



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS - CTG
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - DECIV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

CAMILLA PIRES DOS SANTOS

IMPACTO DA URBANIZAÇÃO E DA IMPLANTAÇÃO DE TELHADOS
VERDES EM ESCALA DE BACIA URBANA NA CIDADE DO RECIFE (PE)

Recife
2024

CAMILLA PIRES DOS SANTOS

IMPACTO DA URBANIZAÇÃO E DA IMPLANTAÇÃO DE TELHADOS
VERDES EM ESCALA DE BACIA URBANA NA CIDADE DO RECIFE (PE)

Tese de doutorado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, da
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE,
como parte dos requisitos para a obtenção do título
de Doutor em Engenharia Civil.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental e
Recursos hídricos.

Orientador: Prof.^a Dra. Sylvana Melo dos Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Recife

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Santos, Camilla Pires Dos.

Impacto da urbanização e da implantação de telhados verdes em escala de bacia urbana na cidade do Recife (PE) / Camilla Pires Dos Santos. - Recife, 2024.

111 f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2024.

Orientação: Sylvana Melo dos Santos.

Coorientação: Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.

Inclui referências e apêndices.

1. Modelagem hidráulico-hidrológica; 2. PCSWMM; 3. Low Impact Development (LID); 4. Drenagem urbana. I. Santos, Sylvana Melo dos. II. Paiva, Anderson Luiz Ribeiro de. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

CAMILLA PIRES DOS SANTOS CÂMARA

**IMPACTO DA URBANIZAÇÃO E DA IMPLANTAÇÃO DE TELHADOS VERDES
EM ESCALA DE BACIA URBANA NA CIDADE DO RECIFE (PE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de DOUTORA em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Aprovada em 10/09/2024

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sylvana Melo dos Santos – UFPE

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva - UFPE

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Leijdane Maria Maciel de Oliveira (examinador interna)
Universidade Federal de Pernambuco

participação por videoconferência
Prof. Dr. Ricardo de Aragão (examinador externo)
Universidade Federal de Campina Grande

participação por videoconferência
Prof.^a Dr.^a Silvanete Severino da Silva (examinadora externa)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Diego César dos Santos Araújo (examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral (examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por estarem sempre ao meu lado, me apoiarem, me oferecerem suporte além do necessário, para que eu pudesse estudar, me desenvolver e me tornar quem sou. Por todos os momentos cuidando de Lílian para que eu pudesse me dedicar à tese. Pelos muitíssimos sacrifícios que fizeram para me ajudar a crescer e me desenvolver durante toda a vida.

À Aristóteles, que acompanha e apoia essa jornada acadêmica do doutorado desde o início.

À Lílian, minha filha, por demonstrar amor puro e infinito, por expor minhas fraquezas, doenças e deficiências que eu nem sabia que existiam dentro de mim, por me fazer lutar contra todas elas e torná-las em força. Além de ser um sol inteiro em qualquer dia e tornar melhor tudo e todos ao seu redor. Ela me faz rever e reviver tudo de uma forma diferente pelo olhar puro de uma criança.

Aos meus irmãos Leonardo e Rebecca por também me ouvirem, me apoiarem, pelas risadas e por me lembrarem o quanto sou capaz, mesmo estando tão distantes fisicamente. Por encontrarem maneiras de me ajudar a levantar e enxergar clareza nos momentos mais escuros e sombrios.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos professores Sylvana e Anderson pelo acolhimento, delicadeza, respeito, ideias, orientação nessa pesquisa, pelo espaço, apoio, por me ouvirem e me guiarem durante toda trajetória no doutorado.

Às minhas cunhadas Laís e Laiz, que estão sempre prontas a me dar dicas na jornada da vida e da maternidade e me incentivarem.

Ao meu amigo Marcos que entrou na minha vida de uma forma inusitada na graduação e continuou perto de mim durante o mestrado e doutorado, que me inspira a ser melhor, orienta, ouve, ajuda, conversa e tira as melhores fotos.

À Elizabeth, Bárbara e Leide por estarem em minha vida desde o meu primeiro dia de vida e terem me auxiliado na coleta das medições de nível do Canal da Malária durante tanto tempo, com sol ou chuva, especialmente com chuva.

À Emlurb, em especial à Pedro Oliveira pelo acesso aos dados, pelas orientações com o software, ideias para conduzir a pesquisa. Agradeço também a Julliana Aueiz, Antônio Henrique e Gabriela Buarque, meus superiores diretos, pelo apoio de tempo para que essa tese pudesse ser concluída.

A todos os amigos do GRH amigos que reencontrei e aos que conheci no Laboratório de Hidráulica: Adson, Ana Cláudia, Arivânia, Bruno, Débora, Diego, Edinilson, Francisco, Gabriel, Gastão, Haylla, Larissa, Samara, Yan, Yuri.

À Lopes por ter me acompanhado e auxiliado na instalação das réguas linimétricas para o monitoramento do nível do Canal da Malária.

Ao professor Silvio Jacks pela disponibilidade em auxiliar na instalação das réguas linimétricas, fazendo visitas comigo e Lopes, disponibilizando o GNSS para coletar dados topográficos do ponto de monitoramento e a discretização da tábua de marés.

A todos os professores do Laboratório de Hidráulica, pois me auxiliaram direta ou indiretamente nesta pesquisa e na minha formação.

A todos que me apoiaram de alguma forma durante toda essa minha jornada. Meu muito obrigada!

“(...) eis que te digo que é por meio de coisas pequenas e simples que as grandes são realizadas (...).”

Livro de Mórmon, Livro de Alma 37:6

Nome: Camilla Pires dos Santos

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Departamento: Departamento de Recursos Hídricos

Título: Impacto da urbanização e da implantação de telhados verdes em escala de bacia urbana na cidade do Recife (PE)

RESUMO

A cidade do Recife (PE), como muitos outros centros urbanos, tem enfrentado problemas relacionados aos sistemas de drenagem urbana ultrapassados e ao crescimento desordenado, levando à busca por técnicas alternativas de drenagem, como *Low Impact Development* (LID), que influenciam na redução do pico de vazão e no volume de escoamento. Com o objetivo de investigar o impacto da implantação de telhados verdes em uma sub-bacia urbana na cidade do Recife. Para tanto, houve uma comparação entre o (1) estado pré-urbanizado em 1974 e a (2) situação atual, além de ter considerado a substituição de coberturas existentes atualmente por telhados verdes em quatro cenários: (3.1) 30% das superfícies com telhados verdes; (3.2) 50% das superfícies com telhados verdes; (3.3) 75% das superfícies com telhados verdes; e (3.4) 100% das superfícies com telhados verdes. Para isso, foi montado no PCSWMM o modelo da bacia do Canal da Malária em cada um dos cenários para a realização de simulações. Foram coletadas e processadas informações sobre a bacia, bem como foram realizadas leituras linimétricas para calibração e validação do modelo. A calibração atingiu $NSE = 0,542$ e $R^2 = 0,772$. A validação foi realizada a partir de fotografias cedidas pela população local no ponto de monitoramento e em outro ponto à montante. Como resultado, a área total da bacia do Canal da Malária é de 319,48 hectares divididos em 33 sub-bacias com características bastante distintas em dimensões e uso do solo, porém semelhantes na baixa declividade. Notou-se que a impermeabilização do solo triplicou no período analisado e que a bacia sofre a influência da maré em quase toda a sua extensão. Com a comparação dos cenários, verificou-se no exutório que a vazão de pico foi reduzida entre 0,74 e 2,10 m³/s, o tempo foi retardado de 31 a 90 minutos, a diminuição do nível do rio no pico variou entre 4 e 13 cm, e o volume de escoamento superficial foi reduzido entre 67,42 e 190,81 m³. Em geral, a metodologia proposta mostrou-se útil para uso pelos gestores de águas pluviais no que se refere à avaliação do desempenho das técnicas LID em diferentes escalas hidrológicas.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem hidráulico-hidrológica; PCSWMM; Low Impact Development (LID); drenagem urbana.

Name: Camilla Pires dos Santos

Department: Postgraduate Program in Civil Engineering - PPGEC

Institution: Federal University of Pernambuco (UFPE)

Title: Impact of urbanization and the implementation of green roofs on an urban basin scale in the city of Recife (PE)

ABSTRACT

The city of Recife (PE), like many other urban centers, has faced problems related to outdated urban drainage systems and disorderly growth, leading to the search for alternative drainage techniques, such as Low Impact Development (LID), which influence the reduction of peak flow and runoff volume. The aim of this study was to investigate the impact of the implementation of green roofs in an urban sub-basin in the city of Recife. To this end, there was a comparison between (1) the pre-urbanized state in 1974 and (2) the current situation, in addition to considering the replacement of existing roofs with green roofs in four scenarios: (3.1) 30% of surfaces with green roofs; (3.2) 50% of surfaces with green roofs; (3.3) 75% of surfaces with green roofs; and (3.4) 100% of surfaces with green roofs. To this end, the Malaria Channel basin model was assembled in PCSWMM in each of the scenarios for simulations. Information about the basin was collected and processed, and limimetric readings were taken for calibration and validation of the model. The calibration achieved $NSE = 0.542$ and $R^2 = 0.772$. Validation was performed using photographs provided by the local population at the monitoring point and at another point upstream. As a result, the total area of the Malaria Channel basin is 319.48 hectares divided into 33 sub-basins with very different characteristics in terms of size and land use, but similar in terms of low slope. It was noted that soil impermeability tripled during the period analyzed and that the basin is influenced by the tide over almost its entire length. By comparing the scenarios, it was found that the peak flow rate at the outlet was reduced by between 0.74 and 2.10 m³/s, the time was delayed by 31 to 90 minutes, the decrease in the river level at the peak varied between 4 and 13 cm, and the surface runoff volume was reduced by between 67.42 and 190.81 m³. In general, the proposed methodology proved to be useful for use by stormwater managers in evaluating the performance of LID techniques at different hydrological scales.

KEYWORDS: hydraulic-hydrological modeling; PCSWMM; Low Impact Development (LID); urban drainage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Municípios com dispositivos coletivos de retenção e amortecimento de vazão das águas pluviais urbanas, segundo as Grandes Regiões – 2008.	19
Figura 2 - Corte de um telhado verde típico.	22
Figura 3 - Modelo de reservatório não linear de uma sub-bacia.	26
Figura 4 - Fluxograma do trabalho.	32
Figura 5 - Precipitação e temperatura em Recife/PE.	33
Figura 6 - Localização do Canal da Malária, Recife – PE.	36
Figura 7 - Alagamentos na bacia do Canal da Malária.	38
Figura 8 - Acúmulo de água nas vias locais em dias sem chuva.	40
Figura 9 - Bacia do Canal da Malária, evento de chuva no momento de maré alta no dia 13/06/2019.	41
Figura 10 - Mosaico das imagens aéreas.	44
Figura 11 - Localização das estações pluviométricas mais próximas da área de estudo.	45
Figura 12 - Ponto de monitoramento.	46
Figura 13 - Exemplo de cálculo da declividade pela ferramenta DEM Slope.	48
Figura 14 - Exemplo da classificação do solo a partir da ortofoto do ano de 2013.	49
Figura 15 - Recortes da Ortofoto 80:83 para área de estudo, de 1974.	51
Figura 16 - Localização do ponto de monitoramento de Silva (2019) em relação ao exutório do Canal da Malária.	52
Figura 17 - Registro de precipitação e maré entre 22 a 24 de julho de 2019.	53
Figura 18 - Registro da precipitação e maré durante evento em 13 de junho de 2019.	54
Figura 19 - Exemplo de seção transversal.	55
Figura 20 - Localização dos imóveis cadastrados pela Prefeitura do Recife.	56
Figura 21 - Passagem de pedestre entre as sub-bacias 14 e 15.	57
Figura 22 - Rua Jean Emile Favre, no ponto de controle, em evento de chuva no momento de maré alta no dia 13 de junho de 2019.	57
Figura 23 - Delimitação de sub-bacias do Canal da Malária.	59
Figura 24 - Classificação do solo na pré-urbanização.	60
Figura 25 - Classificação do solo na situação atual.	61
Figura 26 - Monitoramento do nível de água do Canal da Malária durante os meses julho e agosto de 2019.	62

Figura 27 - Níveis da maré e registrados no ponto de monitoramento no dia 16 de julho de 2019.	63
Figura 28 - Registro do nível do Canal da Malária entre 22 e 24 de julho de 2019.....	64
Figura 29 - Comparação dos dados observados com os simulados no processo de calibração do modelo.	65
Figura 30 - Correlação entre dados observados e simulados de 22 a 24 de julho de 2019,	65
Figura 31 - Perfil longitudinal do Canal da Malária durante picos do nível com marcações nos nós de validação do modelo.....	66
Figura 32 - Hidrograma no Canal da Malária nos cenários simulados durante o evento de 22 a 24 julho de 2019.	67
Figura 33 - Nível do rio no exutório entre os cenários simulados.	69
Figura 34 - Comparativo do volume do rio entre os cenários simulados.....	70

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 - Valores dos números CN utilizados.	50
Tabela 2 - Maré e registro do nível do Canal da Malária no Ponto de Monitoramento no dia 16 de julho de 2019.....	63
Tabela 3 - Dados observados x simulados durante eventos de chuva entre 22 a 24 de junho de 2019.	64
Tabela 4 - Comparativo da vazão nos cenários 1, 2 e 3.....	67
Tabela 5 - Comparativo do nível do rio nos cenários 1, 2 e 3.	68
Tabela 6 - Comparativo do volume dos cenários 1, 2 e 3.....	71
Tabela 7 - Comparativo dos principais resultados obtidos com os da literatura.	71
Quadro 1 - Caracterização da macrodrenagem artificial na área de estudo e no seu entorno.	37
Quadro 2 - Parâmetros de entrada utilizados no PCSWMM.	41
Quadro 3 - Parâmetros de entrada utilizados no Editor de uso do LID do PCSWMM.	42
Quadro 4 - Parâmetros utilizados no módulo <i>LID Control Editor</i> no PCSWMM para a simulação dos telhados verdes.....	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	HIPÓTESE	16
1.2	OBJETIVOS.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	PERCEPÇÕES DE DRENAGEM URBANA NO BRASIL	17
2.2	<i>LOW IMPACT DEVELOPMENT</i> (LID) OU DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO	19
2.3	BALANÇO HÍDRICO	23
2.4	MODELOS HIDROLÓGICOS.....	24
2.5	CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO.....	30
3	METODOLOGIA	32
3.1	CARACTERÍSTICAS DA DRENAGEM URBANA NO RECIFE.....	32
3.2	DOCUMENTOS NORTEADORES DA DRENAGEM URBANA NO RECIFE	34
3.3	ÁREA DE ESTUDO	36
3.4	SIMULAÇÃO NO PCSWMM	41
3.5	COLETA DE DADOS	43
3.6	PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	47
3.7	CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO	56
3.8	DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO	58
4	RESULTADOS	59
4.1	ÁREA DE ESTUDO	59
4.2	MEDIÇÕES DO NÍVEL DE ÁGUA NO PONTO DE MONITORAMENTO.....	61
4.3	CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	63
4.4	SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS	66
4.5	DISCUSSÃO.....	71
5	CONCLUSÃO	73
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICE A.1 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE MARÉ DISCRETIZADA - JULHO	84
	APÊNDICE A.2 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE MARÉ DISCRETIZADA - AGOSTO	92
	APÊNDICE B – DADOS DAS SUB-BACIAS	101

APÊNDICE C – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS - NÍVEL	103
APÊNDICE D – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS - VOLUME.....	106
APÊNDICE E – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS - VAZÃO	109

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a urbanização das cidades têm gerado aumento na impermeabilização das áreas superficiais, colaborando diretamente para o aumento do volume de escoamento superficial e a diminuição da infiltração da água de chuva no solo. Associado a isso, tem-se a frequente combinação da utilização de soluções de drenagem convencional higienista. Essa união colabora para a continuidade da alteração do ciclo hidrológico e sobrecarga dos sistemas de drenagem existentes, que têm que lidar com uma quantidade de escoamento superficial extremamente alta durante os períodos de chuva e baixa durante o resto do tempo (Cruz, 2004; Mentens; Raes; Hermy, 2006; Silva; Cabral, 2014; Tucci, 2015; Canholi, 2015; Nunes, 2015; Aandimuthu *et al.*, 2019).

Como consequência, as inundações destacam-se como uma das ameaças naturais mais difundidas no mundo, ocasionando inúmeras perdas de vidas e danos econômicos, representando 46% dos desastres naturais registrados globalmente (CRED, 2022). Ward *et al.* (2020) estimam que o número total de pessoas impactadas por inundações em escala global deve dobrar entre 2020 e 2030, passando de 65 milhões para 132 milhões, impulsionado pelas mudanças climáticas e pelo desenvolvimento urbano desordenado.

Como em vários centros urbanos do mundo, a cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco, apresenta alto grau de impermeabilização e problemas frequentes de alagamentos e inundações. A cidade, cada vez mais urbanizada, demonstra, por meio de eventos recorrentes e em expansão de áreas, a necessidade de melhoramento do sistema de drenagem para minimizar os efeitos das inundações e das mudanças do clima, sendo uma das mais vulneráveis às mudanças do clima do Brasil. O plano diretor de drenagem urbana da cidade já reconhece essa vulnerabilidade e recomenda a adoção de soluções alternativas para a mitigação dos impactos (Marinho; Leitão; Lacerda, 2002; Alencar *et al.*, 2016; Recife, 2019).

Nesse contexto, diante da complexidade formada no desenvolvimento dos centros urbanos, o gerenciamento da drenagem urbana é um desafio de importância crítica e essencial para o funcionamento adequado das cidades (Fletcher *et al.*, 2014). Por isso, a necessidade de enfrentar as mudanças do clima e minimizar os efeitos da urbanização sobre o ciclo hidrológico permitiu a integração de soluções baseadas em técnicas alternativas ou compensatórias como *Low Impact Development* (LID) ou Soluções Baseadas na Natureza (SBN) para amortizar os problemas de inundação e proporcionar um cenário mais próximo da pré-urbanização.

A aplicação de telhados verdes é especialmente relevante em áreas urbanas densamente impermeabilizadas como o Recife, onde até 50% das superfícies impermeáveis são cobertas por telhados (Mentens; Raes; Hermy, 2006). Telhados verdes podem simular condições de pré-urbanização, promovendo o aumento da evapotranspiração, redução do pico de vazão e melhoria na qualidade das águas pluviais. Além disso, a **Lei Municipal nº 18.112/2015** (Recife, 2015) estabelece a obrigatoriedade de implantação de telhados verdes e reservatórios de retenção em novas edificações com área superior a 400 m². No entanto, essa legislação não abrange construções existentes, o que limita o potencial de mitigação em áreas urbanas críticas.

Na literatura nacional, nota-se significativa quantidade de experimentos para avaliar o desempenho de certas configurações de telhados verdes em comparação com telhados convencionais (Baldessar, 2012; Costa; Costa; Poletto, 2012; Santos *et al.*, 2013; Barreto; Teixeira, 2020; Barros *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2020; Arboit *et al.*, 2021). Na cidade do Recife já existem várias pesquisas relacionadas às técnicas alternativas de drenagem (Silva; Silva Junior; Oliveira, 2020; Rodrigues; Cabral, 2022; Silva *et al.*, 2022; Santana, 2023; Barros *et al.*, 2024).

No entanto, a literatura se torna escassa no que se refere à análise da implantação de telhados verdes na escala de bacia (Leite; Fujimura; Fernandes, 2016), tornando assim este tema necessário para avaliar de fato o impacto da implantação de telhados verdes a nível de bacia urbana na cidade do Recife. Isso também é confirmado por Palla e Gnecco (2015) quando observam que apesar do desempenho hidrológico desse LID ser reconhecido, a eficácia da implementação dos telhados verdes na escala da bacia hidrográfica urbana ainda está na fase do debate e é pouco aplicada em edificações privadas e públicas (Palla; Gnecco, 2015).

Esta pesquisa propõe-se a preencher essa lacuna, investigando, por meio de modelagem hidrológica-hidráulica, o impacto da implantação de telhados verdes em diferentes proporções sobre uma sub-bacia urbana no município de Recife. A abordagem metodológica adota o uso do software PCSWMM e a aplicação de ferramentas de geoprocessamento, que permitiram a classificação do uso e ocupação do solo, a delimitação das sub-bacias urbanas e a quantificação das áreas de telhados com base em ortofotos aéreas de alta resolução. O uso de dados geoespaciais foi essencial para assegurar a coerência hidrológica da modelagem e para a parametrização do modelo, conferindo rigor técnico à análise.

Além da contribuição técnica para a compreensão do comportamento hidrológico urbano frente à adoção de soluções LID, esta pesquisa se alinha às diretrizes estabelecidas pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica (Brasil, 2019), que reconhece a necessidade de ampliar a resiliência das cidades por meio de intervenções estruturais e baseadas na natureza. A proposta também converge com os compromissos estabelecidos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 6 (Água Potável e Saneamento), o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e o ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima), ao propor estratégias sustentáveis para mitigação de riscos hídricos e fortalecimento da gestão integrada dos recursos hídricos em áreas urbanas.

1.1 HIPÓTESE

O emprego de telhados verdes é uma alternativa viável para reduzir os impactos do escoamento superficial e dos alagamentos em sub-bacia fortemente antropizada.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Investigar o impacto da implantação de telhados verdes em uma sub-bacia urbana na cidade do Recife (PE), utilizando modelagem numérica e geotecnologia para avaliar seu desempenho hidráulico-hidrológico.

1.2.2 Objetivos específicos

- Modelar hidráulico-hidrologicamente a região investigada considerando o cenário mais antigo e com informações disponíveis;
- Avaliar diferentes cenários de investigação, com a implantação de telhados verdes na área investigada;
- Avaliar a evolução da urbanização, na área investigada, com o uso de geotecnologias em diferentes épocas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PERCEPÇÕES DE DRENAGEM URBANA NO BRASIL

As cidades brasileiras têm crescido de forma acelerada nas últimas décadas, caracterizadas pela expansão irregular com pouca obediência a planos diretores, leis de uso e ocupação do solo e normas específicas (Tucci, 2002; Silva, 2010). Esse crescimento, registrado pelo censo demográfico, na década de 1960 representava 45% da população urbana. Já em 2010, último censo demográfico disponível, houve um salto para 84% da população brasileira vivendo nos centros urbanos. Na região Nordeste, apenas 34% viviam nas áreas urbanas na década de 1960, dando um salto em 2010 para 73% da população urbana. O Estado de Pernambuco seguiu a tendência do país ao longo dos anos e apresenta atualmente 80% da sua população concentrada em áreas urbanas (IBGE, 2010a). Até a data da conclusão deste trabalho, o censo 2022 ainda não apresentou os resultados sobre a urbanização, não sendo possível realizar a comparação com os censos anteriores.

A expansão dos centros urbanos está fortemente associada à vulnerabilidade da população que, em muitos casos, avança em direção a ambientes frágeis sem nenhum planejamento. Assim sendo, a ocupação de áreas como florestas, encostas, mananciais e perímetros naturalmente inundáveis, resulta no surgimento de maiores áreas impermeáveis e, em alguns casos, na canalização de córregos. A consequência da mudança de cenário é o aumento na velocidade do escoamento superficial, a redução de áreas permeáveis, o subdimensionamento e a sobrecarga do sistema de drenagem existente, concorrendo para o aumento das catástrofes com o aumento do pico de vazão das enchentes em relação às condições naturais, ampliação de sua frequência, além do surgimento de novos pontos de inundação e alagamentos (Cruz, 2004; Silva; Cabral, 2014; Canholi, 2015; Nunes, 2015; Tucci, 2015; Andimuthu *et al.*, 2019).

De modo geral, no contexto mundial e brasileiro, diferentes abordagens foram concebidas para a gestão das águas pluviais, destacando-se o tradicional conceito higienista, que soluciona o problema de drenagem na esfera local, transferindo a água rapidamente de um ponto para outro mais a jusante da bacia. No entanto, essa prática apenas transfere o problema de alagamento de um trecho para outro, sem uma consideração integrada do sistema. Além disso, com o crescimento descontrolado, investimentos adicionais para adequar a rede de drenagem às novas vazões de cheia são insustentáveis em uma projeção para o futuro em constante mudança, gerando inúmeros transtornos para a urbanização já constituída (Miguez; Veról; Rezende, 2015). Associado

a isso, muitas partes do mundo observam aumentos na frequência e magnitude de ondas de calor e eventos de precipitação extrema (IPCC, 2012), além da elevação do nível médio do mar, trazendo a preocupação da gestão das águas para os centros urbanos, especialmente os localizados em regiões costeiras. Yang, Ren e Yan (2017) destacam o potencial de grande impacto da precipitação em megacidades na gestão urbana de inundações repentinas, alagamentos, deslizamentos de terra e lama. Segundo os autores, devido aos enormes danos causados pelas fortes chuvas nas cidades, cada vez mais pesquisas são focadas no efeito da urbanização em eventos extremos de chuvas.

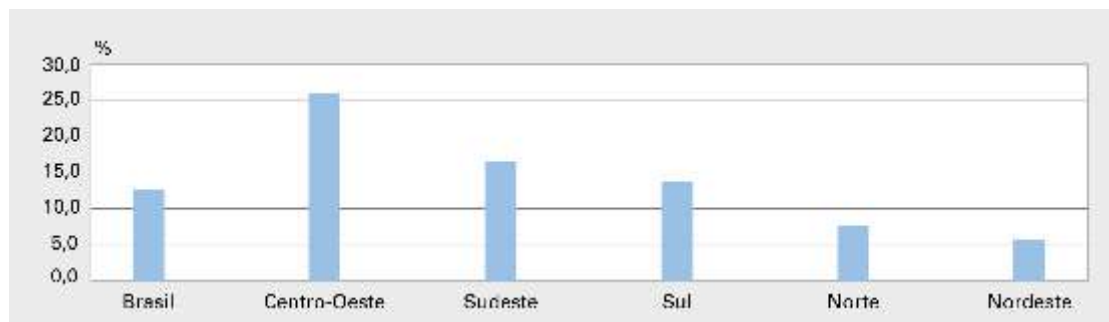
Exemplificando essa situação, segundo o relatório Desastres Naturais na América Latina e Caribe (*Natural Disasters in Latin America and the Caribbean*) da ONU (OCHA, 2020), o Brasil está entre os 15 principais países do mundo com a maior população exposta ao risco de inundação e, desde o ano 2000, foi impactado por 70 eventos de desastres, afetando quase 70 milhões de pessoas. O relatório ainda destaca que 0,9% dos 190,7 milhões de habitantes do Brasil correram o risco de ser afetados por cheias.

Segundo o IBGE (2010b), dos 5.256 municípios do país, 51,3% dos municípios declararam ter sofrido alagamentos ou inundações entre 2000 e 2008. Desses, 60,7% apresentam ocupação urbana em áreas naturalmente inundáveis e 48,1% informaram a existência de áreas urbanas irregulares em baixios naturalmente inundáveis. Além disso, o contingente de municípios brasileiros com ruas pavimentadas saltou de 78,3% para 94,4% do total, representando um crescimento de 20,6% no período. Essa sobrecarga nos sistemas de drenagem tem implicado em novas condições para o gerenciamento de águas pluviais e planícies de inundação específicas do local com tomadores de decisão locais procurando melhorar a infraestrutura existente e construindo novos sistemas de águas pluviais em conformidade com a temática das mudanças climáticas. Há uma atenção crescente ao gerenciamento urbano de águas pluviais e mitigação de inundações em regiões vulneráveis, especialmente em países em desenvolvimento, como o caso do Brasil (Andimuthu *et al.*, 2019)

Com a percepção da necessidade do desenvolvimento de novas abordagens para tratar o problema da drenagem urbana, o estudo e aplicação de soluções de técnicas alternativas ou compensatórias, chamados LID (*Low Impact Development*) ou Desenvolvimento de Baixo Impacto ganha destaque no cenário mundial e brasileiro, com o objetivo de neutralizar os efeitos de urbanização sobre os processos hidrológicos para promover qualidade de vida e preservação ambiental (Baptista; Nascimento; Barraud, 2015). Isso pode ser observado no relatório da Pesquisa Nacional do Saneamento Básico

onde 12,7% dos municípios que declararam possuir manejo de águas pluviais com dispositivos coletivos de retenção e amortecimento de vazão das águas pluviais urbanas (Figura 1). A região Nordeste apresenta o menor percentual de cidades que possuem dispositivos de retenção e amortecimento de vazão das águas pluviais enquanto o Centro-Oeste apresenta mais de 25% das cidades com dispositivos de retenção e amortecimento de vazão das águas pluviais (IBGE, 2010b).

Figura 1 - Municípios com dispositivos coletivos de retenção e amortecimento de vazão das águas pluviais urbanas, segundo as Grandes Regiões – 2008.



Fonte: IBGE (2010, 2010b).

Apesar dos grandes investimentos públicos, elaboração de leis e decisões políticas sobre questões ambientais e de saúde, a infraestrutura pública urbana, especialmente no setor de saneamento, permanece fraca. Os programas criados pelo setor público sofrem com financiamento insuficiente e ações mal coordenadas (Petelet-Giraud *et al.*, 2018). O incentivo à implantação de técnicas LID ainda é incipiente no país, dada a necessidade de desenvolver soluções para os problemas de inundação das cidades sendo agravado pelas mudanças do clima. Georgeson *et al.* (2016) alertam para a necessidade de implementação de mecanismos de resiliência nas cidades, principalmente através dos formuladores de políticas públicas, que precisam compreender e aplicar recursos em medidas adaptativas de forma eficaz.

2.2 LOW IMPACT DEVELOPMENT (LID) OU DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO

Devido ao crescimento da urbanização e ao impacto das chuvas, a gestão das águas pluviais tem se tornado cada vez mais complexa nas últimas décadas. O gerenciamento da drenagem urbana e do ciclo hidrológico urbano tem passado por mudanças significativas ao longo das últimas décadas, partindo da abordagem tradicional higienista de conduzir a água para fora das áreas urbanas até um enfoque que almeja uma urbanização com o

mínimo de impacto sobre a bacia do ponto de vista hidrológico (Fletcher *et al.*, 2014; Tucci, 2015).

Com o surgimento desse tipo de prática, várias terminologias ao redor do mundo surgiram, variando consideravelmente, não apenas entre países, mas também contextualmente e ao longo do tempo. No entanto, em tradução livre, os mais relevantes são: Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development* - LID), Design Urbano Sensível à Água (*Water Sensitive Urban Design* - WSUD), Infraestrutura Verde (Green Infrastructure), Medidas de Controle de Águas Pluviais (*Stormwater Control Measures* - SCMs), Medidas de Gestão de Águas Superficiais (*Surface Water Management Measures* – SWMMs), Melhores Práticas de gestão (*Best Management Practices* - BMPs) e Sistemas de Drenagem Sustentável (*Sustainable Drainage System* - SuDS) (Fletcher, 2014; Lamond *et al.*, 2015) e mais recentemente Soluções Baseadas na Natureza (SBN) (Fraga, 2020). Uma das terminologias mais usuais na última década e a utilizada nesse trabalho é *Low Impact Development* (LID).

A intenção original do Low Impact Development (LID) é alcançar uma hidrologia "natural" considerando a situação atual de urbanização da bacia, integrando medidas de controle como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, sistemas de aproveitamento de águas pluviais e telhados verdes. Essas técnicas visam equilibrar volumes de escoamento, infiltração e evapotranspiração, criando uma "paisagem hidrológica funcionalmente equivalente" ao estágio de pré-urbanização. O LID desencoraja grandes soluções no final da bacia devido à sua incapacidade de promover a restauração hidrológica completa, incentivando o controle do escoamento das águas pluviais em sua fonte. Embora o rótulo LID implique algum impacto, esse é significativamente menor do que o das práticas convencionais. Quando implementadas com sucesso, essas abordagens podem melhorar o bem-estar econômico urbano e a capacidade de planejamento (Giacomoni; Zechman; Brumbelow, 2012; Fletcher *et al.*, 2014; Ballard *et al.*, 2015; Lamond *et al.*, 2015; Miguez, Veról; Rezende, 2016).

Entre as várias técnicas promovidas pelo LID, os telhados verdes se destacam por seus múltiplos benefícios ambientais e econômicos. No próximo tópico, serão explorados em detalhes os mecanismos de funcionamento dos telhados verdes e seus impactos positivos nas áreas urbanas.

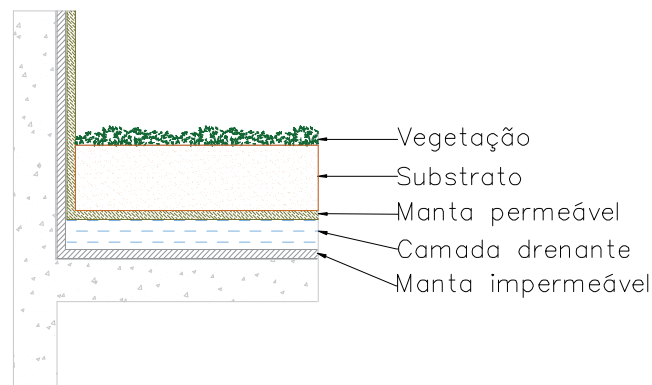
2.2.1 Telhados Verdes

Os telhados verdes consistem na aplicação de vegetação sobre superfícies construídas de telhados, facilmente incorporados em edifícios novos e existentes, sem requerer nenhum terreno adicional, onde há falta de espaços abertos existentes, valores elevados da terra e uma prevalência de sistemas combinados (Vesuviano, 2014). Os telhados verdes apresentam inúmeros benefícios econômicos, sociais e ambientais (Vijayaraghavan; Joshi, 2015). Alguns dos benefícios são: desempenho estético, aumento do valor da propriedade, redução do escoamento superficial das águas pluviais, isolamento acústico, prolongamento de vida do telhado, conforto térmico interno, redução das “ilhas de calor” nos centros urbanos, melhoria da qualidade do ar e da água, criação e preservação de *habitat* e biodiversidade ecológica, estabelecimento da agricultura urbana (Vijayaraghavan, 2016; Garrido Neto, 2016).

Sobre a redução do escoamento superficial das águas pluviais, a implantação dos telhados verdes diminui o percentual de superfícies impermeáveis e, durante a precipitação, absorve e retém a água de chuva, reduzindo e retardando o fluxo de pico, proporcionando alívio para a rede de drenagem existente e reduzindo o risco de inundações (Vijayaraghavan, 2016; Miguez; Veról; Rezende, 2016). Em uma pesquisa com duração de 29 meses, Stovin, Vesuviano e Kasmin (2012) observaram que o telhado verde proporcionou retenção anual cumulativa de chuva de 50,2%, com retenção volumétrica total equivalente a 30% durante os eventos significativos. Alfredo, Montalto e Goldstein (2010) pesquisaram a influência da espessura do telhado sob condições variáveis de precipitação (duração e intensidade). Os autores observaram que os telhados verdes retardaram, prolongaram e reduziram as taxas máximas de descarga de telhado verde de 22 a 70% a comparado com uma superfície de telhado padrão, com maiores reduções percentuais associadas a telhados verdes mais profundos.

A composição típica dos telhados verdes apresenta uma série de camadas ou componentes, que incluem a camada de vegetação, substrato, manta permeável ou filtrante, camada drenante, impermeabilização e laje (Figura 2). A seleção de materiais e camadas varia de acordo com a finalidade do telhado verde.

Figura 2 - Corte de um telhado verde típico.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Em geral, o potencial de retenção do telhado verde depende do tipo e espessura do meio de crescimento (substrato), tipo do elemento de drenagem e sua capacidade de armazenamento, tipo de vegetação e cobertura, da declividade, da intensidade e da duração da precipitação, e do período seco anterior ao evento de precipitação (Vijayaraghavan, 2016). Vijayaraghavan e Joshi (2015) observaram atraso na geração de escoamento devido principalmente à alta capacidade de retenção de água do meio de crescimento utilizado, indicando a necessidade de escolher adequadamente o meio de crescimento utilizado no telhado verde.

Telhados verdes podem ser classificados em intensivos, semi-intensivos e extensivos. Os telhados verdes intensivos são caracterizados por uma camada espessa de substrato (20 – 200 cm), grande variedade de plantas (incluindo arbustos e pequenas árvores), manutenção regular, alto custo e maior peso, podendo inclusive ser utilizado para recreação. Em oposição, os telhados verdes extensivos são caracterizados por uma camada fina de substrato (< 20 cm), tornando-os leves e menos onerosos na construção e manutenção. Devido à fina camada de substrato, há limitação no porte das plantas que podem ser utilizadas nos telhados extensivos, incluindo gramíneas, musgos e plantas suculentas ou cactáceas. Esse sistema é frequentemente aplicado em situações onde nenhum suporte estrutural adicional é desejado e não permite acesso de pessoas, exceto para manutenção. Já os telhados verdes semi-intensivos, correspondem à classificação intermediária entre os telhados intensivos e extensivos, apresentam camada de substrato moderadamente espessa e acomodam pequenas plantas herbáceas, gramíneas e pequenos arbustos. Há necessidade de manutenção moderada, além do custo médio, em relação aos três tipos de telhados verdes. Desses, os telhados verdes extensivos são os mais populares

em todo o mundo devido às restrições de peso do edifício, custos e manutenção (Vijayaraghavan, 2016; Pérez; Coma, 2018).

2.3 BALANÇO HÍDRICO

Para avaliar a capacidade de retenção e detenção de tecnologias LID é necessário o conhecimento do balanço hídrico que ocorre no sistema. Os principais componentes são: precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e percolação. Para Wadzuk *et al.* (2013), a capacidade de estimar os componentes do ciclo hidrológico é a chave para a concepção e a implementação adequada das medidas de controle de águas pluviais. De forma geral, no balanço hídrico de um telhado verde pode ser considerado que essas componentes se relacionam conforme explicitado na Equação (1). Considerando que todas as componentes se encontram limitadas fisicamente pela área da superfície de captação, suas unidades poderão, portanto, ser expressas em altura de lâmina de água.

$$P = Q + G + ET + \Delta V \quad (1)$$

Onde: P = precipitação (mm); Q = escoamento superficial (mm); G = percolação (mm); ET = evapotranspiração (mm); e ΔV = variação do volume de água armazenada no solo (mm), que está relacionado com a capacidade de retenção.

Com relação aos componentes apresentados na Equação (1, em telhados verdes extensivos, pode-se desconsiderar a percolação devido à estreita espessura da camada de substrato. Considera-se, portanto, que o volume precipitado (entrada) é igual à soma do volume retido no solo, escoado para fora do telhado (Q) e evaporado (ET). Essa é uma forma simplificada de analisar o balanço hídrico de um telhado verde. E um prognóstico preciso do valor esperado para o escoamento ou para a retenção depende da determinação de cada um dos componentes.

De acordo com Jahanfar *et al.* (2018), são necessários cálculos de balanço hídrico por hora para a previsão precisa das condições antecedentes de umidade do solo de um telhado verde, que é um parâmetro chave para modelagem chuva-vazão. No entanto, segundo os autores, os modelos existentes de evapotranspiração (ET) apresentam erros substanciais para previsões horárias de ET dependendo da faixa de umidades que se esteja trabalhando comprometendo a precisão da determinação do desempenho hidrológico dos telhados verdes durante eventos pluviométricos. Segundo Wadzuk *et al.* (2013), o

desempenho do telhado verde é impulsionado pela taxa de ET, que delimita o armazenamento disponível no solo para retenção da precipitação. A ET está relacionada com as características do solo, do teor de umidade e tipo de vegetação. De acordo com os autores, a atmosfera governa a demanda de água e a umidade do solo governa a oferta, de forma que, quando o solo está saturado, o suprimento de água para a ET é ilimitado e o processo é limitado pela energia.

Para o cálculo do volume acumulado por infiltração, o modelo de infiltração de Green-Ampt (1911) é muito utilizado ainda hoje em Hidrologia, e, segundo Mello (2008), não permite explicitar de forma exata esse volume em função do tempo. De acordo com o autor, no cálculo do modelo de Green-Ampt, o volume acumulado por infiltração é uma função implícita do tempo, sendo, portanto, o seu cálculo um processo iterativo e pouco expedito. Assim sendo, o emprego da modelagem como instrumento de simulação é um grande facilitador nesse processo. Nunes (2017) apresenta uma equação empregada em simulações numéricas para o cálculo da infiltração da chuva nos telhados ecológicos, Equação (2).

$$T_i = k_0 \left(1 + \frac{\psi(\theta_s - \theta_i)}{I} \right) \quad (2)$$

Onde: T_i = taxa de infiltração da água no solo (mm/h); k_0 = condutividade hidráulica do solo saturado (mm/h); ψ = sucção capilar média (mm); θ_s = umidade do solo na saturação (cm^3/cm^3); θ_i = umidade inicial do solo (cm^3/cm^3); I = infiltração acumulada (mm).

Para o cálculo da infiltração acumulada, tem-se a Equação (3) (Cecílio *et al.*, 2003).

$$I = L(\theta_s - \theta_i) \quad (3)$$

Onde: L = profundidade da frente de umedecimento (mm).

2.4 MODELOS HIDROLÓGICOS

Os modelos hidrológicos foram desenvolvidos para atender à demanda por séries hidrológicas mais extensas e representativas de vazões em projetos de recursos hídricos, considerando que as séries de precipitação geralmente superam as de vazão. Esses modelos, projetados para abordar desafios emergentes, enfocam os processos hidrológicos mais significativos, resultando em diversas configurações. O aumento da disponibilidade

de computadores a partir da década de 1950 impulsionou o rápido desenvolvimento de modelos hidrológicos baseados em conceitos físicos. A disseminação do uso de computadores nas décadas de 1960 e 1970, aliada à maior disponibilidade de dados hidrometeorológicos, introduziu a abordagem espacial distribuída na modelagem hidrológica. Essa evolução levou ao surgimento de diversos modelos, adaptados a objetivos e escalas específicos, desde o dimensionamento de reservatórios até a previsão de mudanças nas vazões devido a alterações climáticas. Esses modelos desempenham um papel muito importante na previsão de eventos danosos relacionados ao regime hídrico, bem como na orientação das políticas públicas, proporcionando simulações para antecipar condições futuras e oferecendo ferramentas úteis para abordar questões ambientais e reduzir impactos (Freeze; Harlan, 1969; Beven; Kirkby, 1979; Lou, 2010; Marinho Filho *et al.*, 2012; Tucci, 2005).

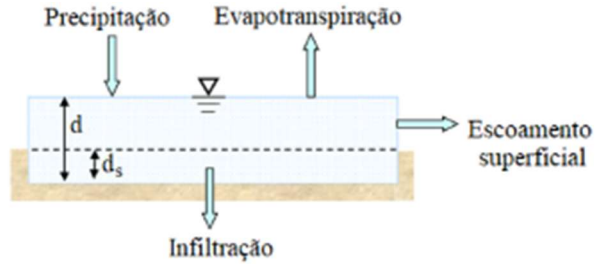
2.4.1 Personal Computer Storm Water Management Model - PCSWMM

O *Personal Computer Storm Water Management Model* (PCSWMM) é um modelo dinâmico de simulação hidrológico-hidráulica e de qualidade da água, especialmente aplicado em áreas urbanas para simulações de um único evento chuvoso e de evento contínuo. Frequentemente é utilizado para atividades de planejamento e análise, e projetos relacionados ao escoamento de águas pluviais, sistemas combinados e esgoto, além de outros sistemas de drenagem em áreas urbanas e não urbanas (Rossman, 2015). A versão estudantil do PCSWMM 7.5.3399 corresponde ao SWMM nas versões 5.0.013 - 5.1.015 e foi utilizada nessa pesquisa.

Apresenta um módulo LID, específico para modelagem das técnicas alternativas de drenagem, que possibilita a combinação de vários dispositivos numa bacia e a verificação da eficácia dessa ação. Os controles LIDs são representados pela realização do balanço de umidade que rastreia o movimento da água verticalmente entre diferentes camadas. Algumas das estruturas que podem ser simuladas no módulo LID são: células de biorretenção, valas de infiltração, trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, jardins de chuva, e telhados verdes (Rossman, 2015; Peng; Stovin, 2017).

O escoamento superficial, segundo a visão conceitual do PCSWMM, é representado pela Figura 3, onde cada sub-bacia é tratada como um reservatório não linear.

Figura 3 - Modelo de reservatório não linear de uma sub-bacia.



Fonte: Adaptado de Rossman e Huber (2016).

O PCSWMM, por se tratar de um modelo distribuído, permite que a área de estudo seja dividida em sub-bacias para captar a variabilidade espacial da topografia, rede de drenagem e características de uso e cobertura do solo que influenciam o escoamento superficial. A capacidade desse “reservatório” (d_s) é o valor máximo armazenado em depressões do terreno, ou seja, o valor máximo armazenável à superfície por alagamento, encharcamento e interceptação, calculada pela Equação (4), que não linear e é aplicada quando $d > d_s$ (Gomes *et al.*, 2012; Rossman; Huber, 2016).

$$\frac{\partial d}{\partial t} = i - e - f - \alpha(d - d_s)^{5/3} \quad (4)$$

Onde: i = taxa de precipitação (mm/h); e = taxa de evaporação superficial (mm/h); f = taxa de infiltração (mm/h); d = nível de água no reservatório (mm); d_s = altura do armazenamento em depressões ao longo da bacia (mm); e a variável α é definida pela Equação (5).

$$\alpha = \frac{1,49WS^{1/2}}{An} \quad (5)$$

Onde: W = comprimento da bacia (m); S = declividade média ou aparente (m/m); A = área da bacia (m²); n – coeficiente de rugosidade de Manning (-).

Conhecendo-se as variáveis i , f , α e d_s , a Equação (4) pode ser resolvida para valores de d desconhecidos, por processo iterativo de Newton-Raphson a passo de tempo estabelecido (Nunes, 2017).

O escoamento superficial por unidade de área ocorre quando a profundidade de água no “reservatório” excede o valor máximo do armazenamento em depressões “ d_s ”, ou

seja, quando $d > d_s$. O escoamento superficial é calculado pela Equação de Manning (Equação (6) (Gomes *et al.*, 2012; Rossman; Huber, 2016).

$$Q = \frac{1,49}{n} S^{1/2} R_x^{2/3} A_x \quad (6)$$

Onde: Q = vazão de escoamento superficial (m^3/s); n – coeficiente de rugosidade superficial (-); S = declividade média ou aparente (m/m); A_x = área da bacia (m^2); $R_x = d - d_s$ = raio hidráulico (mm).

O processo de infiltração é modelado no PCSWMM por três métodos diferentes: Horton, Green-Ampt e SCS. Independentemente do método selecionado, os parâmetros que definem a escolha do método de infiltração são altamente dependentes do tipo e condição do solo a ser infiltrado. A classificação hidrológica dos grupos de solo aplicada pelo SWWM é a do *Natural Resources Conservation Service* (NRCS) ou o antigo *Soil Conservation Service* (SCS), que classifica os solos entre A, B, C e D, de acordo com a capacidade de infiltração (Cronshey *et al.*, 1986; Rossman; Huber, 2016). Importante salientar que a infiltração é apenas calculada nas áreas permeáveis de cada sub-bacia e que a taxa de infiltração nas áreas impermeáveis (com ou sem armazenamento em depressões) é zero. Portanto, os parâmetros de infiltração são determinados apenas para as áreas permeáveis da sub-bacia (Nunes, 2017).

O método da Curva Número apenas foi inserido na versão PCSWMM 5 devido à sua praticidade e familiaridade por parte dos engenheiros. Esse método, em sua forma original, é um método de perda combinada que agrupa todas as perdas devido à interceptação, ao armazenamento de depressão e à infiltração para prever o excesso total de chuva de um evento de chuva. No PCSWMM é utilizada sua forma incremental modificada que considera apenas as perdas por infiltração, uma vez que as outras abstrações são modeladas separadamente. Rossman e Huber (2016) apresentam todas as equações principais utilizadas nesse método e que estão descritas a seguir. A equação governante do método em sua forma clássica é apresentada na Equação (7, onde relaciona o evento de escoamento superficial total com o evento de precipitação total.

$$Q = \frac{P^2}{P + S_{max}} \quad (7)$$

Onde: Q = escoamento superficial (mm); P = precipitação (mm); S_{max} = capacidade máxima de armazenamento de umidade do solo (mm).

O S_{max} também pode ser considerado como a diferença no volume de água contido em um solo totalmente saturado em relação a um solo totalmente drenado, sendo semelhante ao parâmetro de déficit máximo de umidade $\theta_{d_{max}}$ utilizado no modelo Green-Ampt, exceto que é expresso numa base volumétrica e não como uma fração. O S_{max} é derivado de um “número de curva” tabelado CN que varia com o tipo de solo e condições antecedentes, conforme Equação (8) (Rossman; Huber, 2016).

$$S_{max} = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (8)$$

No método SCS formal, a Equação 8 é escrita com a substituição de P por $P - I_a$, onde I_a é uma abstração inicial que explica o volume de chuva capturado pela interceptação vegetativa, o preenchimento do armazenamento de depressão e a umidade inicial do solo. Como o PCSWMM já considera esses fenômenos através de seu parâmetro de armazenamento de depressão, d_p , esse refinamento não está incluído aqui. Assumindo que toda a precipitação que não escoa é perdida para a infiltração (ou seja, $P - Q = F$), a Equação (7) pode ser estendida para prever a infiltração total (cumulativa) (F) como a Equação (9) (Rossman; Huber, 2016).

$$F = P - \frac{P^2}{P + S_{max}} \quad (9)$$

Para um modelo contínuo como o PCSWMM, a Equação (9) pode ser aplicada de maneira incremental para calcular uma taxa de infiltração f em cada intervalo de tempo. Sejam P_1 e F_1 , a precipitação e a infiltração acumulada, respectivamente, no início do intervalo de tempo. No final do intervalo de tempo, tem-se as Equações (10) e (11) (Rossman; Huber, 2016).

$$P_2 = P_1 + i\Delta t \quad (10)$$

$$F_2 = F_1 + \frac{P_2^2 - F_1^2}{P_2 + S_e} \quad (11)$$

Onde: P_2 = precipitação acumulada (mm); F_2 = infiltração acumulada (mm); Δt = fim do passo de tempo (h); i = taxa de precipitação ao longo do tempo (mm/h); S_e = capacidade de armazenamento de umidade no início do evento de precipitação ao qual o passo de tempo pertence.

Para uma simulação de um evento único, $S_e = S_{max}$, mas pode ser menor quando a depleção e recuperação da capacidade de armazenamento de umidade ocorrer durante um período de simulação mais longo (Rossman; Huber, 2016). A taxa de infiltração (f) pode então ser calculada com a Equação (12). Em períodos sem chuva, a taxa de infiltração permanece a mesma que no período imediatamente anterior.

$$f = (F_2 - F_1)/\Delta t \quad (12)$$

Nesse cenário, é notável a eficácia do modelo de gestão de águas pluviais da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA SWMM) ao simular o equilíbrio hídrico de telhados verdes, especialmente quando consideramos os processos de evapotranspiração (ET) dentro do modelo. Comparativamente a modelos mais simples, o PCSWMM destaca-se por sua adequação na modelagem detalhada de telhados verdes, devido à sua precisão, algoritmos e abordagem em diferentes escalas dos processos envolvidos. Além disso, a capacidade do PCSWMM de realizar simulações contínuas confere vantagens substanciais em relação a simulações baseadas em eventos ao estimar inundações de projeto (Westerholt; Pesci; Lösken, 2021).

Com relação ao estudo sobre telhados verdes, Leite, Fujimura e Fernandes (2016) simularam com o SWMM o efeito do amortecimento das chuvas considerando que todos os telhados do *campus* universitário de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) fossem convertidos para telhados verdes. Na simulação houve amortecimento e atraso das águas pluviais de 18% com relação aos telhados convencionais. Já Peng e Stovin (2017) avaliaram a precisão da simulação hidrológica do módulo de telhados verdes do SWMM. O modelo não calibrado forneceu boas estimativas da retenção anual total (apenas 0,357% de diferença entre o medido e modelado). Após calibração, a diferença entre a modelagem e as medições caiu para 0,169%, com coeficiente de eficiência de 0,948 por evento. Concluiu-se, portanto, que o SWMM, após calibração, é adequado para simular o escoamento de telhados extensivos tanto em eventos

pluviométricos isolados como em séries anuais. Palla *et al.* (2008), utilizando o SWMM, observaram que a implantação dos telhados verdes pode reduzir significativamente o pico do escoamento superficial, além de atrasar o mesmo em até 15 minutos (efeito retenção). O efeito de retenção foi observado com a redução do volume escoado superficialmente no intervalo entre os eventos.

2.5 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO

A calibração visa determinar os valores ideais dos parâmetros do modelo para garantir uma representação precisa do comportamento hidrológico da bacia. A avaliação desse processo comumente utiliza a vazão no exutório da bacia, buscando alcançar uma representação efetiva quando as vazões calculadas reproduzem, de maneira precisa, as vazões observadas, através de uma inspeção visual, onde o usuário, baseado em sua experiência, decide se o resultado foi satisfatório ou não (Bravo *et al.*, 2007).

A técnica pioneira de calibração em modelos chuva-vazão, conhecida como abordagem manual, é um processo iterativo que envolve tentativa e erro. Nesse método, o usuário ajusta os parâmetros do modelo em cada iteração, experimentando diferentes conjuntos de valores. Após cada ajuste, é feita uma comparação visual entre os resultados obtidos e os valores medidos para avaliar se houve aprimoramento na representação do sistema. Caso positivo, os ajustes são refinados na mesma direção; caso contrário, novas abordagens são testadas. Esse processo iterativo continua até que o usuário identifique um conjunto de parâmetros que, em sua opinião, resulte nos resultados mais adequados. Embora essa técnica permita a incorporação da experiência do usuário, pode não ser apropriada para modelos complexos com muitos parâmetros, devido à quantidade significativa de ajustes necessários. Na calibração manual de modelos chuva-vazão, a vazão é geralmente a variável de saída, e critérios como ajuste das vazões mínimas, forma do hidrograma calculado e picos de cheias são considerados (Mays; Tung, 1992; Fletcher; Ponnambalam, 1998; Collischonn; Allasia, 2006).

Existem algumas aplicações exitosas na literatura científica que fazem uso da modelagem com o SWMM para investigar o desempenho das tecnologias LID. Rosa, Clausen e Dietz (2015) simularam no SWMM o escoamento da água em duas bacias, sendo uma delas com dispositivos LID para avaliar a sua eficácia. Na simulação sem calibração com os dados de campo, a bacia tradicional apresentou previsões mais próximas dos valores observados que a bacia com aplicação dos LID. Nesse contexto, uma das formas de avaliar a qualidade do ajuste do modelo é através do Coeficiente de

Determinação, que indica quanto o modelo é capaz de explicar os dados coletados. No estudo realizado por Rosa, Clausen e Dietz (2015), após calibração e análise de sensibilidade, a previsão do volume do escoamento de água melhorou significativamente, apresentando coeficiente de determinação (R^2) $> 0,9$ para ambas as bacias, trazendo um percentual de diferença inferior a 12% entre o medido e o simulado nas duas bacias, ressaltando a importância da calibração para melhorar as previsões para as bacias hidrográficas com LID.

Um dos mais importantes critérios estatísticos para avaliar o ajuste de modelos hidrológicos é o Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) (Nash; Sutcliffe, 1970), calculado por meio da Equação (13).

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_1^n (Q_m - Q_p)^2}{\sum_1^n (Q_m - \overline{Q_m})^2} \right] \quad (13)$$

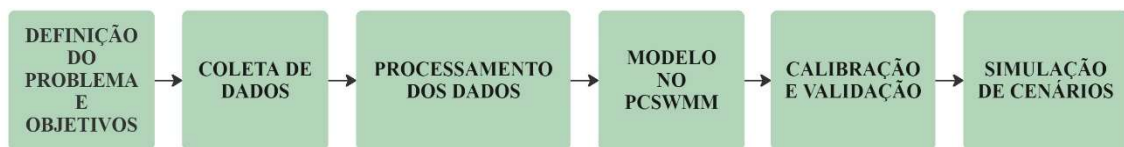
Onde: Q_m = volume de escoamento observado (m^3/s); Q_p = volume de escoamento modelado (m^3/s); $\overline{Q_m}$ = média do volume de escoamento observado (m^3/s); n = número de eventos (-).

De acordo com Rosa, Clausen e Dietz (2015), o NSE indica o quão bem os dados simulados correspondem aos dados observados em comparação com uma linha de 1:1; podendo variar entre $-\infty$ e 1, com $NSE = 1$ indicando um ajuste perfeito. Um NSE superior a 0,5 indica desempenho de modelo aceitável para a simulação SWMM. A partir dos dados medidos são selecionados os eventos mais significativos para calibrar e validar o modelo aplicado no SWMM. Os valores iniciais dos parâmetros sensíveis são cruciais para a simulação do modelo. Os estudos relacionados indicaram que a largura característica da região, coeficiente impermeável, coeficiente de Manning e armazenamento de depressão das áreas impermeáveis e permeáveis são parâmetros sensíveis no SWMM (Zhao *et al.*, 2009).

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa, ilustrada na Figura 4, envolveu as etapas de definição do problema e dos objetivos, coleta e processamento de dados, construção e calibração do modelo hidrodinâmico no PCSWMM, e simulação de cenários. Este processo estruturado permitiu uma análise detalhada do impacto da urbanização e da implementação de telhados verdes na bacia urbana do Canal da Malária. A licença utilizada pelo PCSWMM é fornecida pelo programa de bolsas educacionais da *Computational Hydraulics Inc.* (CHI).

Figura 4 - Fluxograma do trabalho.



Fonte: A Autora (2024).

Após a definição da área de estudo e do modelo, buscou-se quais parâmetros são necessários para a construção do modelo no PCSWMM. A partir disso, foi realizada a coleta e processamento dos dados para a construção e calibração do modelo. Só então foi possível a simulação dos cenários.

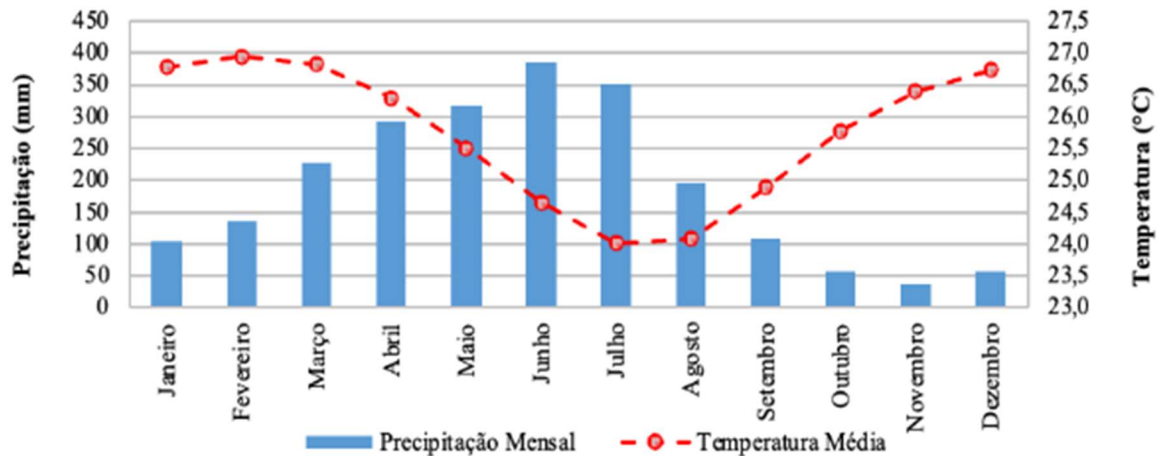
3.1 CARACTERÍSTICAS DA DRENAGEM URBANA NO RECIFE

A cidade de Recife está localizada no litoral da região Nordeste do Brasil, apresentando um relevo com uma quebra pronunciada entre planícies e morros, onde as áreas de morro podem chegar a altitudes de até 100 metros e as planícies apresentam baixas altitudes entre 2 e 4 m, muitas vezes abaixo do nível do mar (Bandeira, 2010; Pernambuco, 2011). Recife possui população de 1.488.920 de habitantes (IBGE, 2024) e área de 218 km² (Recife, 2017), densidade demográfica de 6.829,91 hab/km², altamente urbanizada e impermeabilizada. Na área de planície, uma vasta rede hídrica natural denominada por “Estuário Comum do Recife” composta pelos rios Capibaribe, Beberibe e Tejiptió, além de mangues e alagados da planície costeira, com alta influência à variação das marés e da elevação do nível do mar, além da presença do lençol freático próximo à superfície e aflorante na estação de chuva (Souza, 2006; Silva Junior; Silva, 2016).

A cidade do Recife encontra-se na faixa de clima do tipo Am caracterizado como clima tropical monçônico (Alvares *et al.*, 2013). O período chuvoso ocorre entre os meses

de abril a julho, com precipitação média máxima em junho de 384,99 mm. Durante o período seco, que vai de agosto a março, tem precipitação média mínima em novembro de 37,78 mm. A variação de temperatura é baixa na região litoral, menor que 3,0°C, com temperatura média de 25,74°C e umidade relativa média anual de 78,56% (Figura 5) (INMET, 2020).

Figura 5 - Precipitação e temperatura em Recife/PE.



Fonte: Adaptado de INMET (2020).

A equação de chuva intensa utilizada para a cidade do Recife (PE) (Equação (14), apresentada em 2016 no âmbito do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Recife – PDDR (Alencar *et al.*, 2016), foi obtida a partir das precipitações máximas anuais em três postos pluviométricos (Recife-Caxangá, Recife-Curado e Recife-Várzea), abrangendo uma série histórica de 85 anos (1927-2011).

$$i = \frac{611,3425 \cdot Tr^{0,1671}}{(t + 7,3069)^{0,6348}} \quad (14)$$

Assim como em todo o país, o crescimento da Região Metropolitana do Recife (RMR) ocorre na parte mais plana e se caracteriza pela concentração de valor imobiliário, disponibilidade de equipamentos, serviços e infraestrutura urbana, forçando a população mais vulnerável a ocupar áreas menos valorizadas, que estão localizadas nas encostas e nos alagados (Marinho; Leitão; Lacerda, 2002). Como resultado, a RMR mostra significativos sinais de degradação ambiental como o desmatamento, a contaminação/salinização dos recursos hídricos superficiais e profundos, a redução e poluição das áreas estuarinas, a emissão de poluentes atmosféricos, a poluição visual, os escorregamentos e a erosão de encostas, os alagamentos de áreas de planície e a erosão costeira (Souza, 2006). Além dessa degradação, o revestimento, retificação e ocupação

irregular dos rios urbanos contribui significativamente para o aumento de alagamentos, inundações e enchentes (Baptista; Nascimento; Barraud, 2015).

Segundo Lafayette *et al.* (2018), foram identificados 182 pontos críticos de alagamento na cidade do Recife entre os anos de 2013 a 2017, dos quais 71 foram solucionados a um investimento de R\$ 17,14 milhões em limpeza e pequenos reparos, porém o montante investido é insuficiente para a necessidade da cidade. Segundo os autores, o valor necessário para a limpeza de toda a rede de microdrenagem em 4 anos seria de R\$125,6 milhões de reais, além do aumento em 4 vezes da equipe atualmente mobilizada. Desses pontos críticos de alagamento identificados, 33 estão localizados em vias arteriais, como as Avenidas Marechal Mascarenhas de Moraes, Norte, Engenheiro Domingos Ferreira e Caxangá, dificultando de modo expressivo o tráfego da população em dias chuvosos (Alencar *et al.*, 2016).

Devido às características físicas e sociais, a cidade do Recife é considerada a 16ª mais vulnerável do mundo às mudanças do clima com o aumento da temperatura, do nível médio da maré e dos eventos extremos de chuva. Dois graves efeitos dos eventos extremos de chuva são os alagamentos e escorregamentos de encostas, que já são problemas atuais na cidade e tendem a ser amplificados com as mudanças climáticas. Nos eventos climáticos extremos, a infraestrutura de transporte é afetada com a deterioração das estruturas, interrupções de tráfego e acidentes, além de avarias em imóveis, causando impacto na economia da cidade e ameaçando a integridade física da população que pode ficar sujeita à morte por afogamento ou soterramento. Além disso, sobre o aumento do nível médio do mar, estima-se que até 2100, as regiões costeiras sofrerão um aumento do nível médio do mar de 0,26 a 0,55 m no melhor cenário e 0,52 e 0,98 m no pior cenário, inundando 33,7 km² da cidade de Recife (Costa *et al.*, 2010; IPCC, 2014; Ribeiro; Santos, 2017).

3.2 DOCUMENTOS NORTEADORES DA DRENAGEM URBANA NO RECIFE

Para solucionar os problemas de vulnerabilidade da cidade, foram elaborados planos, estudos e legislações com medidas adaptativas para a drenagem urbana da cidade resumidos abaixo em ordem cronológica.

3.2.1 Planos e estudos

De acordo com Alencar *et al.* (2016), o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Recife define a situação atual do sistema de macro e microdrenagem existente, identificam pontos críticos de alagamento, apresenta a nova equação de chuva para a cidade, bem como diretrizes e propostas de projetos para as principais bacias hidrográficas e para algumas áreas alagadiças, além do Manual de Drenagem. Segundo os autores, nesse plano, são propostas medidas de fitorremediação para o amortecimento e controle de cheias ao mesmo tempo em que ocorre o tratamento das águas retidas por infiltração, como em wetlands ou jardins filtrantes.

Conforme Recife (2017), o Plano de Manutenção do Sistema de Drenagem da Cidade do Recife institui uma programação das atividades necessárias para a limpeza, recuperação ou restauração do sistema de drenagem, com os recursos disponíveis. Além disso, conceitua os tipos de manutenção aplicadas, classifica os pontos críticos de alagamento e as intervenções necessárias divididos por RPA, bairro, logradouro e trecho. Dos pontos críticos levantados nesse plano, 29% necessitam de projetos especiais para implantação ou requalificação do sistema de drenagem local e 14% necessitam de obras de requalificação do sistema de drenagem existente com orçamento superior a R\$100.000,00.

Segundo Recife (2019), o relatório Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas e Estratégia de Adaptação do Município do Recife – PE apresenta, por bairro e RPA, os índices de risco para ameaças de inundação, seca meteorológica, ondas de calor, doenças transmissíveis, deslizamentos e aumento do nível do mar; indica os 10 bairros mais críticos no cenário projetado de 2011-2040; norteia as medidas de adaptação a serem tomadas pela prefeitura.

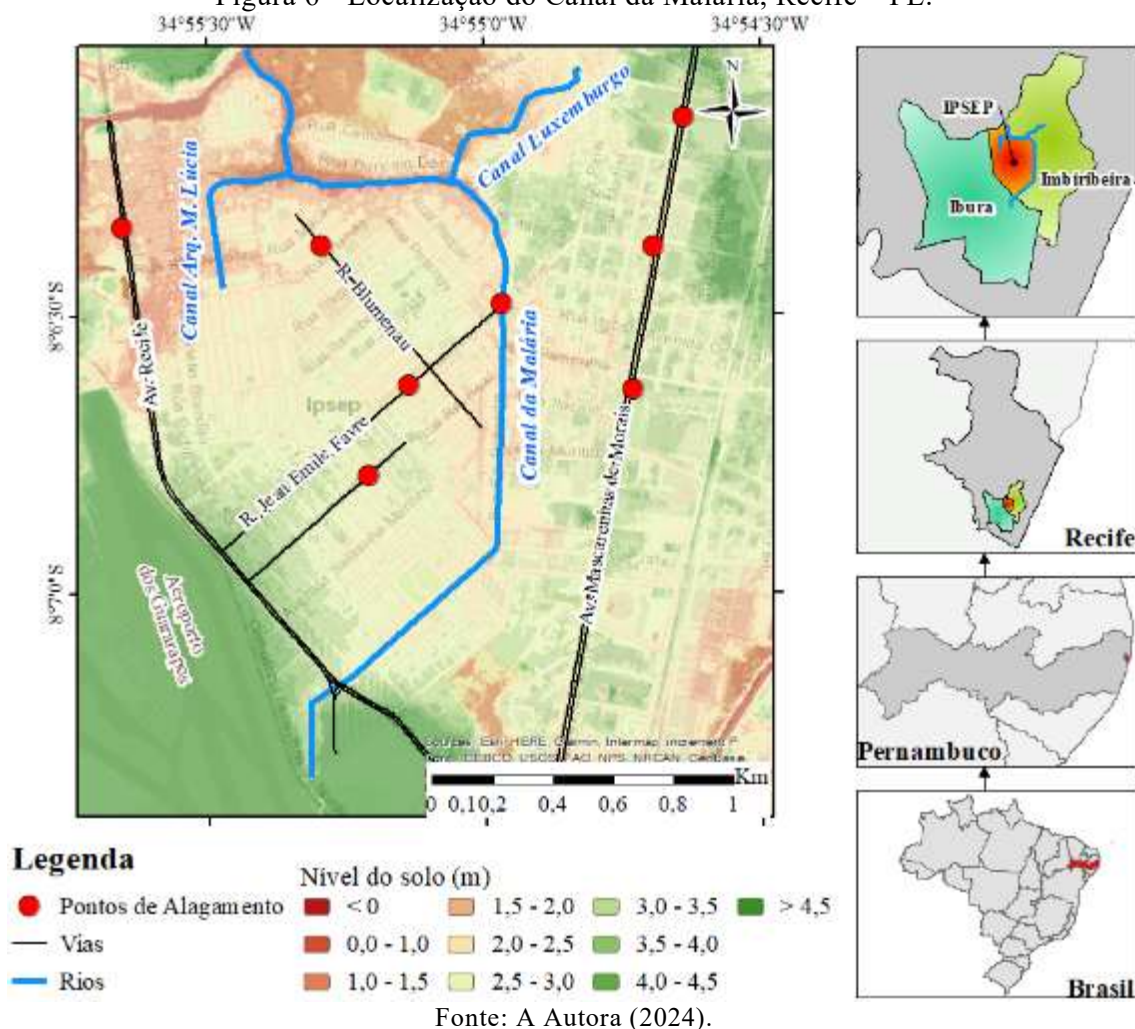
3.2.2 Legislação

A Lei Municipal Nº 18.112 (Recife, 2015) que "dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde" em novos edifícios habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400m² de área coberta, em pelo menos 30% da área coberta, e da construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

3.3 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Canal da Malária (Figura 6) está inserida entre os bairros Ipsep, Imbiribeira e Ibura, Região Político Administrativa (RPA) 6 da cidade do Recife (PE), região costeira do nordeste brasileiro. O Canal da Malária tem início nas proximidades do Aeroporto Internacional dos Guararapes, no bairro do Ibura, e tem seu exutório no Rio Tejiptió, dividindo os bairros Ipsep e Imbiribeira. Seus afluentes são os Canais Arqueta Maria Lúcia e Luxemburgo. As características da macrodrenagem local são detalhadas no Quadro 1.

Figura 6 - Localização do Canal da Malária, Recife – PE.



Quadro 1 - Caracterização da macrodrenagem artificial na área de estudo e no seu entorno.

Canal	Ext. (m)	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G
Malária	3.362	Seção: Irregular Extensão: 345 m Largura: 2,70 m Sem Revestimento	Seção: Irregular Extensão: 110 m Sem Revestimento	Seção: Retangular Extensão: 800 m Largura: 4,85 m Prof.: 1,20 m Revestimento: Placa de Concreto	Seção: Irregular Extensão: 730 m Largura: 4,50 m Sem Revestimento	Seção: Irregular Extensão: 975 m Largura: 13 m Sem Revestimento	Seção: Irregular Extensão: 470 m Largura: 30 m Sem Revestimento
Arquiteta Maria Lúcia	605	Seção: Retangular Extensão: 353 m Largura: 3,15 m Prof.: 2,8 m Revestimento: Placa de Concreto	Seção: Irregular Extensão: 252 m Largura: 3,5 m Sem Revestimento				
Luxemburgo (canal não cadastrado)	636	Seção: Irregular Extensão: 636 m Largura: 3,0 m Prof.: 1,5 m Sem Revestimento					

Legenda: Ext. = extensão | Prof. = profundidade.

Fonte: Alencar *et al.* (2016) / org. pela Autora (2024).

O bairro do Ipsep está localizado a aproximadamente 7,60 km do Marco Zero da cidade do Recife, delimitado pela Avenida Recife, Rua Oceânica e Rio Tejió, tem área territorial de 180 ha, 25.029 habitantes, densidade demográfica de 139,27 habitante/ha. O bairro Imbiribeira está localizado a aproximadamente 6,45 km do Marco Zero da cidade do Recife, tem área territorial de 666 ha, 48.512 habitantes, densidade demográfica de 72,85 habitante/ha, faz limite com os bairros Pina, Boa Viagem, Ipsep, Areias, Jiquiá e Afogados e é entrecortado pela Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes. O bairro do Ibura está localizado a aproximadamente 9,14 km do marco zero da cidade do Recife, delimitado pelas Avenida Recife e BR-101, com área territorial de 1.019 ha, 50.617 habitantes e densidade demográfica 49,69 habitantes/ha (Recife, 2018b, 2018c).

Como o Canal da Malária está majoritariamente inserido nos bairros Ipsep e Imbiribeira, esses bairros foram observados com maior destaque para essa pesquisa por apresentarem relevo plano com cotas abaixo do nível médio do mar (Figura 6). A Figura 7 mostra o alagamento ocorrido durante o evento de chuva intensa que ocorreu no dia 13 de junho de 2019.

Figura 7 - Alagamentos na bacia do Canal da Malária.



(a) Ruas do Ipsep.



(b) Canal Arquiteta Maria Lúcia.



(c) Avenida Mascarenhas de Moraes.



(d) Avenida Recife.

Fonte: G1PE (2019).

Anualmente existem alagamentos em várias ruas do Ipsep, destacando as ruas Jean Emile Favre, Blumenau e Avenida Raimundo Diniz (Figura 7a e 7b). No bairro da Imbiribeira, destaca-se como ponto crítico a Avenida Mascarenhas de Moraes em diversos trechos (Figura 7c). No bairro do Ibura, a região de interesse da pesquisa apresenta um

ponto de alagamento crítico na Avenida Recife (Figura 7d), nas proximidades da entrada de veículos para o bairro do Ipsep, gerando uma série de transtornos no transporte da cidade (Alencar *et al.*, 2016). Associado a isso, no ano de 2019, foi realizada uma análise de riscos e vulnerabilidades climáticas do município do Recife, que considerou o bairro do Ipsep como altamente exposto aos riscos climáticos no cenário atual e futuro, apresentando elevados riscos de inundação, doenças transmissíveis, ondas de calor e seca, sendo considerado para o cenário futuro como o sexto bairro mais crítico, numa lista de 10 bairros (Recife, 2019).

A bacia do Canal da Malária sofre influência da maré em boa parte de sua extensão, incluindo os Canais Arquiteta Maria Lúcia e Luxemburgo. Devido à baixa declividade da região, observou-se, através de visitas ao local de estudo, que mesmo em dias sem chuva, há acúmulo de água em algumas vias (Figura 8), a depender do nível da maré. Em eventos chuvosos, a maré alta intensifica os alagamentos da região como no dia 13 de junho de 2019 (

Figura 9 - Bacia do Canal da Malária, evento de chuva no momento de maré alta no dia 13/06/2019.

).

Figura 8 - Acúmulo de água nas vias locais em dias sem chuva.



(a) Rua São Nicolau, ao lado do Canal Arquiteta Maria Lúcia.

(b) Rua Pampulha, ao lado do Canal da Malária.

Fonte: Acervo pessoal da Autora (2019).

Figura 9 - Bacia do Canal da Malária, evento de chuva no momento de maré alta no dia 13/06/2019.



(a) Bar no cruzamento das ruas Rio Oceânico e Muritiba.



(b) Rua Jean Emile Favre, no ponto de monitoramento.

Fonte: Acervo pessoal da Autora (2019).

3.4 SIMULAÇÃO NO PCSWMM

Para a simulação no PCSWMM, é necessário realizar a inserção de uma série de dados de entrada no modelo. Como dito anteriormente, foi necessário identificar quais os parâmetros necessários para a montagem do modelo no PCSWMM como ponto de partida. Após essa identificação, foi realizada a coleta e processamento dos dados para finalmente montar, calibrar e validar o modelo. Só após essas etapas foi possível a simulação dos cenários. O Quadro 2 apresenta os parâmetros utilizados para elaboração do modelo da Bacia do Canal da Malária e suas respectivas unidades.

Quadro 2 - Parâmetros de entrada utilizados no PCSWMM.

Parâmetro	Descrição
Sub-bacia	
Pluviômetro	Pluviômetro com série temporal de chuva designado para a bacia.
Área	Área da bacia em hectares (ha).
Largura	Largura característica do escoamento superficial em metros (m).
Declividade	Declividade média da bacia em percentual (%).
Percentual Impermeável	Percentual da área impermeável da bacia.
N-Impermeável	Número de Manning da área impermeável.
N-Permeável	Número de Manning da área permeável.
Dstore-imperv	Armazenamento em depressões na área impermeável.

Dstore-perv	Armazenamento em depressões na área permeável.
Zero imperv	% da área impermeável sem armazenamento em depressões.
Curva Número	Curva número SCS.
Conduto	
Comprimento	Comprimento do conduto (m).
Rugosidade	Coefficiente de rugosidade de Manning.
Seção Transversal	Geometria da seção transversal do conduto.
Nó	
Cota de fundo	Cota de fundo do nó (m)
Vazão média	Vazão média em tempo seco (m³/s).
Exutório	
Cota de fundo	Cota de fundo do nó (m)
Vazão média	Vazão média em tempo seco (m³/s).
Tipo de saída	Condição de contorno do exutório – série temporal de maré no exutório.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

3.4.1 Parâmetros utilizados no controle LID

De modo semelhante, os parâmetros utilizados como dados de entrada no Módulo LID precisaram ser identificados, coletados e processados para posterior simulação dos cenários analisados nessa pesquisa. Percebeu-se que é necessária a inserção de parâmetros tanto na aba “*LID Controls*” ou “Controle LID”, como no atributo “*LID Usage Editor*” ou “Editor de uso do LID” em cada sub-bacia. O Quadro 3 resume os parâmetros utilizados no “Editor de uso do LID” na sub-bacia.

Quadro 3 - Parâmetros de entrada utilizados no Editor de uso do LID do PCSWMM.

Parâmetro	Descrição
Área de cada unidade (m²)	Área unitária de cada LID em metros quadrados
Número de repetições em unidades	O número de vezes em que esta área de LID se repete dentro da sub-bacia.
Percentual de ocupação do LID	Indica o percentual de ocupação do LID dentro da sub-bacia.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

O Controle LID divide a estrutura do telhado verde em três camadas: superfície, solo e drenagem. Na camada de superfície, os parâmetros a serem preenchidos são: profundidade de armazenamento (altura máxima de água armazenada antes do transbordamento), fração do volume de vegetação, coeficiente de Manning e declividade

do telhado. Os parâmetros da camada do solo a serem informados são: espessura da camada de solo, porosidade, umidade à capacidade de campo, umidade no ponto de murcha, condutividade hidráulica saturada, gradiente da curva de condutividade hidráulica e sucção capilar. A camada drenante tem como parâmetros: espessura, fração de vazios e coeficiente de rugosidade de Manning.

Para essa pesquisa, os parâmetros utilizados foram retirados da literatura (Peng; Stovin, 2017) e estão listados no Quadro 4. A escolha por esses valores se deve à impossibilidade de realização de experimentação própria ao longo do desenvolvimento do trabalho, bem como à escassez de dados padronizados, tanto no contexto nacional quanto internacional, para a parametrização de telhados verdes em modelos hidrológicos baseados no SWMM. O estudo citado, além de apresentar detalhadamente os parâmetros de cada camada do telhado verde (superfície, solo e drenagem), é, até o momento, o único identificado na literatura que testa a performance desses parâmetros diretamente no SWMM, validando sua aplicabilidade em modelagens hidrológicas urbanas.

Quadro 4 - Parâmetros utilizados no módulo *LID Control Editor* no PCSWMM para a simulação dos telhados verdes.

Parâmetro	Valor utilizado	Fonte
Camada superficial		
Profundidade de armazenamento	200 mm	Dado de campo
Cobertura vegetal (Fração)	0	Padrão modelo
Rugosidade superficial (n Manning)	0,15	Padrão modelo
Declividade superficial (%)	2,6%	Stovin; Vesuviano; Kasmin (2012)
Solo (substrato)		
Espessura	200 mm	Dado de campo
Porosidade (Fração Volumétrica)	0,45	Rosa; Clausen; Dietz (2015)
Capacidade de campo (Fração Volumétrica)	0,3	Pöe; Stovin; Beretta (2015)
Ponto de Murcha (Fração Volumétrica)	0,05	Rosa; Clausen; Dietz (2015)
Condutividade Hidráulica	1.000 mm/h	Peng; Stovin (2017)
Declividade da condutividade	50	Peng; Stovin (2017)
Potencial Matricial	110 mm	Rosa; Clausen; Dietz (2015)
Camada de Drenagem		
Espessura	25 mm	Dado de campo
Índice de vazios	0,6	Peng; Stovin (2017)
Rugosidade	0,03	Peng; Stovin (2017)

Fonte: Peng e Stovin (2017).

3.5 COLETA DE DADOS

A etapa de coleta de dados foi crucial para o desenvolvimento da pesquisa. Consistiu na obtenção de dados topográficos, imagens aéreas, cadastro da rede de micro e macrodrenagem, séries históricas de precipitação, dados de maré e medições do nível

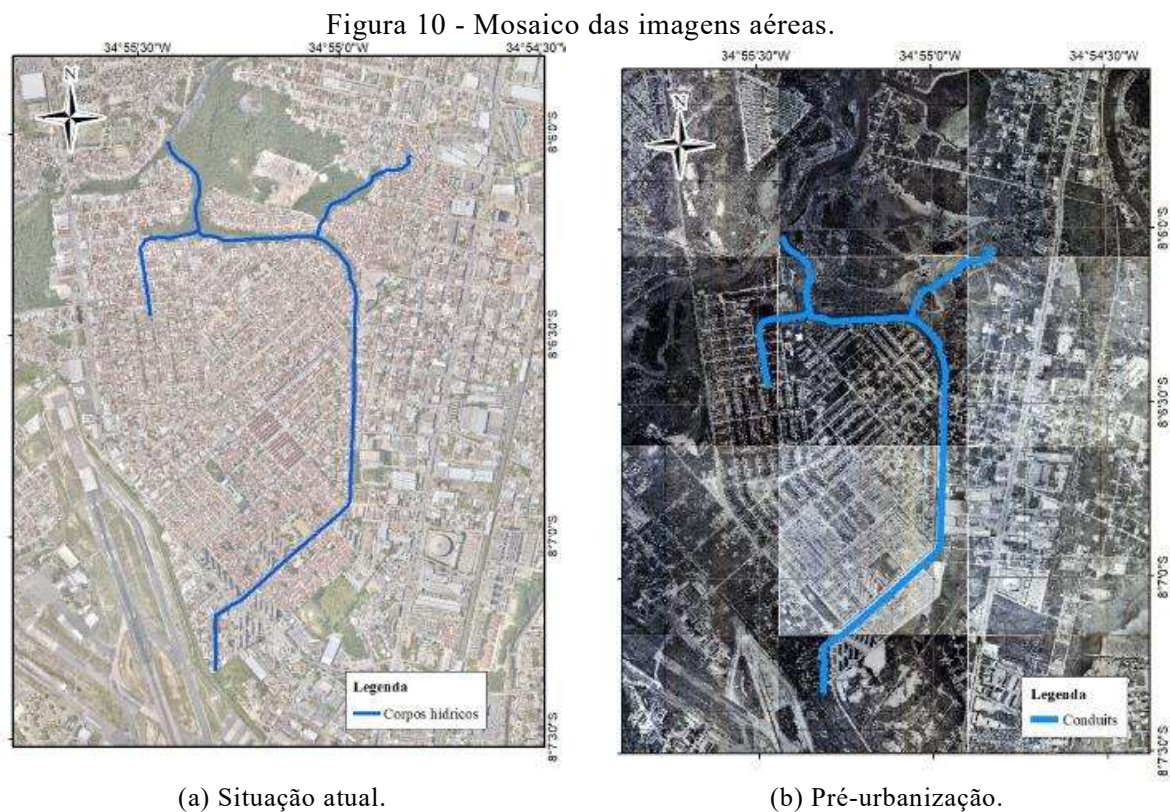
do Canal da Malária, além da investigação de enchentes através de publicações em jornais e visitas técnicas à bacia. Também foram realizadas entrevistas à população local para obter registros fotográficos e informações sobre os eventos de cheia. Esse conjunto de dados diversificado e detalhado constituiu a base sólida necessária para o processamento subsequente e a construção do modelo hidrodinâmico no PCSWMM.

3.5.1 Dados topográficos

Para delimitar e caracterizar as sub-bacias, utilizou-se o Modelo Digital do Terreno (MDT) disponível no Pernambuco tridimensional – PE3D (Pernambuco, 2019), conforme (Figura 6), que possui resolução espacial de 1 metro, bem como foi obtido o cadastro da rede de micro e macrodrenagem da região (Recife, 2018; EMLURB, 2020).

3.5.2 Imagens aéreas para classificação do solo

As imagens aéreas utilizadas para a situação atual (Figura 10a) são as disponíveis no Pernambuco tridimensional – PE3D (Pernambuco, 2019). Já as imagens utilizadas para a situação de pré-urbanização são as ortofotos de 1974 (Figura 10b) da Condepe FIDEM (2023).



Fonte: Autora (2024).

3.5.3 Série histórica de precipitação

A seleção de estações pluviométricas para a simulação deu-se a partir da identificação da localização dos pluviômetros que estão mais próximos da área de estudo da bacia do Canal da Malária e de quais deles estavam em funcionamento com coletas horárias de chuva do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais, Figura 11 (CEMADEN, 2019). As estações identificadas foram as (1) Areias, (2) Imbiribeira, (3) Pina, (4) Alto Bela Vista e (5) Ibura. A partir disso, foram selecionadas as estações Areias (Código 261160621A –Latitude 34°55'44,4" Sul e Longitude 8°6'7,2" Oeste) e Imbiribeira (Código 261160609A – Latitude 34°54'50,339" Sul e Longitude 8°7'15,51" Oeste), que apresentam dados horários a intervalos de 10 minutos.



3.5.4 Medições do nível do Canal da Malária

Para a calibração e validação do modelo, escolheu-se um ponto de monitoramento (Figura 12a) do Canal da Malária onde foram instaladas duas réguas linimétricas de 1,0 m de altura cada, totalizando 2,0 m de altura numa parede revestida do Canal da Malária.

A escolha do local se deu por ser próximo a uma ponte com seção transversal definida (EMLURB, 2018), no cruzamento do Canal com a Rua Jean Emile Favre, ponto crítico de alagamento e pela facilidade de acesso para coleta de dados (Figura 12b). O ponto de monitoramento foi observado manualmente durante os meses de julho de agosto de 2019 no período diurno, devido à falta de iluminação no local após o pôr do sol. O intervalo entre as observações das réguas linimétricas foi de 1 hora.

Para a correta instalação das réguas linimétricas no local, foi realizado o levantamento de alguns pontos topográficos (Figura 12c), em que se realizou um rastreo simultâneo em rede, usando três receptores GNSS de dupla frequência, com o posicionamento relativo estático e estático rápido. As altitudes ortométricas foram definidas usando o modelo Geoidal Local do Recife no ponto de maior tempo de rastreo e precisão 3D. As altitudes dos demais pontos foram obtidas usando o nivelamento geométrico simples por irradiação. Esse levantamento topográfico foi utilizado para conhecer a posição da régua na seção transversal do Canal da Malária apresentada por Emlurb (2018). Após a localização da posição das réguas, estas foram chumbadas na parede no momento de maré baixa (Figura 12d).

Figura 12 - Ponto de monitoramento (continua).



(a) Localização do ponto de monitoramento.



(b) Imagem das réguas linimétricas instaladas.

Figura 13 - Ponto de monitoramento (conclusão).



(c) Levantamento de altitudes ortométricas e nivelamento geométrico do ponto de monitoramento.



(d) Instalação das réguas linimétricas.

Fonte: A Autora (2019).

3.6 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Nessa etapa de processamento de dados estão apresentados os procedimentos aplicados para o preparo e a organização das informações coletadas para a configuração e calibração do modelo no PCSWMM.

3.6.1 Delimitação e caracterização das sub-bacias

Por se tratar de uma região plana e altamente urbanizada, a delimitação das sub-bacias considerou o sistema de drenagem existente e o loteamento. Para isso, utilizou-se o levantamento cadastral da micro e da macrodrenagem do Recife (Alencar *et al.*, 2016) e ortofotos da cidade no ano 2013 cedidas pela Emlurb (EMLURB, 2020) para delimitar as sub-bacias do corpo principal do Canal da Malária, bem como os Canais Arquiteta Maria Lúcia e Luxemburgo.

Desse modo, a delimitação das sub-bacias partiu do Plano Diretor de Drenagem (Alencar *et al.*, 2016) e foi refinada até a composição atual com informações obtidas sobre a rede de microdrenagem e sua destinação no Canal da Malária em reuniões com equipe técnica da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB, 2020).

3.6.2 Largura média da sub-bacia

A largura média em cada sub-bacia foi calculada pela Equação (15, e K_c pela Equação 16, que corresponde ao retângulo equivalente, que consiste em um retângulo de mesma área e perímetro da bacia original (Silva, 2019).

$$L_{eq} = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,12} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,127}{K_c} \right)^2} \right] \quad (15)$$

$$K_c = 0,282 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (16)$$

Onde: A = área da subárea considerada, em km²; P = perímetro da subárea considerada, em km; Kc = Coeficiente de compacidade.

3.6.3 Declividade média das sub-bacias

Para obtenção das declividades médias, com o Modelo Digital do Terreno do PE3D, foram criadas linhas longitudinais do ponto mais distante ao exutório na bacia e aplicada a ferramenta DEM Slope do PCSWMM, que calcula a declividade média da sub-bacia, conforme ilustrado pelas linhas azuis da Figura 14.

Figura 14 - Exemplo de cálculo da declividade pela ferramenta DEM Slope.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

3.6.4 Coeficiente 'n' de Manning para áreas permeáveis e impermeáveis

O coeficiente de rugosidade de Manning para áreas permeáveis e impermeáveis foi estimado com base nas características do recobrimento do solo da área em estudo, sendo para as áreas impermeáveis adotado o valor de 0,024 e para as áreas permeáveis 0,15, conforme Silva e Cabral (2014), Canholi (2015) e Silva Junior (2015).

3.6.5 Altura de armazenamento em depressões de áreas permeáveis e impermeáveis

Para o parâmetro de altura de armazenamento em depressões de áreas permeáveis, que consiste nas condições de retenção de água da chuva na superfície, utilizou-se o

sugerido pelo modelo de 2,54 mm (0,10 pol.) para áreas impermeáveis e 5 mm (0,20 pol.) para áreas permeáveis, conforme observado na literatura (Silva Junior, 2015).

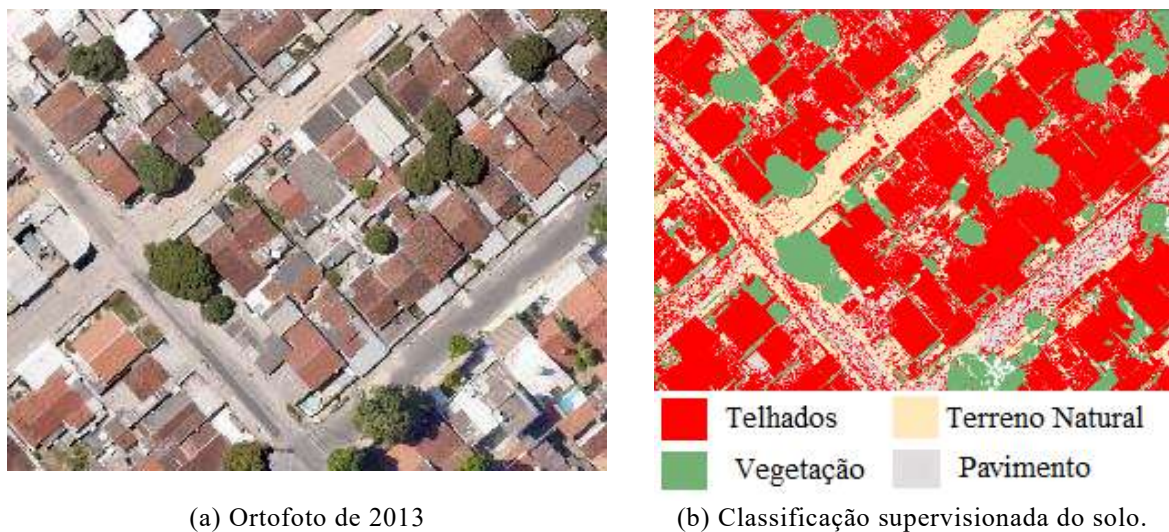
3.6.6 Classificação do solo

3.6.6.1 Situação atual

Para a situação atual, verificou-se que Alencar *et al.* (2016) apresentaram o cálculo do uso e ocupação do solo pelo Método da Curva Número (CN). Os valores de CN calculados pelos autores para a bacia do Canal da Malária foram 91,31, 86,66 e 91,59, conforme manual do software, com média de 89,85, mostrando alto grau de impermeabilização do solo na região.

No entanto, para tornar a classificação do solo da área de estudo mais precisa, foi realizada uma classificação supervisionada do solo com o *software* ArcGIS 10.8, através da ferramenta *Maximum Likelihood Classification*. Para essa classificação, foram utilizadas as ortofotos do PE3D (Pernambuco, 2019) com resolução de 0,15 m x 0,15 m. As classes escolhidas para a pesquisa foram: (1) Água, (2) Telhados, (3) Solo Exposto ou Ruas de Terra, (4) Vegetação, (5) Ruas pavimentadas. Com essa classificação, foram identificados percentuais das áreas impermeáveis e permeáveis, além da definição do CN de cada sub-bacia. A Figura 15 mostra a classificação do solo de uma pequena área próxima ao ponto de controle.

Figura 15 - Exemplo da classificação do solo a partir da ortofoto do ano de 2013.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Para o cálculo da Curva Número, foi considerada a curva para o grupo de solos tipo B. Os coeficientes utilizados foram os descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores dos números CN utilizados.

Uso do solo	CN
Residencial <500 m ²	85
Comercial	88
Industrial	88
Estacionamentos, telhados, viadutos	98
Floresta de boa cobertura	55
Terra	82
Relva de 50% a 75% da área	69
Relva em mais de 75% da área	61

Fonte: Adaptado de Cronshey *et al.* (1986).

3.6.6.2 Pré-urbanização

Para o cenário de pré-urbanização, também foi utilizada a classificação do solo a partir de ortofotos do ano de 1974 do banco de dados da Condepe FIDEM (2023) (Figura 16). Por se tratar de imagens em preto e branco (Figura 16a), sem outras imagens com boa resolução na escala estudada, não foi possível aplicar a mesma ferramenta de classificação supervisionada, sendo então aplicada a vetorização das quadras total ou parcialmente preenchidas com imóveis (Figura 16b, c, d). Além disso, em algumas quadras, houve dificuldade em distinguir os limites dos telhados dos imóveis existentes.

Portanto, após a vetorização das quadras urbanizadas em todas as sub-bacias, foram selecionadas sub-bacias com diferentes níveis de ocupação a olho nu e que representavam as características de toda a área estuda realizada para a vetorização dos lotes. Em cada sub-bacia, foram selecionadas quadras de modo amostral e realizada a vetorização das áreas de telhados (Figura 16e). Esse passo foi necessário para identificar o percentual de impermeabilização de cada quadra e, conseqüentemente, de cada sub-bacia. A média percentual de ocupação do solo nas quadras foi de 42,70%.

Resumo do passo a passo para a classificação do solo no cenário de pré-urbanização:

1. Delimitar todas as quadras ocupadas por imóveis.
2. Subdividir as quadras ocupadas por sub-bacia, pois em alguns casos partes das quadras pertenciam a sub-bacias diferentes.
3. Selecionar amostras de sub-bacias para realizar a vetorização dos imóveis.
4. Em cada sub-bacia, selecionar quadras e realizar a vetorização das áreas de telhados.

5. Calcular o percentual de ocupação dos telhados em cada quadra.
6. Calcular o percentual de ocupação das quadras na sub-bacia.
7. Calcular a média do percentual impermeável nas quadras e sub-bacias.

Figura 16 - Recortes da Ortofoto 80:83 para área de estudo, de 1974.



(a) Ortofotos



(b) Delimitação das quadras com construções.



(c) Configuração das quadras.



(d) Demarcação das quadras ocupadas.



(e) Amostra de lotes por quadra.

Fonte: Condepe-FIDEM (2023), org. pela Autora (2024).

3.6.7 Dados de maré

Como dito anteriormente, o Canal da Malária é um afluente do Rio Tejipió. Ao monitorar o nível do Rio Tejipió, Silva (2019) observou a influência da maré em seu ponto de monitoramento à montante do exutório do Canal da Malária (Figura 17), indicando que este também poderia sofrer alguma influência da maré.

Figura 17 - Localização do ponto de monitoramento de Silva (2019) em relação ao exutório do Canal da Malária.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Portanto, para construir o modelo, considerou-se o efeito da maré em seu exutório. Para isso, fez-se a discretização da maré usando o módulo de maré do AstGeoTop (Garnés, 2019) das alturas ou cotas de maré do Porto do Recife, para o ano de 2019, de minuto a minuto. Os dados provenientes das tábuas de maré com preamares e baixa-mares (Marinha do Brasil, 2019) foram inseridos no módulo análise de maré@versão 2016.09.01 e gerado o modelo de maré para o ano de 2019 com 37 componentes. A precisão do modelo em relação às cotas decimétricas originais tem uma precisão de 2,7 cm. As discrepâncias máxima e mínima ao longo do ano, em módulo, são inferiores a 7 cm. Os resultados obtidos referentes aos meses de julho e agosto de 2019 estão nos Apêndices A.1 e A.2.

Como os dados dos níveis de marés foram obtidos pelo Sistema Referencial de Nível da Marinha, foi preciso realizar uma adequação dos níveis subtraindo 1,14 m para coincidir com os níveis do IBGE, conforme Silva (2019), visto que o levantamento cadastral das seções transversais foi realizado no referencial do IBGE.

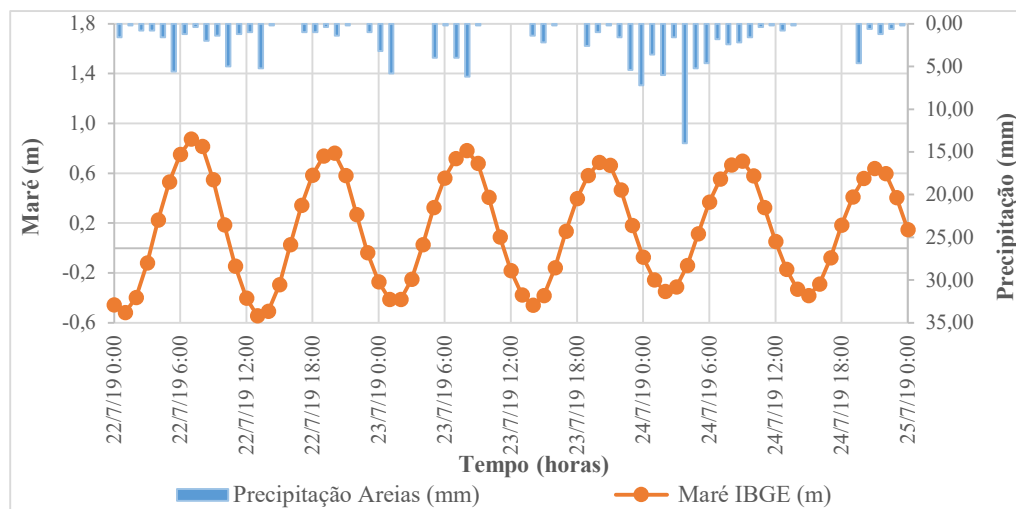
3.6.8 Precipitação na área de estudo

Os meses selecionados para a modelagem foram julho e agosto de 2019, período chuvoso da região e que apresentavam medições do nível do Canal da Malária para a realização da modelagem no PCSWMM. Os Apêndices A.1 e A.2 apresenta os dados horários do período analisado. Nos meses observados, o maior evento de chuva com medições do nível no ponto de monitoramento ocorreu de 22 a 24 de julho de 2019, com um total precipitado de 135 mm, sendo esse o evento selecionado para calibrar o modelo. A Figura 18 mostra o evento de precipitação e a maré discretizada com a referência do IBGE. Percebe-se pelo gráfico que o maior volume precipitado ocorreu no dia 24 de julho, durante a preamar. Este evento foi o mais significativo durante o período de observação no ponto de monitoramento.

Para a validação do modelo, optou-se pelo evento da data 13 de junho de 2019, pois foi um evento significativo de 191mm com registros fotográficos cedidos pela população local no momento de máxima enchente. A

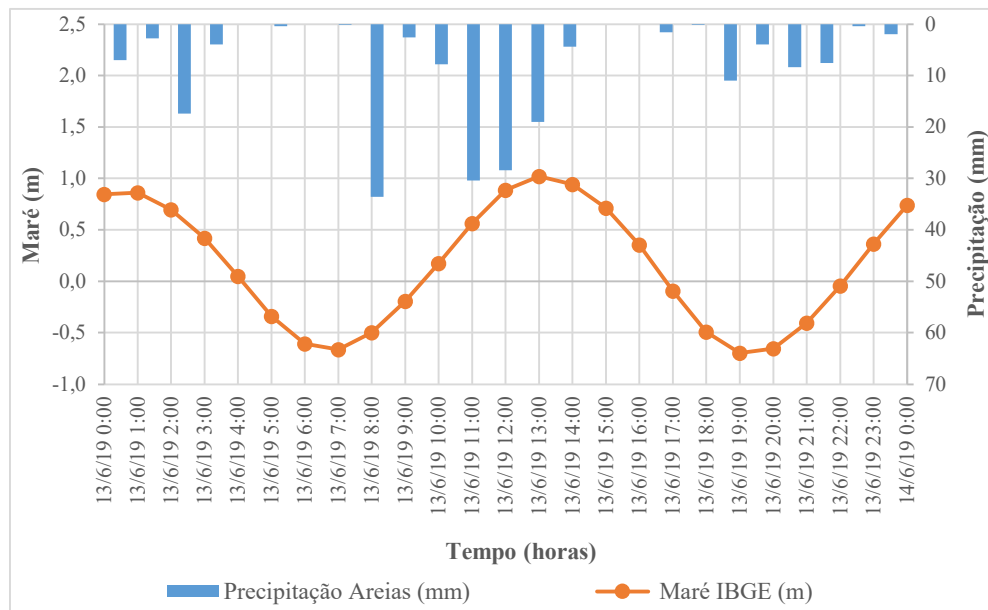
Figura 19 apresenta tanto a variação da maré ao longo do dia como a chuva que tem seu momento mais intenso durante a subida da maré.

Figura 18 - Registro de precipitação e maré entre 22 a 24 de julho de 2019.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Figura 19 - Registro da precipitação e maré durante evento em 13 de junho de 2019.

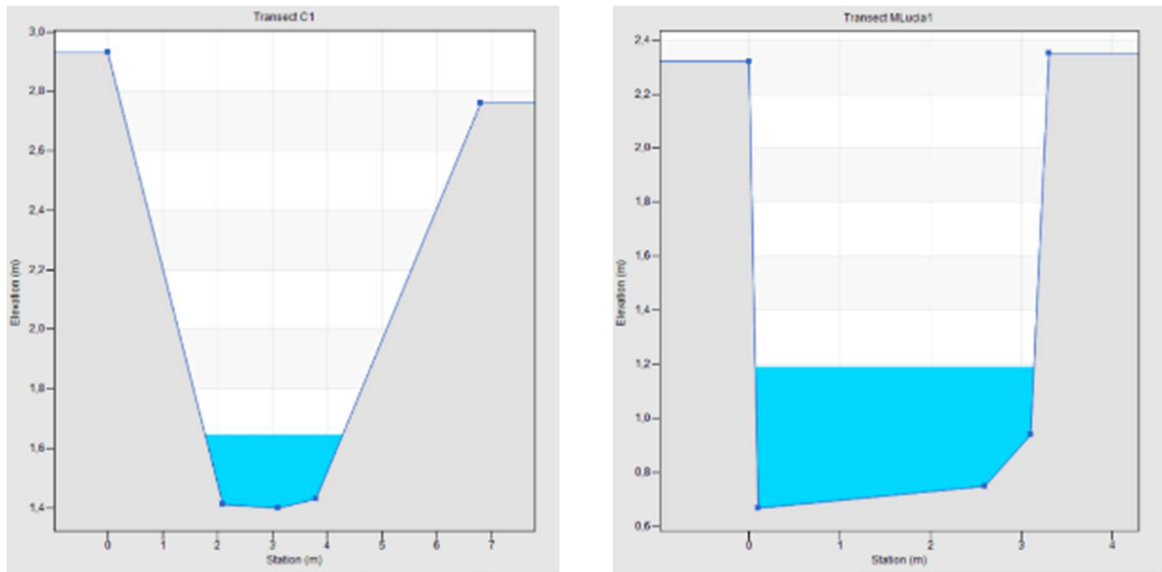


Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

3.6.9 Seções transversais

Um outro dado de entrada são as características geométricas do canal como sua profundidade, largura e formato da seção transversal do trecho analisado. Portanto, para alimentar o modelo com a topografia do Canal da Malária, foram utilizadas as seções transversais topográficas disponíveis no documento “Estudos de Concepção para Gestão em Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana do Recife” para os Canais da Malária (Figura 20a) e Arquiteta Maria Lúcia (Figura 20b) (EMLURB, 2018). Para o Canal Luxemburgo (Figura 20c), que não estava registrado neste estudo, foi realizada a análise das seções transversais a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT) do PE3D (Pernambuco, 2019).

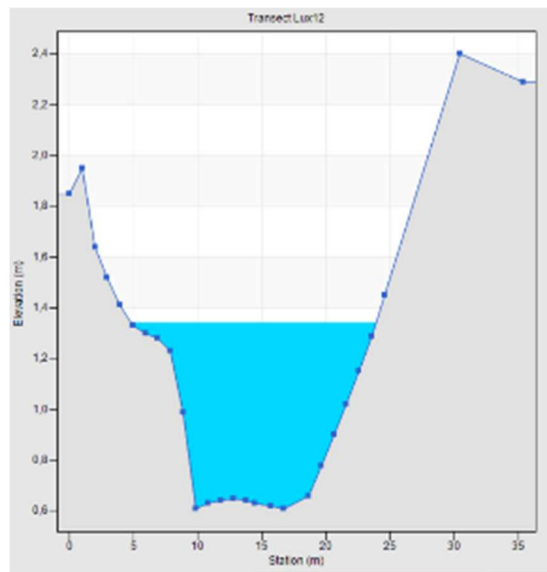
Figura 20 - Exemplo de seção transversal.



(a) Canal da Malária.

(b) Canal Arquiteta Maria Lúcia

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Emlurb (2018).



(c) Canal Luxemburgo.

Fonte: Elaborado pela Autora a partir do MDT do PE3D.

3.6.10 Área construída

A área construída de cada sub-bacia foi obtida a partir da base de dados disponível no portal ESIG – Informações Geográficas do Recife (Recife, 2019), em que apresenta informações da cidade, incluindo os dados dos loteamentos registrados na prefeitura (Figura 21).

Após a delimitação das sub-bacias, foi levantada a quantidade de lotes existentes em cada sub-bacia, bem como sua área construída. De posse desta informação, foi

calculada a área média construída em cada uma das sub-bacias tanto para verificar a classificação do solo como para utilizar esses valores como dado de entrada para o módulo de telhados verdes.

Figura 21 - Localização dos imóveis cadastrados pela Prefeitura do Recife.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

3.7 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO

Após o período de monitoramento, realizou-se a calibração pelo método de tentativa e erro e com auxílio adicional da ferramenta SRTC disponível no PCSWMM, utilizando os eventos de 22 a 24 de julho de 2019, maiores eventos de chuva durante o período observado com medições para realizar o processo de calibração do modelo.

Os parâmetros alterados pelo método de calibração manual de tentativa e erro com o auxílio da ferramenta SRTC foram: largura da sub-bacia, declividade da sub-bacia, CN, coeficientes de Manning para áreas permeáveis e impermeáveis, altura de armazenamento em depressões de áreas permeáveis e impermeáveis. Além disso, também foram testados os coeficientes de rugosidade de Manning do canal, vazão média em um dia seco.

Para validação do modelo, o evento selecionado foi 13 de junho de 2019, por se tratar de uma precipitação de 193,8 mm, em que houve vários registros fotográficos da população local, que cederam as imagens para essa pesquisa (Figura 22 e Figura 23). Com

o registro da Figura 22a, verificou-se a cota do rio no momento da cheia em 1,78 m. Na Figura 22b visualiza-se a situação natural do Canal da Malária em um dia ensolarado. Na Figura 23, durante o mesmo evento, a população local registrou um alagamento de aproximadamente 40 cm no imóvel ao lado do ponto de controle, por se tratar de um ponto baixo da via, no entanto, o rio não havia transbordado naquele trecho e que tal fato pode ser notada ao com a faixa de pedestres visível e os veículos sem água em suas rodas (Figura 23).

Figura 22 - Passagem de pedestre entre as sub-bacias 14 e 15.



(a) Durante o evento de chuva – 13/06/2019.



(b) Em dia ensolarado.

Fonte: A Autora (2019).

Figura 23 - Rua Jean Emile Favre, no ponto de controle, em evento de chuva no momento de maré alta no dia 13 de junho de 2019 (continua).



(a) Ponto de Controle.



(b) Imóvel ao lado do Ponto de Controle.

Figura 24 - Rua Jean Emile Favre, no ponto de controle, em evento de chuva no momento de maré alta no dia 13 de junho de 2019 (conclusão).



(c) Marca de alagamento no imóvel observado.
Fonte: A Autora (2019).

3.8 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

Os cenários para simulação com o PCSWMM permitiram investigar a situação atual e a anterior, bem como definir sobre a aplicação das tecnologias LID na área de investigação. Assim sendo, para a área selecionada foram definidos 5 cenários:

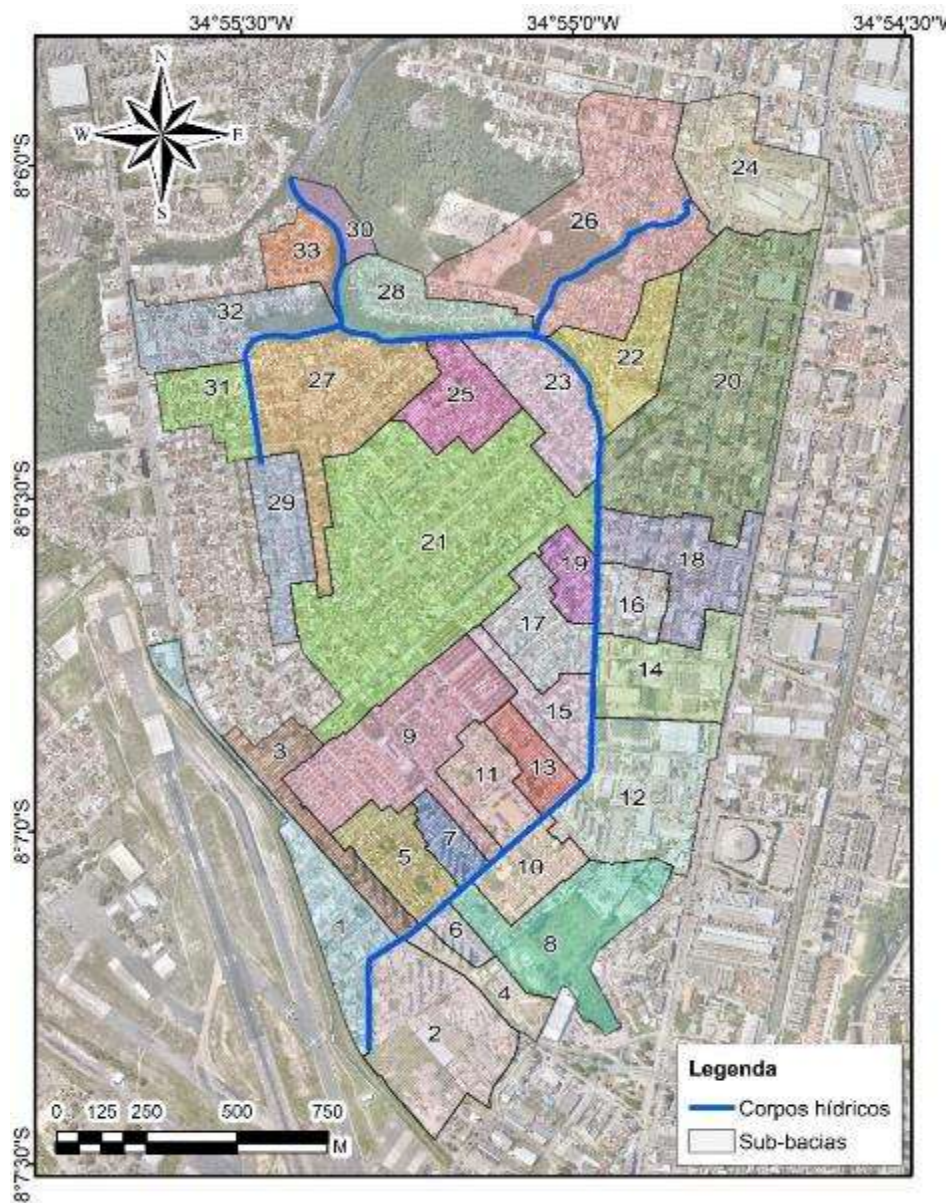
- Cenário 1: Pré-urbanização: classificação do solo a partir de ortofotos de 1974.
- Cenário 2: Urbanizado: considera-se o estágio atual de ocupação.
- Cenário 3: Urbanizado com telhados verdes: pressupõe a aplicação da técnica em todos os empreendimentos novos e existentes como consequência da aplicação da Lei Municipal Nº. 18.112 (Recife, 2015).
 - Cenário 3.1: substituição de 30% de cobertura por telhados verdes;
 - Cenário 3.2: substituição de 50% de cobertura por telhados verdes;
 - Cenário 3.3: substituição de 75% de cobertura por telhados verdes;
 - Cenário 3.4: substituição de 100% de cobertura por telhados verdes.

4 RESULTADOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A delimitação das sub-bacias resultou na identificação de 33 sub-bacias (Figura 25), com grande variação em termos de área de contribuição (1,54 a 40,26 hectares) e de percentual de ocupação do solo (0 a 81%), além da variação da largura equivalente (63,56 a 314,61 metros). Também se notou que a região em que se encontra a área de estudo é bastante plana, apresentando declividade inferior a 1%. Suas características estão descritas no Apêndice B.

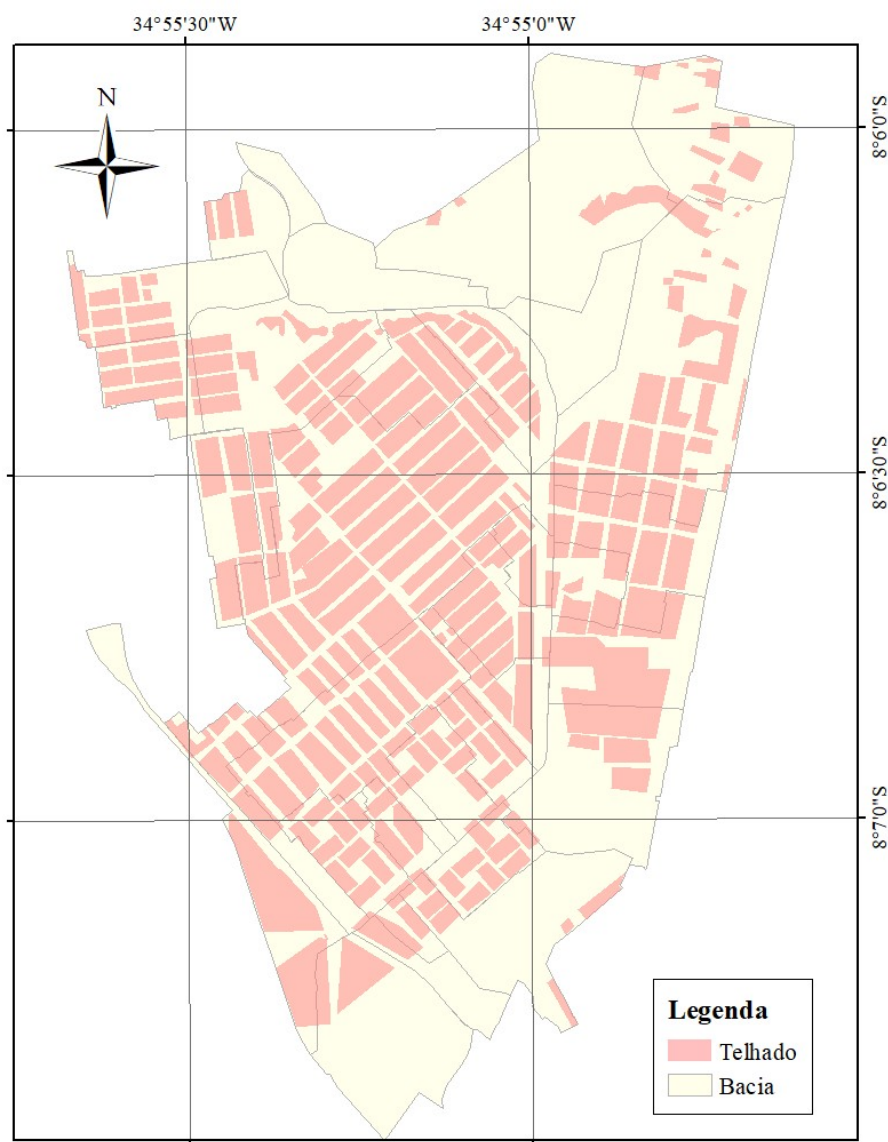
Figura 25 - Delimitação de sub-bacias do Canal da Malária.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

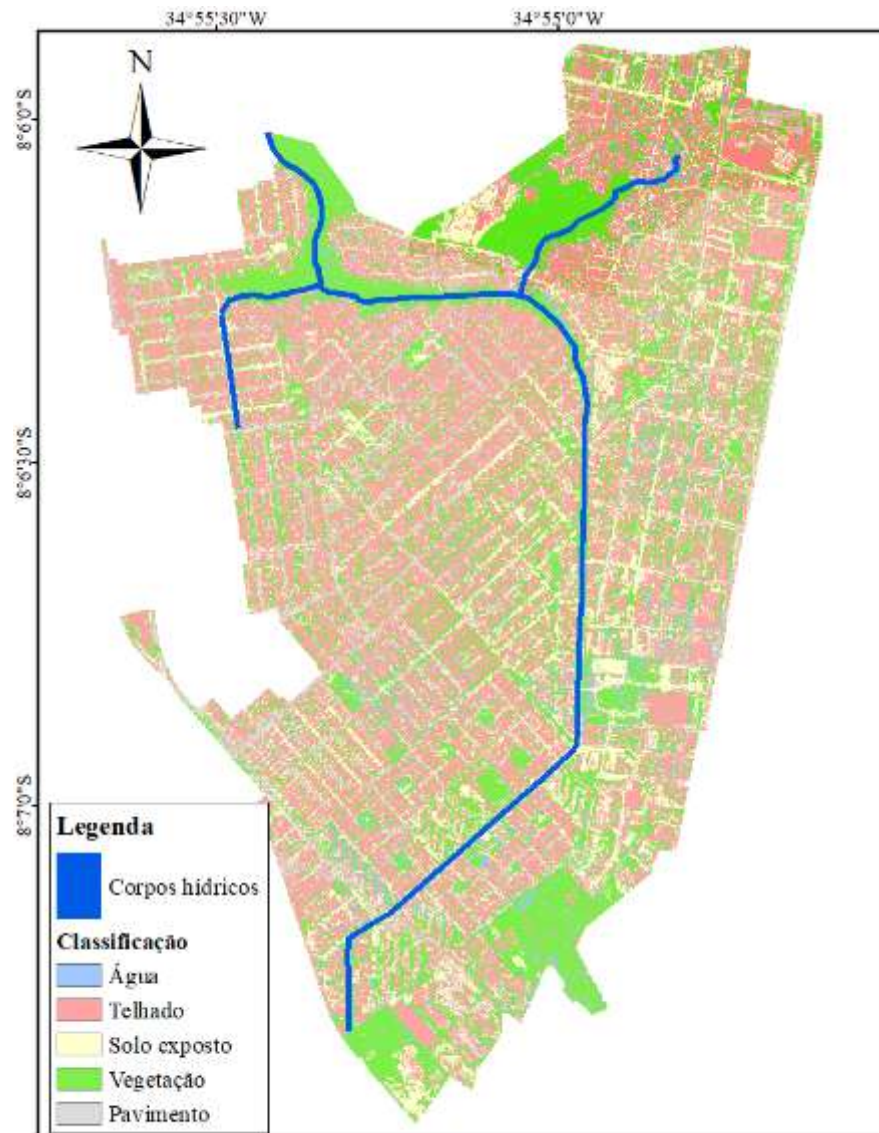
A análise comparativa do uso e ocupação do solo entre os anos de 1974 (Figura 26) e a situação atual (Figura 27) revelou significativas mudanças na paisagem urbana. Em 1974, a área total de superfícies impermeáveis era de 56,39 hectares, representando 17,65% da área total. Na situação atual, essas superfícies aumentaram para 178,64 hectares, correspondendo a 55,91% da área total, indicando uma urbanização considerável ao longo das décadas. Em contrapartida, as áreas verdes, que ocupavam 236,10 hectares (82,35%) em 1974, foram reduzidas para 140,84 hectares (44,09%) na atualidade.

Figura 26 - Classificação do solo na pré-urbanização.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Figura 27 - Classificação do solo na situação atual.

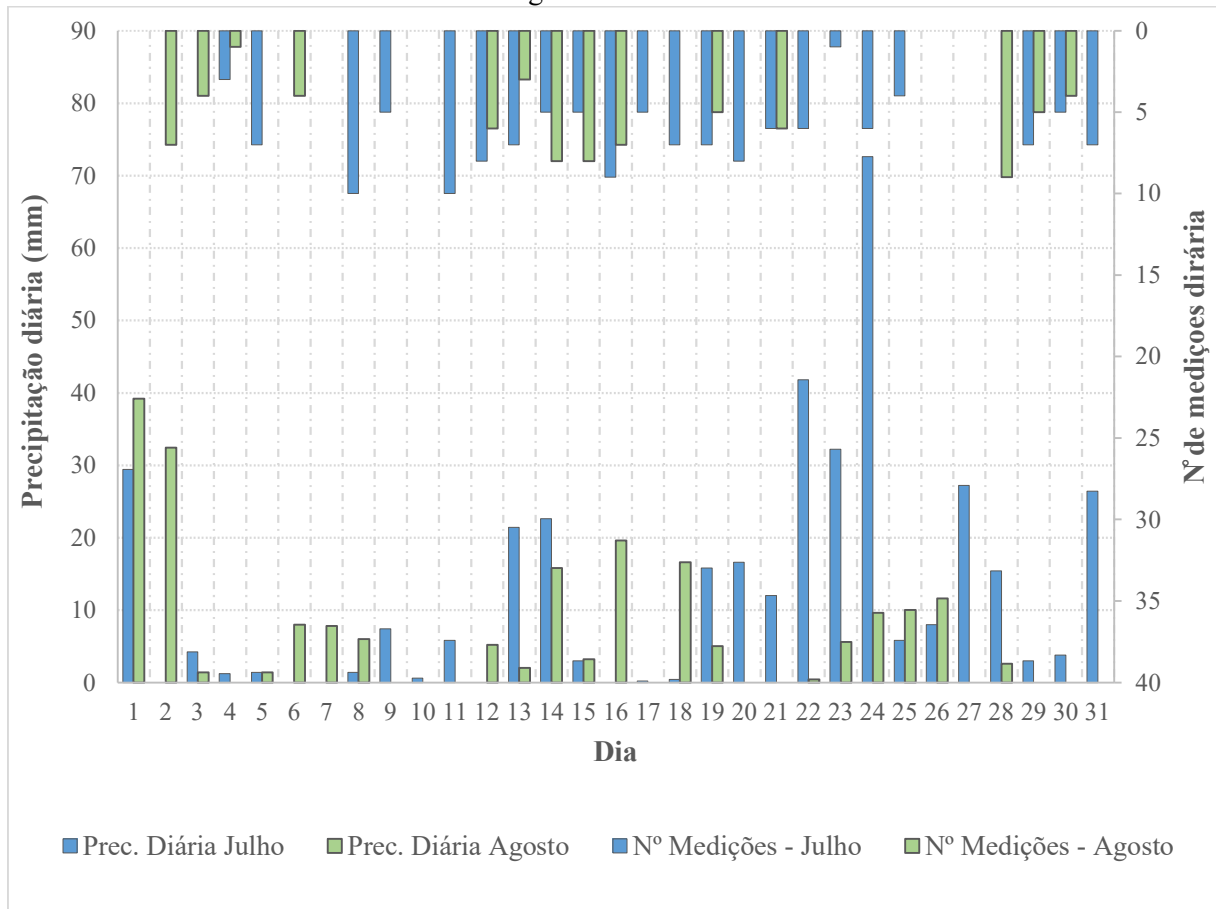


Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

4.2 MEDIÇÕES DO NÍVEL DE ÁGUA NO PONTO DE MONITORAMENTO

Na Figura 28 mostra-se o número de medições diárias realizadas durante o período bem como o volume precipitado. Durante o período, o nível máximo registrado foi de 1,18 m no dia 24 de julho de 2019, com maré alta de 1,84 m, durante um evento de chuva de 71,60 mm em 24 horas.

Figura 28 - Monitoramento do nível de água do Canal da Malária durante os meses julho e agosto de 2019.



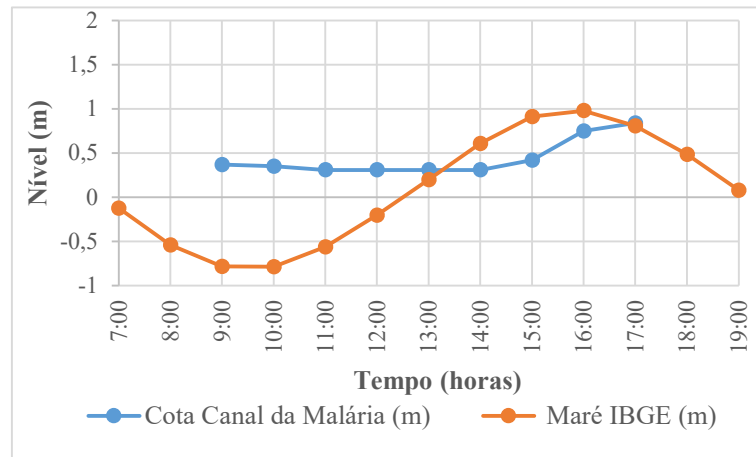
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Durante o período de observação do nível do Canal da Malária no ponto de monitoramento, observou-se a influência da maré a partir da cota 1,50 m, segundo a tábua de marés (Marinha do Brasil, 2019), com um retardo de 1 hora entre o evento de pico no Porto do Recife e no ponto de monitoramento. Além disso, percebeu-se que o pico da maré era reduzido em 20 cm no ponto de monitoramento. Nos momentos em que a maré se encontrava abaixo de 1,50 m, o nível do Canal da Malária variava entre 30 e 40 cm.

Na Figura 29 exemplifica-se essa observação de atraso de 1 hora e redução do nível da maré em 20 centímetros. Na data de 16 de julho não houve precipitação e houve vários registros ao longo do dia do nível do Canal da Malária, permitindo observar essa atenuação o efeito da maré. Como a referência das cotas da maré fornecida pela Marinha do Brasil (2019) difere em 1,14 m acima das cotas do IBGE utilizadas nesse estudo, realizou-se o ajuste para a adequada comparação. Nessa data, o pico de maré foi de 2,12 m às 16 horas, referência DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação), ou 0,98 m, na

referência IBGE. O ponto de monitoramento do Canal da Malária teve seu pico de 0,84 m às 17 horas (Tabela 2). Essa informação foi crucial para a calibração do modelo. Os apêndices A.1 e A.2 trazem o registro das medições realizadas durante o período de julho e agosto de 2019.

Figura 29 - Níveis da maré e registrados no ponto de monitoramento no dia 16 de julho de 2019.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Tabela 2 - Maré e registro do nível do Canal da Malária no Ponto de Monitoramento no dia 16 de julho de 2019.

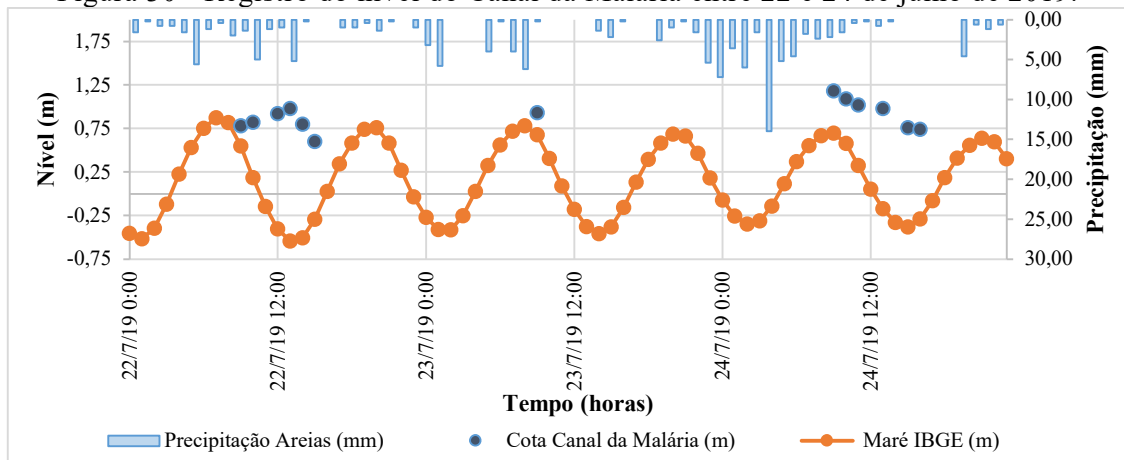
Hora	Cota Canal da Malária (m)	Maré DHN (m)	Maré IBGE (m)
9:00	0,37	0,35	- 0,79
10:00	0,35	0,35	- 0,79
11:00	0,31	0,58	- 0,56
12:00	0,31	0,93	- 0,21
13:00	0,31	1,34	0,20
14:00	0,31	1,75	0,61
15:00	0,42	2,05	0,91
16:00	0,75	2,12	0,98
17:00	0,84	1,95	0,81

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

4.3 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Na Figura 30 apresenta-se os registros das medições do nível do canal durante os dias 22 a 24 de julho de 2019, bem como a maré e o evento de precipitação. Como dito anteriormente, esse foi o período escolhido para calibrar o modelo. Na Tabela 3 pode-se comparar os dados observados e simulados.

Figura 30 - Registro do nível do Canal da Malária entre 22 e 24 de julho de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

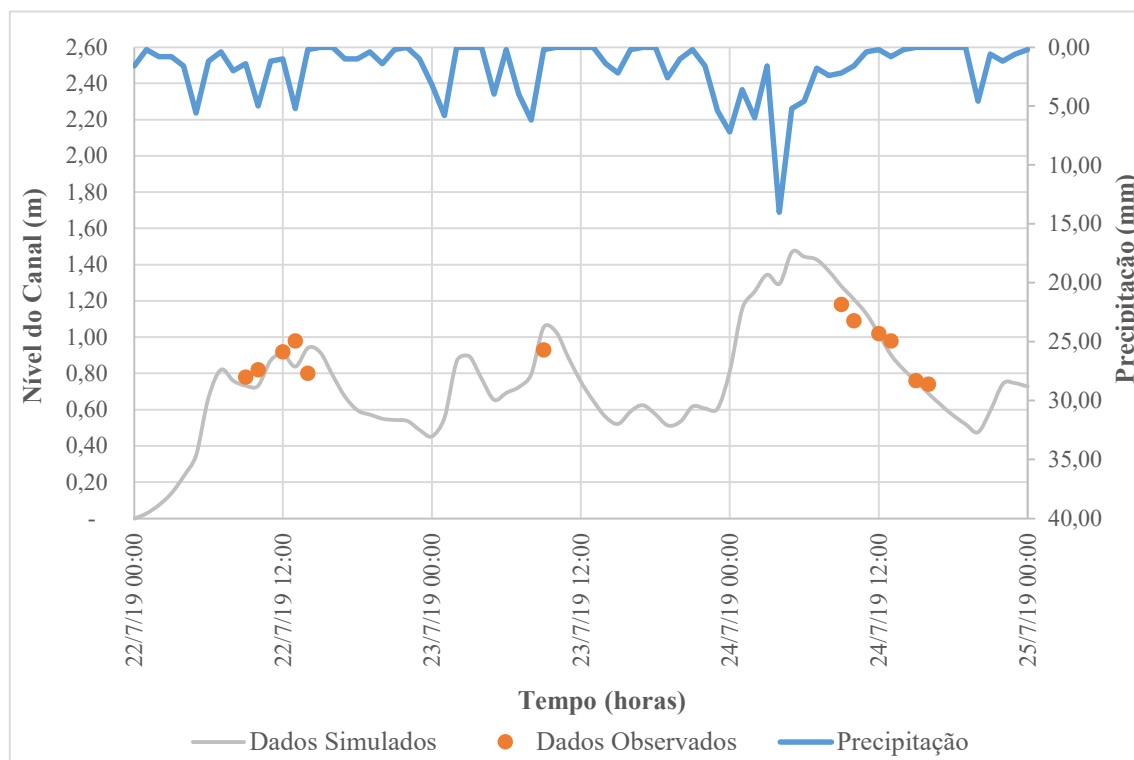
Tabela 3 - Dados observados x simulados durante eventos de chuva entre 22 a 24 de junho de 2019.

Data / Hora	Dado observado	Dado simulado
22/07/19 09:00	0,78	0,73
22/07/19 10:00	0,82	0,73
22/07/19 12:00	0,92	0,91
22/07/19 13:00	0,98	0,84
22/07/19 14:00	0,8	0,94
23/07/19 09:00	0,93	1,06
24/07/19 09:00	1,18	1,28
24/07/19 10:00	1,09	1,21
24/07/19 13:00	0,98	0,90
24/07/19 15:00	0,76	0,76
24/07/19 16:00	0,74	0,69

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

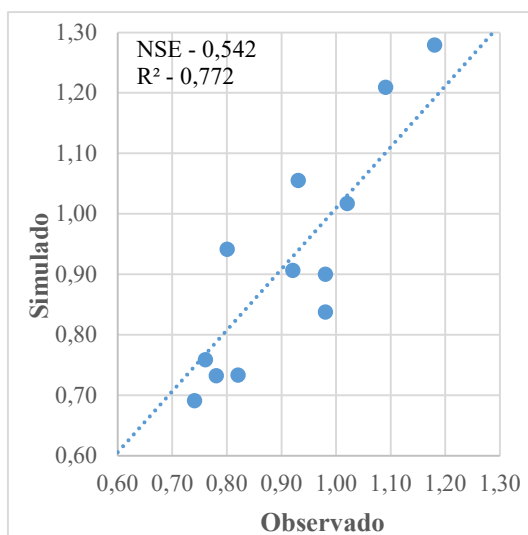
A calibração do modelo utilizando todos os dados observados durante os eventos de chuva nos dias 22 a 24 de julho de 2019 (Figura 31), resultou em um coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe (NSE) de 0,542 e um coeficiente de determinação (R^2) de 0,772 (Figura 32). Esses valores superam as métricas estabelecidas na literatura de que os coeficientes de Nash-Sutcliffe e R^2 acima de 0,5 indicam que a *performance* do modelo é aceitável para a simulação no PCSWMM (Dongquan *et al.*, 2009; Rosa; Clausen; Dietz, 2015). A calibração foi realizada por meio do método de tentativa e erro, com auxílio adicional da ferramenta SRTC disponível no PCSWMM.

Figura 31 - Comparação dos dados observados com os simulados no processo de calibração do modelo.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

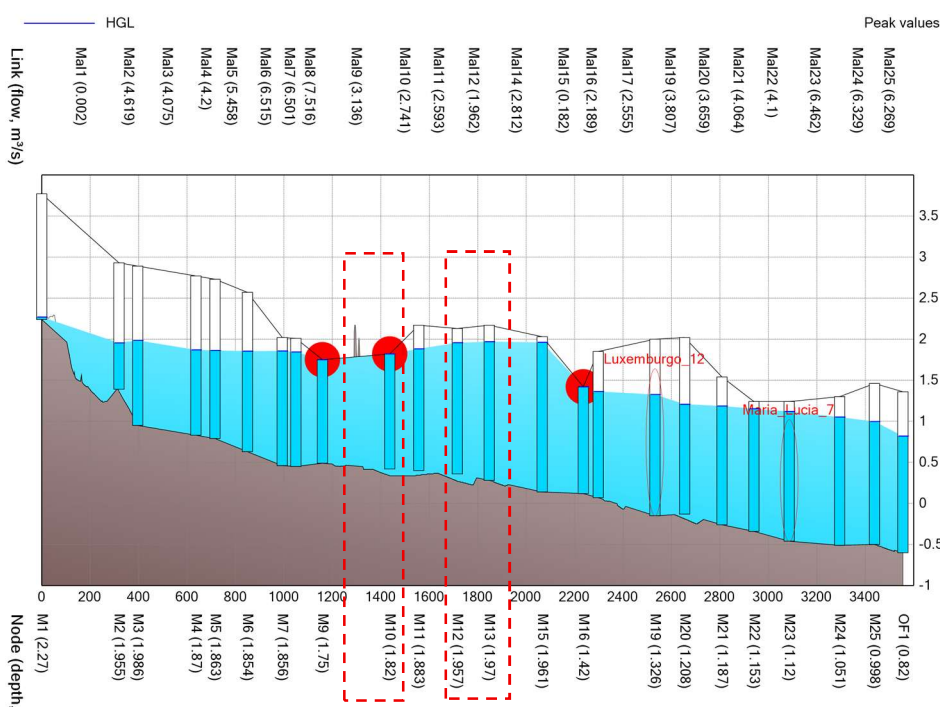
Figura 32 - Correlação entre dados observados e simulados de 22 a 24 de julho de 2019,.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Ao simular o evento de chuva de 13 de junho de 2019, observou-se que o nó correspondente à passagem de pedestres apresentou um nível do canal de 1,82 m, enquanto no ponto de controle não houve transbordamento do canal (Figura 33), consistente com as observações nas Figura 22 e Figura 23, confirmando o registro fotográfico na Figura 23 e consequentemente validando o modelo.

Figura 33 - Perfil longitudinal do Canal da Malária durante picos do nível com marcações nos nós de validação do modelo.



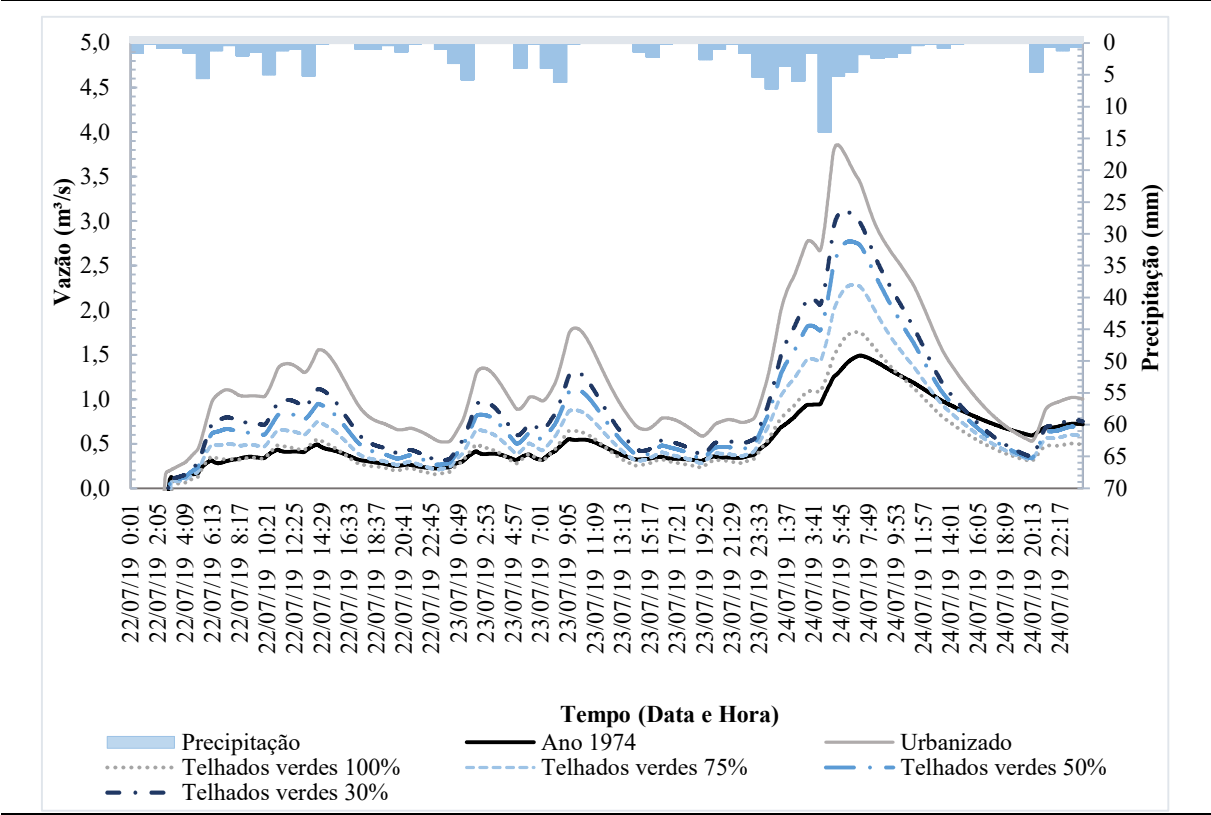
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

4.4 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

4.4.1 Vazão

Na Figura 34 observam-se os resultados de cada cenário no exutório, focando na vazão durante o evento de chuva intensa entre os dias 22 e 24 de julho de 2019. Os valores dos momentos de pico de cada cenário, juntamente com os horários correspondentes, são resumidos na Tabela 4.

Figura 34 - Hidrograma no Canal da Malária nos cenários simulados durante o evento de 22 a 24 julho de 2019.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Tabela 4 - Comparativo da vazão nos cenários 1, 2 e 3.

Cenário	Vazão no pico (m³/s)	Hora	Antecipação do pico (h) ¹	Aumento da vazão ¹ (%)	Retardo do pico de vazão ² (h)	Redução da vazão ² (%)
1	1,49	7:10				
2	3,86	5:27	1:43:00	158%		
3.1	3,12	5:58	1:12:00	109%	0:31:00	19%
3.2	2,77	6:24	0:46:00	86%	0:57:00	28%
3.3	2,29	6:39	0:31:00	53%	1:12:00	41%
3.4	1,76	6:56	0:14:00	18%	1:29:00	54%

Legenda: ¹ em comparação com o Cenário 1 | ² em comparação com o Cenário 2.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Ao comparar o Cenário 2 (atual) com o de 1974 (Cenário 1), conforme mostrado na Figura 34, é evidente o impacto marcante da urbanização no hidrograma de vazão. O momento de pico é antecipado em quase duas horas, e o escoamento é 2,5 vezes maior do que no Cenário 1 (pré-urbanizado). Esses resultados corroboram a observação de Tucci (2002) de que a urbanização pode aumentar o hidrograma em até 6 vezes.

No cenário proposto de telhados verdes em 30% dos imóveis (Cenário 3.1), já é possível observar uma redução de 19% (0,74 m³/s) em comparação com a situação atual,

além de um retardo no momento de pico em 31 minutos. A redução média da vazão nesse cenário é de 0,34 m³/s.

A comparação entre a situação atual e a possibilidade de incorporação de telhados verdes em 50% da cobertura dos imóveis (Cenário 3.2) revela uma redução de 28% (1,09 m³/s) na vazão e um retardo no momento de pico de quase 1 hora, resultando em uma diminuição média de 0,43 m³/s em cada instante simulado.

Ao considerar a implantação de telhados verdes em 75% da área construída (Cenário 3.3), nota-se que o momento de pico é 0,8 m³/s do que a simulação referente a 1974, mas 1,57 m³/s menor do que a situação atual, com uma amortização de 41%. Nesse cenário, o retardo do momento de maior pico foi de 1 hora e 12 minutos. A redução média da vazão do rio foi de 0,57 m³/s.

No cenário de substituição total da área de cobertura por telhados verdes (Cenário 3.4), observa-se a antecipação da vazão de pico em 14 minutos em comparação com o ano de 1974 e um atraso de 1 hora e 29 minutos com a situação atual. Houve também uma redução média de 0,72 m³/s ao longo do hidrograma.

4.4.2 Nível

Na Tabela 5 observa-se as discrepâncias nos níveis do rio nos diversos cenários, enquanto a Figura 35 documenta o aumento de 15 cm ao longo dos anos (cenários 1 e 2). Esse incremento é notável, representando um acréscimo significativo de 20% no nível do Canal em seu ponto de descarga. Todavia, ao analisar a introdução de telhados verdes, uma alteração considerável nos resultados é evidenciada.

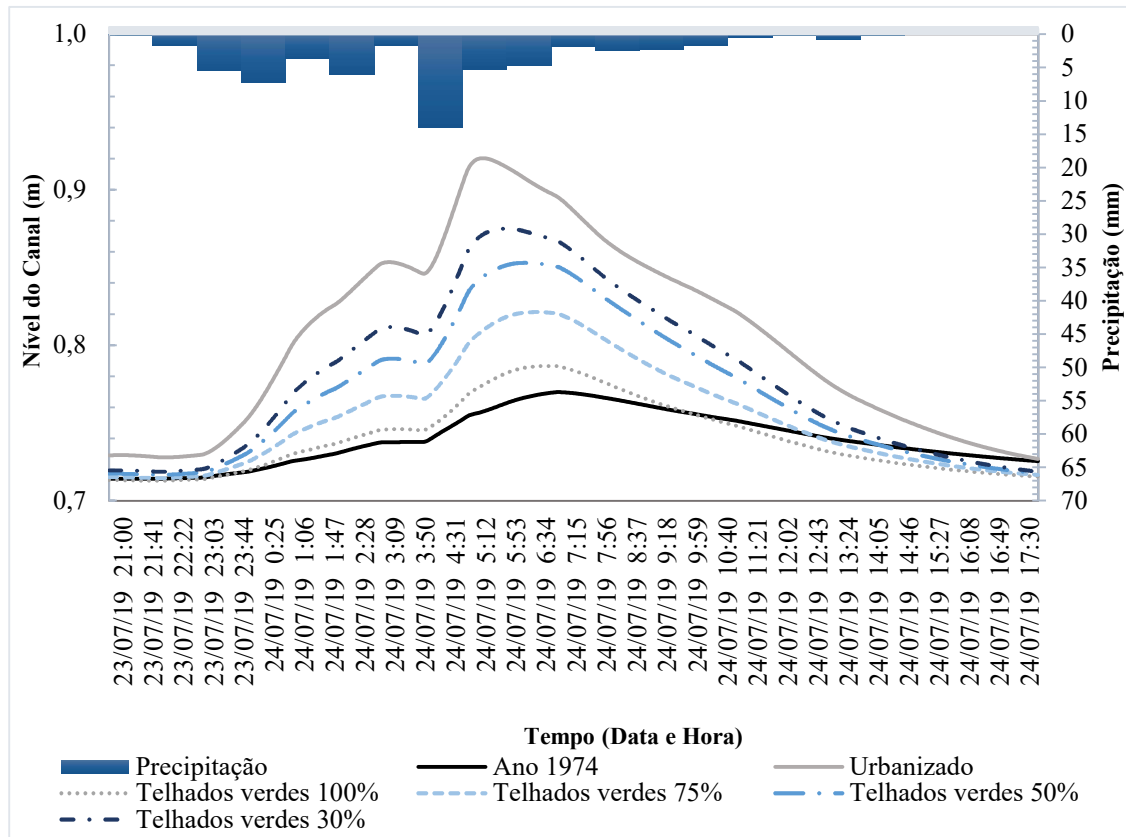
Tabela 5 - Comparativo do nível do rio nos cenários 1, 2 e 3.

Cenário	Nível no pico (m)	Aumento do nível ¹ (%)	Redução do nível ² (%)
1	0,77		
2	0,92	20%	
3.1	0,88	14%	5%
3.2	0,85	11%	7%
3.3	0,82	7%	11%
3.4	0,79	2%	15%

Legenda: 1 em comparação com o Cenário 1 | ² em comparação com o Cenário 2.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Figura 35 - Nível do rio no exutório entre os cenários simulados.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

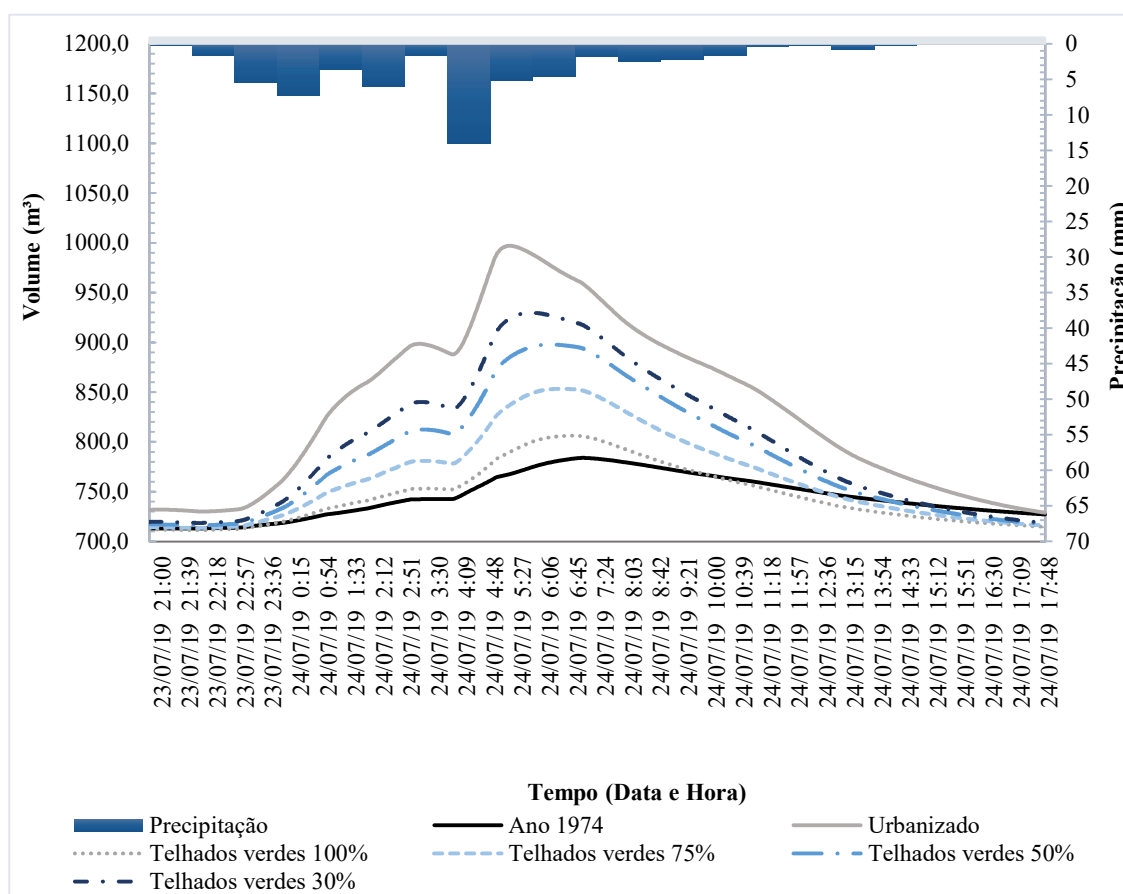
No cenário de pré-urbanização em 1974 (Cenário 1), o nível do rio foi registrado em 0,77 m. Com o cenário urbano contemporâneo (Cenário 2), esse valor se eleva para 0,92 m.

No Cenário 3.1 (com 30% de cobertura verde), o nível do rio diminui para 0,88 m. Essa tendência prossegue nos cenários subsequentes, com quedas adicionais: 0,85 m no Cenário 3.2 (50% de telhados verdes), 0,82 m no Cenário 3.3 (75% de telhados verdes) e 0,79 m no Cenário 3.4 (100% de telhados verdes). Esses resultados indicam a relevância dos telhados verdes na atenuação do aumento do nível do rio, sugerindo uma relação inversa entre a área dessas infraestruturas e o impacto hidrológico na região. Essa análise destaca a valiosa contribuição dos telhados verdes para a gestão sustentável dos recursos hídricos em ambientes urbanos, evidenciando sua eficácia promissora na mitigação dos efeitos adversos do desenvolvimento urbano nos corpos d'água locais, aspecto digno de consideração em contextos científicos e de pesquisa aplicada.

4.4.3 Volume de retenção

A análise dos dados de volume do Canal da Malária fornece informações cruciais sobre como o comportamento da água, que varia em diferentes cenários urbanos, especialmente ao introduzir telhados verdes (Tabela 6). No cenário pré-urbanização de 1974 (Cenário 1), o volume no pico foi de 784,09 m³. Comparado ao cenário urbano atual (Cenário 2), houve um aumento de 27%, justificado pelo aumento das superfícies impermeáveis, em consequência da urbanização. Na Figura 36 ilustra-se essas variações nos volumes ao longo dos diferentes cenários.

Figura 36 - Comparativo do volume do rio entre os cenários simulados.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Ao considerar os cenários com telhados verdes, conforme detalhado na Tabela 6, há uma tendência consistente de redução no volume do Canal da Malária. Nos cenários 3.1 a 3.4, com percentuais crescentes de telhados verdes, ocorrem diminuições nos volumes em relação ao cenário urbano atual (Cenário 2), variando de 3% a 19%. Isso sugere a eficácia dessas estruturas em reduzir o aumento do volume causado pela urbanização. Além disso, os volumes de retenção nos cenários com telhados verdes

mostram a capacidade dessas intervenções em reter água durante chuvas intensas, contribuindo para a gestão hídrica sustentável em ambientes urbanos. Esses dados destacam os benefícios práticos e sustentáveis dos telhados verdes na gestão de recursos hídricos urbanos.

Tabela 6 - Comparativo do volume dos cenários 1, 2 e 3.

Cenário	Volume no pico (m³)	Volume de detenção² (m³)	Aumento do volume¹ (%)	Redução do volume² (%)
1	784,09			
2	997,19		27%	
3.1	929,77	67,42	19%	7%
3.2	897,98	99,21	15%	10%
3.3	853,49	143,70	9%	14%
3.4	806,38	190,81	3%	19%

Legenda: 1 em comparação com o Cenário 1 | ² em comparação com o Cenário 2.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

4.5 DISCUSSÃO

Na literatura é possível observar diferentes exemplos de experimentos que resultaram na redução dos valores associados com o escoamento superficial considerando o uso de telhados verdes em diferentes cenários. Na Tabela 7, encontra-se um comparativo dos valores obtidos nessa pesquisa com os observados em outras pesquisas, com relação à vazão de pico do hidrograma, nível do rio e volume escoado superficialmente.

Tabela 7 - Comparativo dos principais resultados obtidos com os da literatura.

Fonte	Vazão de pico	Enquad.	Nível	Enquad.	Volume	Enquad.
Esta pesquisa	19% - 54%		5% - 15%		7% - 19%	
Suresh, Pekkat e Subbiah (2023)	38,3% - 84,6%	Parcial	35% - 83,8%	Não atende (↓)	-	-
Palla <i>et al.</i> (2008)	4,8% - 27%	Parcial	-	-	5% - 72%	Atende
Leite, Fujimura e Fernandes (2016)	18%	Não atende (↑)	-	-	-	-
Schmitter <i>et al.</i> (2016)	3% - 12%	Não atende (↑)	-	-	1% - 5%	Não atende (↑)

Legenda: Enquad. = Enquadramento nos limites encontrados na literatura | ↑ Valor da pesquisa maior que o da literatura | ↓ Valor da pesquisa menor que o da literatura.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Enquanto nessa pesquisa encontrou-se uma redução do pico de vazão com o uso de telhados verdes variando de 19 a 54%, com redução média de 0,43 a 0,74 m³/s, Suresh,

Pekkat e Subbiah (2023), no nordeste da Índia, verificaram uma redução de vazão de pico variando 38,3 a 84,6% com a implantação de telhados verdes. Já Palla *et al.* (2008) obtiveram uma redução da vazão de pico variando de 4,8% a 27%, semelhante a Leite, Fujimura e Fernandes (2016) que verificaram um amortecimento de vazão de 18% no Campus da UFMT e Schmitter *et al.* (2016), em Singapura, que alcançaram uma redução do pico de vazão de 3 a 12%.

Com relação ao volume, Schmitter *et al.* (2016) identificaram uma redução do volume variando de 1 a 5%, um pouco inferior ao encontrado nesse trabalho de 7 a 19%. Palla *et al.* (2008) observaram que em 15 minutos, a redução de volume de 5% a 72% a depender do cenário de 10% a 100% de substituição por telhados verdes.

Assim como nessa pesquisa avaliou a redução do nível do Canal da Malária nos diferentes cenários, Suresh, Pekkat e Subbiah (2023) verificaram uma diminuição do nível do rio entre 35 e 83,8%.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho concentrou-se em investigar o impacto da implantação de telhados verdes em uma sub-bacia urbana na cidade do Recife (PE), do ponto de vista hidráulico-hidrológico, a partir do emprego das geotecnologias associadas a modelagem numérica em diferentes períodos de tempo.

A partir dos objetivos traçados, foi percebido que as áreas impermeáveis triplicaram durante o período analisado enquanto as áreas permeáveis reduziram em quase 60%. Além disso, percebeu-se a influência da maré em quase toda a extensão do Canal da Malária a partir de uma determinada altura de maré com um retardo de tempo com relação ao Porto do Recife.

Os resultados demonstraram que a implementação de telhados verdes pode significativamente reduzir o pico de vazão e o volume de escoamento superficial, comprovando a viabilidade técnica e ambiental dessa solução. A pesquisa mostrou, por exemplo, que a instalação de telhados verdes pode reduzir o nível do Canal da Malária em até 13 cm e diminuir o volume de escoamento em até 190,81 m³. Esses achados reforçam a importância de integrar telhados verdes nas estratégias de *Low Impact Development* (LID) para a gestão das águas pluviais em áreas urbanas densamente ocupadas.

No entanto, a pesquisa também enfrentou limitações, como a dificuldade de encontrar os parâmetros de telhados verdes para calibrar o modelo no PCSWMM por dados experimentais ou através da literatura. Percebeu-se que existem diversas pesquisas do ponto de vista experimental, mas não há dados suficientes do ponto de vista de simulação, especialmente para adaptar os parâmetros do modelo às condições climáticas e urbanas específicas do Brasil.

Para futuras pesquisas, recomenda-se a investigação da aceitação pública dos telhados verdes, bem como a realização de estudos de custo-benefício que possam fornecer uma análise econômica mais completa dessas intervenções. Além disso, estudos de longo prazo poderiam avaliar a durabilidade e a eficácia dos telhados verdes em diferentes condições climáticas.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. V.; LAFAYETTE, F. B.; BATISTA FILHO, G.; SILVA, P. O.; VASCONCELOS, R. F. A. (Org.). **Manual de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais do Recife**. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife / Secretaria de Infraestrutura e Serviços Urbanos -SISUR / Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB, 145 pp., 2016.
- ALFREDO, K.; MONTALTO, F.; GOLDSTEIN, A. Observed and Modeled Performances of Prototype Green Roof Test Plots Subjected to Simulated Low- and High-Intensity Precipitations in a Laboratory Experiment. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.15, n. 6, p. 444-457, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDIMUTHU, R.; KANDASAMY, P.; MUDGAL, B. V.; JEGANATHAN, A.; BALU, A.; SANKAR, G. Performance of urban storm drainage network under changing climate scenarios: Flood mitigation in Indian coastal city. **Scientific Reports**, v. 9, 2019.
- ARBOIT, N. K.S; TASSI, R.; LIBERALESSO, T.; CECONI, D. E.; PICCILI, D. G. A.. Green roof evapotranspiration rates and stormwater control under subtropical climate: a case study in Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 26, e. 32, 2021. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.262120210089>.
- BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**.2012. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/52621>. Acesso em: 06 ago. 2024.
- BALLARD, B. W.; WILSON. S.; UDALE-CLARKE, H.; ILLMAN, S.; SCOTT, T.; ASHLEY, R.; KELLAGHER, R. **The SuDS Manual**. 5ª ed. London: CIRIA, 939 pp., 2015.
- BANDEIRA, A. P. N. **Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de risco de escorregamentos de encostas na região metropolitana do Recife**. Tese (Doutorado) do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife – PE, 340 f., 2010.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2ª ed. ABRH: Porto Alegre - RS, 318 pp., 2015.
- BARRETO, B. B.; TEIXEIRA, L. Aspectos construtivos e hidráulico do telhado verde: um impacto no tempo de concentração. **Revista Projectus**, v. 5, n. 3, p. 74-92, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15202/25254146.2020v5n3p74>.

BARROS, C. B. R.; HOLANDA, M. A. C. R.; OLIVEIRA, D. B. C.; CAVALCANTI, A. R.; SOARES, W. A. Análise do comportamento hidrológico de um telhado verde submetido as condições climáticas da Região Metropolitana do Recife. In: XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2020, Recife-PE. **Anais do XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**.

BARROS, E. N. ; CABRAL, J. J. S. P. ; PALECHOR, E. U. L. ; TAVARES, P. R. L. ; MENEZES, L. A. A. ; SILVA JUNIOR, M. A. B.. Jardins de chuva para mitigação de alagamentos urbanos: análise de um projeto piloto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, p. 1396-1411, 2024.

BEVEN, K; KIRKBY, M. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Science Bulletin**, v.24, p. 43 - 69, 1979.

BRAVO, J. M.; ALLASIA, D. G. ; COLLISCHONN, W. ; TASSI, R. ; MELLER, A.; TUCCI, C. E. M.. Avaliação visual e numérica da calibração do modelo hidrológico IPH II com fins educacionais. XVII SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo - SP. **Anais [...]**, 20 pp., 2007.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e controle de enchentes**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 384 pp., 2015.

CECÍLIO, R. A; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MARTINEZ, M. A.. Modelagem da infiltração de água no solo sob condições de estratificação utilizando-se a Equação de Green-Ampt. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - RBEAA**, v.7, n. 3, p. 415-422, 2003.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Dados do Pluviômetro automático de Areias, Recife-PE**. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo>>. Acesso em 02 fev. 2019.

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.G.P.. Até que ponto devemos confiar em modelos matemáticos? Uma visão da hidrologia superficial. **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas - ABAS**, mesa redonda, 23 pp., 2006.

CONDEPE/FIDEM – ORTOFOTOS DE 1974.

COSTA, H. C.; SILVA, F. G. G.; COSTA, L. S.; SILVA, M. L. M.. Water balance study on green roof in Brazil. **International Journal of Hydrology**. v. 4, n.4, p.141-144. 2020. DOI: 10.15406/ijh.2020.04.00238

COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO, C. Telhado verde: Redução e retardo do escoamento superficial. **Revista de estudos ambientais**, v. 14, n. 2esp, p. 50-56, 2012. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/2927>. Acesso em: 06 jun. 2024.

COSTA, M. B. S. F.; MALLMANN, D. L. B.; PONTES, P. M.; ARAÚJO, M.. Vulnerability and impacts related to the rising sea level in the Metropolitan Center of Recife, Northeast Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v.5, n. 2, p. 341-349, 2010.

CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. **2022 Disasters in numbers**: Climate in action. 2023. Disponível em: <https://www.emdat.be/categories/adsr/> Acesso em 23 de julho de 2023.

CRONSHEY, R.; MCCUEN, R. H.; MILLER, N; RAWLS, W.; ROBBINS, S.; WOODWARD, D. **Urban Hydrology for Small Watersheds**. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, Engineering Division, 168 pp., 1986.

CRUZ, M. A. S. **Otimização do controle da drenagem urbana em macrobacias urbanas**. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre - RS, 190 f., 2004.

DONGQUAN, Z.; JINING, C.; HAOZHENG, W.; QINGYUAN, T.; SHANGBING, C.; ZHENG, S.. GIS-Based Urban Rainfall-Runoff Modeling Using an Automatic Catchment-Discretization Approach: A Case Study in Macau. **Environmental Earth Sciences**, v. 59, n. 2, p. 465-472, 2009.

EMLURB - Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana. Levantamento Topográfico de Seções Transversais do Canal da Malária. In: Estudos de Concepção para Gestão em Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana do Recife. [Pranchas 01 - 03], 2018.

FLETCHER, S.G.; PONNAMBALAM, K. A constrained state formulation for the stochastic control of multireservoir systems. **Water Resources Research**, v.34, n. 2, p. 257-270, 1998.

FLETCHER, T. D; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J. L.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2014.

FRAGA, R. G.. **Soluções baseadas na natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras 2020**. 173 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) —Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

FREEZE, R. A.; HARLAN, R. L.. Blueprint for a physically-based, digitally simulated hydrologic response model. **Journal of Hydrology**, v.9, p. 237-258, 1969.

G1PE. Chuva alaga ruas, provoca desabamento de parte de casa e suspende aulas no Grande Recife. Disponível em:

<https://g1.globo.com/pe/ pernambuco/noticia/2019/06/13/chuva-provoca-deslizamento-e-alagamentos-no-recife.ghtml>. Acesso em 15 jul. 2019.

GARNÉS, S. J. A.. **AstGeoTop. Módulo: Análise de maré @ versão 2016.09.01**. Recife: Departamento de Engenharia Cartográfica. Universidade Federal de Pernambuco, 2019. Software.

GARRIDO NETO, P. S. **Telhados verdes como técnica compensatória em drenagem urbana na cidade do Rio de Janeiro: estudo experimental e avaliação de sua adoção na bacia do Rio Joana a partir do uso de modelagem matemática.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 344 f., 2016.

GEORGESON, L.; MASLIN, M.; POESSINOUW, M.; HOWARD, S.. Adaptation responses to climate change differ between global megacities. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 6, p. 584–588, 2016.

GIACOMONI, M. H.; ZECHMAN, E. M.; BRUMBELOW, K.. Hydrologic Footprint Residence: Environmentally Friendly Criteria for Best Management Practices. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 17, n. 1, p. 99-108, 2012.

GOMES, H. P.; SALVINO, M. M.; SILANS, A. P.; ALMEIDA, C. N.; SILVA, G. N. S.. (Org). **Manual do Usuário EPA SWMM 5.0: Modelo de Gestão de Drenagem Urbana**. 1. ed. João Pessoa: Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) – Universidade Federal da Paraíba (UFPB), 279 pp., 2012.

GREEN; W. H.; AMPT, G. A. Study in soil physics. Part I – The flow of air and water through soils. **Journal of Agriculture Science**, v. 4, p. 1–24, 1911.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. 2010a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 jun. de 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa populacional de 2019**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 fev. de 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro: IBGE, 219 pp., 2010b.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Climatológicos da Estação Recife (CURADO) – Código 82900, no período de 1961 a 2020.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 22 out 2020.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of

the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp., 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York, NY: Cambridge University Press, 594 pp., 2012.

JAHANFAR, A.; DRAKEA, J.; SLEEPA, B.; GHARABAGHIB, B. A modified FAO evapotranspiration model for refined water budget analysis for Green Roof systems. **Ecological Engineering**, v. 119, p. 45–53, 2018.

LAFAYETTE, F. B.; SILVA, M. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, P. O.; GUSMÃO, R. D. Plano de gestão da manutenção da rede de drenagem da cidade do Recife. XIV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste – SRHNE, 14º., Maceió – AL, **Anais [...]**, 2018.

LAMOND, J. E.; ROSE, C. B.; BOOTH, C. A. Evidence for improved urban flood resilience by sustainable drainage retrofit. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: **Urban Design and Planning**, v. 168, n. 2, p. 101-111, 2015.

LEITE, B. P.; FUJIMURA, J. M.; FERNANDES, J. S. A. Avaliação dos impactos na drenagem com a implantação de telhados verdes na UFMT - Campus Cuiabá utilizando o software SWMM. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 6, 2016, Cuiabá. **Anais [...]**, Cuiabá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 354 -363, 2016.

LOU, R. F.. **Modelagem Hidrológica Chuva-vazão e Hidrodinâmica aplicada na Bacia Experimental do Rio Piabanha/RJ**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, 174 pp., 2010.

MARINHA DO BRASIL. **Tábua de Marés do Recife**. 2019. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados_de_mare/recife_2019.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2019.

MARINHO FILHO, G. M.; ANDRADE, R. S.; ZUKOWSKI JUNIOR, J. C.; MAGALHÃES FILHO, L. N. L. Modelos hidrológicos: conceitos e aplicabilidades. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 35-47, 2012.

MARINHO, G.; LEITÃO, L.; LACERDA, N. **Considerações sobre o uso e ocupação do solo na Região Metropolitana do Recife**. Projeto metrópole estratégica: estratégia de desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife – 2003-2015. Versão Técnica. Recife: Banco Mundial; Cities Alliance; Ipea; Fidem, 2002.

MAYS, L.W.; TUNG, Y-K. **Hydrosystems engineering and management**. McGraw-Hill Inc., New York, 530 pp., 1992.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning**, v.77, n. 3, p. 217-226, 2006.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. W. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1ª ed. Barueri - SP: GEN LTC, 384 pp., 2015.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. River Flow Forecasting through Conceptual Models Part I — A Discussion of Principles. **Journal of Hydrology**, v.10, n. 3, p. 282-290, 1970.

NUNES, D. M. **Gestão das Águas Pluviais Urbanas e Elementos da Infraestrutura Verde: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto, Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial), Faculdade de Engenharia Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Rio de Janeiro - RJ, 166 f., 2017.

NUNES, L. H.. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, 112 f., 2015.

OCHA - UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. **Natural Disasters in Latin America and the Caribbean: An Overview of Risk**. Clayton, Panama, 20 pp., 2020.

PALLA, A.; BERRETTA, C.; LANZA, L. G.; LA BARBERA, P.. Modelling Storm Water Control Operated by Green Roofs at the Urban Catchment Scale University of Genoa – Italy, In: International Conference on Urban Drainage, 11., Edinburgh, 2008. **Anais [...]**, Edinburgh, 2008.

PALLA, A.; GNECCO, I.. Hydrologic modeling of Low Impact Development systems at the urban catchment scale. v.528, p. 361-368, 2015.

PENG, Z.; STOVIN, V. Independent Validation of the SWMM Green Roof Module. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 22, n. 9, p. 04017037-1 – 12, 2017.

PÉREZ, G.; COMA, J. **Green roofs classifications, plant species, substrates**. In: PEREZ, G; PERINI, K (Eds). *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 356 pp., 2018.

PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Mudanças Climáticas**. Recife - PE, 111 pp., 2011.

PERNAMBUCO. SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Pernambuco Tridimensional (PE 3D)**. Modelo digital do terreno (RASTER) das quadrículas 1430 e 1460. Disponível em: <http://www.pe3d.pe.gov.br/mapa.php#>. Acesso em: 15 jan 2019.

PETELET-GIRAUD, E.; CARY, L.; CARY, P.; BERTRAND, G.; GIGLIO-JACQUEMOT, A.; HIRATA, R.; AQUILINA, L.; ALVES, L. M.; MARTINS, V.; MELO,

A. M.; MONTENEGRO, S.; CHATTON, E.; FRANZEN, M.; AUROUET, A.. Multi-layered water resources, management, and uses under the impacts of global changes in a southern coastal metropolis: When will it be already too late? Crossed analysis in Recife, NE Brazil. **Science of the Total Environment**, v.618, p. 645–657, 2018.

PÖE, S.; STOVIN, V.; BERRETTA, C.. Parameters influencing the regeneration of a green roof's retention capacity via evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v. 523, p. 356–367, 2015.

RECIFE. Análise de riscos e vulnerabilidades climáticas e estratégia de adaptação do município do Recife – PE: Resumo para tomadores de decisão. Recife – PE, 50 pp., 2019.

RECIFE. **ESIG – Informações Geográficas do Recife**. Recife, 2019. Disponível em: <https://esigportal2.recife.pe.gov.br/portal/apps/sites/#/esig>. Acesso em: 15 nov. 2019.

RECIFE. **Lei Municipal Nº 18.112**, de 12 de janeiro de 2015. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências, 2015.

RECIFE. **Planejamento urbano: Perfil dos Bairros - RPA 6 - Imbiribeira**. Recife, 2018c. Disponível em <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/imiribeira?op=ODU=>>>. Acesso em: 01 mar 2018.

RECIFE. **Planejamento urbano: Perfil dos Bairros - RPA 6 - Ipsep**. Recife, 2018b. Disponível em <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/ipsep?op=ODU=>>>. Acesso em: 25 jan 2018.

RECIFE. **Plano de Manutenção do Sistema de Drenagem da Cidade do Recife**. Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana – EMLURB, 33p., 2017.

RECIFE. Projeto Pegada de Cidades: Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa (2012-2015) e Pegada Hídrica (2015) do Recife. [Pref. do Recife, Servicios Ambientales S.A. (Eds.)]. Recife, 2017a, 71 p.

RIBEIRO, S. K.; SANTOS, A. S. (EDS.). **PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades**. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro - RJ, 116 pp., 2017.

RODRIGUES, A. B.; CABRAL, J. J. S. P. Simulação computacional da técnica microrreservatório de lote na bacia do Rio Frágoso em Olinda-Pernambuco. In: XIV Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2022, Brasília - DF. **Anais [...]**, 2022.

ROSA, D. J; CLAUSEN, J. C; DIETZ, M. E. Calibration and Verification of SWMM for low impact development. **Journal of the American Water Resources Association - JAWRA**, v. 51, n. 3, p. 746-757, 2015.

ROSSMAN, L. A. **Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1**. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 352 pp., 2015.

ROSSMAN, L. A.; HUBER, W. C. **Storm Water Management Model Reference Manual: Volume I – Hydrology (Revised)**. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 231 pp., 2016.

SANTOS, P. T. S.; SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P.; MOURA, G. S. S.; ANTONINO, A. C. D. Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. **Ambiente Construído (Online)**, v. 13, p. 161-174, 2013.

SCHMITTER, P.; GOEDBLOED, A.; GALELLI, S.; BABOVIC, V. Effect of Catchment-Scale Green Roof Deployment on Stormwater Generation and Reuse in a Tropical City. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 142, n. 7, p. 05016002, 2016.

SILVA JUNIOR, M. A. B. **Alternativas compensatórias para controle de alagamentos em localidade do Recife-PE**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, 153 f., 2015.

SILVA JUNIOR, M. A. B.; SILVA, S. R. Impactos da urbanização e das alterações climáticas no sistema de drenagem do Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física – RBGF**, v. 9, n. 6, p. 2034-2053, 2016.

SILVA, A. K. B.; POVOAS, Y. V.; CABRAL, J. J. S. P.; SILVA JUNIOR, M. A. B.; LIMA, M. C. A. Manutenção de pavimento permeável para recuperação do desempenho hidráulico. In: XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste 15º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 2022, Caruaru. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2022. p. 1-10.

SILVA, P. O.. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atenuação de inundações em uma sub- bacia do rio Jiquiá no Recife**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife-PE, 139 f., 2010.

SILVA, P. O.; CABRAL, J. J. S. P. Atenuação de Picos de Vazão em Área Problema: Estudo Comparativo de Reservatórios de Detenção em Lote, em Logradouros e em Grande Área da Bacia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**, v. 19, n. 2, p. 7-18, 2014.

SILVA, P.O. **Modelagem Hidrológica do Rio Tejiipió por Ocasão de Chuvas Intensas Levando em Conta o Efeito de Marés**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, 232 pp., 2019.

SILVA, S. R.; SILVA JUNIOR, M. A. B.; OLIVEIRA, R. L. M. Modelagem computacional de reservatório de detenção sob logradouro: uma alternativa para controle de alagamentos em área densamente urbanizada do Recife/PE. **REVISTA DAE**, v. 68, p. 196-212, 2020.

SOUZA, M. A. (Coord.). **Como anda a Região Metropolitana do Recife**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional – (FASE / PERNAMBUCO), Observatório Pernambuco de Políticas Públicas e Práticas Sócioambientais (UFPE/FASE). 128 pp., 2006.

STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. **Journal of Hydrology**, v. 414–415, p. 148–161, 2012.

SURESH, A.; PEKKAT, S.; SUBBIAH, S. Quantifying the efficacy of Low Impact Developments (LIDs) for flood reduction in micro-urban watersheds incorporating climate change. **Sustainable Cities and Society**, v. 95, 2023.

TUCCI, C.E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 944 pp., 2015.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**, v. 7, n. 1, p. 5-27, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 678 pp., 2005.

VESUVIANO, G. M. A **Two-Stage Runoff Detention Model for a Green Roof**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), University of Sheffield, United Kingdom, 292 pp., 2014.

VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 740-752, 2016.

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M. Application of seaweed as substrate additive in green roofs: Enhancement of water retention and sorption capacity. **Landscape and Urban Planning**, v.143, p. 25-32, 2015.

WADZUK, B. M.; SCHNEIDER, D.; FELLER, M.; TRAVER, R. G. Evapotranspiration from a Green-Roof Storm-Water Control Measure. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 139, n. 12, p. 995-1003, 2013.

WARD, P. J.; WINSEMIUS, H. C.; KUZMA, S.; BIERKENS, M. F.; BOUWMAN, A., DE MOEL, H.; LOAIZA, A. D.; EILANDER, D.; ENGLHARDT, J.; ERKENS, G.; GEBREMEDHIN, E. T. **Aqueduct floods methodology**. Technical Note. Washington, D.C.: World Resources Institute. 2020. Disponível em: < Acesso em 23 de julho de 2023.

WESTERHOLT, D.; PESCI, M.H.; LÖSKEN, G. Robust Vegetation Parameterization for Green Roofs in the EPA Stormwater Management Model (SWMM). **Journal of Hydrology**, v. 8, n. 1, 2021.

YANG, P.; REN, G.; YAN, P. Evidence for a Strong Association of Short-Duration Intense Rainfall with Urbanization in the Beijing Urban Area. **Journal of Climate**, v. 30, p. 5851–5870, 2017.

ZHAO, D. Q.; WANG, H. Z.; CHEN, J. N.; WANG, H. C. Parameters uncertainty analysis of urban rainfall-runoff simulation. **Advances in Water Science**, v. 20, n. 1, p. 45–51, 2009.

**APÊNDICE A.1 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE MARÉ DISCRETIZADA -
JULHO**

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
4	0:00		0,56	-0,58		1,60	5	0:00		0,35	-0,79		1,00
	1:00		1,04	-0,11				1:00		0,66	-0,48		
	2:00		1,56	0,42				2:00		1,14	0,00		
	3:00		2,02	0,88				3:00		1,66	0,52	1,00	
	4:00		2,35	1,21				4:00		2,09	0,95		
	5:00		2,46	1,32				5:00		2,38	1,24		
	6:00		2,24	1,10				6:00		2,43	1,29		
	7:00		1,79	0,65				7:00		2,17	1,03		
	8:00		1,23	0,09				8:00		1,70	0,56		
	9:00		0,69	-0,45				9:00	0,83	1,16	0,02		
	10:00		0,26	-0,88				10:00	0,73	0,64	-0,50		
	11:00		0,09	-1,05				11:00	0,56	0,26	-0,88		
	12:00		0,22	-0,92				12:00	0,49	0,12	-1,02		
	13:00		0,61	-0,53				13:00	0,45	0,28	-0,86		
	14:00	0,33	1,13	-0,01				14:00	0,35	0,68	-0,46		
	15:00	0,34	1,64	0,50				15:00	0,35	1,19	0,05		
	16:00	0,39	2,07	0,93				16:00		1,68	0,54		
	17:00		2,33	1,19				17:00		2,07	0,93		
	18:00		2,31	1,17				18:00		2,28	1,14		
	19:00		2,00	0,86	0,40			19:00		2,21	1,07		
	20:00		1,52	0,38				20:00		1,88	0,74		
	21:00		1,02	-0,12	0,80			21:00		1,42	0,28		
	22:00		0,57	-0,57	0,40			22:00		0,96	-0,19		
	23:00		0,32	-0,82				23:00		0,56	-0,58		
6	0:00		0,36	-0,78		0,00	7	0:00		0,60	-0,54		0,00
	1:00		0,44	-0,70				1:00		0,44	-0,70		
	2:00		0,76	-0,38				2:00		0,54	-0,60		
	3:00		1,24	0,10				3:00		0,86	-0,28		
	4:00		1,72	0,58				4:00		1,30	0,16		
	5:00		2,10	0,96				5:00		1,71	0,57		
	6:00		2,35	1,21				6:00		2,06	0,92		
	7:00		2,35	1,21				7:00		2,27	1,13		
	8:00		2,07	0,93				8:00		2,25	1,11		
	9:00		1,62	0,48				9:00		1,98	0,84		
	10:00		1,12	-0,02				10:00		1,57	0,43		
	11:00		0,65	-0,49				11:00		1,14	0,00		
	12:00		0,31	-0,83				12:00		0,72	-0,42		
	13:00		0,21	-0,93				13:00		0,42	-0,72		
	14:00		0,38	-0,76				14:00		0,33	-0,81		
	15:00		0,77	-0,37				15:00		0,50	-0,64		
	16:00		1,24	0,10				16:00		0,85	-0,29		
	17:00		1,68	0,54				17:00		1,26	0,12		
	18:00		2,02	0,88				18:00		1,64	0,50		
	19:00		2,19	1,05				19:00		1,94	0,80		
	20:00		2,09	0,95				20:00		2,08	0,94		
	21:00		1,76	0,62				21:00		1,97	0,83		
	22:00		1,35	0,21				22:00		1,67	0,53		
	23:00		0,94	-0,20				23:00		1,32	0,18		

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
8	0:00		0,96	-0,18		2,20	9	0:00		1,33	0,19		6,60
	1:00		0,66	-0,48				1:00		1,01	-0,13		
	2:00		0,53	-0,61				2:00		0,73	-0,41		
	3:00		0,63	-0,51				3:00		0,61	-0,53		
	4:00		0,92	-0,22				4:00		0,68	-0,46		
	5:00		1,30	0,16	1,40			5:00		0,93	-0,21	3,60	
	6:00		1,66	0,52				6:00		1,25	0,11	1,00	
	7:00		1,97	0,83				7:00		1,57	0,43		
	8:00	0,35	2,16	1,02				8:00		1,86	0,72		
	9:00	0,40	2,14	1,00				9:00		2,05	0,91		
	10:00	0,48	1,91	0,77				10:00		2,05	0,91	2,00	
	11:00	0,53	1,57	0,43				11:00		1,87	0,73		
	12:00	0,34	1,20	0,06				12:00	0,33	1,60	0,46		
	13:00	0,34	0,82	-0,32				13:00	0,39	1,28	0,14		
	14:00	0,34	0,54	-0,60				14:00	0,34	0,93	-0,21		
	15:00	0,32	0,46	-0,68				15:00	0,33	0,66	-0,48		
	16:00	0,32	0,60	-0,55				16:00	0,33	0,56	-0,58		
	17:00	0,31	0,89	-0,25				17:00		0,66	-0,48		
	18:00		1,24	0,10				18:00		0,91	-0,23		
	19:00		1,58	0,44				19:00		1,22	0,08		
	20:00		1,86	0,72				20:00		1,53	0,39		
	21:00		1,98	0,84				21:00		1,80	0,66		
	22:00		1,88	0,74	0,80			22:00		1,91	0,77		
	23:00		1,63	0,49				23:00		1,83	0,69		
10	0:00		1,62	0,48		0,80	11	0:00		1,83	0,69	0,20	4,80
	1:00		1,36	0,22				1:00		1,64	0,50	3,00	
	2:00		1,05	-0,09				2:00		1,39	0,25	1,40	
	3:00		0,79	-0,35				3:00		1,08	-0,06		
	4:00		0,65	-0,49				4:00		0,80	-0,34		
	5:00		0,69	-0,45				5:00		0,63	-0,51		
	6:00		0,89	-0,25	0,20			6:00		0,65	-0,49		
	7:00		1,18	0,04				7:00		0,84	-0,30		
	8:00		1,48	0,34				8:00	0,32	1,11	-0,03		
	9:00		1,77	0,63				9:00	0,31	1,41	0,27		
	10:00		1,98	0,84				10:00	0,36	1,71	0,57	0,20	
	11:00		2,00	0,86	0,20			11:00	0,40	1,94	0,80		
	12:00		1,87	0,73				12:00	0,65	1,99	0,85		
	13:00		1,65	0,51				13:00	0,59	1,89	0,75		
	14:00		1,35	0,21				14:00	0,41	1,69	0,55		
	15:00		1,01	-0,13				15:00	0,35	1,39	0,25		
	16:00		0,73	-0,41				16:00	0,31	1,04	-0,10		
	17:00		0,61	-0,53				17:00	0,30	0,75	-0,39		
	18:00		0,69	-0,45				18:00		0,62	-0,52		
	19:00		0,91	-0,23				19:00		0,70	-0,44		
	20:00		1,20	0,06				20:00		0,92	-0,22		
	21:00		1,51	0,37	0,20			21:00		1,21	0,07		
	22:00		1,78	0,64	0,20			22:00		1,53	0,39		
	23:00		1,90	0,76				23:00		1,81	0,67		

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
12	0:00		1,93	0,79		0,00	13	0:00		1,90	0,76	3,40	12,60
	1:00		1,86	0,72				1:00		2,00	0,86		
	2:00		1,68	0,54				2:00		1,91	0,77	0,20	
	3:00		1,41	0,27				3:00		1,70	0,56		
	4:00		1,07	-0,07				4:00		1,38	0,24	1,40	
	5:00		0,75	-0,39				5:00		1,00	-0,14	1,80	
	6:00		0,58	-0,56				6:00		0,67	-0,48		
	7:00		0,60	-0,55				7:00		0,50	-0,64		
	8:00		0,78	-0,36				8:00		0,54	-0,60		
	9:00	0,31	1,05	-0,09				9:00	0,38	0,75	-0,39	2,20	
	10:00	0,31	1,38	0,24				10:00	0,41	1,05	-0,09		
	11:00	0,38	1,71	0,57				11:00		1,40	0,26		
	12:00	0,41	1,95	0,81				12:00	0,37	1,76	0,62	0,20	
	13:00	0,60	2,01	0,87				13:00	0,55	1,99	0,85		
	14:00	0,65	1,91	0,77				14:00	0,73	2,03	0,89		
	15:00	0,51	1,70	0,56				15:00	0,71	1,91	0,77		
	16:00	0,51	1,38	0,24				16:00	0,58	1,66	0,52		
	17:00		1,00	-0,14				17:00		1,29	0,15		
	18:00		0,70	-0,44				18:00		0,90	-0,24		
	19:00		0,60	-0,54				19:00		0,63	-0,51		
	20:00		0,70	-0,44				20:00		0,57	-0,57	2,80	
	21:00		0,94	-0,20				21:00		0,72	-0,43	0,40	
	22:00		1,26	0,12				22:00		1,00	-0,14	0,20	
	23:00		1,61	0,47				23:00		1,36	0,22		
14	0:00		1,73	0,59	0,20	23,80	15	0:00		1,49	0,35		1,80
	1:00		2,01	0,87	0,20			1:00		1,88	0,74		
	2:00		2,08	0,94	1,00			2:00		2,13	0,99		
	3:00		1,94	0,80	2,00			3:00		2,14	1,00	0,60	
	4:00		1,68	0,54	2,80			4:00		1,94	0,80	0,80	
	5:00		1,30	0,16				5:00		1,60	0,46		
	6:00		0,88	-0,26	3,20			6:00		1,17	0,03		
	7:00		0,56	-0,59	1,40			7:00		0,74	-0,40		
	8:00		0,42	-0,72	2,00			8:00	0,38	0,44	-0,70		
	9:00	0,63	0,51	-0,63	1,00			9:00	0,35	0,37	-0,78		
	10:00	0,50	0,76	-0,38				10:00	0,31	0,52	-0,63	0,20	
	11:00	0,44	1,10	-0,04				11:00	0,38	0,82	-0,32		
	12:00		1,48	0,34	1,20			12:00	0,40	1,20	0,06		
	13:00	0,46	1,85	0,71	0,20			13:00		1,60	0,46		
	14:00	0,73	2,05	0,91				14:00		1,95	0,81		
	15:00		2,04	0,90	2,00			15:00		2,10	0,96		
	16:00		1,86	0,72				16:00		2,02	0,88		
	17:00		1,56	0,42	1,00			17:00		1,77	0,63		
	18:00		1,15	0,01	2,60			18:00		1,40	0,26		
	19:00		0,77	-0,37				19:00		0,98	-0,16		
	20:00		0,54	-0,60				20:00		0,63	-0,51		
	21:00		0,54	-0,60	1,60			21:00		0,47	-0,67	0,20	
	22:00		0,76	-0,38	1,40			22:00		0,56	-0,59		
	23:00		1,10	-0,04				23:00		0,84	-0,30		

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
16	0:00		1,23	0,09		0,00	17	0:00		0,96	-0,18		0,20
	1:00		1,65	0,51				1:00		1,38	0,24		
	2:00		2,03	0,89				2:00		1,81	0,67		
	3:00		2,23	1,09				3:00		2,16	1,02		
	4:00		2,16	1,02				4:00		2,28	1,14		
	5:00		1,88	0,74				5:00		2,12	0,98		
	6:00		1,48	0,34				6:00		1,76	0,62		
	7:00		1,02	-0,12				7:00		1,32	0,18		
	8:00		0,60	-0,54				8:00		0,85	-0,29		
	9:00	0,37	0,35	-0,79				9:00	0,38	0,48	-0,67		
	10:00	0,35	0,35	-0,79				10:00	0,35	0,31	-0,83		
	11:00	0,31	0,58	-0,56				11:00	0,33	0,40	-0,74		
	12:00	0,31	0,93	-0,21				12:00		0,69	-0,45		
	13:00	0,31	1,34	0,20				13:00	0,32	1,08	-0,06		
	14:00	0,31	1,75	0,61				14:00	0,32	1,50	0,36		
	15:00	0,42	2,05	0,91				15:00		1,89	0,75		
	16:00	0,75	2,12	0,98				16:00		2,13	0,99		
	17:00	0,84	1,95	0,81				17:00		2,09	0,95		
	18:00		1,62	0,48				18:00		1,83	0,69		
	19:00		1,22	0,08				19:00		1,45	0,31		
	20:00		0,80	-0,34				20:00		1,03	-0,11		
	21:00		0,51	-0,63				21:00		0,65	-0,49	0,20	
	22:00		0,44	-0,70				22:00		0,43	-0,71		
	23:00		0,61	-0,53				23:00		0,46	-0,68		
18	0:00		0,72	-0,43		4,00	19	0:00		0,54	-0,60	2,60	12,40
	1:00		1,11	-0,03				1:00		0,86	-0,28	0,60	
	2:00		1,55	0,41				2:00		1,28	0,14		
	3:00		1,96	0,82				3:00		1,70	0,56	2,00	
	4:00		2,25	1,11	0,20			4:00		2,06	0,92		
	5:00		2,27	1,13				5:00		2,26	1,12		
	6:00		2,01	0,87				6:00		2,18	1,04	1,80	
	7:00		1,60	0,46				7:00		1,86	0,72	0,20	
	8:00	0,40	1,14	0,00				8:00		1,42	0,28	1,00	
	9:00	0,40	0,70	-0,44				9:00	0,55	0,97	-0,17	0,20	
	10:00	0,37	0,39	-0,75	0,20			10:00	0,41	0,59	-0,56		
	11:00		0,32	-0,82				11:00	0,41	0,37	-0,77		
	12:00	0,35	0,50	-0,64				12:00	0,45	0,40	-0,74	3,80	
	13:00	0,35	0,84	-0,30				13:00		0,64	-0,50		
	14:00		1,26	0,12				14:00	0,42	1,03	-0,12		
	15:00	0,35	1,67	0,53				15:00	0,38	1,44	0,30		
	16:00	0,45	2,01	0,87				16:00	0,52	1,80	0,66		
	17:00		2,14	1,00				17:00		2,06	0,92		
	18:00		2,01	0,87				18:00		2,10	0,96		
	19:00		1,67	0,53				19:00		1,87	0,73		
	20:00		1,27	0,13				20:00		1,50	0,36		
	21:00		0,87	-0,27	2,00			21:00		1,10	-0,04		
	22:00		0,55	-0,59	1,60			22:00		0,74	-0,40		
	23:00		0,43	-0,71				23:00		0,51	-0,63	0,20	

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
20	0:00		0,48	-0,66	0,20	16,40	21	0:00		0,54	-0,60		12,00
	1:00		0,68	-0,46				1:00		0,60	-0,54	1,00	
	2:00		1,03	-0,11	1,00			2:00		0,85	-0,30		
	3:00		1,45	0,31				3:00		1,21	0,07		
	4:00		1,82	0,68				4:00		1,58	0,44	5,40	
	5:00		2,10	0,96				5:00		1,88	0,74	0,60	
	6:00		2,21	1,07	1,40			6:00		2,08	0,94		
	7:00		2,04	0,90				7:00		2,10	0,96	2,40	
	8:00		1,67	0,53	0,20			8:00	0,81	1,87	0,73	1,00	
	9:00	0,68	1,24	0,10	3,00			9:00	0,70	1,48	0,34	1,40	
	10:00	0,54	0,83	-0,31				10:00	0,55	1,09	-0,05	0,20	
	11:00	0,49	0,53	-0,61				11:00	0,46	0,76	-0,38		
	12:00	0,41	0,42	-0,73	1,20			12:00	0,41	0,54	-0,60		
	13:00		0,52	-0,62	0,40			13:00	0,39	0,51	-0,63		
	14:00	0,40	0,82	-0,32				14:00		0,68	-0,46		
	15:00	0,38	1,21	0,07	1,20			15:00		1,01	-0,13		
	16:00	0,38	1,59	0,45	0,20			16:00		1,37	0,23		
	17:00	0,38	1,88	0,74				17:00		1,68	0,54		
	18:00		2,06	0,92				18:00		1,91	0,77		
	19:00		2,00	0,86	7,20			19:00		1,99	0,85		
	20:00		1,71	0,57	0,40			20:00		1,86	0,72		
	21:00		1,33	0,19				21:00		1,55	0,41		
	22:00		0,97	-0,17				22:00		1,19	0,05		
	23:00		0,68	-0,46				23:00		0,89	-0,25		
22	0:00		0,68	-0,46	1,60	33,20	23	0:00		0,87	-0,27	3,20	38,20
	1:00		0,62	-0,52	0,20	0,00		1:00		0,73	-0,41	5,80	0,00
	2:00		0,74	-0,40	0,80	0,00		2:00		0,73	-0,41	0,00	0,00
	3:00		1,02	-0,12	0,80	0,00		3:00		0,89	-0,25	0,00	0,00
	4:00		1,37	0,23	1,60	0,00		4:00		1,17	0,03	0,00	0,00
	5:00		1,67	0,53	5,60	0,00		5:00		1,47	0,33	4,00	0,00
	6:00		1,89	0,75	1,20	0,00		6:00		1,70	0,56	0,20	0,00
	7:00		2,01	0,87	0,40	0,00		7:00		1,86	0,72	4,00	0,00
	8:00		1,96	0,82	2,00	0,00		8:00		1,92	0,78	6,20	0,00
	9:00	0,78	1,69	0,55	1,40	0,00		9:00	0,93	1,82	0,68	0,20	0,00
	10:00	0,82	1,33	0,19	5,00	0,00		10:00		1,55	0,41	0,00	0,00
	11:00		0,99	-0,15	1,20	0,00		11:00		1,23	0,09	0,00	0,00
	12:00	0,92	0,74	-0,40	1,00	0,00		12:00		0,96	-0,18	0,00	0,00
	13:00	0,98	0,60	-0,54	5,20	0,00		13:00		0,76	-0,38	0,00	0,00
	14:00	0,80	0,63	-0,51	0,20	0,00		14:00		0,68	-0,46	1,40	0,00
	15:00	0,60	0,85	-0,30	0,00	0,00		15:00		0,76	-0,38	2,20	0,00
	16:00		1,17	0,03	0,00	0,00		16:00		0,98	-0,16	0,20	0,00
	17:00		1,48	0,34	1,00	0,00		17:00		1,27	0,13	0,00	0,00
	18:00		1,72	0,58	1,00	0,00		18:00		1,54	0,40	0,00	0,00
	19:00		1,88	0,74	0,40	0,00		19:00		1,72	0,58	2,60	0,00
	20:00		1,90	0,76	1,40	0,00		20:00		1,83	0,69	1,00	0,00
	21:00		1,72	0,58	0,20	0,00		21:00		1,80	0,66	0,20	0,00
	22:00		1,41	0,27	0,00	0,00		22:00		1,61	0,47	1,60	0,00
	23:00		1,10	-0,04	1,00	0,00		23:00		1,32	0,18	5,40	63,60

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
24	0:00		1,07	-0,07	7,20	0,00	25	0:00		1,29	0,15	0,20	4,20
	1:00		0,88	-0,26	3,60	0,00		1:00		1,07	-0,07	1,20	
	2:00		0,79	-0,35	6,00	0,00		2:00		0,91	-0,23		
	3:00		0,83	-0,31	1,60	0,00		3:00		0,84	-0,30		
	4:00		1,00	-0,14	14,00	0,00		4:00		0,88	-0,26	1,80	
	5:00		1,25	0,11	5,20	0,00		5:00		1,04	-0,10		
	6:00		1,51	0,37	4,60	0,00		6:00		1,28	0,14		
	7:00		1,69	0,55	1,80	0,00		7:00		1,51	0,37		
	8:00		1,81	0,67	2,40	0,00		8:00		1,66	0,52		
	9:00	1,18	1,84	0,70	2,20	0,00		9:00	0,56	1,77	0,63		
	10:00	1,09	1,72	0,58	1,60	0,00		10:00	0,54	1,79	0,65		
	11:00	1,02	1,47	0,33	0,40	0,00		11:00		1,68	0,54	0,20	
	12:00		1,19	0,05	0,20	0,00		12:00	0,50	1,45	0,31	0,20	
	13:00	0,98	0,97	-0,17	0,80	0,00		13:00		1,21	0,07		
	14:00		0,81	-0,33	0,20	0,00		14:00	0,52	1,00	-0,14		
	15:00	0,76	0,76	-0,38	0,00	0,00		15:00		0,85	-0,29		
	16:00	0,74	0,85	-0,29	0,00	0,00		16:00		0,80	-0,34		
	17:00		1,06	-0,08	0,00	0,00		17:00		0,88	-0,26		
	18:00		1,32	0,18	0,00	0,00		18:00		1,08	-0,06		
	19:00		1,55	0,41	0,00	0,00		19:00		1,33	0,19		
	20:00		1,70	0,56	4,60	0,00		20:00		1,54	0,40	0,20	
	21:00		1,78	0,64	0,60	0,00		21:00		1,68	0,54	0,20	
	22:00		1,74	0,60	1,20	0,00		22:00		1,77	0,63		
	23:00		1,54	0,40	0,60	0,00		23:00		1,73	0,59	0,20	
26	0:00		1,54	0,40	0,20	7,80	27	0:00		1,77	0,63		29,80
	1:00		1,30	0,16	0,40			1:00		1,59	0,45	1,80	
	2:00		1,09	-0,05	0,60			2:00		1,34	0,20		
	3:00		0,93	-0,21				3:00		1,11	-0,03		
	4:00		0,84	-0,30	2,40			4:00		0,90	-0,24		
	5:00		0,87	-0,28				5:00		0,77	-0,37		
	6:00		1,02	-0,12	2,40			6:00		0,78	-0,36		
	7:00		1,25	0,11				7:00		0,94	-0,20		
	8:00		1,47	0,33				8:00		1,19	0,05	0,40	
	9:00		1,64	0,50				9:00		1,44	0,30		
	10:00		1,76	0,62	0,20			10:00		1,64	0,50		
	11:00		1,81	0,67				11:00		1,81	0,67	1,20	
	12:00		1,70	0,56	0,20			12:00		1,88	0,74		
	13:00		1,48	0,34				13:00		1,78	0,64		
	14:00		1,25	0,11				14:00		1,55	0,41	1,20	
	15:00		1,04	-0,11	0,20			15:00		1,30	0,16	0,60	
	16:00		0,86	-0,28	0,40			16:00		1,03	-0,11	1,20	
	17:00		0,78	-0,36				17:00		0,80	-0,34	18,40	
	18:00		0,86	-0,29	0,80			18:00		0,70	-0,44	2,40	
	19:00		1,06	-0,08				19:00		0,79	-0,35		
	20:00		1,32	0,18				20:00		1,02	-0,12		
	21:00		1,54	0,40				21:00		1,31	0,17		
	22:00		1,70	0,56				22:00		1,57	0,43		
	23:00		1,81	0,67				23:00		1,78	0,64	2,60	

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
28	0:00		1,91	0,77	3,60	12,80	29	0:00		1,90	0,76		3,00
	1:00		1,87	0,73	3,60			1:00		2,05	0,91		
	2:00		1,66	0,52	0,20			2:00		2,00	0,86	1,40	
	3:00		1,39	0,25				3:00		1,75	0,61		
	4:00		1,09	-0,05				4:00		1,41	0,27	0,80	
	5:00		0,82	-0,32	1,00			5:00		1,03	-0,11		
	6:00		0,64	-0,50				6:00		0,68	-0,46		
	7:00		0,65	-0,49				7:00		0,47	-0,67	0,40	
	8:00		0,83	-0,31	3,80			8:00		0,49	-0,65		
	9:00		1,12	-0,02	0,40			9:00	0,38	0,72	-0,42		
	10:00		1,42	0,28				10:00	0,40	1,07	-0,07		
	11:00		1,69	0,55				11:00	0,41	1,44	0,30		
	12:00		1,91	0,77				12:00		1,78	0,64	0,20	
	13:00		1,99	0,85				13:00	0,51	2,04	0,90	0,20	
	14:00		1,88	0,74	0,20			14:00	0,68	2,13	0,99		
	15:00		1,63	0,49				15:00	0,74	1,99	0,85		
	16:00		1,31	0,17				16:00	0,61	1,68	0,54		
	17:00		0,98	-0,16				17:00		1,28	0,14		
	18:00		0,70	-0,44				18:00		0,87	-0,27		
	19:00		0,59	-0,55				19:00		0,56	-0,58		
	20:00		0,70	-0,44				20:00		0,46	-0,68		
	21:00		0,98	-0,16				21:00		0,62	-0,52		
	22:00		1,32	0,18				22:00		0,96	-0,18		
	23:00		1,64	0,50				23:00		1,37	0,23		
30	0:00		1,75	0,61		7,20	31	0:00		1,46	0,32	0,20	23,40
	1:00		2,06	0,92				1:00		1,89	0,75	2,40	
	2:00		2,22	1,08				2:00		2,24	1,10	2,00	
	3:00		2,13	0,99				3:00		2,38	1,24	1,00	
	4:00		1,81	0,67				4:00		2,23	1,09	0,40	
	5:00		1,38	0,24				5:00		1,83	0,69	11,80	
	6:00		0,92	-0,22				6:00		1,32	0,18	3,60	
	7:00		0,51	-0,63				7:00		0,78	-0,36		
	8:00		0,29	-0,85				8:00	0,74	0,34	-0,81	0,40	
	9:00	0,47	0,33	-0,81	0,20			9:00	0,60	0,12	-1,02	1,00	
	10:00	0,37	0,62	-0,52				10:00	0,52	0,22	-0,92		
	11:00		1,05	-0,09				11:00	0,52	0,58	-0,56		
	12:00	0,37	1,49	0,35				12:00		1,07	-0,07		
	13:00	0,37	1,89	0,75				13:00	0,62	1,57	0,43	0,20	
	14:00		2,19	1,05	0,20			14:00	0,58	2,02	0,88		
	15:00	0,83	2,26	1,12				15:00		2,33	1,19		
	16:00		2,06	0,92	0,40			16:00	0,94	2,35	1,21		
	17:00		1,67	0,53				17:00		2,08	0,94		
	18:00		1,20	0,06	1,80			18:00		1,62	0,48		
	19:00		0,74	-0,40				19:00		1,08	-0,06		
	20:00		0,41	-0,73	1,20			20:00		0,59	-0,55		
	21:00		0,35	-0,79				21:00		0,28	-0,86	0,20	
	22:00		0,57	-0,57	2,80			22:00		0,27	-0,87	0,20	
	23:00		0,99	-0,15	0,60			23:00		0,56	-0,58		

**APÊNDICE A.2 – DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE MARÉ DISCRETIZADA -
AGOSTO**

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
1	0:00		1,05	-0,09	0,20	19,00	2	0:00		0,61	-0,53	1,60	13,20
	1:00		1,58	0,44	0,40			1:00		1,14	0,00	2,00	
	2:00		2,05	0,91				2:00		1,70	0,56	2,00	
	3:00		2,40	1,26				3:00		2,19	1,05	2,40	
	4:00		2,50	1,36				4:00		2,52	1,38	4,00	
	5:00		2,27	1,13				5:00		2,55	1,41		
	6:00		1,80	0,66				6:00		2,25	1,11		
	7:00		1,22	0,08				7:00		1,73	0,59		
	8:00		0,64	-0,50				8:00		1,12	-0,02	1,20	
	9:00		0,19	-0,95				9:00	0,86	0,53	-0,61		
	10:00		0,01	-1,13	0,40			10:00	0,69	0,10	-1,04		
	11:00		0,17	-0,97				11:00	0,60	-0,02	-1,16		
	12:00		0,59	-0,55				12:00	0,00	0,19	-0,95		
	13:00		1,13	-0,01				13:00	0,48	0,65	-0,49		
	14:00		1,68	0,54	1,20			14:00		1,23	0,09		
	15:00		2,15	1,01	3,80			15:00	0,60	1,78	0,64		
	16:00		2,42	1,28	2,60			16:00	0,53	2,23	1,09		
	17:00		2,38	1,24	0,20			17:00	0,94	2,45	1,31		
	18:00		2,03	0,89				18:00		2,33	1,19		
	19:00		1,51	0,37	0,40			19:00		1,92	0,78		
	20:00		0,95	-0,19	1,40			20:00		1,38	0,24		
	21:00		0,46	-0,68	3,00			21:00		0,82	-0,32		
	22:00		0,19	-0,95	3,80			22:00		0,37	-0,77		
	23:00		0,25	-0,89	1,60			23:00		0,17	-0,97		
3	0:00		0,29	-0,85		1,40	4	0:00		0,21	-0,93		1,20
	1:00		0,70	-0,44				1:00		0,38	-0,76		
	2:00		1,26	0,12				2:00		0,81	-0,33		
	3:00		1,81	0,67				3:00		1,36	0,22		
	4:00		2,28	1,14				4:00		1,88	0,74		
	5:00		2,56	1,42				5:00		2,30	1,16		
	6:00		2,53	1,39				6:00		2,52	1,38		
	7:00		2,17	1,03				7:00		2,43	1,29		
	8:00		1,63	0,49				8:00		2,05	0,91		
	9:00		1,03	-0,11				9:00	0,91	1,53	0,39		
	10:00		0,47	-0,68				10:00		0,97	-0,17		
	11:00	0,49	0,09	-1,05				11:00		0,48	-0,67		
	12:00	0,44	0,03	-1,11				12:00		0,17	-0,97		
	13:00	0,37	0,28	-0,86				13:00		0,15	-0,99		
	14:00	0,40	0,76	-0,38				14:00		0,42	-0,72		
	15:00		1,33	0,19	1,40			15:00		0,90	-0,24		
	16:00		1,86	0,72				16:00		1,42	0,28		
	17:00		2,26	1,12				17:00		1,88	0,74		
	18:00		2,40	1,26				18:00		2,21	1,07		
	19:00		2,21	1,07				19:00		2,29	1,15		
	20:00		1,78	0,64				20:00		2,06	0,92		
	21:00		1,25	0,11				21:00		1,64	0,50		
	22:00		0,73	-0,41				22:00		1,15	0,01	0,20	
	23:00		0,34	-0,80				23:00		0,70	-0,44	1,00	

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
5	0:00		0,38	-0,76		2,20	6	0:00		0,73	-0,41		6,00
	1:00		0,30	-0,84				1:00		0,47	-0,67		
	2:00		0,51	-0,63				2:00		0,43	-0,71		
	3:00		0,93	-0,21				3:00		0,64	-0,50		
	4:00		1,43	0,29				4:00		1,02	-0,13	2,40	
	5:00		1,88	0,74				5:00		1,44	0,30		
	6:00		2,24	1,10				6:00		1,82	0,68	0,40	
	7:00		2,40	1,26				7:00		2,12	0,98		
	8:00		2,28	1,14	0,20			8:00		2,24	1,10		
	9:00		1,92	0,78				9:00	0,88	2,12	0,98	0,20	
	10:00		1,46	0,32				10:00	0,73	1,81	0,67	0,40	
	11:00		0,98	-0,16				11:00		1,44	0,30		
	12:00		0,55	-0,59				12:00	0,38	1,04	-0,10		
	13:00		0,31	-0,84				13:00	0,36	0,68	-0,46		
	14:00		0,32	-0,82				14:00		0,48	-0,66		
	15:00		0,59	-0,55				15:00		0,50	-0,64	2,40	
	16:00		1,02	-0,12				16:00		0,74	-0,40	0,20	
	17:00		1,46	0,32				17:00		1,10	-0,04		
	18:00		1,85	0,71				18:00		1,46	0,32		
	19:00		2,12	0,98				19:00		1,78	0,64		
	20:00		2,14	1,00				20:00		2,00	0,86		
	21:00		1,90	0,76	1,00			21:00		1,99	0,85		
	22:00		1,52	0,38	1,00			22:00		1,77	0,63		
	23:00		1,11	-0,03				23:00		1,45	0,31		
7	0:00		1,12	-0,02		7,80	8	0:00		1,45	0,31		6,00
	1:00		0,80	-0,34				1:00		1,17	0,03	0,20	
	2:00		0,59	-0,55				2:00		0,90	-0,24		
	3:00		0,56	-0,58				3:00		0,70	-0,44		
	4:00		0,74	-0,40				4:00		0,66	-0,49	1,60	
	5:00		1,04	-0,10				5:00		0,78	-0,36		
	6:00		1,38	0,24				6:00		1,02	-0,12	1,20	
	7:00		1,70	0,56				7:00		1,29	0,15	0,40	
	8:00		1,96	0,82				8:00		1,57	0,43	2,20	
	9:00		2,07	0,93	0,20			9:00		1,81	0,67		
	10:00		1,97	0,83	0,80			10:00		1,93	0,79	0,20	
	11:00		1,74	0,60	4,20			11:00		1,88	0,74		
	12:00		1,46	0,32	1,20			12:00		1,72	0,58		
	13:00		1,13	-0,01				13:00		1,50	0,36		
	14:00		0,83	-0,31				14:00		1,23	0,09		
	15:00		0,65	-0,49				15:00		0,95	-0,19		
	16:00		0,66	-0,48	1,00			16:00		0,77	-0,37		
	17:00		0,84	-0,30	0,40			17:00		0,75	-0,39		
	18:00		1,12	-0,02				18:00		0,89	-0,26	0,20	
	19:00		1,42	0,28				19:00		1,11	-0,03		
	20:00		1,70	0,56				20:00		1,37	0,23		
	21:00		1,88	0,74				21:00		1,63	0,49		
	22:00		1,87	0,73				22:00		1,81	0,67		
	23:00		1,69	0,55				23:00		1,82	0,68		

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
9	0:00		1,69	0,55		0,00	10	0:00		1,83	0,69		0,00
	1:00		1,49	0,35				1:00		1,73	0,59		
	2:00		1,25	0,11				2:00		1,55	0,41		
	3:00		0,98	-0,16				3:00		1,31	0,17		
	4:00		0,77	-0,37				4:00		1,01	-0,13		
	5:00		0,69	-0,45				5:00		0,77	-0,37		
	6:00		0,77	-0,38				6:00		0,66	-0,48		
	7:00		0,95	-0,19				7:00		0,71	-0,43		
	8:00		1,19	0,05				8:00		0,88	-0,26		
	9:00		1,45	0,31				9:00		1,11	-0,03		
	10:00		1,71	0,57				10:00		1,39	0,25		
	11:00		1,85	0,71				11:00		1,67	0,53		
	12:00		1,84	0,70				12:00		1,84	0,70		
	13:00		1,74	0,60				13:00		1,85	0,71		
	14:00		1,56	0,42				14:00		1,76	0,62		
	15:00		1,30	0,16				15:00		1,58	0,44		
	16:00		1,01	-0,13				16:00		1,30	0,16		
	17:00		0,81	-0,33				17:00		0,99	-0,15		
	18:00		0,77	-0,37				18:00		0,78	-0,36		
	19:00		0,88	-0,26				19:00		0,74	-0,40		
	20:00		1,09	-0,05				20:00		0,86	-0,28		
	21:00		1,34	0,20				21:00		1,08	-0,06		
	22:00		1,61	0,47				22:00		1,35	0,21		
	23:00		1,80	0,66				23:00		1,65	0,51		
11	0:00		1,86	0,72		0,00	12	0:00		1,76	0,62		7,00
	1:00		1,90	0,76				1:00		1,97	0,83	0,20	
	2:00		1,79	0,65				2:00		1,98	0,84		
	3:00		1,60	0,46				3:00		1,84	0,70	0,20	
	4:00		1,31	0,17				4:00		1,60	0,46	1,80	
	5:00		0,98	-0,17				5:00		1,24	0,10	1,00	
	6:00		0,71	-0,44				6:00		0,87	-0,27		
	7:00		0,59	-0,55				7:00		0,60	-0,54	1,80	
	8:00		0,65	-0,49				8:00		0,51	-0,63		
	9:00		0,83	-0,31				9:00	0,40	0,61	-0,53	0,20	
	10:00		1,09	-0,05				10:00	0,39	0,83	-0,31		
	11:00		1,41	0,27				11:00	0,39	1,14	0,00		
	12:00		1,71	0,57				12:00	0,39	1,50	0,36		
	13:00		1,88	0,74				13:00	0,46	1,81	0,67		
	14:00		1,88	0,74				14:00	0,50	1,95	0,81		
	15:00		1,78	0,64				15:00		1,91	0,77		
	16:00		1,55	0,41				16:00		1,74	0,60		
	17:00		1,22	0,08				17:00		1,45	0,31		
	18:00		0,89	-0,25				18:00		1,07	-0,07		
	19:00		0,70	-0,44				19:00		0,75	-0,39		
	20:00		0,69	-0,45				20:00		0,59	-0,55		
	21:00		0,85	-0,30				21:00		0,64	-0,50	1,80	
	22:00		1,10	-0,04				22:00		0,87	-0,28		
	23:00		1,43	0,29				23:00		1,18	0,04		

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
13	0:00		1,56	0,42		7,40	14	0:00		1,32	0,18	1,60	10,40
	1:00		1,91	0,77				1:00		1,73	0,59		
	2:00		2,09	0,95				2:00		2,07	0,93	2,20	
	3:00		2,05	0,91				3:00		2,20	1,06	1,20	
	4:00		1,85	0,71				4:00		2,08	0,94	0,40	
	5:00		1,52	0,38				5:00		1,78	0,64		
	6:00		1,10	-0,04				6:00		1,37	0,23		
	7:00		0,71	-0,43	0,20			7:00		0,92	-0,22		
	8:00		0,47	-0,67				8:00		0,55	-0,59		
	9:00	0,34	0,45	-0,70				9:00	0,44	0,37	-0,77		
	10:00	0,34	0,61	-0,53				10:00	0,40	0,43	-0,71		
	11:00	0,33	0,91	-0,24				11:00	0,39	0,68	-0,46	0,20	
	12:00		1,27	0,13				12:00	0,36	1,04	-0,10		
	13:00		1,66	0,52				13:00	0,36	1,45	0,31		
	14:00		1,95	0,81				14:00	0,36	1,84	0,70	0,80	
	15:00		2,02	0,88				15:00		2,08	0,94	2,00	
	16:00		1,91	0,77				16:00	0,75	2,06	0,92	0,20	
	17:00		1,65	0,51				17:00	0,79	1,84	0,70		
	18:00		1,28	0,14				18:00		1,49	0,35		
	19:00		0,88	-0,26				19:00		1,07	-0,07	0,60	
	20:00		0,59	-0,55				20:00		0,68	-0,46	0,40	
	21:00		0,50	-0,64	3,20			21:00		0,45	-0,69	0,20	
	22:00		0,64	-0,50	2,00			22:00		0,46	-0,68	0,60	
	23:00		0,94	-0,20	2,00			23:00		0,70	-0,44		
15	0:00		1,07	-0,07		17,40	16	0:00		0,82	-0,32	0,20	3,60
	1:00		1,50	0,36	1,20			1:00		1,25	0,11	1,40	
	2:00		1,92	0,78				2:00		1,70	0,56		
	3:00		2,22	1,08				3:00		2,09	0,95		
	4:00		2,25	1,11				4:00		2,31	1,17		
	5:00		2,02	0,88				5:00		2,22	1,08		
	6:00		1,64	0,50				6:00		1,89	0,75		
	7:00		1,17	0,03				7:00		1,44	0,30		
	8:00		0,72	-0,42				8:00		0,96	-0,19		
	9:00	0,37	0,40	-0,74				9:00	0,44	0,53	-0,61		
	10:00	0,37	0,32	-0,83	0,20			10:00	0,39	0,31	-0,84		
	11:00	0,37	0,48	-0,66				11:00	0,39	0,34	-0,80	2,00	
	12:00	0,33	0,82	-0,32				12:00	0,36	0,61	-0,53		
	13:00	0,33	1,23	0,09				13:00	0,36	1,02	-0,13		
	14:00	0,40	1,66	0,52				14:00	0,36	1,45	0,31		
	15:00	0,60	2,02	0,88				15:00		1,87	0,73		
	16:00	0,64	2,17	1,03				16:00	0,60	2,15	1,01		
	17:00		2,03	0,89				17:00		2,18	1,04		
	18:00		1,70	0,56				18:00		1,92	0,78		
	19:00		1,29	0,15	0,60			19:00		1,52	0,38		
	20:00		0,85	-0,29	1,20			20:00		1,07	-0,07		
	21:00		0,51	-0,63	8,40			21:00		0,66	-0,48		
	22:00		0,37	-0,77	0,80			22:00		0,40	-0,74		
	23:00		0,50	-0,65	5,00			23:00		0,38	-0,76		

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
17	0:00		0,61	-0,53		7,80	18	0:00		0,47	-0,67		13,60
	1:00		1,00	-0,14				1:00		0,79	-0,36	0,60	
	2:00		1,46	0,32				2:00		1,22	0,08		
	3:00		1,88	0,74				3:00		1,66	0,52	0,20	
	4:00		2,21	1,07				4:00		2,03	0,89		
	5:00		2,31	1,17				5:00		2,25	1,11		
	6:00		2,11	0,97				6:00		2,23	1,09		
	7:00		1,70	0,56				7:00		1,93	0,79		
	8:00		1,22	0,08				8:00		1,47	0,33		
	9:00		0,75	-0,39				9:00		1,00	-0,14		
	10:00		0,41	-0,73				10:00		0,60	-0,54		
	11:00		0,29	-0,85				11:00		0,37	-0,78		
	12:00		0,44	-0,70				12:00		0,37	-0,77		
	13:00		0,80	-0,35				13:00		0,61	-0,53		
	14:00		1,24	0,10				14:00		1,02	-0,12		
	15:00		1,67	0,53				15:00		1,46	0,32		
	16:00		2,03	0,89				16:00		1,84	0,70		
	17:00		2,21	1,07				17:00		2,11	0,97		
	18:00		2,10	0,96				18:00		2,17	1,03	8,40	
	19:00		1,75	0,61				19:00		1,95	0,81	0,20	
	20:00		1,31	0,17				20:00		1,55	0,41		
	21:00		0,87	-0,27	7,80			21:00		1,10	-0,04	3,60	
	22:00		0,53	-0,61				22:00		0,72	-0,42	0,60	
	23:00		0,38	-0,76				23:00		0,48	-0,66		
19	0:00		0,44	-0,70		0,20	20	0:00		0,51	-0,63		0,00
	1:00		0,63	-0,51				1:00		0,57	-0,57		
	2:00		1,00	-0,14				2:00		0,83	-0,31		
	3:00		1,44	0,30				3:00		1,22	0,08		
	4:00		1,82	0,68				4:00		1,61	0,47		
	5:00		2,09	0,95				5:00		1,90	0,76		
	6:00		2,21	1,07				6:00		2,08	0,94		
	7:00		2,08	0,94	0,20			7:00		2,10	0,96		
	8:00		1,71	0,57				8:00		1,89	0,75		
	9:00	0,76	1,26	0,12				9:00		1,50	0,36		
	10:00	0,42	0,84	-0,30				10:00		1,09	-0,05		
	11:00	0,40	0,53	-0,61				11:00		0,75	-0,39		
	12:00	0,40	0,41	-0,73				12:00		0,55	-0,60		
	13:00	0,36	0,51	-0,63				13:00		0,52	-0,62		
	14:00		0,83	-0,32				14:00		0,70	-0,44		
	15:00		1,25	0,11				15:00		1,04	-0,10		
	16:00		1,64	0,50				16:00		1,43	0,29		
	17:00		1,94	0,80				17:00		1,75	0,61		
	18:00		2,10	0,96				18:00		1,95	0,81		
	19:00		2,05	0,91				19:00		2,02	0,88		
	20:00		1,76	0,62				20:00		1,89	0,75		
	21:00		1,34	0,20				21:00		1,56	0,42		
	22:00		0,94	-0,20				22:00		1,17	0,03		
	23:00		0,65	-0,49				23:00		0,85	-0,29		

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
21	0:00		0,65	-0,49		0,00	22	0:00		0,83	-0,31		5,40
	1:00		0,60	-0,54				1:00		0,70	-0,44		
	2:00		0,73	-0,41				2:00		0,71	-0,43		
	3:00		1,03	-0,11				3:00		0,88	-0,26		
	4:00		1,40	0,26				4:00		1,17	0,03		
	5:00		1,71	0,57				5:00		1,49	0,35		
	6:00		1,91	0,77				6:00		1,73	0,59		
	7:00		2,00	0,86				7:00		1,86	0,72		
	8:00		1,95	0,81				8:00		1,90	0,76		
	9:00	0,58	1,70	0,56				9:00		1,81	0,67		
	10:00	0,56	1,33	0,19				10:00		1,57	0,43	0,20	
	11:00		0,99	-0,15				11:00		1,25	0,11		
	12:00	0,40	0,75	-0,39				12:00		0,98	-0,16		
	13:00	0,44	0,62	-0,52				13:00		0,80	-0,34		
	14:00	0,44	0,66	-0,48				14:00		0,73	-0,41		
	15:00	0,44	0,88	-0,26				15:00		0,80	-0,34		
	16:00		1,21	0,07				16:00		1,01	-0,13		
	17:00		1,54	0,40				17:00		1,31	0,17	0,20	
	18:00		1,78	0,64				18:00		1,58	0,44		
	19:00		1,90	0,76				19:00		1,75	0,61		
	20:00		1,90	0,76				20:00		1,82	0,68		
	21:00		1,73	0,59				21:00		1,79	0,65	1,80	
	22:00		1,40	0,26				22:00		1,61	0,47	1,00	
	23:00		1,07	-0,07				23:00		1,32	0,18	2,20	
23	0:00		1,06	-0,09		3,80	24	0:00		1,33	0,19		7,00
	1:00		0,87	-0,27				1:00		1,10	-0,04		
	2:00		0,78	-0,36				2:00		0,94	-0,21	0,40	
	3:00		0,81	-0,33				3:00		0,84	-0,30	0,60	
	4:00		0,97	-0,17				4:00		0,84	-0,30		
	5:00		1,22	0,08				5:00		0,96	-0,18		
	6:00		1,49	0,35				6:00		1,18	0,04		
	7:00		1,68	0,54				7:00		1,42	0,28		
	8:00		1,78	0,64				8:00		1,60	0,46		
	9:00		1,81	0,67				9:00		1,71	0,57	0,20	
	10:00		1,73	0,59				10:00		1,77	0,63		
	11:00		1,51	0,37				11:00		1,72	0,58		
	12:00		1,25	0,11				12:00		1,54	0,40		
	13:00		1,04	-0,10				13:00		1,32	0,18		
	14:00		0,88	-0,26				14:00		1,12	-0,02		
	15:00		0,82	-0,32	0,20			15:00		0,96	-0,18		
	16:00		0,88	-0,26	0,20			16:00		0,86	-0,28		
	17:00		1,07	-0,07	0,20			17:00		0,88	-0,26	0,20	
	18:00		1,32	0,18	0,60			18:00		1,04	-0,10	5,00	
	19:00		1,55	0,41	1,80			19:00		1,27	0,13		
	20:00		1,69	0,55				20:00		1,49	0,35	0,20	
	21:00		1,76	0,62	0,20			21:00		1,65	0,51		
	22:00		1,74	0,60				22:00		1,75	0,61		
	23:00		1,58	0,44	0,60			23:00		1,76	0,62	0,40	

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação	
					Horária	Diária						Horária	Diária
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)
25	0:00		1,63	0,49	0,80	9,20	26	0:00		1,87	0,73		11,60
	1:00		1,41	0,27				1:00		1,76	0,62		
	2:00		1,18	0,04				2:00		1,52	0,38	0,80	
	3:00		0,99	-0,15				3:00		1,26	0,12	0,80	
	4:00		0,83	-0,31	6,20			4:00		0,99	-0,15	1,20	
	5:00		0,78	-0,36				5:00		0,75	-0,39	1,80	
	6:00		0,87	-0,28	2,20			6:00		0,64	-0,51		
	7:00		1,07	-0,07				7:00		0,70	-0,44		
	8:00		1,31	0,17				8:00		0,92	-0,22	5,40	
	9:00		1,52	0,38				9:00		1,20	0,06		
	10:00		1,68	0,54				10:00		1,47	0,33		
	11:00		1,80	0,66				11:00		1,72	0,58		
	12:00		1,79	0,65				12:00		1,91	0,77		
	13:00		1,64	0,50				13:00		1,93	0,79	0,40	
	14:00		1,42	0,28				14:00		1,77	0,63		
	15:00		1,20	0,06				15:00		1,52	0,38	0,80	
	16:00		0,97	-0,17				16:00		1,23	0,09	0,40	
	17:00		0,82	-0,33				17:00		0,92	-0,23		
	18:00		0,80	-0,34				18:00		0,70	-0,45		
	19:00		0,95	-0,19				19:00		0,66	-0,48		
	20:00		1,20	0,06				20:00		0,83	-0,31		
	21:00		1,45	0,31				21:00		1,12	-0,02		
	22:00		1,65	0,51				22:00		1,44	0,30		
	23:00		1,81	0,67				23:00		1,72	0,58		
27	0:00		1,95	0,81		1,40	28	0:00		1,86	0,72	0,20	1,20
	1:00		2,04	0,90				1:00		2,15	1,01	0,80	
	2:00		1,92	0,78				2:00		2,24	1,10	0,20	
	3:00		1,65	0,51				3:00		2,08	0,94		
	4:00		1,30	0,16				4:00		1,73	0,59		
	5:00		0,92	-0,22				5:00		1,28	0,14		
	6:00		0,59	-0,55				6:00		0,79	-0,35		
	7:00		0,44	-0,70				7:00		0,40	-0,74		
	8:00		0,51	-0,63				8:00	0,38	0,23	-0,91		
	9:00		0,77	-0,37				9:00	0,37	0,34	-0,80		
	10:00		1,13	-0,01				10:00	0,36	0,67	-0,47		
	11:00		1,49	0,35				11:00	0,36	1,12	-0,02		
	12:00		1,83	0,69				12:00		1,57	0,43		
	13:00		2,06	0,92				13:00	0,35	1,98	0,84		
	14:00		2,09	0,95				14:00	0,35	2,24	1,10		
	15:00		1,90	0,76				15:00	0,72	2,24	1,10		
	16:00		1,58	0,44				16:00	0,80	1,98	0,84		
	17:00		1,18	0,04				17:00		1,56	0,42		
	18:00		0,78	-0,36				18:00		1,06	-0,08		
	19:00		0,52	-0,62				19:00		0,61	-0,54		
	20:00		0,50	-0,64	0,60			20:00		0,34	-0,80		
	21:00		0,72	-0,42	0,80			21:00		0,36	-0,78		
	22:00		1,09	-0,05				22:00		0,65	-0,49		
	23:00		1,49	0,35				23:00		1,11	-0,03		

Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		Data	Hora	Cota Canal	Máre	Maré IBGE	Precipitação		
					Horária	Diária						Horária	Diária	
		(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)			(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)	
29	0:00	0,40	1,59	0,45		0,00	30	0:00	0,36	1,18	0,04		0,00	
	1:00		2,03	0,89				1:00		1,73	0,59			
	2:00		2,36	1,22				2:00		2,22	1,08			
	3:00		2,42	1,28				3:00		2,54	1,40			
	4:00		2,19	1,05				4:00		2,55	1,41			
	5:00		1,75	0,61				5:00		2,23	1,09			
	6:00		1,19	0,05				6:00		1,70	0,56			
	7:00		0,63	-0,51				7:00		1,07	-0,07			
	8:00		0,20	-0,94				8:00		0,46	-0,68			
	9:00	0,05	-1,09	9:00				0,40	-0,05	-1,19				
	10:00	0,22	-0,92	10:00				0,38	0,20	-0,94				
	11:00	0,64	-0,50	11:00				0,69	-0,45					
	12:00	0,35	1,17	0,03				12:00	1,28	0,14				
	13:00	1,70	0,56	13:00				1,86	0,72					
	14:00	2,16	1,02	14:00				2,32	1,18					
	15:00	2,41	1,27	15:00				2,51	1,37					
	16:00	0,92	2,33	1,19				16:00	2,34	1,20				
	17:00	1,11	1,98	0,84				17:00	1,90	0,76				
	18:00	1,47	0,33	18:00				1,32	0,18					
	19:00	0,90	-0,24	19:00				0,72	-0,42					
	20:00	0,41	-0,73	20:00				0,25	-0,89					
	21:00	0,17	-0,97	21:00				0,07	-1,07					
	22:00	0,26	-0,88	22:00				0,24	-0,90					
	23:00	0,64	-0,50	23:00										
31	0:00		0,70	-0,44		1,40								
	1:00		1,30	0,16										
	2:00		1,89	0,75										
	3:00		2,38	1,24										
	4:00		2,66	1,52										
	5:00		2,59	1,45										
	6:00		2,19	1,05										
	7:00		1,60	0,46										
	8:00		0,93	-0,21										
	9:00		0,33	-0,81										
	10:00		-0,03	-1,17										
	11:00		-0,06	-1,20										
	12:00		0,27	-0,88										
	13:00		0,81	-0,33										
	14:00		1,43	0,29			0,20							
	15:00		2,00	0,86			0,20							
	16:00		2,42	1,28										
	17:00		2,52	1,38										
	18:00		2,26	1,12			1,00							
	19:00		1,75	0,61										
	20:00		1,15	0,01										
	21:00		0,56	-0,58										
	22:00		0,15	-1,00										
	23:00		0,05	-1,09										

APÊNDICE B – DADOS DAS SUB-BACIAS

Sub-bacia	Área (ha)	Le (m)	Decliv.(%)	CN		Percentual Construído		Área construída (ha)	
				Atual	1974	Atual	1974	Atual	1974
1	9,38	69,36	0,295	85,00	72,83	73,4	32,0	6,88	3,00
2	14,58	295,10	0,804	86,80	64,12	32,5	8,4	4,74	1,23
3	5,80	63,56	0,091	85,00	68,41	60,3	20,0	3,50	1,16
4	3,48	69,23	0,976	87,10	63,84	72,7	7,7	2,53	0,27
5	5,85	129,50	0,136	85,00	70,50	65,0	25,7	3,80	1,50
6	1,54	81,05	0,846	85,00	69,41	55,1	22,7	0,85	0,35
7	2,59	88,44	0,136	85,00	71,20	46,7	27,6	1,21	0,71
8	12,66	142,48	0,143	75,40	63,10	31,2	5,7	3,95	0,72
9	16,25	151,86	0,170	85,00	70,85	61,9	26,6	10,05	4,33
10	4,67	128,75	0,415	84,64	69,99	60,5	24,3	2,83	1,14
11	5,17	136,00	0,168	84,40	67,84	52,4	18,5	2,71	0,96
12	14,15	231,72	0,192	88,18	65,44	48,2	12,0	6,82	1,70
13	3,49	101,11	0,115	85,00	70,48	60,4	25,6	2,11	0,90
14	9,15	167,13	0,210	88,00	70,34	50,0	25,2	4,57	2,31
15	5,02	85,31	0,136	85,00	68,98	49,2	21,6	2,47	1,08
16	3,78	157,67	0,400	92,00	69,67	50,3	23,4	1,90	0,88
17	6,26	131,79	0,164	85,00	71,73	50,3	29,0	3,15	1,82
18	9,69	122,84	0,126	85,00	71,50	58,2	28,4	5,64	2,75
19	2,98	106,77	0,329	85,00	69,60	41,4	23,2	1,23	0,69
20	31,40	314,61	0,078	85,00	64,33	52,5	15,1	16,48	4,75
21	40,26	260,45	0,094	85,00	71,43	66,7	28,2	26,87	11,35
22	7,26	118,35	0,162	86,56	61,00	53,3	0,0	3,87	-
23	8,19	154,80	0,273	85,00	67,77	63,5	18,3	5,20	1,50
24	11,64	228,38	0,242	85,00	63,70	59,0	7,3	6,86	0,85
25	6,16	136,32	0,392	85,00	72,59	72,3	31,3	4,45	1,93
26	27,54	274,80	0,242	80,87	61,81	47,6	2,2	13,10	0,60
27	16,25	162,88	0,207	85,00	68,12	68,8	19,2	11,19	3,12
28	7,59	133,90	0,849	85,00	61,00	54,1	0,0	4,11	-
29	6,30	110,26	0,091	85,00	70,17	65,4	24,8	4,12	1,56
30	2,03	63,63	0,121	55,00	61,00	6,1	0,0	0,12	-
31	5,31	132,42	0,078	85,00	71,10	72,2	27,3	3,84	1,45
32	9,05	137,97	0,338	85,00	66,32	57,0	14,4	5,16	1,30
33	4,02	101,69	0,426	85,00	65,41	57,9	11,9	2,33	0,48

APÊNDICE C – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS - NÍVEL

Nível (m)								
Dia	Hora	Precipitação (mm)	Cenário 1 1974	Cenário 2 Atual	Cenário 3.1 T.V. 30%	Cenário 3.2 T.V. 50%	Cenário 3.3 T.V. 75%	Cenário 3.4 T.V. 100%
22	0:01	1,60	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
	1:00	0,20	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
	2:00	0,80	0,69	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69
	3:00	0,80	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	4:00	1,60	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	5:00	5,60	0,71	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71
	6:00	1,20	0,71	0,73	0,72	0,72	0,72	0,71
	7:00	0,40	0,71	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71
	8:00	2,00	0,71	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71
	9:00	1,40	0,71	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71
	10:00	5,00	0,71	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71
	12:00	1,00	0,72	0,76	0,74	0,73	0,72	0,72
	13:00	5,20	0,72	0,76	0,74	0,73	0,72	0,72
	14:00	0,20	0,72	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72
	15:00	0,00	0,72	0,77	0,74	0,74	0,73	0,72
	16:00	0,00	0,72	0,76	0,73	0,73	0,72	0,72
	17:00	1,00	0,71	0,74	0,72	0,72	0,72	0,71
	18:00	1,00	0,71	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71
	19:00	0,40	0,71	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71
	20:00	1,40	0,71	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71
	21:00	0,20	0,71	0,73	0,72	0,71	0,71	0,71
	22:00	0,00	0,71	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71
	23:00	1,00	0,71	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71
23	0:00	3,20	0,71	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71
	1:00	5,80	0,71	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71
	2:00	0,00	0,72	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72
	3:00	0,00	0,72	0,76	0,74	0,73	0,72	0,72
	4:00	0,00	0,72	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72
	5:00	4,00	0,71	0,74	0,72	0,72	0,72	0,71
	6:00	0,20	0,72	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71
	7:00	4,00	0,71	0,74	0,72	0,72	0,72	0,71
	8:00	6,20	0,72	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72
	9:00	0,20	0,72	0,78	0,75	0,74	0,73	0,72
	10:00	0,00	0,72	0,79	0,76	0,75	0,73	0,72
	11:00	0,00	0,72	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72
	12:00	0,00	0,72	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72
	13:00	0,00	0,72	0,74	0,72	0,72	0,72	0,71
	14:00	1,40	0,71	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71
	15:00	2,20	0,71	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71
	16:00	0,20	0,71	0,73	0,72	0,72	0,72	0,71
	17:00	0,00	0,71	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71
	18:00	0,00	0,71	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71
	19:00	2,60	0,71	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71
	20:00	1,00	0,71	0,73	0,72	0,72	0,72	0,71
	21:00	0,20	0,71	0,73	0,72	0,72	0,72	0,71
	22:00	1,60	0,71	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71
	23:00	5,40	0,71	0,73	0,72	0,72	0,72	0,71

Nível (m)								
Dia	Hora	Precipitação (mm)	Cenário 1 1974	Cenário 2 Atual	Cenário 3.1 T.V. 30%	Cenário 3.2 T.V. 50%	Cenário 3.3 T.V. 75%	Cenário 3.4 T.V. 100%
24	0:00	7,20	0,72	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72
	1:00	3,60	0,72	0,79	0,76	0,75	0,74	0,73
	2:00	6,00	0,73	0,82	0,79	0,77	0,75	0,74
	3:00	1,60	0,74	0,85	0,81	0,79	0,77	0,74
	4:00	14,00	0,74	0,85	0,81	0,79	0,77	0,75
	5:00	5,20	0,75	0,90	0,85	0,83	0,80	0,77
	6:00	4,60	0,76	0,91	0,88	0,85	0,82	0,78
	7:00	1,80	0,77	0,90	0,87	0,85	0,82	0,79
	8:00	2,40	0,77	0,87	0,85	0,83	0,81	0,78
	9:00	2,20	0,76	0,85	0,83	0,82	0,79	0,77
	10:00	1,60	0,76	0,84	0,81	0,80	0,78	0,76
	11:00	0,40	0,75	0,82	0,79	0,78	0,76	0,75
	12:00	0,20	0,75	0,80	0,77	0,77	0,75	0,74
	13:00	0,80	0,74	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73
	14:00	0,20	0,74	0,76	0,74	0,74	0,73	0,73
	15:00	0,00	0,73	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
	16:00	0,00	0,73	0,74	0,73	0,73	0,72	0,72
	17:00	0,00	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72
	18:00	0,00	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72
	19:00	0,00	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71
	20:00	4,60	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71
	21:00	0,60	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72
	22:00	1,20	0,73	0,74	0,73	0,72	0,72	0,72
	23:00	0,60	0,73	0,74	0,73	0,73	0,72	0,72
25	0:00	0,00	0,73	0,74	0,73	0,73	0,72	0,72

APÊNDICE D – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS - VOLUME

Volume (m³)								
Dia	Hora	Precipitação (mm)	Cenário 1 1974	Cenário 2 Atual	Cenário 3.1 T.V. 30%	Cenário 3.2 T.V. 50%	Cenário 3.3 T.V. 75%	Cenário 3.4 T.V. 100%
22	0:01	1,60	389,76	389,76	390,01	390,01	390,01	390,01
	1:00	0,20	659,03	659,43	659,42	659,37	659,31	659,25
	2:00	0,80	686,61	690,08	688,94	688,32	687,59	686,77
	3:00	0,80	708,62	709,71	708,73	708,60	708,23	707,45
	4:00	1,60	708,71	711,30	708,90	708,60	708,32	708,12
	5:00	5,60	709,20	715,46	711,02	710,19	709,32	708,60
	6:00	1,20	712,05	738,99	726,20	721,82	717,24	713,04
	7:00	0,40	711,73	753,11	733,04	725,91	718,28	712,62
	8:00	2,00	712,57	751,15	731,72	725,03	718,02	712,44
	9:00	1,40	713,42	749,18	730,39	724,44	718,22	713,13
	10:00	5,00	712,98	748,62	728,97	723,26	717,38	712,82
	11:00	1,20	715,86	767,61	741,67	733,38	724,68	717,38
	12:00	1,00	715,24	776,47	746,13	736,00	725,45	717,10
	13:00	5,20	715,15	769,76	741,73	732,77	723,34	715,90
	14:00	0,20	718,15	784,32	752,11	741,26	729,83	720,28
	15:00	0,00	716,20	784,31	750,40	739,23	727,50	718,27
	16:00	0,00	714,73	765,77	738,35	730,14	721,56	714,92
	17:00	1,00	712,79	746,09	725,96	720,75	715,56	711,77
	18:00	1,00	711,93	734,29	719,37	716,12	712,92	710,76
	19:00	0,40	711,38	730,02	717,12	714,57	712,16	710,39
	20:00	1,40	710,74	726,52	714,98	712,97	711,08	709,71
	21:00	0,20	711,03	726,58	715,82	713,83	711,78	710,17
	22:00	0,00	710,47	724,71	714,46	712,64	710,86	709,54
	23:00	1,00	710,14	720,79	712,45	711,19	709,97	709,07
23	0:00	3,20	710,36	719,50	712,51	711,42	710,31	709,37
	1:00	5,80	711,80	729,42	719,17	716,75	714,07	711,61
	2:00	0,00	715,15	761,37	738,94	731,92	724,35	717,56
	3:00	0,00	714,43	771,62	744,07	734,70	724,77	716,67
	4:00	0,00	714,12	758,70	735,60	728,35	720,61	714,50
	5:00	4,00	712,50	742,03	724,54	719,84	715,09	711,60
	6:00	0,20	714,15	745,67	728,01	723,25	718,23	714,05
	7:00	4,00	712,45	745,90	726,09	721,05	716,04	712,20
	8:00	6,20	715,29	756,92	734,65	728,28	721,43	715,71
	9:00	0,20	720,35	797,05	761,22	748,95	735,59	724,21
	10:00	0,00	720,65	808,24	767,93	753,46	737,89	724,87
	11:00	0,00	719,63	788,46	754,71	743,37	731,27	721,40
	12:00	0,00	716,79	763,59	738,02	730,65	722,78	716,65
	13:00	0,00	714,37	743,78	725,34	720,97	716,44	713,01
	14:00	1,40	712,74	730,38	717,41	715,00	712,62	711,01
	15:00	2,20	712,68	726,12	715,81	714,19	712,53	711,14
	16:00	0,20	713,39	731,69	719,67	717,37	714,81	712,50
	17:00	0,00	712,76	732,40	719,31	716,70	713,93	711,71
	18:00	0,00	712,58	728,28	717,24	715,06	712,84	711,10
	19:00	2,60	712,11	723,09	714,34	712,92	711,50	710,38
	20:00	1,00	713,44	727,31	718,06	716,21	714,14	712,15
	21:00	0,20	713,17	731,74	719,71	717,18	714,44	712,10
	22:00	1,60	713,03	730,70	718,88	716,35	713,68	711,54
	23:00	5,40	713,94	732,01	720,42	717,78	714,96	712,49

Volume (m³)								
Dia	Hora	Precipitação (mm)	Cenário 1 1974	Cenário 2 Atual	Cenário 3.1 T.V. 30%	Cenário 3.2 T.V. 50%	Cenário 3.3 T.V. 75%	Cenário 3.4 T.V. 100%
24	0:00	7,20	718,16	757,00	737,22	731,37	724,93	718,87
	1:00	3,60	725,92	814,91	775,86	761,21	745,29	730,87
	2:00	6,00	732,51	857,58	807,10	785,20	761,27	740,48
	3:00	1,60	741,35	892,53	835,19	808,38	778,08	751,38
	4:00	14,00	742,73	889,76	834,61	808,92	778,96	752,45
	5:00	5,20	761,44	973,64	897,85	861,47	818,40	777,90
	6:00	4,60	775,09	988,12	929,76	895,95	849,44	800,63
	7:00	1,80	783,59	962,90	919,90	895,60	852,80	806,35
	8:00	2,40	780,62	926,49	891,46	872,10	834,48	795,36
	9:00	2,20	773,99	897,70	862,66	844,98	811,25	780,28
	10:00	1,60	767,25	877,81	838,58	821,16	792,45	767,93
	11:00	0,40	761,18	857,68	815,76	799,99	777,05	757,73
	12:00	0,20	754,48	829,93	790,74	778,21	761,33	747,20
	13:00	0,80	747,64	799,44	767,04	758,17	746,90	737,15
	14:00	0,20	742,22	776,59	750,72	744,50	736,80	730,06
	15:00	0,00	737,55	760,23	739,26	734,76	729,46	724,73
	16:00	0,00	733,56	746,96	730,26	727,18	723,67	720,51
	17:00	0,00	730,12	736,52	723,51	721,50	719,30	717,27
	18:00	0,00	727,24	729,03	718,79	717,53	716,15	714,84
	19:00	0,00	724,87	723,77	715,60	714,79	713,98	713,20
	20:00	4,60	722,93	720,14	713,52	713,04	712,57	712,06
	21:00	0,60	726,78	734,59	724,61	722,49	719,97	717,09
	22:00	1,20	727,64	744,08	729,07	725,44	721,50	717,74
	23:00	0,60	729,40	747,60	731,85	727,66	723,06	718,69
25	0:00	0,00	729,27	746,77	730,98	726,82	722,33	718,19

APÊNDICE E – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS - VAZÃO

Vazão (m³/s)								
Dia	Hora	Precipitação (mm)	Cenário 1 1974	Cenário 2 Atual	Cenário 3.1 T.V. 30%	Cenário 3.2 T.V. 50%	Cenário 3.3 T.V. 75%	Cenário 3.4 T.V. 100%
22	0:01	1,60	-0,93	-0,93	-0,94	-0,94	-0,94	-0,94
	1:00	0,20	-0,95	-0,94	-0,94	-0,94	-0,94	-0,94
	2:00	0,80	-0,66	-0,61	-0,63	-0,64	-0,65	-0,66
	3:00	0,80	0,11	0,20	0,12	0,08	-0,05	-0,13
	4:00	1,60	0,13	0,28	0,15	0,12	0,09	0,06
	5:00	5,60	0,17	0,42	0,26	0,23	0,18	0,12
	6:00	1,20	0,31	0,88	0,66	0,57	0,46	0,34
	7:00	0,40	0,29	1,09	0,79	0,66	0,49	0,33
	8:00	2,00	0,33	1,07	0,77	0,64	0,49	0,32
	9:00	1,40	0,36	1,04	0,74	0,63	0,49	0,35
	10:00	5,00	0,34	1,03	0,72	0,60	0,47	0,34
	11:00	1,20	0,43	1,29	0,92	0,79	0,63	0,47
	12:00	1,00	0,41	1,40	0,99	0,84	0,65	0,46
	13:00	5,20	0,41	1,31	0,93	0,78	0,61	0,43
	14:00	0,20	0,49	1,49	1,08	0,92	0,73	0,54
	15:00	0,00	0,44	1,50	1,06	0,89	0,69	0,49
	16:00	0,00	0,40	1,26	0,88	0,74	0,57	0,40
	17:00	1,00	0,34	0,99	0,66	0,55	0,42	0,30
	18:00	1,00	0,30	0,81	0,52	0,44	0,34	0,25
	19:00	0,40	0,28	0,73	0,46	0,39	0,31	0,24
	20:00	1,40	0,25	0,67	0,40	0,34	0,27	0,20
	21:00	0,20	0,27	0,67	0,43	0,37	0,30	0,23
	22:00	0,00	0,24	0,63	0,39	0,33	0,26	0,19
	23:00	1,00	0,22	0,55	0,32	0,27	0,22	0,16
23	0:00	3,20	0,24	0,52	0,32	0,28	0,23	0,18
	1:00	5,80	0,30	0,72	0,51	0,45	0,37	0,29
	2:00	0,00	0,41	1,20	0,88	0,77	0,62	0,47
	3:00	0,00	0,39	1,34	0,96	0,82	0,64	0,45
	4:00	0,00	0,38	1,17	0,83	0,70	0,55	0,39
	5:00	4,00	0,32	0,93	0,63	0,53	0,41	0,29
	6:00	0,20	0,38	0,99	0,70	0,60	0,49	0,37
	7:00	4,00	0,32	0,99	0,66	0,56	0,43	0,31
	8:00	6,20	0,41	1,14	0,81	0,70	0,56	0,42
	9:00	0,20	0,54	1,65	1,20	1,03	0,83	0,62
	10:00	0,00	0,55	1,78	1,29	1,10	0,87	0,64
	11:00	0,00	0,52	1,55	1,12	0,95	0,76	0,56
	12:00	0,00	0,45	1,24	0,87	0,75	0,60	0,45
	13:00	0,00	0,39	0,96	0,65	0,56	0,45	0,34
	14:00	1,40	0,33	0,74	0,47	0,41	0,33	0,27
	15:00	2,20	0,33	0,66	0,43	0,38	0,32	0,27
	16:00	0,20	0,35	0,76	0,52	0,47	0,40	0,32
	17:00	0,00	0,33	0,78	0,52	0,45	0,37	0,29
	18:00	0,00	0,33	0,70	0,47	0,41	0,34	0,27
	19:00	2,60	0,31	0,60	0,39	0,34	0,29	0,24
	20:00	1,00	0,36	0,68	0,48	0,44	0,38	0,31
	21:00	0,20	0,35	0,76	0,53	0,46	0,39	0,31
	22:00	1,60	0,34	0,75	0,51	0,44	0,36	0,29
	23:00	5,40	0,37	0,77	0,54	0,48	0,40	0,32

Vazão (m³/s)								
Dia	Hora	Precipitação (mm)	Cenário 1 1974	Cenário 2 Atual	Cenário 3.1 T.V. 30%	Cenário 3.2 T.V. 50%	Cenário 3.3 T.V. 75%	Cenário 3.4 T.V. 100%
24	0:00	7,20	0,49	1,14	0,86	0,76	0,64	0,50
	1:00	3,60	0,66	1,85	1,39	1,20	0,98	0,75
	2:00	6,00	0,78	2,33	1,76	1,51	1,20	0,91
	3:00	1,60	0,92	2,71	2,08	1,78	1,42	1,07
	4:00	14,00	0,94	2,68	2,08	1,79	1,43	1,08
	5:00	5,20	1,21	3,60	2,77	2,37	1,89	1,41
	6:00	4,60	1,38	3,76	3,12	2,75	2,24	1,69
	7:00	1,80	1,49	3,48	3,01	2,75	2,28	1,76
	8:00	2,40	1,45	3,09	2,70	2,49	2,08	1,63
	9:00	2,20	1,37	2,77	2,39	2,19	1,81	1,45
	10:00	1,60	1,28	2,55	2,12	1,93	1,59	1,29
	11:00	0,40	1,20	2,33	1,86	1,68	1,41	1,16
	12:00	0,20	1,11	2,03	1,57	1,42	1,21	1,01
	13:00	0,80	1,02	1,68	1,28	1,16	1,01	0,86
	14:00	0,20	0,94	1,40	1,06	0,97	0,85	0,74
	15:00	0,00	0,86	1,19	0,89	0,82	0,73	0,63
	16:00	0,00	0,80	1,01	0,74	0,68	0,61	0,54
	17:00	0,00	0,74	0,85	0,61	0,57	0,52	0,47
	18:00	0,00	0,68	0,72	0,51	0,47	0,44	0,40
	19:00	0,00	0,64	0,62	0,42	0,40	0,37	0,35
	20:00	4,60	0,60	0,54	0,36	0,34	0,33	0,31
	21:00	0,60	0,67	0,81	0,63	0,59	0,53	0,46
	22:00	1,20	0,69	0,96	0,72	0,65	0,57	0,48
	23:00	0,60	0,72	1,01	0,77	0,69	0,60	0,50
25	0:00	0,00	0,72	1,00	0,75	0,68	0,58	0,49