de habitantes rurais, devendo impulsionar o aumento da produtividade econômica, a inclusão social e a sustentabilidade ambiental (ROSANA, 2010).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010a), apenas 15,64% da população brasileira vive em área urbana. A Figura 1 apresenta um gráfico que contempla essa expressiva diferença entre o número de população rural e urbana no Brasil.

Figura 1 – Gráfico da população brasileira residente por situação de domicílio.



Fonte: Adaptado de IBGE (2010a).

Ainda de acordo com o Censo demográfico do IBGE (2010b), a população residente brasileira é de 190.755.799 habitantes, ficando o Brasil na posição de número 05 (cinco) da

escala de países com uma maior população no mundo. A Tabela 1 a seguir, apresenta o número de habitantes no Brasil, desde o seu primeiro censo em 1872 até 2010, onde pode ser observado o constante aumento da população.

Tabela 1 – População brasileira nos Censos Demográficos (1872/2010).

ANO	NÚMERO DE HABITANTES
1872	9.930.478 habitantes
1890	14.433.915 habitantes
1900	17.438.434 habitantes
1920	30.635.605 habitantes
1940	41.236.315 habitantes
1950	51.944.397 habitantes
1960	70.992.343 habitantes
1970	94.508.583 habitantes
1980	121.150.573 habitantes
1991	146.917.459 habitantes
2000	169.590.693 habitantes
2010	190.755.799 habitantes

Fonte: Adaptado de IBGE (2020b).

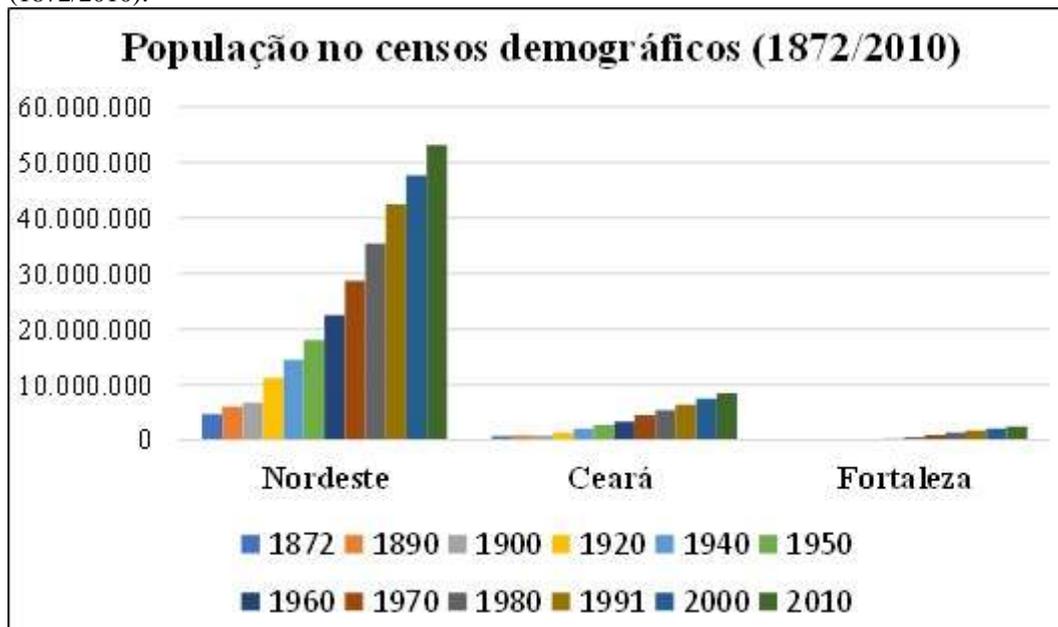
Entrando no âmbito de crescimento populacional em escala mundial, a Organização das Nações Unidas (ONU) prevê ainda que em 2050, a população mundial venha a crescer em cerca de 2 bilhões de pessoas, passando de 7,7 bilhões para 9,7 bilhões. O estudo ainda conclui que em 2100 a população mundial poderá atingir o seu pico, chegando em 11 milhões de pessoas (ONU, 2019).

Fortaleza, cidade brasileira e capital do estado do Ceará, crescia de forma vagarosa no início do século XIX, e como muitas outras cidades, tem naturalmente a sua limitação, onde desenvolveu-se à margem esquerda do Pajeú, acompanhando as tortuosidades deste Rio, que foi a principal fonte de abastecimento de água durante muito tempo (COSTA, 2014).

Após a grande seca de 1958, Fortaleza apresenta entre às décadas de 1950-60 a mais expressiva taxa de crescimento populacional da sua história (90,5%). A cidade se expande, porém sem planejamento e carente em infraestrutura e serviços (COSTA; PEQUENO, 2015).

A Figura 2, apresenta um gráfico da população nos censos demográficos de 1872 até o último censo de 2010, contemplando nele a região do Nordeste, Estado do Ceará e a cidade de Fortaleza, em que é possível observar o crescimento populacional bastante expressivo no decorrer dos anos.

Figura 2 – População nos Censos Demográficos – NORDESTE; CEARÁ E FORTALEZA - (1872/2010).



Fonte: Adaptado de IBGE (2010b).

Segundo IBGE (2020c), para 2020, o Estado do Ceará possui mais de 9,1 milhões de habitantes, sendo Fortaleza a cidade que abriga mais de 2,5 milhões de habitantes. Esse número pode ser justificado devido a busca cada vez mais intensa por empregos, educação, serviços de saúde, infraestrutura urbana, entre outros motivos para se ter uma melhor qualidade de vida (MONTEIRO; VERAS, 2017).

A densidade demográfica é o número médio de habitantes por quilômetros quadrados, e o mapeamento desses números é feito de forma recorrente nas cidades que utilizam esses dados para realizar planejamentos e ações estratégicas, com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população nas mais variadas áreas, tais como: saneamento básico, saúde, trânsito, educação, entre outras (SANTOS; HOLMES; RAMOS, 2018).

A cidade de Fortaleza que cresceu as margens do Rio Pajeú, tem grande parte da sua densidade populacional nesta mesma região (COSTA, 2014). A Tabela 2 apresenta a taxa de densidade populacional nas cinco maiores cidades brasileiras (Fortaleza, São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador e Brasília), de acordo com o último censo (2010), onde é possível observar que Fortaleza é a capital que possui o maior contingente populacional do país, sendo a capital brasileira que possui uma maior densidade populacional.

Tabela 2 – Densidade demográfica das cinco maiores cidades brasileiras.

CIDADE	DENSIDADE DEMOGRÁFICA
FORTALEZA (CE)	7.786,44 hab/km²
SÃO PAULO (SP)	7.398,26 hab/km ²
RIO DE JANEIRO (RJ)	5.265,82 hab/km²
SALVADOR (BA)	3.859,44 hab/km ²
BRASÍLIA (DF)	444,66 hab/km²

Fonte: Adaptado de IBGE (2010d).

2.2 Chuva Extrema e Precipitação Máxima

Precipitações podem ser compreendidas por águas oriundas do vapor de água da atmosfera que são depositadas na superfície terrestre, onde essa ação pode ainda acontecer por diversas formas, sendo elas por: chuva, granizo, neblina, neve, orvalho ou geada (CARVALHO; SILVA, 2006). Segundo Santos (2002), o componente mais importante do ciclo hidrológico é a precipitação, em que se forma o elo de ligação direta entre a água da atmosfera e o solo. Assim, entende-se como precipitação todas as formas de umidade transferida da atmosfera para a superfície terrestre.

A chuva não é distribuída de forma uniforme no espaço, portanto, faz-se necessário determinar a sua intensidade, duração e frequência para que através desses parâmetros possa ser executado um planejamento das infraestruturas urbanas adequadamente (PEREZ, 2013).

De acordo com Tucci (2007) a definição de precipitação máxima é entendida de acordo com a ocorrência extrema da mesma, com duração, distribuição temporal e espacial. Rodrigues *et al.* (2017), realizaram uma análise da quantidade de eventos de chuva extrema em Fortaleza entre os anos de 2004 e 2015 (Tabela 3), levando em consideração apenas as ocorrências de chuvas acima de 60mm/24h, foi possível contabilizar 34 eventos, sendo 17 destes entre 60 e 80mm, 9 de 80 a 100mm e um total de 8 acima de 100 mm, onde é possível observar que eventos acima de 100 mm são de natureza raríssima.

Tabela 3 – Quantidade de eventos de chuva extrema em Fortaleza/CE (2004/2015).

CLASSE (mm)	TOTAL DE EVENTOS DE CHUVA EXTREMA EM 24H
60 – 80	17
80 – 100	09
>100	08

Fonte: RODRIGUES *et al.* (2017)

Monteiro e Zanella (2013), realizaram uma pesquisa levando em consideração apenas os eventos de precipitações mais raros de Fortaleza, com no mínimo 116,6 mm, este levantamento esteve entre os intervalos dos anos de 1974 e 2012, do posto pluviométrico do Pici. A Tabela 4 apresenta esses respectivos eventos e suas datas.

Tabela 4 – Eventos de Chuvas extremas em Fortaleza/CE de (1974/2012).

DATA DA OCORRÊNCIA	TOTAL ACUMULADO DE CHUVA (MM)
16/03/1991	116,6 mm
03/03/1979	117,7 mm
12/02/1978	122,2 mm
11/04/2001	124,2 mm
10/01/2011	128,8 mm
07/03/2004	135,2 mm
19/03/2003	138,0 mm
01/03/1986	140,4 mm
31/03/1986	142,8 mm
03/04/1985	145,5 mm
01/05/1974	147,0 mm
21/03/1981	161,6 mm
24/04/1997	162,0 mm
02/06/1977	168,0 mm
27/03/2012	197,5 mm
23/06/2012	197,6 mm
29/01/2004	197,0 mm

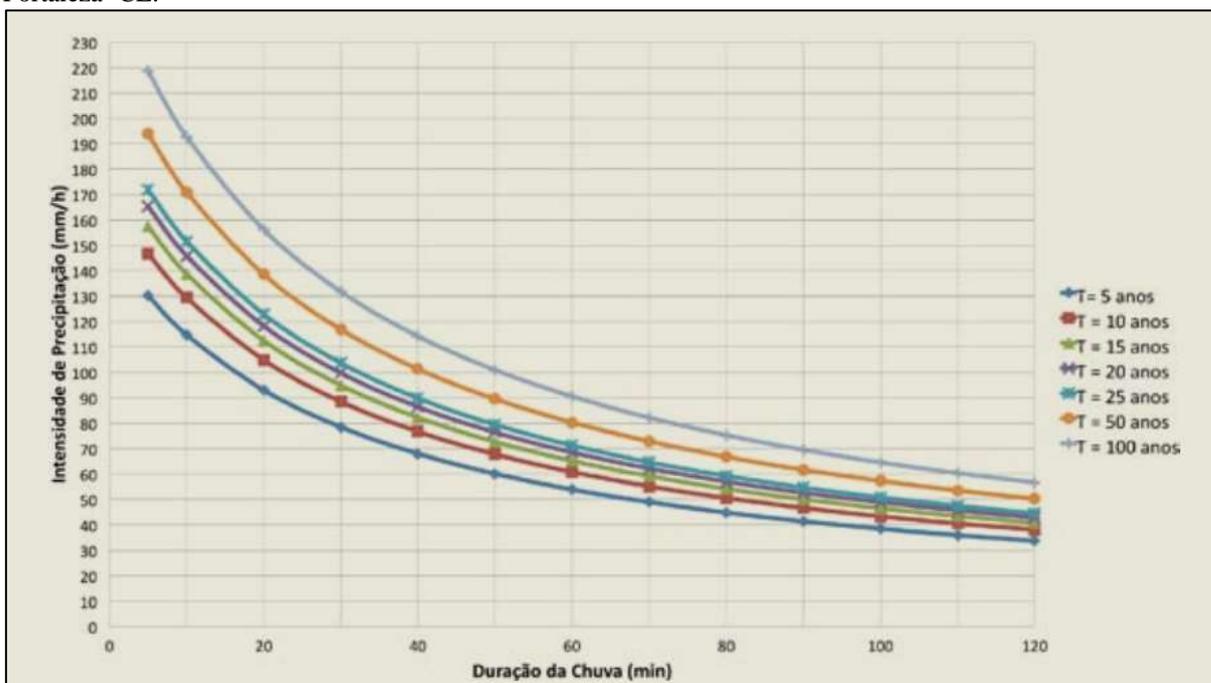
Fonte: Adaptado de Monteiro e Zanella (2013).

Segundo os dados da FUNCEME (2020b), para Fortaleza/CE, tendo como parâmetro mínimo ainda os 116,6 mm, utilizados por Monteiro e Zanella (2013), foi realizado um levantamento de todos os eventos de precipitações entre os anos de 2013 e o primeiro semestre de 2020, e foi observado apenas um evento, no dia 15 de março de 2020, com 124,4 mm. Ressalta-se que essa análise foi realizada também através do posto do Pici.

A ocorrência de alagamentos é dada em sua maioria das vezes por eventos de chuvas extremas e precipitações máximas (BRAGA, 2016). Nesse contexto compreende-se que os dados de precipitação máxima são de suma importância, para que dessa forma possa ser realizado um dimensionamento adequado de acordo com as ocorrências extremas em suas determinadas regiões de estudo (BEIJO; MUNIZ; CASTRO NETO, 2005).

Para realizar uma avaliação de frequência de chuvas máximas, é necessário calcular a precipitação que atinge a uma área, em uma determinada duração de tempo, com uma dada probabilidade de ocorrência em um ano qualquer. As curvas IDF (Intensidade – Duração – Frequência) representam uma forma de se determinar chuvas extremas para determinadas localidades que, por meio de dados coletados por pluviógrafos em séries longas de dados, mais precisamente por pelo menos 15 anos, tem-se uma seleção das maiores precipitações em uma determinada duração de tempo (COLLISCHON; TASSI, 2008). A Figura 3 apresenta um modelo de curva IDF, com base em dados de pluviógrafo da Universidade Federal do Ceará (UFC) da cidade de Fortaleza.

Figura 3 – Curva de intensidade-duração-frequência de chuvas proposta para a estação climatológica da UFC em Fortaleza- CE.



Fonte: SILVA; PALÁCIO JUNIOR; CAMPOS (2013).

O procedimento para a obtenção dos resultados é realizado diversas vezes utilizando números diferentes para a duração da chuva, é dessa forma que os resultados são resumidos na forma de um gráfico, ou equação, contemplando as três variáveis: Intensidade, Duração e Tempo de Retorno (COLLISCHON; TASSI, 2008).

Esse estudo é essencial para a elaboração de projetos no âmbito de obras hidráulicas, uma vez que possibilitam a determinação da chuva de projeto, que nada mais são que chuvas idealizadas para calcular as vazões máximas em um determinado rio ou córrego a partir das informações de chuvas intensas (SILVA; OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Villela e Matos (1975), o modelo mais clássico utilizado é expresso pela Equação 1, ressalta-se ainda que os parâmetros B, n, K e m são válidos apenas para a região que foram obtidos os dados.

$$i = \frac{KT^m}{(t + B)^n} \quad (1)$$

Em que:

i = intensidade da chuva;

K, m, B e n são parâmetros a determinar;

t = duração da chuva;

T = período de retorno em anos.

A Equação 2, é a equação desenvolvida por Silva, Palácio Junior e Campos (2013), que representa as chuvas intensas para a cidade de Fortaleza.

$$i = \frac{2345,29 Tr^{0,173}}{(t + 28,31)^{0,904}} \quad (2)$$

Em que:

i = intensidade da chuva;

t = duração da chuva;

Tr = período de retorno em anos.

2.3 Distribuição das Chuvas em Fortaleza/CE

A problemática dos alagamentos não é ocasionada somente pelos fatores de urbanização e crescimento demográfico, também está ligado de modo direto a disponibilidade de precipitações. Por ter uma escala grande em extensão territorial, o Brasil possui também uma grande variação nos regimes pluviométricos, onde os mesmos variam de região para região (RINALDO, 2014).

Na região do Nordeste brasileiro, existem vários tipos de sistemas meteorológicos que atuam no tempo e no clima, tais como: Zona de Convergência Intertropical, Frente Fria, Vórtice Ciclônico de Ar Superior, Linhas de Instabilidade, Complexos Convectivos de Mesoescala, Ondas de leste e Brisas terrestres e marítimas (FUNCEME, 2002).

Na cidade de Fortaleza e no próprio Estado que a mesma está inserida (Estado do Ceará), o sistema meteorológico mais significativo para que se possa determinar o quão abundante ou deficiente será as precipitações no período da quadra chuvosa é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que nada mais é do que nuvens que rodeiam a faixa equatorial da terra, formadas pelos ventos alísios do hemisfério norte e sul. A convergência desses referidos ventos, são responsáveis por ascender o ar, quente e úmido, carregando-os de umidade do oceano para altos níveis da atmosfera, resultando na formação das nuvens (FUNCEME, 2002; MONTEIRO; ZANELLA, 2013).

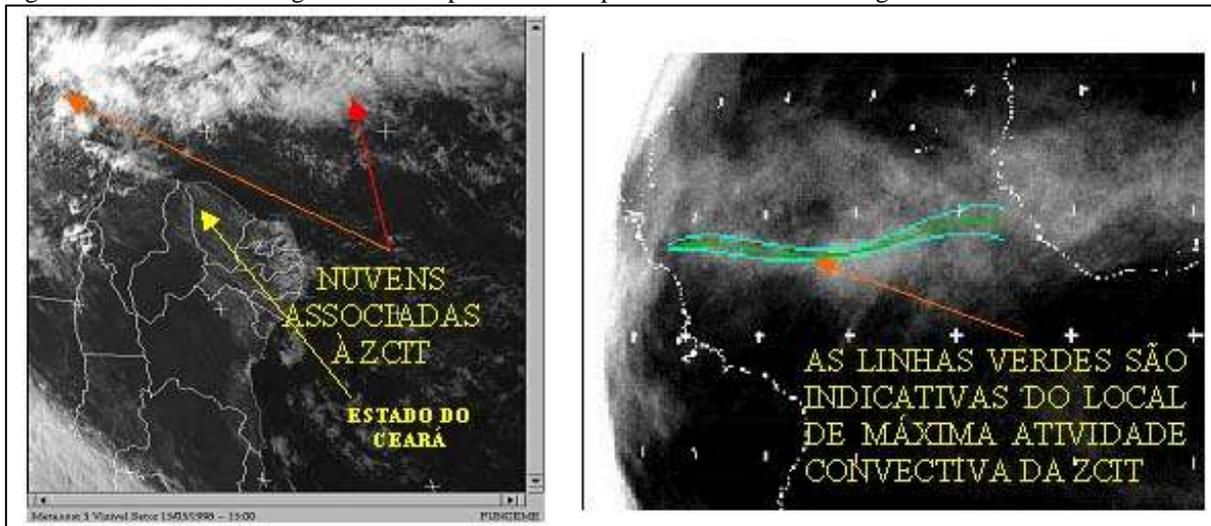
De acordo com Ferreira (1996), a ZCIT é estabelecida de acordo com as interações das características atmosféricas e oceânicas, tais como:

- Zona de confluência dos Alísios (ZCA);
- Zona do cavado equatorial;
- Zona de máxima temperatura da superfície do mar;
- Zona de máxima convergência de massa;

- Zona da banda de máxima cobertura de nuvens convectivas.

O mesmo autor ainda destaca que, apesar dessas interações, as características não ocorrem ao mesmo tempo sobre mesma latitude. A Figura 4 apresenta imagens via satélite da ZCIT.

Figura 4 – Zona de Convergência Intertropical - ZCIT apresentada através de imagens do satélite METEOSAT-7.



Fonte: FUNCEME (2002).

Fortaleza, ainda conta com outros tipos de sistemas meteorológicos para diferentes períodos do ano, sendo eles: os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, que ocorrem durante o período da pré-estação chuvosa; as Linhas de Instabilidade que atuam durante os meses de fevereiro e março; os Complexos Convectivos de Mesoescala, formados apenas em condições favoráveis; Ondas de Leste que atuam nas chuvas dos meses de junho e agosto; e as Brisas terrestres e marítimas que também contribuem para eventos de precipitação. Com isso, pode-se observar que os maiores índices pluviométricos de Fortaleza, ocorrem no primeiro semestre do ano (ZANELLA; MELLO, 2006).

O Estado do Ceará possui uma intensa variabilidade climática, o que impõe desafios para gerenciamento de águas (MARTINS; VASCONCELOS JUNIOR, 2017), com isso, em 1972 foi criada a Fundação Cearense de Meteorologia e Chuvas Artificiais que após 15 anos veio a se tornar a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), integrando a Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará. A FUNCEME é uma das mais importantes instituições no âmbito da pesquisa e desenvolvimento em Meteorologia, Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Brasil, sendo ela a instituição responsável pelos monitoramentos pluviométricos no Estado do Ceará (FUNCEME, 2020a).

Fortaleza, está situada no norte do estado do Ceará, e possui como clima predominante o tropical semiúmido. O período das precipitações é classificado entre a pré-

estação, quadra chuvosa e pós-estação, onde o período da pré-estação se dá no início do mês de dezembro, percorrendo até janeiro. Já a quadra chuvosa se inicia no mês de fevereiro e se estende até maio, e a pós-estação sendo prolongada para os meses de junho e julho (VISITE CEARÁ, 2020; FUNCEME, 2019).

De acordo com a Tabela 5, que apresenta a precipitação média por ano na cidade de Fortaleza/CE, é possível observar que a pluviometria observada de Fortaleza cresceu de forma significativa na maioria dos anos, sendo 2012 e 2013 os anos que as precipitações foram menores. 2019 foi o ano em que houve uma maior pluviometria, com 1.671,00mm a mais que o menor ano (2012). O último ano (2020), é possível observar um caimento na pluviometria, no entanto, é o terceiro ano mais chuvoso entre 2011 e 2020.

Tabela 5 – Precipitação média por ano no Município de Fortaleza/CE (2011/2020).

ANO	MÉDIA PLUVIOMÉTRICA (mm)	PLUVIOMETRIA OBSERVADA (mm)	DESVIO (%)
2020	1444.6	1970,6	36.4
2019	1444.6	2323.4	60.8
2018	1444.6	1545.5	7
2017	1444.6	1423.4	-1.5
2016	1444.6	1362.6	-5.7
2015	1444.6	1279.4	-11.4
2014	1444.6	1034.1	-28.4
2013	1444.6	652.4	-54.8
2012	1444.6	968.4	-33
2011	1444.6	2075.4	43.7

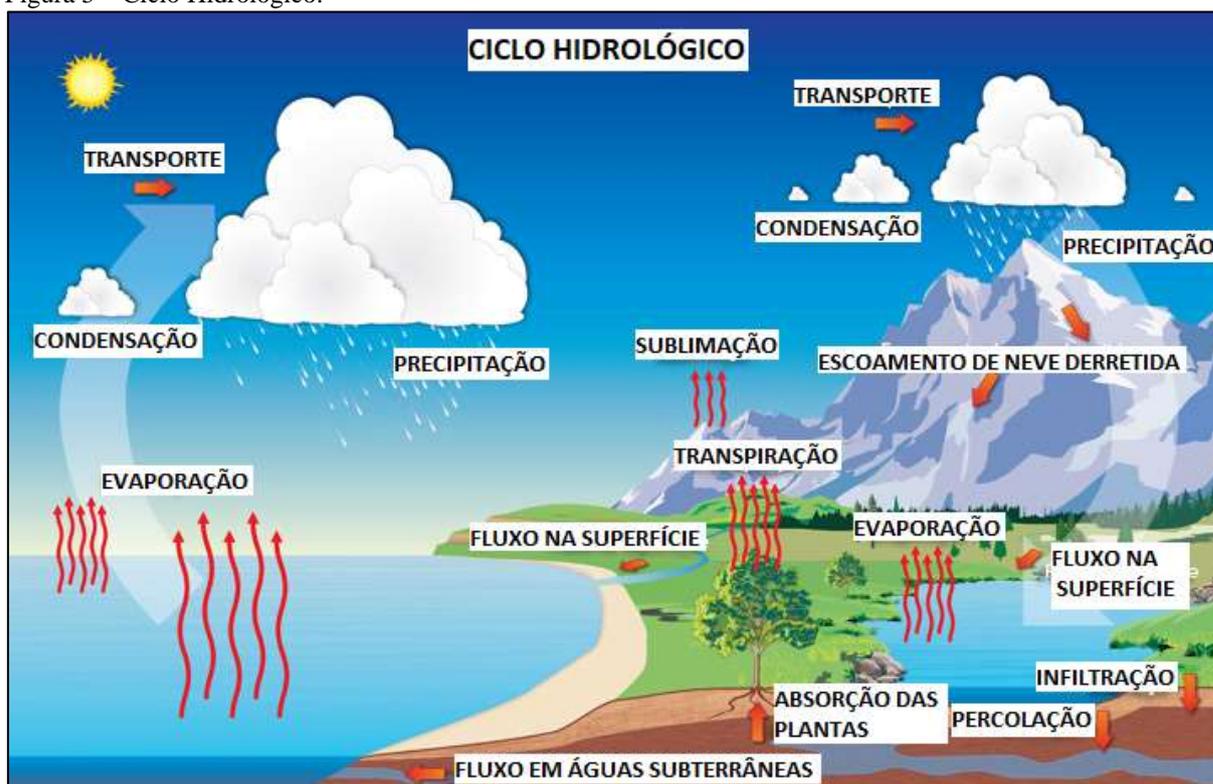
Fonte: FUNCEME (2020a).

2.4 Infiltração da Água

Líquido, sólido e gasoso, são os três estados disponíveis da água, na temperatura ambiente, um recurso natural que está distribuído em quatro reservatórios, sendo eles: Atmosfera, Litosfera, Hidrosfera e Biosfera. A integração entre esses reservatórios é denominada como ciclo hidrológico, que nada mais é do que a circulação contínua da água que é transportada de um lugar para o outro, sendo impulsionada pela energia solar e a força da gravidade, proporcionando os componentes do ciclo hidrológico, quais sejam: evaporação, evapotranspiração, precipitação, interceptação, infiltração, percolação e escoamento superficial (MACHADO; PACHECO, 2010).

Figura 5 apresenta o ciclo hidrológico e seus componentes que resultam na dinâmica da água na natureza.

Figura 5 – Ciclo Hidrológico.



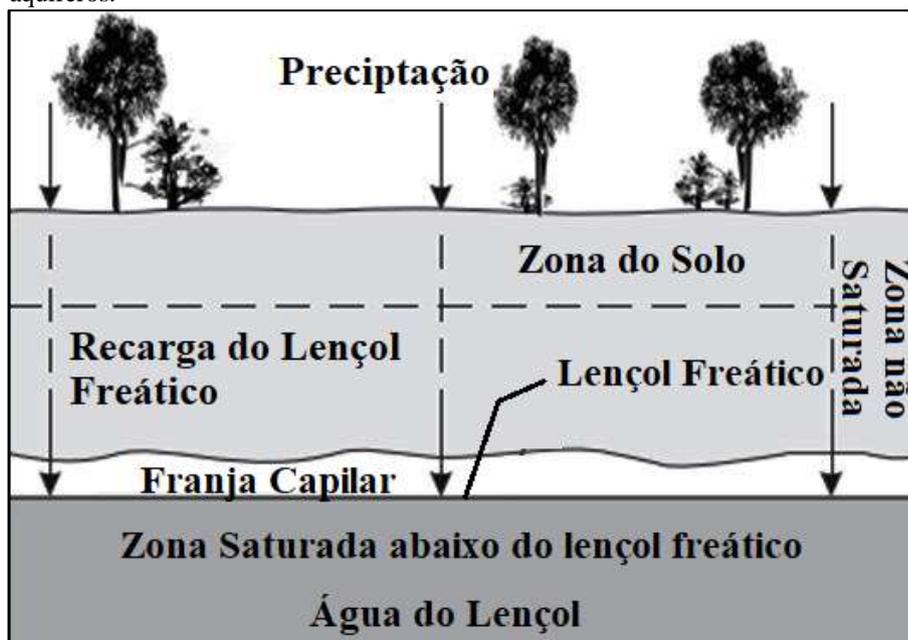
Fonte: Adaptado de KHAN ACADEMY (2020).

O processo que a água atravessa a superfície do solo, é chamado de infiltração. Esse processo possui grande importância, uma vez que influencia de forma direta no escoamento superficial da água, de modo que se esse escoamento apresentar uma alta taxa, o tornará um dos responsáveis pelos eventos de alagamentos e inundações (CARVALHO; SILVA, 2016).

A infiltração em áreas urbanas e rurais possuem diferenças, uma vez que a maior parte do solo rural está descoberto, facilitando a infiltração. Já em áreas urbanas, a maior parte do solo está coberto por asfaltamento e construções, o que dificulta o processo de infiltração (RINALDO, 2014).

Após o processo de precipitação, em que ocorre o processo de infiltração de uma parcela da água no solo, efetivamente, essa água se torna disponível para absorção das plantas, assim como também para retornar a atmosfera por meio da evapotranspiração. A água que não é dirigida para nenhuma dessas finalidades continua seu percurso descendente, percolando até estar disponível como recarga do reservatório de água subsuperficial ou subterrâneo e então passa por um processo de convergência para as correntes de fluxo. (MOLINARI; VIEIRA, 2004). A Figura 6, apresenta um esquema da dinâmica da parcela de água que infiltra no solo e pode atingir, pela percolação, os aquíferos. Toda essa movimentação inicia-se a partir da precipitação.

Figura 6 – Dinâmica da parcela de água que infiltra no solo e que pode percolar até os aquíferos.



Fonte: Adaptado de WATER, S. B. (2013).

A água que é infiltrada no solo, colabora com a recarga do lençol freático, que é responsável pela manutenção das vazões dos aquíferos subterrâneos. Quanto maior a área permeável do pavimento, menor será o volume de escoamento superficial, contribuindo diretamente na redução de enchentes e inundações que possam acontecer (MOTA, 1999 *apud* MAUS; RIGHES; BURIOL, 2007, p. 02).

Existem inúmeros fatores que colaboram com a capacidade de absorção de um solo, dentre eles: a cobertura vegetal, tipo de solo, nível freático, umidade do solo e qualidade das águas de drenagem (CANHOLI, 2005 *apud* RINALDO, 2014, p. 31).

A infiltração do solo ocorre de forma ainda mais rápida se o mesmo estiver seco, visto que este passará por um processo de umedecimento, onde irá diminuir a capacidade de infiltração até que o processo alcance uma velocidade de infiltração de equilíbrio em que a absorção da água pelo solo chega a ser muito pequena ou até praticamente nula. Ressalta-se ainda que essa velocidade de equilíbrio depende diretamente de alguns fatores, como a textura do solo, sua estrutura e porosidade (LEPSCH, 1993 *apud* MOLINARI; VIEIRA, 2004, p. 1).

Portanto, para compreender como ocorre a infiltração da água no solo, faz-se necessário um estudo dos processos erosivos em conjunto com as características de cada solo, levando em conta as modificações feitas pelo homem. É a partir dessa análise, que se pode prever e/ou minimizar os efeitos causados pelas modificações do homem que provocam alagamentos nas cidades (MOLINARI; VIEIRA, 2004).

2.5 Dispositivos de Infiltração

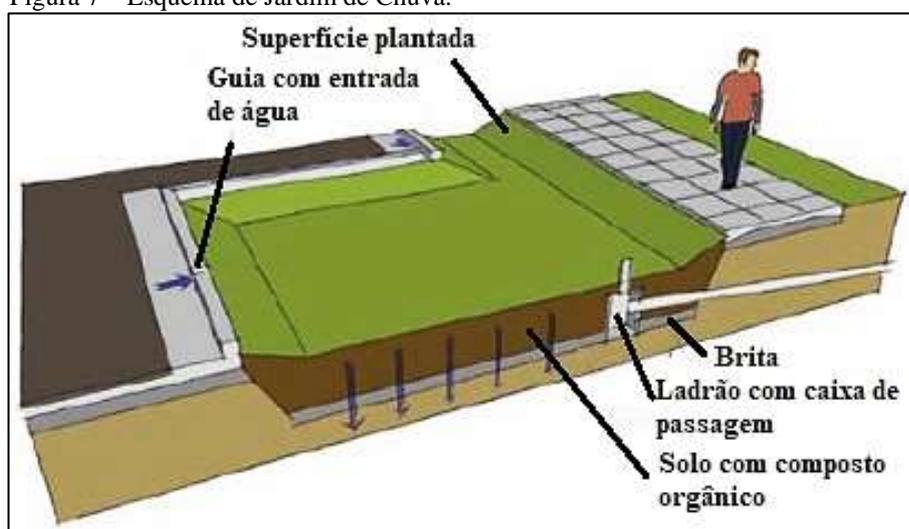
Existem dispositivos de infiltração que são responsáveis por fazer a retirada das águas do sistema pluvial, promovendo sua absorção pelo solo e conseqüentemente, diminuindo o escoamento superficial. É neste sentido, que se faz necessário a utilização desses dispositivos, com o intuito de criar uma maior infiltração no solo. Pavimentos porosos, trincheiras de infiltração, faixas e valas gramadas são alguns dos muitos exemplos comuns de tais dispositivos (PARANÁ, 2002).

Esses dispositivos tem como vantagem a redução dos riscos de alagamentos, visto que funcionam como um sistema de detenção, ainda fazendo com que o volume de água infiltre no solo, colaborando automaticamente com as recargas do lençol freático. É possível destacar que o aspecto final das estruturas não influencia na paisagem e podem ser utilizadas como uma opção de baixo impacto para um problema de grande escala, dado que esses métodos ainda permanecem não sendo muito utilizados (ZAHED FILHO; MARTINS; PORTO, 2012).

2.5.1 Jardins de Chuva

São dispositivos utilizados para drenar água, armazenando águas pluviais para que posteriormente possam ser infiltradas no solo realizando recarga subterrânea de lenções freáticos e aquíferos. Estes dispositivos são desenvolvidos com vegetação e solos com uma alta taxa de permeabilidade (DOURADO; SILVA; MENDES, 2020). A Figura 7, apresenta um esquema de jardim de chuva.

Figura 7 – Esquema de Jardim de Chuva.

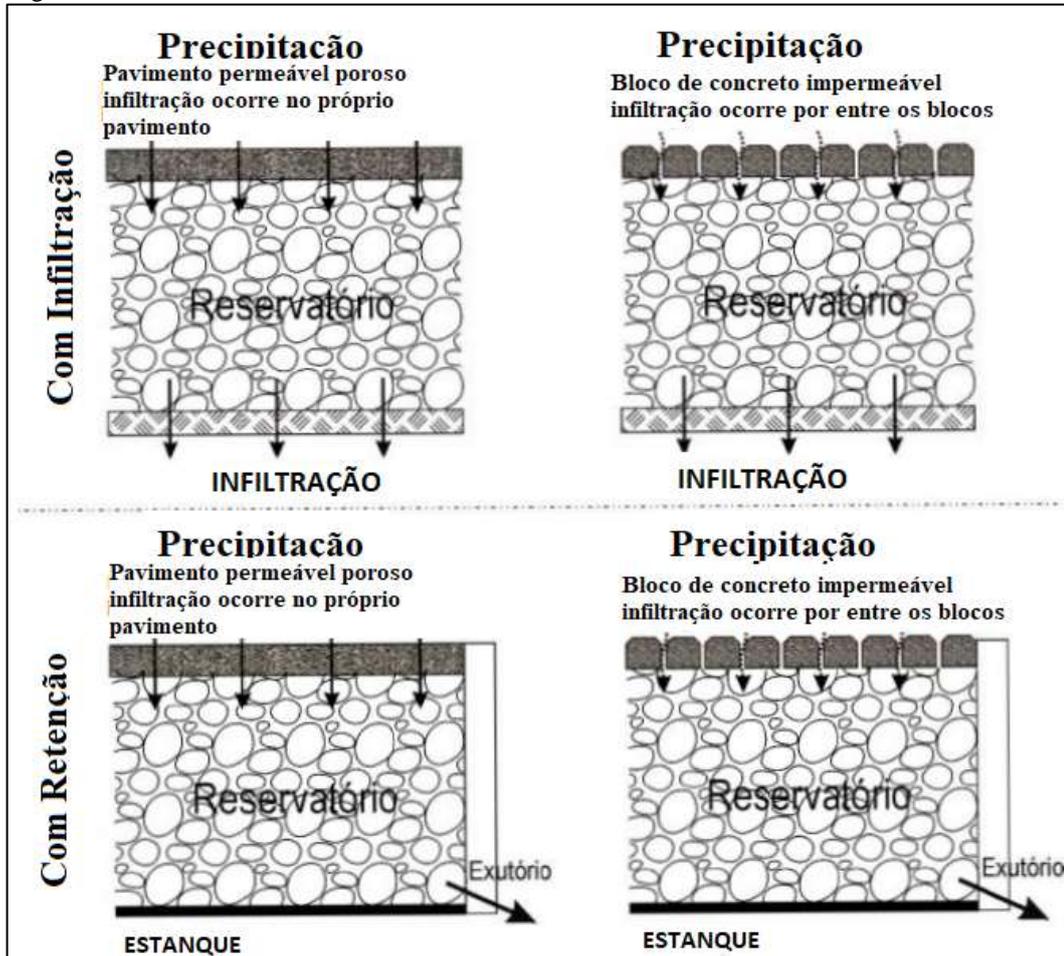


Fonte: Adaptado de Reforma Fácil (2011).

2.5.2 Pavimentos permeáveis

Os pavimentos permeáveis (Figura 8) podem ser utilizados nos mais variados locais, como passeios, pista de rolamento, estacionamentos, entre outros locais (PARANÁ, 2002).

Figura 8 – Pavimentos Permeáveis.

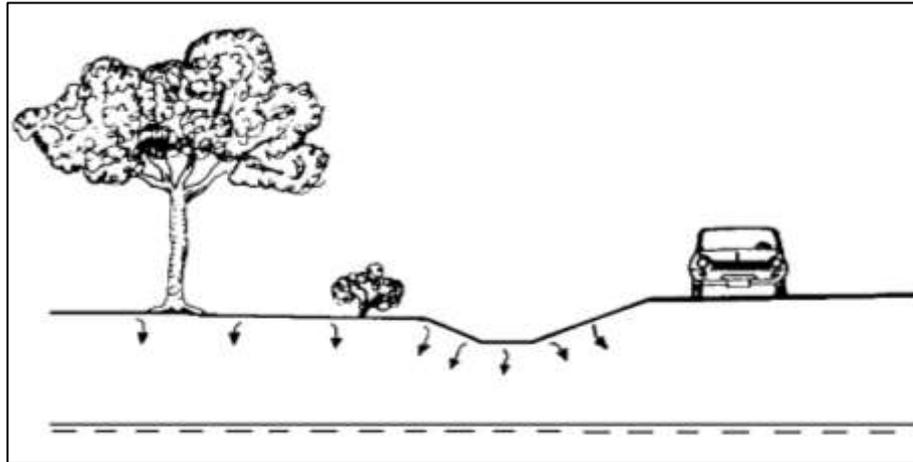


Fonte: Adaptado de ROCHA (2014).

2.5.3 Valos de infiltração

São intervenções laterais de drenagem aplicadas em ruas, estradas, estacionamento, entre outros. Esses valos criam condições para infiltração, concentrando o fluxo em áreas adjacente. Após grandes precipitações, o nível sobe e, nessas condições a infiltração se torna mais devagar, onde a água se mantém parada por um tempo. Portanto, o seu volume deve ser o suficiente para que não ocorra alagamentos. Os valos de infiltração funcionam como um reservatório de detenção. Ressalta-se ainda que este dispositivo colabora com a redução da quantidade de elementos de poluição que possa ser transportada para jusante (PARANÁ, 2002). A Figura 9, apresenta uma ilustração de um valo de infiltração.

Figura 9 – Valo de Infiltração.



Fonte: TUCCI (2005).

2.5.4 Planos de infiltração

Estes dispositivos podem ser de diversos tipos, tendo como critério a sua disposição local. Planos de infiltração, nada mais são do que locais com áreas gramadas, que recebem águas oriundas de locais impermeáveis, possuindo ainda alguns critérios para seu funcionamento, pois grandes volumes de infiltração podem deixar o local submerso, assim como também materiais que podem vir a intervir na sua capacidade de infiltração (PARANÁ, 2002). A Figura 10 apresenta um exemplo de plano de infiltração com valo.

Figura 10 – Plano de Infiltração com Valo (Trincheira Drenante).



Fonte: Arquivo da Autora (2019).

2.6 Enchentes, Inundações e Alagamentos: Semelhanças e Diferenças

A definição de Enchentes, Inundações e Alagamentos são confundidos constantemente, devido as certas semelhanças que os mesmos possuem, visto que todos eles são caracterizados como desastres naturais provocados por precipitações de diferentes intensidades e durações, e agravadas pelas intervenções humanas (FERNANDES; VIEIRA, 2018).

Enchentes podem ser definidas como grandes cheias que ocorrem nos rios e causam desastres, resultando em perdas na agricultura, pecuária e nas cidades próximas. Podem também ser caracterizadas por não ocorrerem de forma regular (GUERRA, 1998 *apud* VARGAS DE CRISTO, 2002, p. 48).

A elevação do nível de água nesses rios que causam as enchentes, podem ser consequências de diversos fatores, dentre eles o desflorestamento, que substitui a cobertura natural do solo que é capaz de absorver e escoar a água diminuindo o tempo de concentração da mesma na superfície, por coberturas impermeáveis (FERNANDES; VIEIRA, 2018).

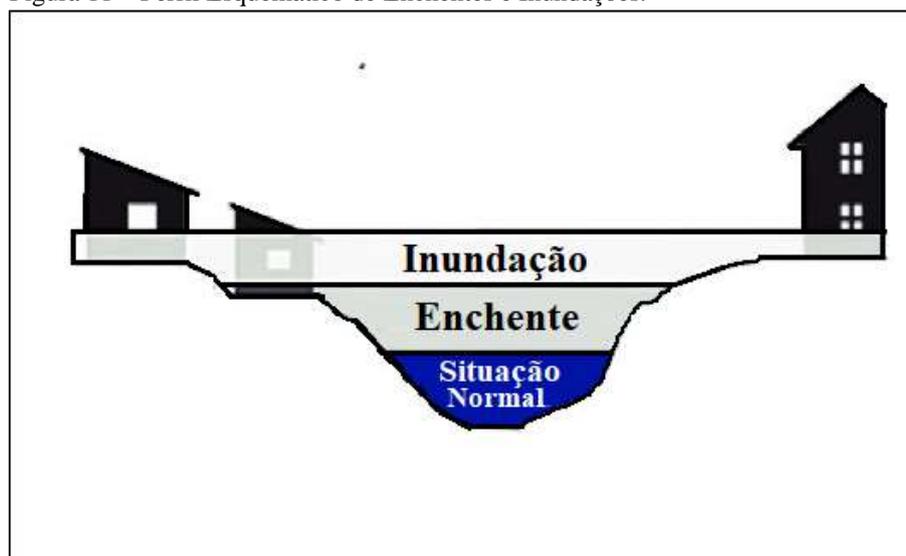
Para o dicionário Aurélio (2008), “enchente” vem do latim “*plenus*” que significa “cheio”. Sua definição é ocupar um espaço, tornando-o cheio ou repleto. É um fenômeno conhecido pelo aumento de forma temporária do nível de água no decorrer de um canal de drenagem, oriundo da vazão elevada (VARGAS DE CRISTO, 2002).

De acordo com Marcelino (2008), os eventos de inundações ocorrem em cerca de 80% das cidades brasileiras, sendo eles provocados por instabilidade atmosféricas severas, o autor ainda fala que 59% dos registros de eventos extremos, tem como principal consequência as referidas inundações.

Inundação é uma ação ou efeito de inundar, causando o transbordamento de águas e fazendo com que a extensão do terreno seja coberta (RINALDO, 2014).

As “inundações em razão da urbanização” e as “inundações de áreas ribeirinhas” são dois processos de escoamento de água pluviais que podem ocorrer de forma isolada ou combinada, acarretando inundações e grandes impactos em áreas urbanas. Em áreas ribeirinhas acontecem de forma natural no leito maior dos rios, em decorrência do escoamento da bacia hidrográfica e da variação temporal das precipitações. Já as inundações em razão urbana, ocorrem na drenagem urbana devido ao efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstrução ao escoamento (TUCCI, 2008). A Figura 11, mostra de forma didática um perfil esquemático de Enchentes e Inundações.

Figura 11 – Perfil Esquemático de Enchentes e Inundações.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2007b).

O acúmulo momentâneo de águas proveniente de falhas no sistema de drenagem, é definido como Alagamento, sendo esse acúmulo ligado ou não aos processos naturais de precipitação (BRASIL, 2007b).

Os alagamentos também podem ser causados em decorrência da impermeabilização do solo; acúmulo de lixo em vias públicas; entupimento de bocas-de-lobo falta de espaços verdes nas cidades, dentre outros fatores, aparecendo como principal problema o escoamento superficial, dado que a água não tem para onde ir e acaba percorrendo as ruas impermeáveis. Vale ressaltar que esse evento pode ainda está localizado em qualquer ponto da cidade, mesmo não estando próximo a um rio (RINALDO, 2014).

De acordo com o apresentado, pode-se concluir então, que a ocorrência de alagamentos acontece por um planejamento urbano inadequada, englobando sistemas de drenagens insuficientes e interferência no ciclo natural da água com a execução de pavimentos com baixa ou até mesmo nenhuma taxa de impermeabilidade. Vale ressaltar que esse evento também está relacionado ao volume de precipitações.

2.7 Alagamentos: Causas e Consequências

Alagamentos que afetam a população em áreas urbanas e rurais decorrentes de fenômenos naturais podem ter dois tipos de caráter: hidrometeorológico ou hidrológico. Esses eventos são deflagrados por chuvas rápidas, no entanto fortes ou até mesmo intensas e de longa duração, onde esses desastres são agravados pelas intervenções humanas no meio ambiente, podendo ser citado a impermeabilização do solo e as retificações dos cursos d'água decorrentes das intervenções urbanas. No Brasil, é recorrente os eventos de alagamentos, sendo as regiões

metropolitanas as mais afetadas devido às ocupações irregulares e mal planejadas dos terrenos (SANTOS, 2010).

Os alagamentos podem acontecer em áreas distantes de canais, em terrenos com ocupação de intervenção humana e com um baixo coeficiente de escoamento superficial. Portanto, entende-se por o termo “alagamento” a ocorrência localizada em qualquer lugar da cidade, mesmo sem haver um rio nas proximidades tendo como principal fator problema o escoamento superficial, quando a água não encontra onde infiltrar e acaba correndo pelas ruas (SOUZA, 2004).

Dos principais fatores que causam a problemática dos alagamentos está a impermeabilização do solo, visto que o aumento da população urbana passa a apresentar uma necessidade de urbanização e pavimentação para que as pessoas possam ser abrigadas. A impermeabilização do solo é um processo em que está ligado a expansão urbana, assim como também as alterações dos cursos fluviais, já que grande parte das urbanizações se deram a partir dos leitos dos rios (OLIVEIRA, 1999 *apud* RINALDO, 2014, p. 22).

Segundo o Manual dos Desastres (2003), a redução da infiltração dos solos urbanos ainda está relacionada ao desmatamento de encostas; assoreamento dos rios que se desenvolvem no espaço urbano; acumulação de detritos em galerias pluviais, canais de drenagem e cursos d’água; insuficiência da rede de galerias pluviais; construção adensada de edificações, que contribuem para reduzir o solo exposto e concentrar o escoamento das águas.

O mesmo manual ainda fala que os alagamentos são eventos que acontecem de forma frequente em cidades com mal planejamento ou quando crescem de forma acelerada, dificultando a execução de obras de drenagem e esgotamento das águas pluviais. Normalmente esses acontecimentos trazem inúmeras consequências, como danos materiais e humanos, ainda mais agravantes que das situações de enxurradas.

2.8 Drenagem Urbana

Os projetos de drenagem urbana têm como finalidade fazer com que o escoamento das águas oriundas de precipitações escoem o mais rápido possível, de forma que as mesmas fiquem fora da área projetada. No entanto, essa ação aumenta as vazões máximas e conseqüentemente a probabilidade de eventos de inundações em áreas a jusante, e para que isso não ocorra é necessário adotar princípios de controle de enchentes (PARANÁ, 2002).

A drenagem pluvial é um fator indispensável em um projeto arquitetônico ou urbanístico, dado que ela proporciona o funcionamento urbano e exige espaço, que é justamente a matéria prima da arquitetura. Como não se é mais admissível o ato de apenas livrar-se da água

precipitada o mais rápido possível, sob pena de provocar inundações a jusante, a variedade de obras de engenharia de controle pluvial se amplia com a introdução de dispositivos eficientes de infiltração e armazenamento (PARANÁ, 2002).

A administração da drenagem urbana é um dos maiores problemas no meio urbano. Uma quantidade expressiva de riscos à população, assim como também danos à patrimônios e a economia local, são geradas em decorrência dessa gestão inadequada. São frequentes os riscos de enchentes e deslizamentos associados a falta de planejamento adequado de drenagem. Desta forma, é possível mensurar os danos ligados a esses eventos como perdas de materiais, patrimônios público e privado (ZAHED FILHO; MARTINS; PORTO, 2013).

Além dos problemas de alagamentos e inundações, uma má gestão da drenagem urbana em uma cidade consegue mostrar outros problemas para a sociedade, como a proliferação de doenças oriundas dos próprios efluentes da população que muitas vezes contaminam suas fontes de abastecimento de água fazendo o despejo inadequado desses efluentes e resíduos (TUCCI, 2012). O Quadro 1 apresenta as características e suas respectivas consequências para a sociedade, nas fases do desenvolvimento das águas urbanas no Brasil, desde o início do século XX até depois da década de 90.

Quadro 1 – Fases do desenvolvimento das águas urbanas.

FASE	CARACTERÍSTICAS	CONSEQUÊNCIAS
Pré-higienista: até início do século XX	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista: antes da década de 1970	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva: entre as décadas de 1970 e 1990	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando a poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável: depois da década de 1990	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: Adaptado de TUCCI (2012).

A partir do ano de 1960, alguns países passaram a rever os métodos de drenagem urbana que eram realizados de forma tradicional, destinadas a remover as águas acumuladas de forma rápida, sendo elas transferidas para outras áreas ou para o futuro. A partir desta concepção, são englobados os grandes projetos de águas pluviais, compostos por galerias com a finalidade de melhorar o fluxo das águas através de cortes, mudança de declividade e retificações (POMPÊO, 2000).

A agência norte-americana EPA (Environmental Protection Agency), vem desenvolvendo métodos para lidar com as águas no meio urbano, principalmente quanto ao que se diz respeito do excesso de escoamento superficial, visando a sustentabilidade, utilizando-se das melhores práticas de gestão, contemplando técnicas estruturais e não-estruturais de forma a conter os efeitos negativos do escoamento, tudo isso utilizando dispositivos de interceptação, detenção ou filtração de águas pluviais (USEPA, 2011 *apud* ROCHA, 2014, p. 43).

A Holanda é um país europeu que enfrenta grandes tempestades vinda do Noroeste e que chegam até a sua costa por meio do Mar do Norte. Por ser um país em que dois terços da sua população vivem muito abaixo do nível do mar, após centenas de anos os holandeses passaram a enxergar a grande necessidade que o país tem em prevenir os eventos de inundações (GZH, 2012).

A partir do século XII, a Holanda começou a investir no seu sistema de drenagem, quando a população começou a criar terras aráveis drenando pântanos do delta para os rios mais próximos, construindo centenas de moinhos de ventos, que posteriormente veio a resultar na criação de canais de drenagem, diques, barragens, entre outros elementos que vieram se modernizando no decorrer dos anos. Atualmente a Holanda é referência na prevenção de alagamentos, pois seu governo desenvolve um grande trabalho na manutenção dos seus dispositivos, com um investimento anual de cerca de 1,3 bilhões de dólares (GZH, 2012; FAO, 2010).

Tucci (2012), apresenta uma estrutura da gestão das águas urbanas baseada nos seguintes grupos de componentes (também estruturada na Figura 12):

- Planejamento urbano: coordenação do uso do solo de forma adequada na cidade, tendo como base as necessidades do que se compõe em infraestrutura.
- Serviços de saneamento: abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana.
- Metas dos serviços: conservação do meio ambiente urbano e qualidade de vida, no qual estão incluídas a redução de cheias e a eliminação de doenças de veiculação hídrica.
- Institucional: baseia-se no gerenciamento de serviços, legislação, capacitação e monitoramento de forma geral.

Figura 12 – Componentes da Estrutura da Gestão das águas Urbanas.



Fonte: Adaptado de SILVA (2018).

Tucci (2005), classifica as medidas de controle do escoamento, de acordo com a sua ação na bacia hidrográfica, são elas:

- Macrodrenagem: Controle sobre os riachos urbanos;
- Microdrenagem: Controle que age sobre o hidrograma resultante;
- Distribuída ou na Fonte: Controle que atua sobre um lote, praças e passeios.

Ainda segundo o mesmo autor, estas intervenções podem ser respaldadas por algoritmos tendo sua ação sobre o hidrograma distribuído na bacia:

- Infiltração e Percolação: Onde se cria o espaço para que a água tenha uma maior infiltração ou percolação no solo;
- Armazenamento: Através de reservatórios que podem ser abertos ou fechados;
- Aumento da eficiência do escoamento: Através de condutos ou canais;
- Diques e estações de bombeamento: Solução tradicional, utilizada em áreas urbanas que não possuam espaço para amortecimento de inundações.

Segundo a Lei nº. 11.445/2007, no Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição. A lei traz como um de seus princípios fundamentais a disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, considerando esses serviços públicos como: Drenagem, transporte, detenção ou retenção, e tratamento e disposição final de águas urbanas.

O Art. 8º da mesma Lei, apresenta a titularidade dos serviços públicos do Saneamento, para Municípios e o Distrito Federal, no caso de interesse local. Se porventura o interesse for comum a Estado e Município, a titularidade em questão é do Estado. O § 1º do mesmo Art., manifesta que o exercício da titularidade dos serviços de saneamento poderá ser realizado também por gestão associada, mediante consórcio público ou convênio de

cooperação, nos termos do art. 241 da Constituição Federal, observadas por meio de consórcio intermunicipais.

As ações destinadas ao controle de alagamentos são classificadas como medidas estruturais e não estruturais onde, as medidas estruturais utilizam-se de obras, como: barragens, canalização, diques, entre outras. Já as medidas não estruturais são vistas como as leis, planos, ações voltadas para a prevenção, fiscalização, conscientização da população, limpeza, manutenção, entre outras. As medidas estruturais possuem custos mais elevados, sendo as medidas não estruturais a mais utilizadas (TUCCI, 2012; MACHAMA, POLEZA, 2017; FORTALEZA, 2015).

Segundo Tucci (1997), as medidas estruturais, podem ainda serem do âmbito extensivo ou intensivo. Onde as medidas extensivas são as que agem na bacia e procuram alterar as relações entre precipitação e vazão. Já as medidas intensivas agem no rio e são divididas em três:

1. Aceleram o escoamento aumentando a capacidade de descarga dos rios;
2. Retardam o escoamento com a construção de reservatórios e bacias de amortecimento;
3. Desviam o escoamento, que no caso são obras como canais e desvios.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipologia da Pesquisa

A metodologia nada mais é do que um conjunto de métodos que traçam o caminho que o projeto irá seguir durante a sua construção, sendo esses caminhos estabelecidos a partir da definição de propósito, abordagem, procedimentos, instrumentos de análise, etc. Ressalta-se ainda que esses métodos são de suma importância para que a pesquisa seja bem estruturada e de qualidade (VIACARREIRA, 2020; VOITTO, 2019).

Entendendo a importância da metodologia, é possível identificar diversos métodos que buscam atender a necessidade de uma pesquisa, conforme seu assunto e sua finalidade, bem como as várias atividades da ciência. A pesquisa com um método, consiste em procurar cultivar um pensamento crítico e maduro, com o intuito de contribuir de forma positiva para o desenvolvimento da sociedade como um todo (DE ARAGÃO; MENDES NETA, 2017).

De acordo com Yin (2015), os métodos de pesquisa são classificados em cinco, sendo eles: experimentos, levantamentos, análise de arquivos, pesquisas históricas e estudo de caso. Existindo ainda três condições para se utilizar cada método de pesquisa, sendo elas: o tipo de questão de pesquisa proposto, a extensão do controle que um pesquisador tem sobre os eventos comportamentais reais e por fim, o grau de enfoque sobre os eventos contemporâneos em oposição aos eventos totalmente históricos. O Quadro 2 apresenta as três condições e como cada uma está relacionada aos cinco métodos de pesquisa.

Quadro 2 – Situações Relevantes para diferentes métodos de pesquisa.

MÉTODO	FORMA DE QUESTÃO DE PESQUISA	EXIGE CONTROLE DOS EVENTOS COMPORTAMENTAIS?	ENFOCA EVENTOS CONTEMPORÂNEOS?
Experimento	Como, por quê?	Sim	Sim
Levantamento	Quem, o quê, onde, quantos, quanto?	Não	Sim
Análise de Arquivos	Quem, o quê, onde, quantos, quanto?	Não	Sim/Não
Pesquisa histórica	Como, por quê?	Não	Não
Estudo de caso	Como, por quê?	Não	Sim

Fonte: Adaptado de Yin (2015).

A metodologia, de um modo geral, ainda é norteadada por três tipos de abordagens metodológicas, sendo elas: qualitativas, quantitativas ou quanti-quali. A pesquisa quantitativa busca levantar dados acerca de determinado assunto, utilizando dados concretos e

quantificáveis através de números. Já a pesquisa qualitativa leva em consideração os aspectos subjetivos, descrevendo a complexidade dos problemas de pesquisa levando em consideração diversas variáveis. E por fim, tem-se a quanti-quali, que nada mais é do que a abordagem que irá oferecer tanto critérios quantitativos, quanto qualitativos (NÚCLEO DO CONHECIMENTO, 2020).

Portanto, esta pesquisa é delimitada pelos métodos de estudo de caso, trazendo também em seu corpo uma pesquisa histórica. Sendo sua abordagem do tipo quanti-quali.

3.2 Caracterização da Área de Estudo

Uma parte expressiva do Estado do Ceará está situada na Depressão Sertaneja, prevalentemente cristalina, com altitudes entre 100 e 300 m. As regiões que possuem altitudes mais elevadas são: a Chapada do Araripe, ao Sul; Chapada do Apodi à leste; e o Planalto da Ibiapaba, a oeste. Em uma extensão de 800 metros, o rio Jaguaribe é utilizado para fazer o dreno da região meridional e centro-oriental. O rio Acaraú, ao norte e o rio Poti, ao oeste, atravessa o boqueirão existente na Chapada da Ibiapaba, junta-se ao rio Parnaíba, já entrando em terras do Estado do Piauí. Ainda pode ser destacado entre os mais importantes rios do Estado o rio Salgado, Conceição, Acaraú, Banabuiú, Trussu, Pacoti e Piranji (SILVA; ARAÚJO; SOUZA; 2007).

Sendo a 5ª maior cidade do Brasil, Fortaleza é a capital do Estado do Ceará, situada na região norte do Nordeste, com as coordenadas 3° 43' 02" S e 38° 32' 35" W. Tem uma área total de 314.930 km², e com uma posição geográfica estratégica, é responsável por conectar o Brasil ao mundo, onde todo o tráfego de dados da América Latina passa pela referida capital (FORTALEZA, 2020c; RODRIGUES *et al.*, 2017).

Pelo Norte, Fortaleza é agraciada pelo Oceano Atlântico; ao Sul faz fronteira com os Municípios de Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga, Eusébio; ao Leste com Aquiraz, Eusébio e o Oceano Atlântico; e pela região do Oeste sua fronteira conta com as cidades de Caucaia e Maracanaú (RODRIGUES *et al.*, 2017). Na Figura 13, é possível visualizar a localização do Município de Fortaleza, destacado no mapa do Estado do Ceará.

Figura 13 – Mapa do Estado do Ceará com destaque do Município de Fortaleza.



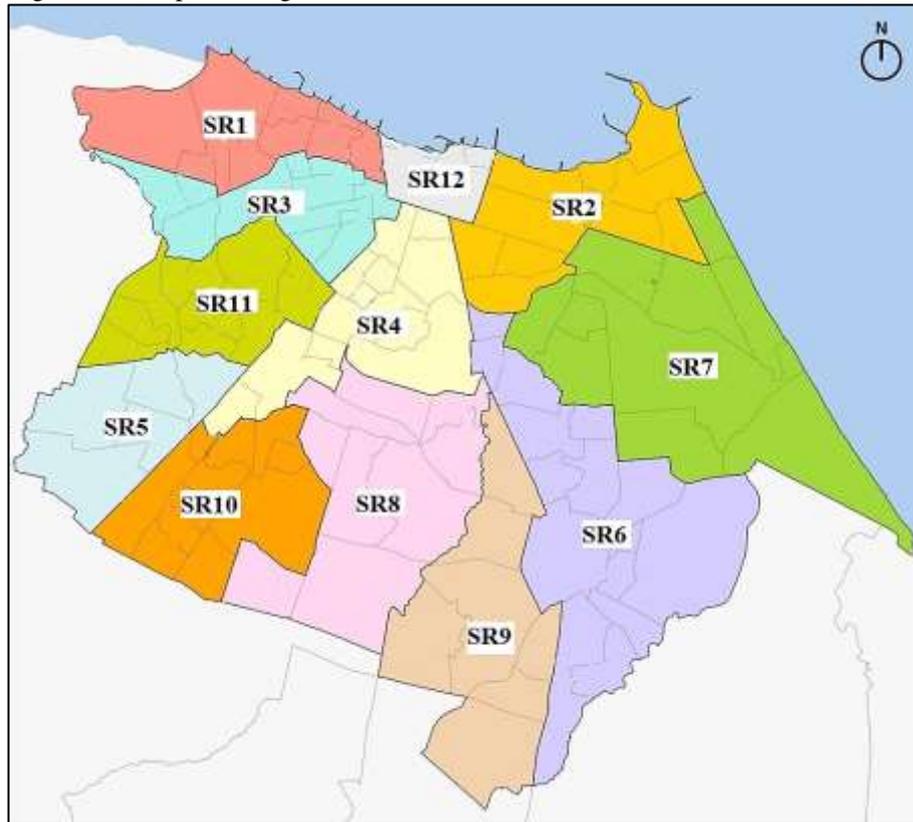
Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

O quadro ambiental de Fortaleza é bastante diversificado, tanto pelas suas características físico-ambientais, como pelas relações sociais. O uso e ocupação do território é bem diferenciado, onde é o resultado das inter-relações ambientais impostas. A cidade em sua grande parte, encontra-se sobre o relevo de tabuleiro pré-litorâneo, que são áreas estáveis e com pouca diferença altimétrica. A região Norte da cidade, por ser composta por uma variedade em paisagens naturais como dunas e faixa praias, torna-se um ambiente disposto a uma alta vulnerabilidade de intervenções humanas. Ressalta-se ainda, que a cidade conta com riachos, rios e lagoas, sendo áreas extremamente sucessíveis ao uso e ocupação de forma indevida (RODRIGUES *et al.*, 2017).

A capital cearense é dividida de forma administrativa em doze Secretarias Executivas Regionais, que vão de I a XII. Ressalta-se ainda que essas regionais possuem atualmente 119 bairros que de uma forma histórica, eram vilas isoladas ou mesmo municípios antigos que foram agregados à capital em decorrência da expansão dos limites do município (FORTALEZA, 2020c).

A Figura 14, mostra um mapa da cidade de Fortaleza, onde apresenta a divisão das sete regionais da capital.

Figura 14 – Mapa das Regionais de Fortaleza.



Fonte: Adaptado de IPECE (2021).

A área de estudo, objeto da referida pesquisa, localiza-se na cidade de Fortaleza, mais precisamente no espaço que abrange a Avenida Heráclito Graça, entre a rua Rui Barbosa e avenida Dom Manuel. Área essa que está sob o domínio administrativo da REGIONAL II no bairro Aldeota (entre a Rua João Cordeiro e Av. Rui Barbosa) e a REGIONAL XII no Centro (entre a Av. Dom Manuel e Rua João Cordeiro). A Figura 15, apresenta o traçado que abrange o ambiente do estudo.

Figura 15 – Localização da área de estudo - Av. Heráclito Graça.

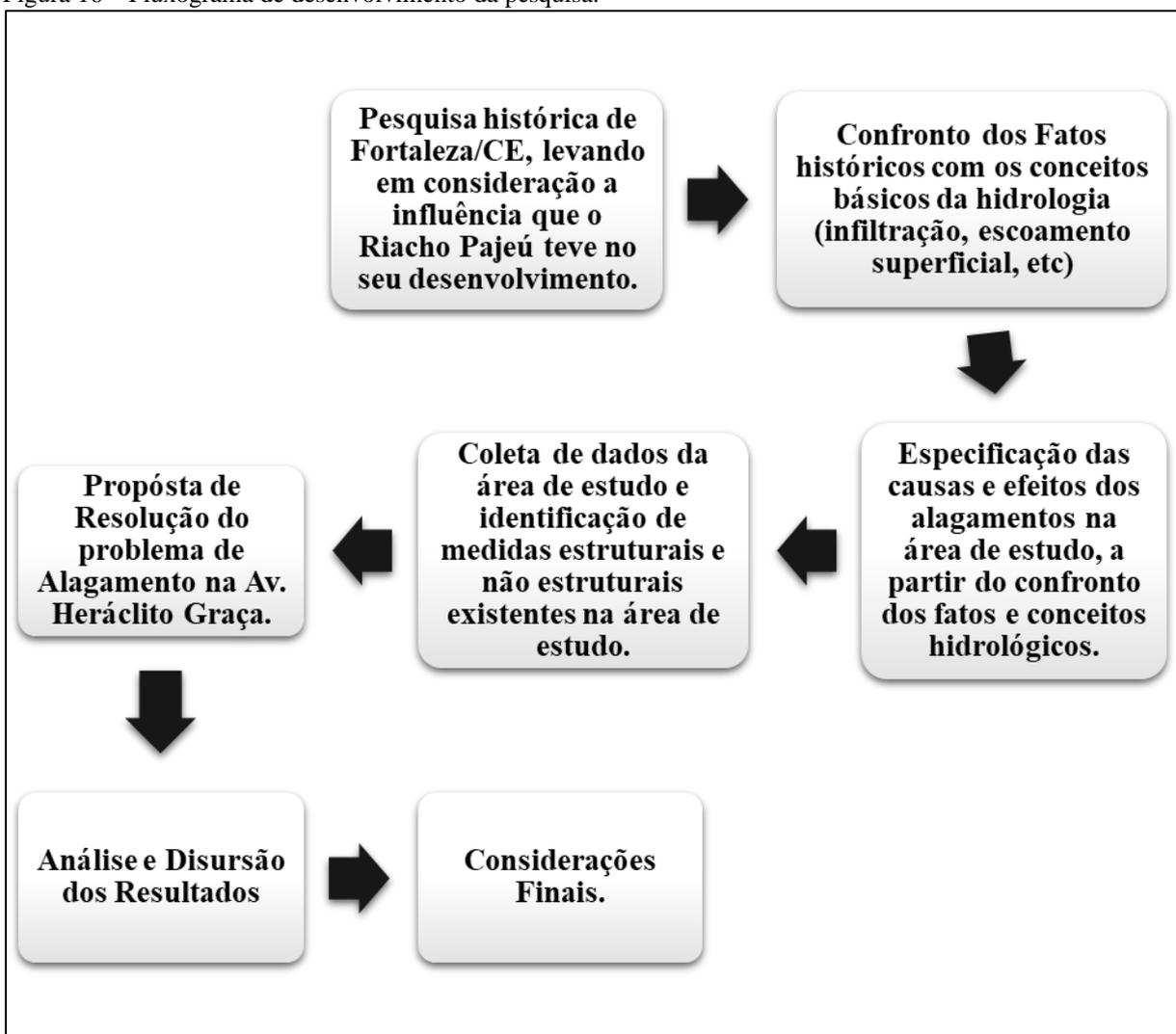


Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

3.3 Etapas da Pesquisa

A Figura 16 apresenta um fluxograma, que demonstra um passo a passo das etapas de desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 16 – Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

3.4 Desenvolvimento da Pesquisa

3.4.1 Análise do histórico e das influencias urbanas na cidade de Fortaleza

A análise do histórico e das influencias das atividades urbanas sob o Riacho Pajeú, na Cidade de Fortaleza/CE, serviu para compor um referencial teórico ampliando o entendimento e compreensão da problemática pesquisada e contribuiu como embasamento para a interpretação e identificação das causas e os efeitos dos alagamentos que ocorrem na Avenida Heráclito Graça, na cidade de Fortaleza/CE.

Esta análise foi executada por meio de históricos da Cidade de Fortaleza obtidos desde o século XIX, até os dias atuais (2021), utilizando como ferramenta de pesquisa a internet.

Através do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fora realizada a coleta de dados do crescimento populacional de Fortaleza e no próprio site da prefeitura da Cidade de Fortaleza, foi possível fazer um levantamento geral do perfil da cidade, com suas características territoriais e administrativas. Por meio do site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, que é o órgão responsável por fazer a coleta de dados pluviométricos da cidade, foi possível extrair as informações do clima de Fortaleza, suas chuvas máximas, o período que essas chuvas acontecem e os principais influenciadores para que elas ocorram.

Ressalta-se ainda, a utilização de livros e diversas pesquisas científicas relacionadas ao assunto, retiradas de repositórios de faculdades, universidades e institutos, assim como também de revistas. Portanto, pode-se citar as seguintes fontes utilizadas: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Revista do Instituto do Ceará, Revista Universidade Federal de Goiás – UFG, Universidade Federal de Roraima – UFRR, Universidade Estadual de Londrina – UEL, Universidade Federal do Ceará – UFC, Revista Brasileira de Climatologia e Centro de Gestão de Recursos Estratégicos.

3.4.2 Caracterização do Riacho Pajeú

Pesquisas realizadas em literaturas científicas, serviram como referência para o levantamento das principais características do Riacho Pajeú, sua cronologia histórica e a sua importância no desenvolvimento de Fortaleza/CE, assim como também o traçado exato do riacho.

Foi realizada duas visitas na área de estudo, sendo uma no dia 23 de janeiro de 2021 e outra dia 30 de janeiro de 2021, onde foram observados os seguintes aspectos: identificação dos trechos que ainda é possível ter acesso visual do Pajeú, e a caracterização atual (2021) da área em que o pajeú está inserida, levando em consideração também o estado de urbanização e manutenção do local. A análise desses aspectos consiste em conhecer o estado atual (2021) do Riacho Pajeú, assim como também apontar as alterações significativas do seu curso natural que influenciaram nos alagamentos da região.

3.4.3 Dados de Precipitações

Este levantamento foi baseado em dados obtidos, exclusivamente, em estações meteorológicas da cidade de Fortaleza, observando o acumulado de chuva em 24 horas, desde o ano de 2011 até o ano de 2020. Tal intento foi seguido pela confiabilidade dos dados coletados, disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

(FUNCEME). Ressalta-se ainda que a estação mais utilizada e de prioridade da pesquisa, foi a estação localizada no Pici, por ser a mais próxima da área de estudo.

3.4.4 Causas e efeitos dos alagamentos na área de estudo

A identificação das causas e efeitos dos alagamentos, foi realizada a partir de todo um embasamento teórico que o referencial desse trabalho trás, como: conceitos de urbanização; ciclo hidrológico e seus elementos, como: infiltração e escoamento superficial; drenagem; sistemas meteorológicos; definições de enchente, alagamentos e inundações. Todos esses conceitos e teorias foram embasadas a partir de livros, arquivos de órgãos oficiais e pesquisas científicas retirados das seguintes fontes: Revista GEONORTE; Food and Agriculture Organization – FAO; Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ; Universidade Estadual de Londrina; Universidade Federal do Amazonas –UFAM; Centro Universitário Franciscano – UNIFRA; Manual de Drenagem Urbana do Governo do Estado do Paraná; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Centro Universitário de Anápolis – UNIEVANGÉLICA; Universidade Federal de Santa Catarina; Centro Regional Sul de Pesquisa – CRS, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INEP; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT; Universidade Federal do Pará; Manual dos Desastres do Ministério da Integração Nacional; Revista Brasileira de Recursos Hídricos e Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Além de todos os conceitos, o referencial aborda informações acerca da Cidade de Fortaleza, tais como: crescimento populacional e histórico de índices pluviométricos da capital. Informações essas retiradas via internet, a partir do site da Prefeitura de Fortaleza, FUNCEME e IBGE.

A partir de todos esses conceitos e informações, fora realizada associações para que se pudesse chegar na conclusão das causas e efeitos dos alagamentos da área de estudo. Ressalta-se ainda que as informações obtidas acerca do Riacho Pajeú, mencionadas no item 3.4.2, também participaram desta associação para que se pudesse alcançar o objetivo final.

3.4.5 Medidas existentes no Controle de Alagamentos da área de estudo

As plantas da cartografia e da drenagem urbana existente na região foram fornecidas pela própria prefeitura de Fortaleza após uma solicitação, essas plantas foram um recurso que contribuíram para a identificação dos elementos de drenagem existentes na área para o controle dos alagamentos existentes. Ressalta-se ainda que estes projetos foram desenvolvidos pela antiga Autarquia da Região Metropolitana de Fortaleza – AUMEF, no ano de 1988.

Com a finalidade de apresentar informações mais atuais acerca das medidas estruturais da área de estudo, fora realizado um levantamento minucioso de todas as obras de drenagem ofertadas pela Prefeitura para a cidade de Fortaleza divulgadas no portal da transparência da própria prefeitura, desde o ano de 2014 até 2020, a partir desse levantamento, um filtro foi feito, destacando as obras estão inseridas dentro da Bacia da Vertente Marítima, onde está localizada o Pajeú e o ponto de alagamento, visto que essas obras caracterizadas como medidas estruturais, podem ter contribuído para a minimização do problema.

3.4.6 Solução proposta com foco na resolução da problemática em estudo

Tendo em vista que a região possui características de urbanização que potencializam a recorrência das inundações e os fatores intervenientes que também reforçam os impactos negativos, mesmo considerando os elementos de drenagem já existentes na área de estudo, a mesma ainda permanece assolada pelas consequências das precipitações, apresentando alagamentos e inundações, fazendo com que o excesso de água não seja devidamente represado ao exultório de maneira gravitacional.

Desta forma, a solução apresentada, compreende não só uma medida emergencial, mas uma solução que seja efetiva na retenção dos excedentes de águas da chuva e que posteriormente sejam direcionadas para usos.

O desenvolvimento dessa solução, compreendeu os seguintes passos:

- A. Delimitação de uma quadra, no local de estudo;
- B. Cálculo de áreas da quadra estudo e das cobertas das edificações;
- C. Cálculo do volume de água, oriundo de precipitações, na quadra delimitada;
- D. Dimensionamento do reservatório, para a coberta de maior área localizada na quadra delimitada;
- E. Análise dos resultados;
- F. Propostas de ações não estruturais, para colaborar com a resolução da problemática.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Histórico e os fatores de influência nos alagamentos da Av. Heráclito Graça

É inegável o fato de que no decorrer dos anos, as cidades e rios estabeleceram uma estreita conexão, e o Brasil não fugiu dessa regra, pois em margens de rios de diferentes dimensões nasceram as cidades, em função de diversos benefícios que essas áreas oferecem, sendo algumas delas: fornecimento de água, recursos pesqueiros, mobilidade, circulação de bens e serviços, controle territorial e outros mais (DUTRA, 2017).

Na cidade de Fortaleza, seus velhos mapas comprovam que a cidade cresceu conforme o traçado do Riacho Pajeú, atestando ainda que este riacho foi um recurso fundador para Fortaleza. (CASTRO, 1977 *apud* ANDRADE; BAILO, 2017, p. 1689).

O Riacho Pajeú está localizado na região norte da Cidade de Fortaleza/CE, e faz parte da Bacia da Vertente Marítima A3. Um total de 05 (cinco) bairros do município, fazem parte dessa bacia, sendo eles: Centro, Aldeota, José Bonifácio, Joaquim Távora e Dionísio Torres. Na Figura 17 é possível observar a Bacia Vertente Marítima A3 de Fortaleza, em que o Pajeú está inserido (MESQUITA; PEREIRA; LIMA NETO, 2020; FORTALEZA, 2016; FORTALEZA, 2019).

Figura 17 – Localização da Bacia da Vertente Marítima.



Fonte: Adaptado de Fortaleza (2016).

O Riacho Pajeú é formado por uma série de pequenos riachos. Sua nascente, encontra-se de forma aterrada para a construção de edifícios sobre seu leito natural, onde a mesma está localizada no quarteirão formado pelas ruas Silvia Paulet, José Vilar, Bárbara de Alencar e Dona Alexandrina. Com cerca de 5 km de extensão, corre em galerias, canal a céu aberto e, pequenos trechos em leito natural, que drenam para o Oceano Atlântico (MOTA; DEMES, 2013).

Este tal Riacho, nasce no bairro aldeota, uma área marcada por uma alta densidade de ocupação de classes A e B, e também com pouquíssimas áreas verdes. A maior porção de curso d'água do Pajeú fica no bairro Centro, sua Foz fica localizada na Comunidade do Poço da Draga, uma das mais tradicionais da metrópole de Fortaleza, onde proporcionou o povoamento da cidade e serviu como recurso hídrico no processo inicial de crescimento populacional (GRANGEIRO *et al.*, 2014; ANDRADE; BAIIO, 2017).

Na Figura 18, observa-se todo o traçado do Riacho Pajeú, onde se encontra dividido e destacado no mapa em três trechos: Foz, Centro e Aldeota.

Figura 18 – Trajeto do Riacho Pajeú.



Fonte: Texeira (2017).

O Riacho Pajeú foi, durante muito tempo, mais precisamente entre os séculos XVII e XIX, imprescindível para o fornecimento de água para a população, onde o mesmo supria também de alimento com a pesca para a população mais carente. Embora, exista diversos documentos e evidências da importância do Pajeú para os cidadãos, é possível identificar juntamente que em meados do século XIX, autoridades públicas já providenciavam operações visando a melhoria das condições dessas águas. As ordens de limpeza revelam que o riacho já era uma opção para o despejo de esgoto clandestino da região e logo mais deixou de ser uma opção para fornecimento hídrico (TEXEIRA, 2017).

Durante a expansão da cidade de Fortaleza, o curso do Pajeú foi reconfigurado, e no ano de 2021, encontra-se com a sua maior parte aterrada ou canalizada. Os pequenos trechos que ainda podem ser visualizados a céu aberto, estão em sua maior parte no Parque Pajeú, por

trás do Mercado Central e nos Jardins do Paço Municipal. O processo de canalização e aterramento do Pajeú, contribuiu expressivamente para diversos problemas socioambientais, entre eles os recorrentes alagamentos no período da quadra chuvosa da cidade, dado que grande parte do que cobre o riacho é altamente impermeabilizante, densamente povoado e possui um sistema de drenagem que não atende ao volume de precipitações (DUTRA, 2017).

O processo de crescimento acelerado da cidade de Fortaleza, ocasionou toda essa reconfiguração do Riacho Pajeú, onde a mesma foi executada de forma não planejada a suportar o adensamento da região, tendo grande parte do riacho correndo por tubulações, com sistema de drenagem existente incapaz de suportar o volume de água, resultando em um grande transtorno com a ocorrência de alagamentos no período da quadra chuvosa, tendo a Av. Heráclito Graça como um dos pontos mais críticos dessa problemática, que afeta a população e os patrimônios públicos e privados do local (FERNANDES, 2017; FORTALEZA, 2015).

O Plano Municipal do Saneamento Básico, através do documento de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do Município de Fortaleza (FORTALEZA, 2015), apresenta outro agravante dos alagamentos e conseqüentemente da deficiência na drenagem, que é a impermeabilização do solo na área, quando o índice de permeabilidade obrigatório não é respeitado, e a população vem a construir seus imóveis e não atendem este índice. A prefeitura por sua vez, possui sua parcela de contribuição para este fator, quando asfalta as ruas sem a devida construção de sistemas de drenagem.

Ainda segundo o Plano Municipal do Saneamento Básico, através do documento de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do Município de Fortaleza (FORTALEZA, 2015), os resíduos sólidos, oriundos de coletas e destinações inadequadas, contribuem com parte do problema, dado que as águas das chuvas fazem um papel de veículo para o direcionamento do lixo para as galerias, causando a obstrução e conseqüentemente interrompendo o curso correto da água que são direcionadas para as praias da vertente marítima.

Durante uma visita realizada pela autora no dia 03 de maio de 2021 na Av. Heráclito Graça, após um evento de alagamento, foi possível observar uma grande quantidade de resíduos sólidos espalhados pela rua (Figura 19 e Figura 20), nas bocas de lobo (Figura 21), bocas de leão (Figura 22), entre outros lugares, o que comprova que esse problema também é influenciado por descarte inadequado desses resíduos, dado que os mesmos causam obstrução nas galerias e nos demais dispositivos de drenagem existentes no local.

Figura 19 – Resíduos grosseiros impedindo o escoamento correto da água, na Av. Heráclito Graça, registro realizado logo após um evento de alagamento.



Fonte: Arquivo da Autora (2021).

Figura 20 – Resíduos sólidos encontrados na pista de rolamento da Av. Heráclito Graça, registro realizado logo após um evento de alagamento.



Fonte: Arquivo da Autora (2021).

Figura 21 – Tentativa de retenção de resíduos sólidos em Boca de Lobo na Av. Heráclito Graça, registro realizado logo após um evento de alagamento.



Fonte: Arquivo da Autora (2021).

Figura 22 – Resíduos sólidos grosseiros obstruindo Boca de Leão na Av. Heráclito Graça, registro realizado logo após um evento de alagamento.



Fonte: Arquivo da Autora (2021).

Além dos fatores de urbanização, impermeabilização, obstrução da rede por resíduos sólidos, o mesmo documento de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do Município de Fortaleza (FORTALEZA, 2015), apresenta estudos ambientais e hidrológicos

realizados pela própria Prefeitura de Fortaleza, onde expõe outro problema que também contribui para a situação de alagamento, que é a ampliação de outros serviços como abastecimento de água, rede telefônica, gás e esgoto que quando são realizadas sem o devido planejamento junto a prefeitura, danificam galerias obstruindo e diminuindo a área de escoamento.

Todos os fatores apresentados potencializam a ocorrência de alagamentos todos os anos durante o período da quadra chuvosa, na avenida em questão, onde esses eventos resultam transtorno e prejuízo a população. A Figura 23, 25, 26 e 27, apresenta tais problemas, sendo possível observar também que o evento ocorre durante todo o período chuvoso, com exemplos de ocorrências em janeiro até maio do ano.

Figura 23 – Alagamento em março de 2019 na Av. Heráclito Graça, em Fortaleza/CE.



Fonte: DIÁRIO DO NORDESTE (2019).

Figura 24 – Alagamento em janeiro de 2020 na Av. Heráclito Graça, em Fortaleza/CE.



Fonte: G1 CE (2020).

Figura 25 – Alagamento em maio de 2021 na Av. Heráclito Graça, em Fortaleza/CE.



Fonte: DIÁRIO DO NORDESTE (2021).

Figura 26 – Alagamento em maio de 2021 na Av. Heráclito Graça, em Fortaleza/CE.



Fonte: OPOVO ONLINE (2021).

4.2 Medidas estruturais e não estruturais realizadas na Av. Heráclito Graça

4.2.1 Medidas não estruturais realizadas na Av. Heráclito Graça

A Prefeitura de Fortaleza, adota algumas medidas não estruturais, voltada para a área de Drenagem da cidade, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (2015), foi possível elencar algumas das medidas que influenciam na minimização dos alagamentos da Av. Heráclito Graça, são elas:

- Programa de Manutenção e Conservação do Sistema de Drenagem: o programa atua com limpeza de canais, desobstrução de dispositivos de drenagem, ações de educação e conscientização;

- Programa Águas da Cidade: o programa é voltado para ações de educação ambiental nas lagoas, açudes, rios e riachos de Fortaleza, sendo o Riacho Pajeú incluso neste programa. O programa tem ainda como seu principal objetivo o monitoramento e se possível, a recuperação da qualidade desses locais;
- Plano de Arborização: tem finalidade de planejamento, produção, plantio e monitoramento das áreas verdes urbanas, bem como a recuperação, preservação e expansão da arborização na cidade;
- Plano Diretor de Macrodrenagem Urbana: Este plano de certa forma também atua na área, visto que este plano é responsável por elencar as soluções viáveis para os problemas de macrodrenagem nas bacias hidrográficas que fazem parte do município de Fortaleza, inclusive a Vertente Marítima, onde o Riacho Pajeú está inserido.

4.2.2 Medidas estruturais realizadas na Av. Heráclito Graça

Por meio de uma solicitação feita na Prefeitura Municipal de Fortaleza, foram fornecidos os projetos cartográficos e de drenagem da região composta pela Bacia Vertente Marítima A3, onde esses projetos foram realizados pela antiga Autarquia da Região Metropolitana de Fortaleza – AUMEF, no ano de 1988.

A partir desses projetos, foi possível identificar a localização do traçado das galerias existentes, bem como seus detalhes. A drenagem do local é composta por galerias do tipo retangulares, que variam de dimensões, sendo elas: 1,30x1,20m; 1,50x1,30m; 1,50x1,20m; 1,70x1,20m; 1,70x1,50m; 2,00x1,50m; 2,00x1,60m; 2,00x2,40m; 3,00x1,50m; 3,50x1,20m; 3,80x1,20m; 4,20x1,20m; 4,60x1,80m; 4,80x1,20m; 5,10x1,80m. A drenagem ainda conta com diversas bocas de lobo com 1,70m de comprimento, bocas de leão, e alguns tipos de poços de visita.

Vale destacar ainda, o fato que nesses projetos elaborados no ano de 1988, já constavam algumas galerias existentes, onde as mesmas foram reaproveitadas e muitas das novas foram engatas nas existentes. Ressalta-se ainda, que segundo o traçado dos projetos, a maioria dessas galerias que já existiam passam por dentro de algumas quadras, que atualmente (2021) são compostas por uma variedade de edificações, algumas dessas galerias são a céu aberto, e outras em formato retangular e subterrâneas. As dimensões dessas galerias retangulares, variam, sendo elas: 2,90x1,50m; 2,50x1,50m e 4,70x1,50m.

No decorrer dos anos a Prefeitura de Fortaleza adotou diversas medidas estruturais, com a execução de Obras na tentativa de conter os alagamentos que ocorrem pela capital. O Quadro 3 apresenta uma relação de todas as obras ofertadas pela Prefeitura de Fortaleza que contemplam serviços de Drenagem Urbana, desde o ano de 2013 até o ano de 2020, totalizando 80 Obras, ordenadas de acordo com suas datas de oferta, das mais recentes até as mais antigas.

Através do Quadro 3, pode ser observado que o ano de 2020 foi o ano em que a Prefeitura mais ofertou Obras de Drenagem, totalizando 32 obras. Esse número representa mais que o dobro em relação ao ano anterior, 2019 com 13 obras, sendo os anos de 2017, 2016 e 2014 os anos em que se foram ofertadas menos obras. No entanto, é possível destacar que dentre essas 80 obras, apenas 03 (três) estão inseridas dentro da Bacia Vertente Marítima A3, que é onde está localizada a área de estudo, essas obras são apresentadas nos itens 39, 55 e 63, do mesmo quadro.

Por outro lado, segundo uma notícia divulgada pelo site da Prefeitura de Fortaleza no dia 13 de dezembro de 2016, uma obra de drenagem que reunia serviços de execução de 59 bocas de lobo e 125 metros de ramais de drenagem que engataria na galeria já existente na própria Av. Heráclito Graça, estava prevista para dar início no dia 14 de dezembro de 2016, a obra foi orçada em R\$ 600.000,00, e ainda de acordo com a reportagem possuía previsão de término para o primeiro semestre de 2017. Até o fechamento dessa pesquisa, nenhuma informação nova foi divulgada a respeito dessa referida obra.

Quadro 3 – Relação de Obras de Drenagem executadas em Fortaleza (2013/2020).

Item	Objeto	Bairro	Data da Oferta	Valor Global (R\$)	Dist. Até o Ponto de Alagamento (m)
1	Drenagem, terraplanagem e pavimentação da Rua Granja São Francisco, no Trecho entre a Rua Rafael Tobias e a Rua Olyntho Arruda.	Sapiranga.	22/10/2020	R\$ 3.110.444,76	11000 Metros
2	Drenagem, pavimentação e esgoto da Rua São Francisco das Chagas, Rua E, Rua Frei Galvão.	Guajeru	22/09/2020	R\$ 1.377.524,65	14000 Metros
3	Urbanização e infraestrutura da área da Lagoa do Urubu.	Floresta	11/09/2020	R\$ 3.367.877,01	7800 Metros
4	Urbanização e infraestrutura contemplando serviços de rede de drenagem, terraplanagem e pavimentação da área da Lagoa do Papicu.	Papicu	01/09/2020	R\$ 3.604.795,72	6000 Metros
5	Drenagem, terraplanagem e pavimentação para a Rua Ismael Pordeus, no Bairro Vicente Pinzon, e para as Ruas Germiniano Jurema e Francisca Lima, no Bairro Praia do Futuro II.	Vicente Pinzon	01/09/2020	R\$ 1.400.583,54	6100 Metros
6	Infraestrutura e saneamento básico.	Conjunto Palmeiras	24/08/2020	R\$ 37.250.812,47	14000 Metros
7	Drenagem, terraplanagem e pavimentação.	Pici	18/08/2020	R\$ 757.881,46	7000 Metros

8	Infraestrutura e saneamento básico para as ruas do Siqueira.	Siqueira	12/08/2020	R\$ 19.675.764,82	16000 Metros
9	Terraplenagem, pavimentação e drenagem para a Av. Deputado Paulino Rocha, entre as ruas Francisco José Albuquerque Pereira e Gregório França.	Cajazeiras	29/07/2020	R\$ 4.193.294,66	8800 Metros
10	Terraplenagem, pavimentação e drenagem para ruas Girassol e outras.	Serrinha	29/07/2020	R\$ 1.162.405,52	9700 Metros
11	Infraestrutura e saneamento básico, para ruas do Genibaú (Trecho II).	Genibaú	02/07/2020	R\$ 14.020.313,15	11000 Metros
12	Infraestrutura urbana viária, drenagem e pavimentação nas ruas Setembrina e outras.	Conjunto Esperança	30/06/2020	R\$ 4.406.518,37	13000 Metros
13	Infraestrutura e saneamento básico para ruas da comunidade Pedras.	Pedras	30/06/2020	R\$ 7.665.800,28	18000 Metros
14	Infraestrutura urbana para as ruas Clemente Silva e outras, no Bairro Mondubim, e para a Rua Nestor Fontenelle, no Edson Queiroz.	Edson Queiroz	21/05/2020	R\$ 2.161.852,83	8400 Metros
15	Infraestrutura urbana.	Edson Queiroz	21/05/2020	R\$ 2.916.620,73	12000 Metros
16	Drenagem, terraplenagem e pavimentação da Rua Projetada, entre a Av. Borges de Melo e a Rua João Araripe.	Vila União	15/04/2020	R\$ 2.447.649,92	4100 Metros
17	Infraestrutura e de saneamento básico para as ruas da Granja Lisboa I e II.	Granja Lisboa	12/03/2020	R\$ 56.242.611,71	15000 Metros
18	Mobilidade e requalificação do Parque Linear do Riacho Maceió.	Beira Mar	06/03/2020	R\$ 20.646.373,34	4700 Metros
19	Mobilidade e urbanização da Lagoa do Mondubim.	Mondubim	05/03/2020	R\$ 2.991.716,48	13000 Metros
20	Infraestrutura e saneamento básico, para as ruas do Marrocos.	Siqueira	05/03/2020		16000 Metros
21	Infraestrutura e saneamento básico para as ruas do Renascer, no bairro São Bento, e as ruas dos Expedicionários II.	Dendê	03/03/2020	R\$ 8.599.000,70	13000 Metros
22	Mobilidade E Urbanização Do Parque Da Lagoa Do Passaré, Parte Integrante Do Parque Zoobotânico.	Passaré	28/02/2020	R\$ 9.144.347,88	11000 Metros
23	Infraestrutura E Saneamento Básico, Para Ruas Do Genibaú.	Genibaú	27/02/2020	R\$ 3.131.323,13	11000 Metros
24	Infraestrutura E Saneamento Básico, Para A Comunidade 3 De Junho.	Barroso	21/02/2020	R\$ 5.649.590,04	11000 Metros

25	Drenagem, Terraplenagem E Pavimentação Das Ruas Do Matadouro E Outras.	Parque Dois Irmãos	18/02/2020	R\$ 1.291.748,70	11000 Metros
26	Infraestrutura E De Saneamento Básico Para As Ruas Do São Miguel.	Curió	18/02/2020	R\$ 20.603.042,83	12000 Metros
27	Drenagem, terraplenagem e pavimentação da Av. Dionísio Leonel Alencar, entre as Ruas Raimundo Estevão e Sdo 01, E A Rua Sdo 03 e o 4º Anel Viário.	Pedras	13/02/2020	R\$ 4.011.582,78	16000 Metros
28	Mobilidade e requalificação urbana, com fornecimento e instalação de equipamentos de Sinalização, na Rua Dos Tabajaras E Nas Avenidas Historiador Raimundo Girão E Beira Mar.	Praia de Iracema	05/02/2020	R\$ 4.184.213,00	2500 Metros
29	Drenagem, Terraplenagem e Pavimentação na Av. Júlio Jorge Vieira.	Cidade dos Funcionários	21/01/2020	R\$ 4.105.809,06	7300 Metros
30	Urbanização do Parque Urbano Lagoa da Viúva.	Canindézinho, Siqueira	21/01/2020	R\$ 9.770.847,51	14000 Metros
31	Drenagem, Terraplenagem E Pavimentação Nas Ruas Otilia De Carvalho E Outras.	Cajazeiras	20/01/2020	R\$ 538.938,08	8400 Metros
32	Drenagem, Terraplenagem E Pavimentação Na Rua Dr. Ernesto Monteiro.	Sapiranga/Coité	16/01/2020	R\$ 379.591,23	10000 Metros
33	Infraestrutura E Saneamento Básico, Para Ruas Do Alto Alegre.	São Bento	14/01/2020	R\$ 8.874.033,90	15000 Metros
34	Infraestrutura E Urbanização De Parte Da Orla Do Litoral De Fortaleza.	Serviluz	30/12/2019	R\$ 7.247.620,65	7800 Metros
35	Drenagem, terraplenagem e pavimentação da Rua dos Coqueiros entre a Av. Paisagística e a Rua dos Muricis, bem como drenagem da Rua das Mangueiras entre a Rua das Carambolas e a Rua Canário Da Terra.	Edson Queiroz	30/12/2019	R\$ 1.671.183,47	9800 Metros
36	Reforma E Alargamento Da Avenida Sargento Herminio, No Trecho Compreendido entre A Av. Olavo Bilac e a Rua Padre Anchieta.	Monte Castelo, São Gerardo	27/11/2019	R\$ 12.521.717,88	5100 Metros
37	Infraestrutura e saneamento básico, para Ruas do Bairro Ancuri.	Ancuri	12/11/2019	R\$ 14.222.227,43	15000 Metros
38	Infraestrutura E Saneamento Básico, para a Comunidade 7 De Setembro.	Granja Lisboa	21/10/2019	R\$ 6.891.507,00	15000 Metros

39	Requalificação Urbana E Viária, Com Fornecimento E Instalação de Equipamentos de sinalização e semaforização, na Av. Desembargador Moreira.	Aldeota	18/09/2019	R\$ 11.260.289,09	2400 Metros
40	Reforma Do Sistema Viário Para Implantação Do Trecho 1 do Corredor de Transporte Público nas Avenidas Senador Fernandes Távora/ Avenida Expedicionários, compreendido entre A Av. D do Conjunto Ceará e o terminal da Lagoa Da Parangaba.	Lagoa Da Parangaba	20/08/2019	R\$ 21.339.996,27	8600 Metros
41	Drenagem Em Trechos Da Avenida Rui Barbosa E Da Rua Dep. Moreira Da Rocha.	Meireles	02/08/2019	R\$ 569.116,53	1700 Metros
42	Infraestrutura E Saneamento Básico.	Barroso	16/07/2019	R\$ 33.348.725,41	11000 Metros
43	Urbanização Da Comunidade Lagoa Da Zeza.	Jardim Das Oliveiras	01/07/2019	R\$ 1.330.057,47	7200 Metros
44	Requalificação com Acessibilidade dos Corredores Turísticos De Fortaleza-Ce.	Pirambu	16/04/2019	R\$ 853.062,35	5800 Metros
45	Requalificação com Acessibilidade dos Corredores Turísticos De Fortaleza-Ce.	Cais Do Porto	16/04/2019	R\$ 9.019.981,64	6500 Metros
46	Segunda Etapa Do Corredor De Transportes Da Av. Alberto Craveiro E Do Viaduto Sobre A Br 116 Em Fortaleza – Ce.	Viaduto Makro	08/03/2019	R\$ 19.978.038,73	16000 Metros
47	Mobilidade E Requalificação Urbana Das Ruas Ana Bilhar E Frederico Borges – Pólo Gastronômico Da Varjota.	Varjota.	28/09/2018	R\$ 13.239.950,98	3900 Metros
48	Drenagem De Águas Pluviais E De Pavimentação Do Centro De Educação Infantil (Ce) José Walter.	Conjunto Prefeito José Walter	16/08/2018	R\$ 698.500,49	13000 Metros
49	Implantação Do Corredor De Transportes Da Br 116/Ce (Km 1 Ao Km 10) – Etapa 1.	Fátima, Messejana	13/08/2018	R\$ 27.715.754,67	2800 Metros
50	Mobilidade Urbana - Binário Da Avenida Santos Dumont / Rua Desembargador Lauro Nogueira.	Aldeota	25/07/2018	R\$ 8.529.722,45	4900 Metros
51	Drenagem, Terraplanagem, Pavimentação E Urbanização Das Avenidas José Jatahy – Trecho Ii E Das Ruas Jacinto De Matos E Adriano Martins.	Jacarecanga	21/06/2018	R\$ 1.998.063,31	3900 Metros
52	Mobilidade Urbana Com Requalificação De Vias E Aspectos Urbanísticos Da Avenida Beira Mar.	Beira Mar	01/06/2018	R\$ 39.210.269,81	2100 Metros

53	Infraestrutura e urbanização do Vila Do Mar, contemplando serviços de rede de drenagem, Terraplanagem, Pavimentação e Quadra Poliesportiva.	Pirambu	28/12/2017	R\$ 5.990.888,94	5800 Metros
54	Drenagem, Terraplanagem, Recuperação Do Pavimento E Melhoramento Da Mobilidade Urbana Das Ruas Rufino De Alencar e Rua Boris, no trecho Compreendido Entre a Av. Dom Manoel E A Rua Pedro Ângelo, Nas Proximidades Do Teatro São José.	Centro	24/07/2017	R\$ 637.355,17	2100 Metros
55	Execução Dos Serviços De 134m De Drenagem Nas Ruas Guanacés E José Avelino.	Centro	25/10/2016	R\$ 144.654,41	2000 Metros
56	Serviço de limpeza e desobstrução do sistema de drenagem de águas pluviais, a serem realizados nas Av. Historiador Raimundo Girão - Bairro Praia de Iracema; Av. Das Flamboyantes; Av. Castanholeiras; Av. Das Adenateiras; Av. Central; Av. Central Leste; Av. Graviolas e Rua Andrade Furtado – Bairro Cidade 2.000; Rua Manoel Rodrigues Monteiro e Rua Professor Alvaro Costa - Bairro Vicente Pinzon.	Praia De Iracema	15/03/2016	R\$ 119.954,05	2100 Metros
57	Drenagem, Terraplanagem E Pavimentação.	Serrinha	19/02/2016	R\$ 8.430.096,35	8600 Metros
58	Rede De Água, Esgoto, Drenagem, Terraplanagem E Pavimentação.	Canindézin ho	16/02/2016	R\$ 20.515.855,91	14000 Metros
59	Execução dos serviços de: 1- drenagem, terraplanagem, pavimentação e dragagem da Lagoa das Pedras; 2-Serviços de infraestrutura, consistindo na construção de ramais de microdrenagem e de esgotamento sanitário; 3- Obras de urbanização e recuperação ambiental, nos trechos Oeste e Sul da Lagoa das Pedras, e a conclusão da terraplanagem, drenagem, pavimentação e sistema de esgotamento sanitário, para funcionalidade ao sistema dos lotes remanescentes do São Cristóvão.	Jangurussu	08/12/2015	R\$ 11.964.701,05	12000 Metros
60	Obras De Arte Especiais Do Eixo Via Expressa – Raul Barbosa Pertencentes Ao Corredor Expresso De Transporte Parangaba-Papicu.	Papicu	04/12/2015	R\$ 67.000.000,00	3700 Metros

61	Drenagem, Terraplanagem E Pavimentação Nos Bairros Luciano Cavalcante, Cambeba E José De Alencar.	Luciano Cavalcante	05/11/2015	R\$ 6.232.737,32	6900 Metros
62	Drenagem, pavimentação, urbanização e contenção de encosta.	Cais Do Porto	20/10/2015	R\$ 9.413.145,58	7100 Metros
63	Requalificação da Av. Aguanambi, construção de passarela sobre A Av. Aguanambi e construção de viaduto sobre a praça Manuel Dias Branco.	José Bonifácio	01/09/2015	R\$ 94.420.569,99	3000 Metros
64	Reforma de sistema viário para implantação do trecho 1 do corredor de transporte público nas Av. Senador Fernandes Távora / Av. dos Expedicionários, compreendido entre o Conjunto Ceará e a Lagoa Da Parangaba.	Lagoa Da Parangaba	29/05/2015	R\$ 30.260.434,01	8600 Metros
65	Reforma Das Avenidas Historiador Raimundo Girão, Pessoa Anta, Almirante Barroso, Ruas Perpendiculares E Ruas Paralelas.	Praia De Iracema	15/05/2015	R\$ 13.358.532,92	2300 Metros
66	Duplicações e restaurações de vias diversas no município de Fortaleza.	Papicu	04/05/2015	R\$ 73.548.070,85	4900 Metros
67	Reforma da pavimentação e passeios, incluindo drenagem e iluminação, da Rua dos Tabajaras e Vias adjacentes.	Praia De Iracema	09/02/2015	R\$ 3.491.519,67	2500 Metros
68	Drenagem, terraplanagem e pavimentação.	Amadeu Furtato	09/01/2015	R\$ 4.494.380,84	5800 Metros
69	Terraplanagem, drenagem e pavimentação.	Vila União	10/12/2014	R\$ 1.254.628,69	5100 Metros
70	Serviços de infraestrutura em logradouros públicos.	S/Informação	24/10/2014	R\$ 5.112.706,38	S/ Informação
71	Drenagem, terraplanagem e pavimentação.	Papicu	17/10/2014	R\$ 22.949.717,10	4900 Metros
72	Coberta e urbanização do Canal 06 (seis) Companheiros, localizado na Rua Nova, trecho: da Rua Seis Companheiros até o lançamento final (Vila do Mar).	Barra Do Ceará	31/07/2014	R\$ 535.888,83	8700 Metros
73	Reforma, recuperação e pavimentação de passeios e vias da Praia de Iracema.	Praia De Iracema	30/05/2014	R\$ 3.240.883,60	2000 Metros
74	Urbanização de área pública, Rua Tabajaras nº451, Largo do Tremembés.	Praia De Iracema	15/04/2014	R\$ 295.389,68	2400 Metros
75	Serviços de engenharia para revestimento e capeamento da Malha Viária de Fortaleza-CE.	S/ Informação	27/02/2014	R\$ 39.450.000,00	S/ Informação

76	Terraplanagem, contenção, drenagem, muros e calçadas em terrenos públicos em Fortaleza.	S/ Informação	06/01/2014	R\$ 21.704.971,58	S/ Informação
77	Serviços de geometria, terraplanagem, drenagem, pavimentação e sinalização na Av. Ministro José Américo.	Cambeba	30/12/2013	R\$ 1.378.068,23	11000 Metros
78	Urbanização e paisagismo no Riacho Doce II, localizado na Rua Belém de Figueiredo.	Jardim Iracema	16/10/2013	R\$ 251.879,82	8600 Metros
79	Coberta e urbanização do canal seis companheiros, localizado na Rua Nova, Trecho: da Rua Seis Companheiros até o lançamento final (Vila do Mar).	Barra Do Ceará	09/10/2013	R\$ 431.265,00	8400 Metros
80	Serviços de engenharia de reforma e recuperação de drenagem e pavimentação e demais serviços de conservação da Malha Viária de Fortaleza-CE.	S/ Informação	24/05/2013	R\$ 36.533.000,00	S/ Informação

Fonte: Adaptado de FORTALEZA (2020a).

4.3 Solução proposta para mitigar os alagamentos na Av. Heráclito Graça

A Lei Federal 11.445/07 descreve as diretrizes nacionais para o saneamento básico e estabelece outras normativas. Entre outras questões, a referida legislação preconiza os quatro eixos fundamentais de abrangência do Saneamento Básico, destacando-se a Drenagem de Águas Pluviais Urbanas. Sobretudo, quando ressalta no seu Art. 2º, que os serviços públicos de saneamento básico devem ser prestados com base, dentre outros critérios, na redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reuso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva.

Além disso, a capital do estado do Ceará é abastecida com água proveniente de localidades sob o regime climático do semiárido, uma realidade de permanente de escassez hídrica, forte carência do recurso água com demanda sempre crescente, tanto para fins potáveis quanto não potáveis. Neste contexto, o aproveitamento de águas pluvias surge como uma alternativa para minimizar a sua escassez e diminuir a pressão das águas pluvias urbanas principalmente nos períodos chuvosos da cidade de Fortaleza, em especial na área de estudo da presente pesquisa.

Segundo U.S.EPA (2004), o conceito de “substituição de fontes”, representa a possibilidade de reaproveitamento de águas de drenagem em substituição a recursos potáveis disponíveis. Este conceito, de acordo com Mancuso e Santos (2003), aparece como uma

alternativa para suprir a demandas menos nobres, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais adequados, como o abastecimento doméstico. Conforme U.S.EPA (2004), em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior".

Na Califórnia, Alemanha e no Japão, seus governantes oferecem financiamentos para que cidadãos possam construir seus sistemas de captação de água pluvial. Sendo que no Japão, o governo metropolitano de Tokyo, adotou um regulamento em 1984 que obriga que toda edificação com área maior que 30.000m² ou quando o consumo do prédio for maior que 100m³/dia de água potável, seja realizado o aproveitamento da água da chuva, pois segundo o Japão, o consumo de água não potável em um edifício é de cerca de 30% (TOMAZ, 2003 *apud* CARLON, 2005, p. 39; COLLA, 2008).

Para alicerçar a solução, tomou-se como base o memorial descritivo do estudo hidrológico elaborado para a área de estudo, que consta no edital de licitação RDC Presencial Nº 018/2019. Embora, esta licitação não tenha tramitado, o documento foi lançado pela Prefeitura Municipal de Fortaleza em 2019, no entanto o processo em questão foi revogado. O memorial descritivo do objeto desta licitação trazia em seu escopo um estudo hidrológico sobre dimensionamento da drenagem existente do Riacho Pajeú, destacando que a mesma foi dimensionada utilizando um período de retorno de 25 anos e, que a região de estudo, atualmente, encontra-se completamente ocupada por construções, não havendo mais espaço para locar galerias que possam comportar precipitações resultantes de um período de retorno maior.

A proposta consiste na implantação de calhas coletoras de águas pluviais por todas as cobertas das edificações, localizadas na micro bacia responsável por drenar suas águas pluviais sobrecarregando as galerias existentes, originando os alagamentos na Av. Heráclito Graça. Após a coleta, as águas pluviais captadas pelas calhas, seguirão para reservatórios implantados nas próprias edificações, proporcionando assim uma reserva de água para usos não potáveis. Além disso, reduz-se o volume drenado para as galerias pluviais instaladas, permitindo que estas possam dar vazão apenas ao volume remanescente. E a água reservada mantém volume suficiente para os usos não potáveis das edificações, diminuindo o custo e o consumo de água potável.

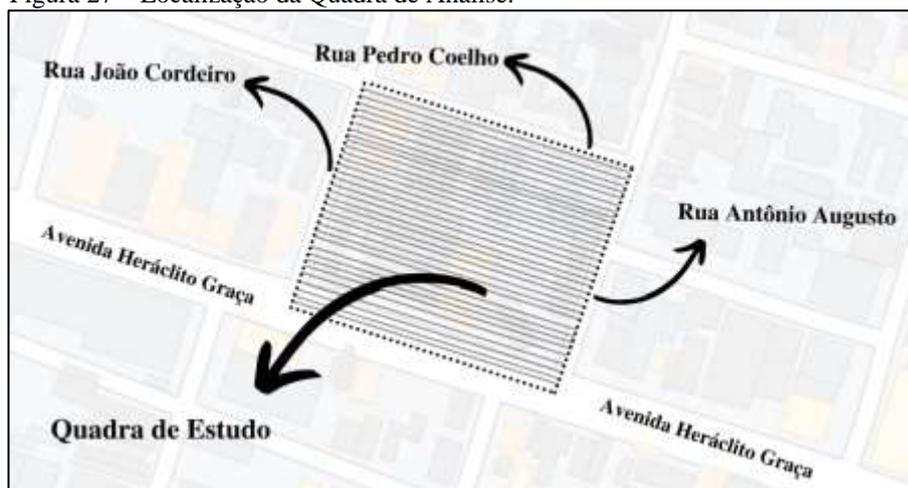
A proposta de solução aventada, tem alinhamento com a Política Federal de Saneamento constituída pela Lei Federal 11.445/07, que enfatiza em seu Artigo 2º, a

necessidades de se implantar sistemas de aproveitamento de águas pluviais urbanas. Nessas condições, a reutilização da água e os sistemas de coleta e utilização de água da chuva surgem como um meio de conservação da água e como alternativas para enfrentar a problemática de alagamentos sucessivos que tanto prejudicam as populações e, que foi recorrentemente ilustrada nesta pesquisa.

4.3.1 Solução proposta - Delimitação da quadra de análise e cálculo de áreas

A proposta foi elaborada tomando-se uma quadra que faz parte da Bacia da Vertente Marítima A3, localizada entre a rua Antônio Augusto e a rua João Cordeiro, delimitadas pela Rua Pedro Coelho e a Avenida Heráclito Graça. A Figura 27, apresenta a localização em questão que contribui com o escoamento superficial da área de estudo, sobretudo com as ocorrências de alagamentos. Sua escolha justifica-se pela significativa representatividade para as demais quadras que se fazem presentes na referida bacia, formada em sua maioria por edificações de variada natureza, sendo elas: residenciais, comerciais, estabelecimento de ensino e pequena indústria. Ressalta-se ainda, a proximidade que a mesma tem do ponto crítico de alagamento da Avenida Heráclito Graça.

Figura 27 – Localização da Quadra de Análise.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

Com a localização definida, foi possível extrair todas as medidas necessárias da área, por meio do auxílio da ferramenta Google Earth, tanto da quadra inteira, considerado eixo a eixo das ruas no seu entorno, quanto das cobertas. De posse dessas medidas, para realizar o cálculo de área das cobertas, foi utilizado os dados de inclinação da Tabela 6.

Tabela 6 – Tipos de cobertura e sua inclinação.

TIPO DE MATERIAL	INCLINAÇÃO (%)
CERÂMICA	30%
FIBROCIMENTO	27%
METÁLICA	5%
MADEIRA	30%

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 8039 (1983); Eternit (2020); Eternit (2019); ABNT NBR 15575-5 (2013).

A Figura 28 apresenta uma imagem via satélite da quadra escolhida e suas respectivas coberturas destacadas.

Figura 28 – Imagem da quadra escolhida, com sequência das coberturas selecionadas para o cálculo do potencial de captação de águas pluviais.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

Na Tabela 7, estão registradas todas essas medidas de área calculadas para as coberturas presentes nesta quadra.

Tabela 7 – Quadro de Áreas do local de análise.

LOCALIZAÇÃO	ÁREA TOTAL (m ²)
QUADRA TOTAL	12.307,31 m ²
C1	158,80 m ²
C2	234,17 m ²
C3	132,17 m ²
C4	152,86 m ²
C5	178,76 m ²
C6	262,39 m ²
C7	659,73 m ²
C8	200,25 m ²
C9	1.276,08 m ²
C10	207,16m ²
C11	427,57 m ²
C12	427,57 m ²

Fonte: Elaborado pela Autora (2021).

4.3.2 Solução proposta - Potencial de captação das áreas delimitadas: cobertas e pela quadra

Sousa (2020), realizou um estudo na mesma bacia de contribuição, onde foi feito um levantamento com recursos gráficos do AutoCAD, em que foi possível calcular a área total da bacia de contribuição, encontrando um valor de aproximadamente 1,60 km², o autor ainda calculou diferentes vazões de projeto em função da intensidade de precipitação, que também foi calculada, e é função dos tempos de retorno e de concentração. A partir da Tabela 8, o autor fez a retirada do coeficiente de C (*runoff*), sendo ele C=0,83.

Tabela 8 – Valores de C (*runoff*), em função da ocupação humana.

ZONAS	COEFICIENTE C (<i>runoff</i>)
Edificação Muito Densa:	
Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 – 0,95
Edificação Não Muito Densa:	
Partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 – 0,70
Edificação Com Poucas Superfícies Livres:	
Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 – 0,60
Edificação Com Muitas Superfícies Livres:	
Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 – 0,50
Subúrbios Com Alguma Edificação:	
Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 – 0,25
Matas, Parques E Campos De Esportes:	
Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques com jardim, campos esportivos sem	0,05 – 0,20

Fonte: Adaptado de Wilken (1978) *apud* Tucci (2015).

Ainda segundo Sousa (2020), os valores obtidos de vazão de projeto e intensidade de acordo com os seus períodos de retorno e concentração, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Cálculo de Intensidade e Vazão de Projeto.

CÁLCULO DE INTESIDADE E VAZÃO DE PROJETO					
TR (anos)	TC (min)	I (mm/h)	Q (m ³ /s)	C	A (km ²)
5	5	130,23	47,96	0,83	1,60
10	5	146,82	54,07	0,83	1,60
15	5	157,49	58,00	0,83	1,60
25	5	172,04	63,35	0,83	1,60
50	5	193,96	71,42	0,83	1,60
100	5	218,67	80,52	0,83	1,60
5	10	114,76	42,26	0,83	1,60
10	10	129,38	47,65	0,83	1,60
15	10	138,79	51,11	0,83	1,60
25	10	151,61	55,83	0,83	1,60
50	10	170,92	62,94	0,83	1,60
100	10	192,70	70,96	0,83	1,60

5	15	102,72	37,83	0,83	1,60
10	15	115,80	42,64	0,83	1,60
15	15	124,22	45,74	0,83	1,60
25	15	135,70	49,97	0,83	1,60
50	15	152,98	56,34	0,83	1,60
100	15	172,47	63,51	0,83	1,60

Fonte: Adaptado de Sousa (2020).

Segundo Tomaz (2010), na determinação da chuva de projeto os períodos de retorno comumente adotados para cidades com mais de 100.000 habitantes, é de 25 anos. Portanto, considerou-se então para determinar o potencial de capitação da área delimitada pelas cobertas e quadra, a chuva de projeto com um tempo de retorno de 25 anos e um tempo de concentração de 10 minutos, que conforme apresentado na Tabela 9, tem a magnitude de intensidade de 135,70mm/h.

Os volumes de água oriundo das precipitações, foram determinados considerando o volume total capitado (compreendendo a área total da quadra) e, o volume capitado correspondente às áreas de todas as cobertas. Desta forma, para uma precipitação de 135,7 mm, corresponde a 0,1357 m de altura da lâmina de água, e associando-se aos valores de área apresentados na Tabela 7, foi possível fazer uso da equação 3, seguindo a metodologia de cálculo de Tomaz (2010), para obter os valores de volume.

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (3)$$

Em que:

V = Volume de Água (L);

P = Precipitação (mm);

A = Área (m²);

C = Coeficiente de *runoff*. Normalmente C = 0,95;

η = Fator de captação. Um valor prático quando não se têm dados é adotar: C x η = 0,80.

De acordo com os resultados obtidos, conforme apresentado na Tabela 10, observa-se que os volumes coletados na quadra de estudo e nas cobertas das edificações, pertencentes a esta quadra, resultam em valores expressivos de retenção de água. O volume total a ser capitado de água é de 1.336.081,57 L, que representa (desconsiderando as perdas) o total que deveria escoar superficialmente e ser drenado pelas galerias. Com a implementação da capitação das cobertas das edificações pertencentes a quadra, observa-se valores retidos que variam de 14.347,82 L para a menor área de coberta e, 138.530,65 L para a maior área. Quando se somam

estes potenciais de captação de todas as cobertas, obtém-se 468.708,19 L, esse número representa uma redução de 35% no volume de água que seria drenado para as galerias.

Vale ressaltar que, de acordo com estudo hidrológico elaborado para a área em questão, que consta no edital de licitação RDC Presencial N° 018/2019 da Prefeitura de Fortaleza, esta área de estudo não possui mais espaço para a ampliação do sistema de drenagem existente. Assim, percebe-se que no contexto atual a proposta aqui apresentada mostra-se capaz de atenuar a problemática existente, trazendo alívio necessário para as galerias já existentes, ampliando seu potencial de drenagem, e consequentemente evitando os eventos de alagamentos.

Tabela 10 – Volume de água oriundo das precipitações na Quadra em análise.

LOCALIZAÇÃO	VOLUME (m ³)	VOLUME (L)
QUADRA TOTAL	1.336,08 m ³	1.336.081,57 L
C1	17,24 m ³	17.239,56 L
C2	25,42 m ³	25.421,48 L
C3	14,35 m ³	14.347,82 L
C4	16,59 m ³	16.594,86 L
C5	19,41 m ³	19.406,73 L
C6	28,49 m ³	28.484,51 L
C7	71,62 m ³	71.619,98 L
C8	21,74 m ³	21.739,12 L
C9	138,53 m ³	138.530,65 L
C10	22,49 m ³	22.489,48 L
C11	46,42 m ³	46.416,99 L
C12	46,42 m ³	46.416,99 L

Fonte: Elaborado pela Autora (2021).

4.3.3 Solução proposta - Dimensionamento do reservatório para a edificação C9

Para executar o dimensionamento dos reservatórios, utilizou-se para essa análise a cobertura C9, por possui uma maior área em relação a quadra de estudo. Em vista disso, com base em Tomaz (2010), utilizou-se os dados da Tabela 10, para o dimensionamento do reservatório, que resultou em um volume de 138,53 m³. Dessa forma, foi possível elaborar a Tabela 11, que apresenta algumas opções de dimensões e modelos para a construção do reservatório, podendo ainda variar no tipo de material.

Tabela 11 – Opções em modelos e dimensões para o reservatório referente a coleta da cobertura C9.

MODELO	DIMENSÕES
SUBTERRÂNEO RETANGULAR	Largura = 4 metros; Comprimento = 7 metros; Profundidade = 5 metros.
CILINDRICO VERTICAL	Altura = 7 metros; Diâmetro = 5,2 metros.
SEMI-ENTERRADO RETANGULAR	Largura = 4 metros; Comprimento = 5 metros; Profundidade = 7 metros.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

4.3.4 Proposta de ações não estruturais para mitigar os alagamentos na Av. Heráclito Graça

Ressalta-se ainda a importância na implantação, ampliação, fiscalização e a elaboração de um conjunto de medidas não estruturais, que potencializam a mitigação pretendida na referida pesquisa. A seguir, estão listadas medidas não estruturais que podem ser adotadas pelo poder público com tal propósito de resolução do problema:

- Implantação de Lixeiras para coleta seletiva ao longo da Av. Heráclito Graça;
- Sinalização Educativa sobre conscientização ambiental e coleta seletiva ao longo da Av. Heráclito Graça;
- Ampliação do sistema de coleta de lixo;
- Lançamento de um Programa para execução de manutenção periódica no sistema de drenagem da Av. Heráclito Graça e da região, com desobstrução de bocas de lobo, bocas de leão e demais elementos de drenagem. Além de reparos, que porventura, sejam necessários na estrutura de drenagem da região. É importante que esse programa possua fiscalização ativa, para que o mesmo venha a ser executado da forma correta;
- Enaltecer e incentivar a participação da população na ação de aproveitamento de água da chuva, como medida mitigadora dos alagamentos recorrentes. Essa ação pode ser realizada através de programas educacionais em mídias sociais, canais de telecomunicação, adoção de leis, entre outros meios.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho proporcionou uma percepção mais apurada das causas e efeitos das variáveis hidrológicas e as medidas de contenção destas, no que se refere a mitigação da problemática atual dos alagamentos pertinentes na região que está inserida a Avenida Heráclito Graça, na cidade de Fortaleza. A partir da quantificação das alterações do balanço hídrico, considerando o processo de crescimento demográfico da cidade, e conseqüentemente, da urbanização e a importância positiva que o Riacho Pajeú teve para a região, retratou-se as conseqüências do seu processo de reconfiguração e apagamento.

De acordo com a bibliografia da pesquisa, que traz em seu escopo a definição e a funcionalidade de um conjunto de fatores hidrológicos, foi possível realizar uma associação ao histórico do Pajeú e do processo de crescimento da região, o que se concluiu que a problemática atual dos alagamentos, se deu principalmente pela reconfiguração não planejada do Pajeú, onde no decorrer dos anos foi construída uma cidade densa e impermeável sobre o riacho, não respeitando o ciclo natural da água. Ressalta-se ainda, que outros fatores estão interligados a essa problemática, como: poluição; rede de drenagem incapaz de suportar o volume de água; ampliação não planejada de outros serviços como abastecimento de água, rede telefônica, gás e esgoto; e índices de permeabilidade não respeitados.

Identificar as principais ações propostas pelo poder público e dialogar com os fatos ocorridos no passado e presente no âmbito da problemática estudada, gerou um amadurecimento significativo sobre as ações e seus impactos efetivos, abrindo uma possibilidade de reflexão para as próximas intervenções a serem implementadas, buscando maior clareza na devida intencionalidade de contenção das ocorrências de alagamentos na área de estudo. Sobretudo, por ter ficado mais evidente que as ações executadas se mostraram insuficientes para conter os alagamentos que afetam a Av. Heráclito Graça, observados durante o período da quadra chuvosa. Além do que, durante todo o processo de aquisição de dados nos órgãos públicos da cidade de Fortaleza, foi latente a falta de clareza e presteza na liberação das informações, principalmente, sob a ótica de se saber o status em que as obras estruturais de drenagem se encontravam. Tal fato, limitou a abrangência das análises das causas e efeitos, mas não produziu deméritos na pesquisa como um todo, sobretudo porque, o mais relevante seriam que as intervenções, mesmo que não informadas e disponibilizadas com clareza, produzissem efeitos de mitigação a ponto de cessarem as ocorrências de alagamentos.

No âmbito das ações não estruturais implementadas na região de estudo, a partir de análises do Plano Municipal de Saneamento Básico (2015), para a Cidade de Fortaleza, não foi

identificado nenhum tipo de fiscalização ou comprovação de que parte das mesmas estavam realmente sendo executadas. Quais sejam: Programa Águas da Cidade, que é voltado para ações educacionais, mas até a conclusão da presente pesquisa, não foi possível identificar de que forma esse programa está sendo conduzido na região e da mesma maneira o Plano Diretor de Macrodrenagem Urbana, que contempla plantio, monitoramento, recuperação e preservação das áreas verdes urbanas.

A proposta de solução apresentada pela referida pesquisa, versa a respeito da implantação de calhas coletoras de águas pluviais realizadas para todas as cobertas das edificações, localizadas na micro bacia responsável e sua posterior reservação. Tendo como base a simulação realizada para uma das quadras da área de estudo e considerando a chuva de projeto de 137,5 mm, devem ser recebidos 1.336.081,57 litros de águas pluviais. Deste volume total, subtrai-se o total captado pelas cobertas das edificações presentes na mesma quadra que farão o armazenamento desse volume, proporcionando assim uma reserva de aproximadamente 468.708,19 litros. Este volume armazenado, representa 35% do volume total precipitado. A partir desta simulação, conclui-se que a referida solução proporcionará alívio ao sistema atual de drenagem de águas pluviais, que se mostra atualmente subdimensionado com ocorrências de alagamentos. Com a implantação desse projeto, é possível elencar suas vantagens, destacando-se a seguir:

- Projeto de caráter Ecológico: A água drenada para esses reservatórios poderá ser consumida pelas próprias edificações que farão o armazenamento, podendo serem utilizadas para diversos fins não-potáveis, como: jardinagem, descargas sanitárias, etc, trazendo ainda uma redução consumo de água potável.
- Diminuição do transtorno durante a execução: Obras urbanas, geralmente causam grandes transtornos para a população, com desvio de tráfego, ruídos elevados e toda movimentação de máquinas e equipamentos que uma obra possui, com esse projeto poderá ser evitado tudo isso;
- A plena participação da população e engajamento em ações de cunho coletivo, incentivando este viés para outras questões que venham a demandar a integração do povo;
- Ação que promove a cidadania e amplia o efeito de cooperação mútua entre a população, na resolução de problemas locais básicos e recorrentes. Responsabilidade compartilhada na prática.

Entende-se que essa proposta, aparentemente é simples, no entanto necessita de uma boa disposição, por parte do poder público, para que todas as ações necessárias para o implante do projeto sejam realizadas, como a necessidade que se tem no aprofundamento do dimensionamento, e uma elaboração estratégica na logística com a população que de alguma forma abriga as edificações. Contudo, os contras não tornam o projeto inviável, dado que

existem inúmeros meios para que se possa vencer tais obstáculos, como realizar indenizações aos proprietários das edificações, diminuição de impostos, busca de parceria com empresas privadas que tenham também interesse na resolução deste problema, entre outras medidas que podem ser adotadas, levando sempre em consideração a necessidade que a região possui para que esse problema, que há tantos anos prejudica a região, seja resolvido.

Por fim, para trabalhos futuros, sugere-se a continuação no dimensionamento do projeto de implantação de captação de água nas cobertas. Fazendo um levantamento estratégico das melhores cobertas para a implantação desse sistema, tendo como critério as áreas que possuem maior contribuição no alagamento, dimensionar os reservatórios para essas cobertas, e realizar o cálculo de volume necessário para desafogar as galerias existentes. Além de analisar o custo-benefício, afim de chegar à viabilidade financeira desse projeto.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 8039. **Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa – Procedimento**. 1983. Disponível em:

<<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=005237>>. Acesso em: 26 mai. 2021.

ABNT NBR 15575-5. **Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas**. 2013. Disponível em: <

https://philipepradoengenharia.files.wordpress.com/2018/02/nbr_15575-5_2013_final-sistemas-de-cobertura.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2021.

ANDRADE, Cecília; BAIO, Cesar. **PARQUE AMPLIADO DO PAJEÚ: UMA**

BORDAGEM SITE-SPECIFIC COM USO DE LOCATIVE MEDIA. In Encontro da Associação Nacional de Pesquisadores em Artes Plásticas, 26o, 2017. Disponível em:

<http://www.anpap.org.br/anais/2017/PDF/PA/26encontro____ANDRADE_Cec%C3%ADlia__BAIO_Cesar.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

ARAGÃO, José Wellington Marinho DE; MENDES NETA, Maria Adelina Hayne.

METODOLOGIA CIENTÍFICA. Salvador: UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA,

2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/30900/1/eBook%20-%20Metodologia%20Cientifica.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2020.

BEIJO, Luiz Alberto; MUNIZ, Joel Augusto; CASTRO NETO, Pedro. **TEMPO DE RETORNO DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS EM LAVRAS (MG) PELA**

DISTRIBUIÇÃO DE VALORES EXTREMOS DO TIPO I. Minas Gerais:

Ciência e Agrotecnologia - Universidade Federal de Lavras, 2005. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n3/a22.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

BRAGA, Júlia Oliveira. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: Estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF**. 2016. Disponível em:

<https://bdm.unb.br/bitstream/10483/19267/1/2016_JuliaOliveiraBraga.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2020.

BRASIL. LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007: **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**. 2007a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 04 out. 2020.

_____. Ministério das Cidades. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007b. Disponível em:

<<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.

CALON, Márcia Regina. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistema de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville - SC**. Universidade do Vale do Itajaí. 2005. Disponível em: <

<https://siaiap39.univali.br/repositorio/bitstream/repositorio/1909/1/Marcia%20Regina%20Carlon%20parte%201.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2021.

CAMARANO, Ana Amélia; BELTÃO, Kaizô Iwakami. **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POPULAÇÃO BRASILEIRA: MUDANÇAS NA SEGUNDA METADE DESTE SÉCULO**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. 2000. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2372/1/TD_766.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.

CARVALHO, Daniel Fonseca DE; SILVA, Leonardo Duarte Batista DA. **Hidrologia**. 2016. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap5-INF.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.

CARVALHO, Daniel Fonseca DE; SILVA, Leonardo Duarte Batista DA. **Hidrologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf>>. Acesso em 09 nov. 2020.

COLLA, Lizzi Lemos. **SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**. UNESP – Universidade Estadual Paulista. 2008.

COLLISCHON, Walter; TASSI, Rutinéia. **INTRODUZINDO HIDROLOGIA**. 2008. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/4157337/cap-5-precipitacao>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

COSTA, Maria Cecília Lustosa. **Fortaleza, capital do Ceará: transformações no espaço urbano ao longo do século XIX**. Revista do Instituto do Ceará, 2014. Disponível em: <<http://salasituacional.fortaleza.ce.gov.br:8081/acervo/documentById?id=1e9442b7-a49d-4afc-8507-594245841179>>. Acesso em: 20 set 2020.

COSTA, M. C.L; PEQUENO, R. **Fortaleza: Transformação na Ordem Urbana**. 2015. Disponível em: <https://observatoriodasmetropoles.net.br/arquivos/biblioteca/abook_file/serie_ordemurbana_fortaleza.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Alagamento da avenida Heráclito Graça: problema histórico é explicado por especialista**. 2019. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/alagamento-da-avenida-heraclito-graca-problema-historico-e-explicado-por-especialista-1.2072058>>. Acesso em: 12 nov. 2020.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Fortaleza registra forte chuva e pontos de alagamento nesta segunda-feira (3)**. 2021a. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/fortaleza-registra-forte-chuva-e-pontos-de-alagamento-nesta-segunda-feira-3-1.3080760>>. Acesso em: 28 maio 2021.

DOURADO, L. S.; SILVA, M. A.; MENDES, S. R. S. **Jardim de chuva como técnica compensatória: Um estudo no município de Goiânia**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/867/1/TCC%202%20Marcela%20e%20Luana%20-%20PRONTO.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

DUTRA, Marcelo Gonçalves. **O RIO SECRETO DE FORTALEZA: ANÁLISE DAS CONSEQUÊNCIAS DA AÇÃO ANTRÓPICA SOBRE O RIACHO PAJEÚ E SUAS IMPLICAÇÕES NA PAISAGEM URBANA**. 2017. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/31300>>. Acesso em: 25 set. 2020.

ENCONTRECE. **Mapa do Estado do Ceará**. 2008. Disponível em: <<http://www.encontreceara.com.br/mapas/mapa-do-ceara.htm>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

ETERNIT. **Telhas de Fibrocimento CRFS (Cimento Reforçado com Fio sintético)** – Catálogo Técnico. 2020. Disponível em: <https://www.etsnit.com.br/wp-content/uploads/2019/10/ETE02720_Cat%C3%A1logo-t%C3%A9cnico-fibrocimento_D.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2021.

ETERNIT. **Telhas Metálicas** – Catálogo Técnico. 2019. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/etsnit/telha_termoacustica.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The remarkable history of polder systems in The Netherlands**. 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/giahs/PDF/Dutch-Polder-System_2010.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2020.

FERNANDES, Luciana Marques Gomes Lopes. **Levantamento de técnicas de sistemas de drenagem sustentáveis aplicáveis em pontos críticos de alagamentos identificados na cidade de Fortaleza**. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/28832>>. Acesso em: 25 set. 2020.

FERREIRA, Nivaldo Silveira. **ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliensp10a/zcit_1.html>. Acesso em: 07 dez. 2020.

FERNANDES, Jessica Modesto; VIEIRA, Jordana Beatriz de Souza Marçal. **ESTUDO DE CASO SOBRE ALAGAMENTOS DA TRAVESSA WASHINGTON DE CARVALHO – PARA CIDADE DE ANÁPOLIS**. ANÁPOLIS/GO: Centro Universitário de Anápolis – UNIEVANGÉLICA, 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/882/1/20182_TCC_Jessica_Jordana.pdf>. Acesso em: 26 set. 2020.

FORTALEZA. **A cidade**. 2020c. Disponível em: <<https://www.fortaleza.ce.gov.br/a-cidade>>. Acesso em: 05 out. 2020.

_____. **Institucional**. 2020b. Disponível em: <<https://www.fortaleza.ce.gov.br/institucional>>. Acesso em: 04 out. 2020.

_____. **Licitações**. 2020a. Disponível em: <<https://compras.sepog.fortaleza.ce.gov.br/publico/licitacoes.asp>>. Acesso em: 04 out. 2020.

_____. **Licitações**. RDC PRESENCIAL Nº 018/2019 – Contratação De Empresa Especializada Para Execução Dos Serviços De Saneamento Básico (Drenagem) Do Riacho

Pajeú - Bacia Vertente Marítima, Visando A Descontaminação Da Costa Da Cidade De Fortaleza/CE. 2019. Disponível em: <<https://compras.sepog.fortaleza.ce.gov.br/publico/detalhe-licitacao.asp?id=5223&fonte=>>. Acesso em: 25 maio 2021.

_____. Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente. **Drenagem e manejo das águas pluviais do município de Fortaleza**. Plano Municipal de Saneamento Básico. Fortaleza-CE. 2015. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_drenagem.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2020.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Apresentação**. 2020. Disponível em: <http://www.funceme.br/?page_id=352>. Acesso em: 26 set. 2020.

_____. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Gráfico de Chuvas dos Postos Pluviométricos**. 2020b. Disponível em: <http://www.funceme.br/?page_id=2702>. Acesso em: 11 dez. 2020.

_____. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Pré-Estação**: entenda o período que antecede a quadra chuvosa do Ceará. 2019. Disponível em: <<http://www.funceme.br/?p=5963>>. Acesso em: 26 set. 2020.

_____. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **SISTEMAS METEOROLÓGICOS CAUSADORES DE CHUVA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**. 2002. Disponível em: <http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico_chuvas_postos_pluviometricos/entender/entender2.htm>. Acesso em: 07 dez. 2020.

G1 CE. **Chuva forte deixa aeroporto alagado e carros submersos em Fortaleza nesta sexta-feira**. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/01/31/fortaleza-amanhece-com-pontos-de-alagamento-apos-chuva-na-madruugada-desta-sexta-feira.ghtml>>. Acesso em: 28 maio 2021.

GRANGEIRO, Claudia Maria Magalhães et al. **“No sentido das águas: De volta ao Pajeú da nascente a foz”**. Estudo do Corpo Hídrico Pajeú, Fortaleza-CE. 2014. Disponível em: <http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1404673056_ARQUIVO_trabalhoenviado_CBG11.pdf>. Acesso em: 25 set. 2020.

GZH. **Holanda é exemplo na prevenção de enchentes**. 2012. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/mundo/noticia/2012/11/holanda-e-exemplo-na-prevencao-de-enchentes-3961690.html>>. Acesso em: 09 dez. 2020.

IBGE. Agência IBGE. **IBGE divulga estimativa da população dos municípios para 2020**. 2020c. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28668-ibge-divulga-estimativa-da-populacao-dos-municipios-para-2020>>. Acesso em: 25 set. 2020.

_____. **Censo Demográfico**. 2010a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9673&t=destaques>>. Acesso em: 08 dez. 2020.

_____. **Cidades e Estados**. 2020d. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/fortaleza.html>>. Acesso em: 25 set. 2020.

_____. **Sinopse Censo Demográfico**. 2010b. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=6>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

KHAN ACADEMY. **Ciclo da água**. 2020. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/matria-e-energia-a-gua-na-terra/a-agua-na-terra/a/the-water-cycle-article>>. Acesso em: 13 dez. 2020.

MACHADO, Ana Lúcia S.; PACHECO, Jesuete Bezerra. **SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E O CICLO HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA AMAZONICA - the biotic pump**. Revista GEONORTE, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1117/1009>>. Acesso em: 26 set. 2020.

MACHADO, Orli José; POLEZA, Maristela Macedo. **MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS IMPLEMENTADAS PARA MINIMIZAR IMPACTOS COM AS INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE TAIÓ**. 2017. Disponível em: <<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Orli-Jos%C3%A9-Machado.pdf>>. Acesso em: 22 Abr. 2021.

MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. **Reúso de Água**. 2003, USP-SP: Editora Manole Ltda, 580pp.

MANUAL DE DESASTRES. **Desastres Naturais – vol. I**. Brasília-DF: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2003. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/Manual-Desastres-Naturais-Vol-1.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2020.

MARCELINO, Emerson Vieira. **DESASTRES NATURAIS E GEOTECNOLOGIAS: CONCEITOS BÁSICOS**. Santa Maria: Centro Regional Sul de Pesquisa – CRS/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INEP, 2008. Disponível em: <<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.

MARTINS, Eduardo Sávio Passos Rodrigue; VASCONCELOS JUNIOR, Francisco das Chagas Vasconcelos. **O clima da Região Nordeste entre 2009 e 2017: monitoramento e previsão**. Brasília-DF: Centro de Gestão de Recursos Estratégicos – Parcerias Estratégicas, 2017. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/846/774>. Acesso em: 25 set. 2020.

MATOS NETO, Clóvis E. de A.; FRAGA, Nise Sanford. **Equação de chuvas intensas para a Cidade de Fortaleza**. 1983. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274693954_Equacao_de_chuvas_para_Fortaleza-CE_com_dados_do_pluviografo_da_UFC>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MAUS, Victor Wegner; RIGHES, Afranio Almir; BURIOL, Galileo Adeli. **PAVIMENTOS PERMEÁVEIS E ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA ÁGUA EM ÁREAS URBANAS**. Centro Universitário Franciscano – UNIFRA. 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/242205224_PAVIMENTOS_PERMEAVEIS_E_ESCOAMENTO_SUPERFICIAL_DA_AGUA_EM_AREAS_URBANAS>. Acesso em: 26 set. 2020.

MESQUITA, Janine Brandão Farias; PEREIRA, Silvano Porto; LIMA NETO, Iran Eduardo. **Modelagem da drenagem urbana e avaliação das cargas bacteriológicas na Vertente Marítima de Fortaleza, Ceará**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v25n1/1809-4457-esa-25-01-205.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2020.

MOLINARI, Deivison Carvalho; VIEIRA, Antonio Fábio Guimarães. **CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES SOBRE A CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO NO DISTRITO INDUSTRIAL II MANAUS (AM)**. 2004. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/5/5/Deivison%20Carvalho%20Molinari.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2020.

MONTEIRO, Adriana Roseno; VERAS, Antonio Tolrino de Rezende. **A Questão Habitacional no Brasil**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará – UFC, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-22012017000100214>. Acesso em: 25 set 2020.

MONTEIRO, Jander Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. **EVENTOS EXTREMOS DIÁRIOS EM FORTALEZA-CE, BRASIL: UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA DE EPISÓDIOS PLUVIOMÉTRICOS INTENSOS**. Revista Brasileira de Climatologia. 2013. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Climatologia/11.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2020.

MOTA, F. S. B.; DEMES, F. O. C. **Impactos das atividades urbanas no Riacho Pajeú, em Fortaleza, CEARÁ. Uma abordagem histórica e ambiental**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/92eb1dc1fa2bca78e101ef5dff58cce7_27f8828fa04b8a19ea3e06454beff72f.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. 2019. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu>>. Acesso em: 24 set 2020.

OPOVO ONLINE. **Ambulância fica presa na Heráclito Graça durante chuva em Fortaleza**. 2021. Disponível em: <<https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/2021/05/03/ambulancia-fica-presa-na-heraclito-graca-durante-chuva-em-fortaleza.html>>. Acesso em: 28 maio 2021.

PARANÁ, Governo do Estado. **Manual de Drenagem Urbana**. 2002. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_versao01.pdf>. Acesso em: 30 out. 2020.

PEREZ, Letícia Palazzi. **Índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos e deslizamentos de terra, em função de eventos extremos de clima, na Região Metropolitana de São Paulo: uma proposta de método.** 2013. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-12032014-121536/publico/2013_LeticiaPalazziPerez.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2020.

POMPÊO, Cesar Augusto. **Drenagem Urbana Sustentável.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 5 n.1. 2000. Disponível em: <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/46/c6be0bdb36e71f441b574b6a63d5a75a_2d24ccc39dcc0666232d4d538fcef31f.pdf>. Acesso em: 30 out. 2020.

REFORMA FÁCIL. **Infra-estrutura Verde: Jardim de Chuva.** 2011. Disponível em: <<http://reformafacil.com.br/ecologia/infra-estrutura-verde-jardim-de-chuva/>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

RINALDO, Sandra Anelí Mendes. **ALAGAMENTO URBANO NO CENTRO HISTÓRICO DE LONDRINA - PR: NOS ANOS DE 2009, 2010 E 2011.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2014. Disponível em: <http://www.uel.br/cce/geo/portal/pages/arquivos/tcc_2011_2015/58_alagamentourbanonoce ntrohistoricodelondrinaprnosanosde2009210e2011_2014.pdf>. Acesso em: 25 set 2020.

ROCHA, Cáren Izabel Oliveira. **PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA EM CIDADES PLANEJADAS: PREMISSA DE ZONEAMENTO BASEADO NO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-26122014-170119/publico/DISSERTACAO_CARENROCHA.pdf>. Acesso em: 31 out. 2020.

RODRIGUES, Iohanna Bezerra *et al.* **ANÁLISE DOS EVENTOS DE CHUVA EXTREMA E SEUS IMPACTOS EM FORTALEZA-CE, DE 2004 A JANEIRO DE 2015.** Revista de Geografia. Recife - PE. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229197>>. Acesso em: 09 dez. 2020.

ROSANA, Baeninger. **População e Cidades: Subsídios para o planejamento e para as políticas sociais.** Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010. Disponível em <http://www.unfpa.org.br/Arquivos/populacao_cidade.pdf#page=12>. Acesso em: 25 set 2020.

SALMITO, J. P. K. **Plano municipal de saúde de Fortaleza 2018 – 2021.** Prefeitura Municipal de Fortaleza. 2017. Disponível em: <https://saude.fortaleza.ce.gov.br/images/planodesaude/20182021/_Plano-Municipal-de-Saude-de-Fortaleza-2018-2021_.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

SANTOS, Alexandre Rosa DOS. **APOSTILA DE CLIMATOLOGIA.** Universidade Federal Do Espírito Santo – UFES. 2002. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo4-PrecipitacaoAtmosferica.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2020.

SANTOS, Alex Mota DOS; HOLMES, Danielly Cristina de Souza Costa; RAMOS, Helci Ferreira. **Densidade demográfica: um estudo comparativo de duas metodologias a partir de imagens orbital e suborbital na cidade de Aparecida de Goiânia/Goiás**. Ateliê Geográfico - Goiânia-GO. 2018. Disponível em:

<<https://www.revistas.ufg.br/atelie/article/view/45968>>. Acesso em: 09 dez. 2020.

SANTOS, Flávio Augusto Altieri dos. **Alagamento e inundação urbana: modelo experimental de avaliação de risco**. Belém: Universidade Federal do Pará, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10977>>. Acesso em: 25 out. 2020.

SIEBRA, Nelio Vitor Alves. **PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA DRENAGEM DE VIAS DO CENTRO DE FORTALEZA/CE**. 2019. Disponível em:

<<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2350>>. Acesso em: 05 out. 2020.

SILVA, Camila Bittencourt; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho. **RELAÇÃO INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DE CHUVAS EXTREMAS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**. 2017. Revista Brasileira de Climatologia. Disponível em:

<<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/49286/32690>>. Acesso em 10 nov. 2020.

SILVA, Francisco Osny Enéas DA; PALÁCIO JUNIOR, Francisco Flávio Rocha; CAMPOS, José Nilson Bezerra. **Equação de chuvas para Fortaleza-CE com dados do pluviógrafo da UFC**. 2013. Disponível em:

<http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_192_n_1491.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. **Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade**. Revista Tecnologia, v.28, p.136-159, 2007.

SILVA, Giselda Maria DA. **A IMPORTÂNCIA DA DRENAGEM NO MEIO AMBIENTE URBANO**. 2018. Disponível em:

<<http://www.eng2018.agb.org.br/arquivo/downloadpublic?q=YToyOntzOjY6InBhcmFtcyI7czozNToiYToxOntzOjEwOiJJRF9BUiFVSVZPIjtzOjQ6IjM2NDEiO30iO3M6MT0iaCI7czozMjoiYTIyMGZiZDdkMmE1YmI5ODc3NDIzYTZzYzkyNDc1M2QiO30%3D>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

SOUSA, João Vitor dos Santos. **Drenagem urbana: o uso de técnicas compensatórias de manejo de águas pluviais como medidas mitigadoras para as cheias urbanas da Avenida Heráclito Graça em Fortaleza-ce**. Unichritus – Centro Universitário Christus. 2020.

Disponível em: <<https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/handle/123456789/1070>>. Acesso em: 25 mai. 2021.

SOUZA, C. R. G. **Risco a inundação, enchente e alagamentos em regiões costeiras**. In: Simpósio brasileiro de desastres naturais. Florianópolis: GEDN/Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2004.

TEXEIRA, Ana Cecilia de Andrade. **Parque Ampliado Do Pajeú: Uma Abordagem Site-Specific Com Uso De Locative Media**. 2017. Disponível em:

<http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/22744/1/2017_dis_acateixeira.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

TOMAZ, Plínio. **Água Pague Menos** – Cáp. 03: Aproveitamento de água de chuva. 2010. Disponível em: <<http://homolog.creasp.org.br/assets/uploads/livros/Capitulo-03-Aproveitamento-de-agua-de-chuva.pdf>>. Acesso: 25 maio 2021.

TUCCI, Carlos. E. M. **Água Doce** – Cáp. 14: Água no Meio Urbano. Instituto de Pesquisas Hidráulicas: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1997.

_____. **Curso de Gestão das Inundações Urbanas**. Porto Alegre: Unesco – Global Water Partnership South America – Asociación Mundial Del Agua. 2005. Disponível em: <<https://www.semrah.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/gestaodeaguaspluviais.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2020.

_____. **Estudos Avançados. Águas urbanas**. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a07.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.

TUCCI, Carlos. E. M *et al.* **Hidrologia: Ciência e Aplicação** - 4ª ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

_____. **Gestão da Drenagem Urbana**. 2012. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274_pt.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2020.

TUCCI, C. E. M. Vazão Máxima e Hidrograma de Projeto. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. porto alegre: editora daufrgs/abrh, 2015.

U.S.EPA. United States Environmental Protection Agency. **Guidelines for Water Reuse**. 2004. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, EUA.

VARGAS DE CRISTO, Sandro Sidnei. **ANÁLISE DE SUSCEPTIBILIDADE A RISCOS NATURAIS RELACIONADOS ÀS ENCHENTES E DESLIZAMENTOS DO SETOR LESTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACORUBI, FLORIANÓPOLIS – SC**. Florianópolis – SC: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82704/188467.pdf?sequence=>>>. Acesso em: 26 set 2020.

VIACARREIRA. **Metodologia de Pesquisa TCC: passo a passo com exemplos**. 2020. Disponível em: <<https://viacarreira.com/metodologia-de-pesquisa-do-tcc/>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. 1975. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/villela-s-m-matos-a-hidrologia-aplicada-caps-1-2-e-3.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

VISITE CEARÁ. **Clima**. 2020. Disponível em: <<http://visiteceara.com/clima>>. Acesso em: 07 dez. 2020.

VOITTO, Grupo. **O que é Metodologia Científica e como utilizar no TCC**. 2019. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-metodologia-cientifica>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

YIN, Roberto K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EtOyBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=estudo+de+caso&ots=-kcolsy0Av&sig=DAy9QiFC9KG8D1ttNgAgqfvO9K8#v=onepage&q=quantitativo&f=false>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

ZAHED FILHO, Kamel; MARTINS, José Rodolfo Scarati; PORTO, Monica Ferreira do Amaral. **Facilitadores de infiltração e qualidade das águas**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PHA2537 – Água em Ambientes Urbanos, 2012. Disponível em: <http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=6466>. Acesso em: 10 dez. 2020.

_____. **Fascículo 6: Planos Diretores de Drenagem Urbana**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PHA2537 – Água em Ambientes Urbanos, 2013. Disponível em: <http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=7300>. Acesso em: 30 out. 2020.

ZANELLA, Maria Elisa; MELLO, Namir Giovanni da Silva. **Eventos Pluviométricos intensos em ambiente urbano**: episódio do dia 29/01/2004. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=KL3DUBpk0a4C&oi=fnd&pg=PA175&dq=info:aH8g3X8S3AIJ:scholar.google.com&ots=LD0myAFnGg&sig=_uK-VLBRN-EIBbYsOBQEGEkjDUA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 10 dez. 2020.