

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Weberth Ferreira Felix

**Manejo de águas pluviais: Estudo de melhorias utilizando modelo chuva-vazão
na drenagem da Cooperativa dos Catadores da Vila Emater - COOPVILA,
localizada no município de Maceió/AL**

Maceió

2023

Weberth Ferreira Felix

**Manejo de águas pluviais: Estudo de melhorias utilizando modelo chuva-vazão
na drenagem da Cooperativa dos Catadores da Vila Emater - COOPVILA,
localizada no município de Maceió/AL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Professora Dra. Daysy Lira Oliveira Cavalcanti.

Maceió

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

F316m Felix, Weberth Ferreira.

Manejo de águas pluviais : estudo de melhorias utilizando modelo chuva-vazão na drenagem da Cooperativa de Catadores da Vila Emater - COOPVILA, localizada no município de Maceió/AL / Weberth Ferreira Felix. – Maceió, 2023.
[90] f. : il., grafs. e tabs. color.

Orientadora: Daysy Lira Oliveira Cavalcanti.

Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 59-62.

Anexos: f. [63]-[90].

1. Drenagem pluvial. 2. Inundações. 3. Modelo chuva-vazão. I. Título.

CDU: 626.86

RESUMO

Os centros urbanos brasileiros apresentam um processo de urbanização desordenado, o que tem impacto negativo no ciclo hidrológico, causando inundações, enchentes e deslizamentos. A drenagem sustentável surge como uma alternativa à abordagem convencional da engenharia, buscando reduzir o escoamento superficial através de técnicas alternativas como infiltração, evaporação, evapotranspiração ou armazenamento temporário da água precipitada. A captação da água da chuva, com o emprego de reservatório de detenção, é uma prática sustentável que tem como objetivo reduzir o escoamento superficial e prevenir enchentes em áreas urbanas. Essa técnica consiste em coletar a água da chuva em um reservatório temporário, que retém a água durante o período de pico da chuva e a libera gradualmente no sistema de drenagem. Dessa forma, é possível controlar o fluxo de água e evitar problemas ambientais e estruturais. Ademais, observa-se a importância dos modelos matemáticos computacionais do tipo hidrológico-hidráulico, que realizam a simulação do escoamento superficial provocado no local, auxiliando na gestão das águas pluviais. Diante do exposto, simulou-se a eficiência da captação da água que atinge os telhados da Cooperativa de Catadores da Vila Emater – COOPVILA na redução do escoamento superficial lançado diretamente sobre a área do terreno, realizando a separação da parcela que atinge os telhados e encaminhando-as para a área externa do local de estudo, sem que contribuam no volume escoado no terreno. Assim, foi desenvolvido o projeto de águas pluviais do local, com a aplicação de um microreservatório de detenção, para reduzir o escoamento para jusante. O estudo foi realizado simulando-se os cenários antes e depois da instalação do sistema no local de estudo, através do software SWMM 5.1 (*Storm Water Management Model 5.1*).

Palavras-chave: Drenagem pluvial; Inundações; Modelo chuva-vazão.

ABSTRACT

Brazilian urban centers present a disorderly urbanization process, which has a negative impact on the hydrological cycle, causing floods, overflowing, and landslides. Sustainable drainage emerges as an alternative to the conventional engineering approach, seeking to reduce surface runoff through alternative techniques such as infiltration, evaporation, evapotranspiration, or temporary storage of precipitation. Rainwater harvesting, using a detention reservoir, is a sustainable practice that aims to reduce surface runoff and prevent flooding in urban areas. This technique involves collecting rainwater in a temporary reservoir that retains the water during the peak of the rainfall and gradually releases it into the drainage system. Thus, it is possible to control the flow of water and avoid environmental and structural problems. In addition, the importance of hydrological-hydraulic computational mathematical models is observed, which simulate surface runoff at the site, assisting in the management of rainwater. In light of this, the efficiency of water harvesting that reaches the roofs of the Cooperativa de Catadores da Vila Emater - COOPVILA was simulated to reduce the surface runoff directly discharged onto the site's area, separating the portion that reaches the roofs and redirecting it to the external area of the study site without contributing to the volume discharged on the ground. Thus, a rainwater project was developed for the site, with the application of a micro-detention reservoir, to reduce runoff downstream. The study was carried out by simulating scenarios before and after the system's installation at the study site, using the SWMM 5.1 software (Storm Water Management Model 5.1).

Keywords: Rainwater Drainage; Waterproofing; Rain-flow model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagem da população que vive em área urbana, por Região.....	13
Figura 2 - Evolução da gestão da drenagem urbana ao longo dos anos.	16
Figura 3 – Exemplos de sistemas não-convencionais – Pavimentos permeáveis....	17
Figura 4 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais - Calha com saída em aresta viva.	22
Figura 5 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais – Calha com Funil de saída.	23
Figura 6 - Fluxogramas geral dos objetivos, metodologias e resultados.	28
Figura 7 – Localização COOPVILA.	29
Figura 8 - Área do terreno.	30
Figura 9 - Fachada frontal do Galpão de Triagem.....	31
Figura 10 - Maquinário utilizado.	31
Figura 11 - Galpão de Triagem da COOPVILA durante o evento chuvoso do dia 21 de março de 2022.	32
Figura 12 - Calhas e condutores verticais.	33
Figura 13 – Saída das tubulações no terreno.....	33
Figura 14 - Precipitação Total (30/04/20 – 01/05/20).	35
Figura 15 - Curva envelope.	37
Figura 16 - Curva IDF de Maceió.	38
Figura 17 - Configuração Cenário 1.	39
Figura 18 – Configuração Cenário 2.....	43
Figura 19 - Configuração Cenário 3.	43
Figura 20 - Área de contribuição.	45
Figura 21 - Curva envelope obtida para o reservatório de detenção.....	47
Figura 22 - Uso e ocupação do solo do local de estudo.	49
Figura 23 - Mapa pedológico da bacia de estudo.....	51
Figura 24 - Hidrograma simulado no cenário 1 – Exutório do terreno.	52
Figura 25 - Hidrograma simulado no Cenário 2 – Exutório do terreno.	53
Figura 26 - Hidrograma simulado no Cenário 3 – Exutório do terreno.	54
Figura 27 - Hidrogramas dos cenários simulados – Exutório do Terreno.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de retorno (T).....	20
Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade.	21
Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade n=0,011.	21
Tabela 4 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.	22
Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.).	23
Tabela 6 - Tipologia de uso e ocupação do solo.....	39
Tabela 7 - Coeficientes de rugosidade para as classes de solo.	40
Tabela 8 - Armazenamento em depressões.	40
Tabela 9 - Vazão de projeto.....	45
Tabela 10 – Diferença entre a precipitação e a saída acumulada, e mm.	47
Tabela 11 - Dimensões do reservatório de detenção.	48
Tabela 12 – Áreas das classes de uso e ocupação do solo.	49
Tabela 13 – Áreas das microbacias.....	49
Tabela 14 - Valores de coeficiente de rugosidade e capacidade de armazenamento.	50
Tabela 15 - Valores de CN adotados.....	51
Tabela 16 – Volume escoado e vazão máxima simulados no Cenário 1.....	51
Tabela 17 - Relação cota-área da curva de armazenamento do reservatório.	52
Tabela 18 - Volume e vazão de pico simulados no Cenário 2.	53
Tabela 19 – Volume e vazão de pico simulados no cenário 3.	54
Tabela 20 – Eficiência de redução em relação ao cenário 1.	55
Tabela 21 – Eficiência de redução pela aplicação do microreservatório de detenção – Cenário 2.....	56

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Vazão de projeto.	19
Equação 2 - Vazão de projeto.	20
Equação 3 – Coeficiente de rugosidade de Manning médio.	40
Equação 4 - Profundidade de armazenamento em depressões média.	41
Equação 5 – Curva-número médio.	41
Equação 6 - Eficiência de redução do volume escoado.	44
Equação 7 - Eficiência de redução da vazão de pico.	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos Específicos	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1	Drenagem de águas pluviais	13
3.1.1	Drenagem Convencional.....	14
3.1.2	Drenagem Sustentável.....	15
3.1.2.1	Reservatórios de detenção	18
3.2	Projeto de águas pluviais	19
3.2.1	Dimensionamento do projeto	19
3.3	Modelo Chuva-Vazão.....	24
3.3.1	SWMM: Parâmetros para simulação.....	24
4	MÉTODOS.....	27
4.1	Caracterização da área de estudo	29
4.2	Levantamento de dados.....	34
4.2.1	Levantamento topográfico.....	34
4.2.2	Componentes do sistema de drenagem	34
4.2.3	Dados hidrológicos.....	35
4.3	Dimensionamento do Projeto de Águas Pluviais – Galpão de Triagem	36
4.3.1	Microreservatório de detenção.....	37
4.4	Elaboração do modelo Chuva-Vazão da situação atual – Cenário 1	38
4.5	Desenvolvimento dos cenários com intervenções	42
4.5.1	Simulação do Cenário 2	42
4.5.2	Simulação do cenário 3.....	43
4.6	Análise comparativa dos cenários.....	44
5	RESULTADOS	45
5.1	Projeto de drenagem de águas pluviais	45
5.1.1	Microreservatório de detenção.....	46
5.2	Simulação do Cenário 1	48
5.3	Cenários com intervenções.....	52
5.2.1	Simulação do Cenário 2	52
5.2.3	Simulação do Cenário 3.....	53
5.4	Análise comparativa dos resultados das simulações	54

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	57
REFERÊNCIAS	59
ANEXO I – LEVANTAMENTO TOPOGRAFICO	63
ANEXO II – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	64
ANEXO III – PROJETO DE ÁGUAS PLUVIAIS	90

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, tem sido observado um crescimento significativo da população brasileira, sobretudo nas grandes cidades, o que tem contribuído para uma ocupação desordenada do solo. Essa urbanização caótica e a impermeabilização do solo sem critérios têm gerado impactos significativos no ciclo hidrológico, agravando a frequência e magnitude de inundações e enchentes (TUCCI, 1997; DIAS E ANTUNES, 2010). A adoção de práticas de impermeabilização reduz a capacidade de absorção da água pelo solo, ocasionando um aumento no escoamento superficial e na velocidade da água. Historicamente, a canalização da água da chuva tem sido utilizada como solução para inundações e alagamentos, visando a rápida remoção da água do local. No entanto, essa abordagem tem gerado problemas em áreas a jusante, causando a diminuição do tempo de concentração da bacia, aumentando as vazões de pico, o transporte de sedimentos e a degradação da qualidade da água.

Nesse contexto, é relevante considerar opções como a drenagem sustentável, que busca gerenciar o fluxo de água no local em que ela é produzida através de técnicas compensatórias e contribui para atenuar os impactos negativos da urbanização desordenada no ciclo hidrológico (AGOSTINHO E POLETO, 2012). É possível utilizar as técnicas sustentáveis, como a infiltração no solo e o armazenamento, em conjunto com as estruturas da drenagem convencional para reduzir o escoamento superficial e a vazão de pico, bem como o impacto a jusante. Dentre as técnicas sustentáveis, destaca-se o uso de reservatórios de retenção, que consistem em armazenar temporariamente as águas pluviais no próprio local de geração. Posteriormente, a água armazenada pode ser utilizada para fins menos nobres, contribuindo para a redução de água potável.

Diante do exposto, simulou-se a redução do escoamento superficial lançado diretamente sobre a área do terreno devido a aplicação do projeto de águas pluviais desenvolvido para a Cooperativa dos Catadores da Vila Emater – COOPVILA, localizada em Maceió/AL, onde foi feita a separação da água captada, escoada para a área externa. O local foi escolhido para o estudo por sofrer com eventos de alagamentos, paralisando as atividades em períodos chuvosos. O projeto foi elaborado com a aplicação de um microreservatório de retenção, para redução do volume escoado para jusante. As simulações dos cenários foram realizadas através do *software Storm Water Management Model (SWMM)*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar melhorias para a drenagem pluvial do terreno onde está localizada a Cooperativa dos Catadores da Vila Emater – COOPVILA, situada no município de Maceió/AL.

2.2 Objetivos Específicos

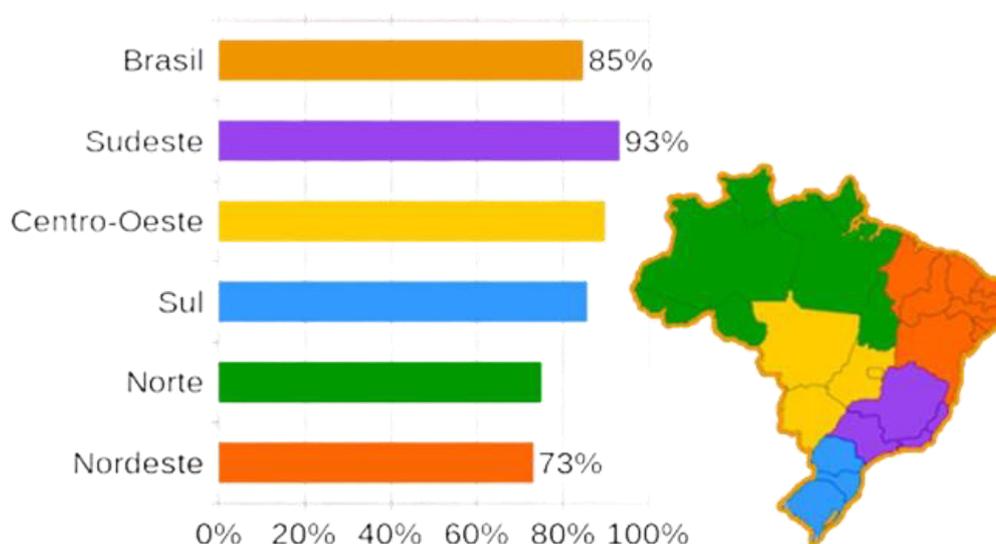
- Desenvolver o projeto de águas pluviais do local, indicar melhorias nos dispositivos já existentes e propor novas soluções para a drenagem;
- Desenvolver o modelo chuva-vazão do local e realizar a simulação de cenários;
- Avaliar a redução do volume escoado e da vazão de pico pela comparação dos cenários desenvolvidos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Drenagem de águas pluviais

O Brasil tem apresentado um aumento populacional significativo desde a década de 60. De acordo com o ranking elaborado pelo Banco Mundial em 2020, com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), o Brasil é o sexto país mais populoso do mundo. Além disso, segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), de 2015, cerca de 85% da população brasileira vive em áreas urbanas, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Porcentagem da população que vive em área urbana, por Região.



Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílios (2015).

Os grandes centros urbanos do Brasil, na maioria das vezes, apresentam o processo de urbanização desordenado e sem planejamento, impermeabilizando o solo sem nenhum critério, que impede ou diminui a sua capacidade de absorver a água da chuva. Essa característica impacta grandemente o ciclo hidrológico natural, causando enchentes, inundações e deslizamentos, interferindo no bem-estar da população.

Essa alteração da dinâmica do ciclo hidrológico pode causar outros impactos negativos, como: intensificação dos processos de erosão do solo e assoreamento dos corpos d'água e das redes de drenagem, devido ao aumento do escoamento superficial e da sua capacidade de arraste, exigindo maior capacidade de escoamento

dos canais; elevação da temperatura, devido aos materiais impermeáveis que são utilizados, que apresentam alta capacidade de absorção de calor; alteração da qualidade da água pluvial devido a poluição difusa; e mudanças no lençol freático.

Assim, a água precipitada que antes ficava retida nas plantas ou infiltrava no solo necessita da adoção de um sistema que seja dedicado a realizar o seu escoamento. A Lei nº 11.445/2007, Lei do Saneamento Básico, em seu artigo 3º, descreve os serviços de drenagem e manejo de águas urbanas como:

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

A drenagem pluvial, também conhecida como drenagem urbana, em seu sentido mais tradicional, consiste em fazer o gerenciamento das águas da chuva que atingem o meio urbano, realizando seu escoamento para jusante do local o mais rápido possível, a partir da execução de projetos e obras, onde pode ser feito a manutenção e aproveitamento de estruturas naturais e o desenvolvimento de estruturas superficiais, de forma a minimizar os impactos causados por inundações e pelo escoamento superficial gerado no local.

Porém, observa-se que a evolução das redes de drenagem não tem acompanhado o rápido crescimento dos ambientes urbanos, tornando-se ineficientes. Além disso, segundo Rocha (2019), essa abordagem torna-se ultrapassada a partir do surgimento da visão que a água da chuva é um recurso a ser aproveitado.

Ademais, de acordo com Canholi (2005), os sistemas de drenagem urbana podem ser classificados em macrodrenagem e microdrenagem. A microdrenagem é composta por elementos projetados para drenar precipitações moderadas, enquanto a macrodrenagem realiza o escoamento final das águas em áreas maiores do que 4km², por meio de coletores e condutos de grande porte.

3.1.1 Drenagem Convencional

Historicamente, a engenharia tem feito uso da abordagem convencional para tratar os problemas relacionados ao excesso de água da chuva, que consiste em utilizar condutos enterrados para realizar o seu transporte para fora do local projetado

o mais rápido possível, atenuando os problemas devido ao escoamento superficial gerado no local.

Porém, esta abordagem resolve apenas o problema hidráulico imediato, atuando localmente e transferindo o problema para jusante. Assim, tem-se o aumento das vazões máximas, da frequência e do nível de inundações fora da área projetada. Além disso, segundo Gonçalves e Nucci (2017), a drenagem convencional ignora o ecossistema fluvial e o uso e cobertura do solo como fatores importantes para o controle dos impactos negativos que os eventos hidrológicos podem causar.

Tucci (2003) observa que ao passo que a urbanização das cidades se intensifica, suas redes de drenagem vão se tornando subdimensionadas, sendo necessário realizar a ampliação da capacidade dos condutos e canais ao longo de todo o trajeto do ambiente urbano, encaminhando a água para local onde não atinge a população. Porém, muitas vezes não há espaço para realização deste processo, além de ser extremamente custoso. O autor observa que os gastos para ampliação das redes existentes podem chegar a ser 10 vezes maior que o custo para amortecer o volume escoado e a vazão de pico a jusante.

Desta forma, observa-se a necessidade de soluções para o sistema de drenagem que não envolvam só a construção de grandes obras, que observe a problemática ambiental e o planejamento urbano. Assim, tem-se as soluções sustentáveis, que podem ser aplicadas em conjunto com as estruturas utilizadas pela engenharia, que realizam o controle do escoamento superficial no local onde ele é gerado, diminuindo a quantidade de água escoada para fora e minimizando o impacto a jusante.

3.1.2 Drenagem Sustentável

Diante do que foi exposto no item anterior, percebe-se a necessidade da implantação de um modelo de gestão das águas pluviais que seja eficiente e sustentável, com o objetivo de atenuar os impactos causados pelos eventos hidrológicos decorrentes do processo de urbanização.

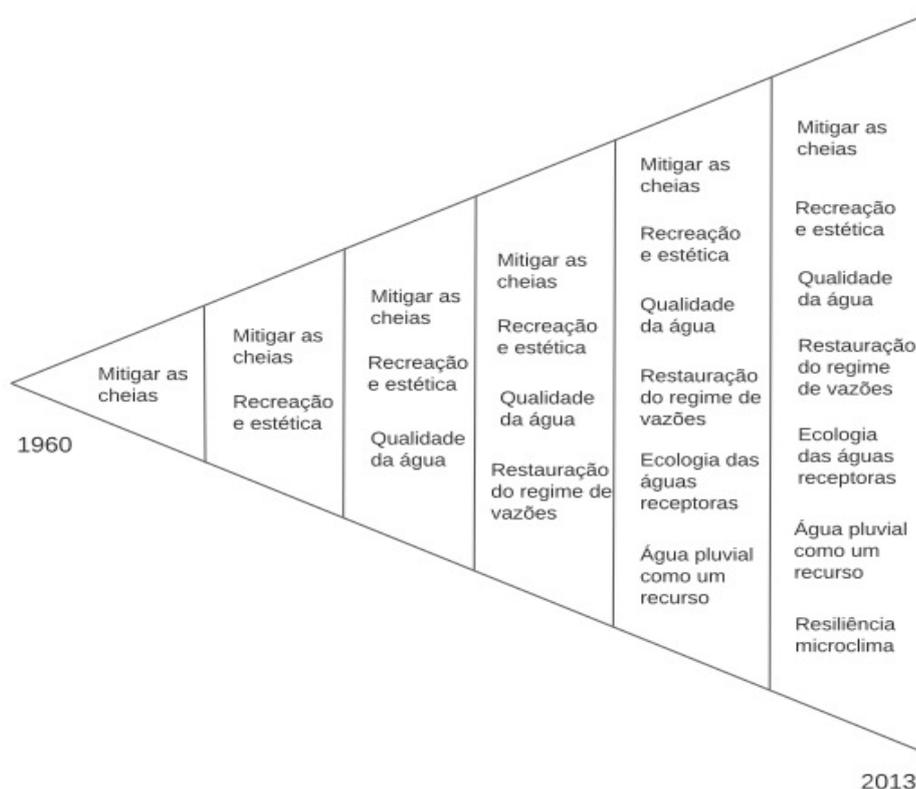
Assim, a drenagem sustentável surgiu como alternativa a abordagem convencional. Segundo Lourenço (2014), esta nova abordagem tem o objetivo de regenerar o ciclo hidrológico natural a partir do controle do escoamento superficial no local onde se forma, amortecendo os picos de vazão e reduzindo o volume escoado.

Desta forma, tem-se a diminuição dos processos de erosão, da poluição das águas e dos impactos a jusante. Além disso, observa-se também a diminuição dos custos necessários para aumentar a capacidade das redes de drenagem, que podem não solucionar os problemas a longo prazo.

Davidovitsch (2020) observa que a drenagem sustentável combina aspectos hidrológicos, ambientais e sociais, existindo várias abordagens dentro desta temática, todas com o mesmo objetivo de imitar o ciclo hidrológico natural, sendo as principais: Melhores práticas de gestão – BMP (*Best Management Practices*), Desenvolvimento de Baixo Impacto – LID (*Low Impact Development*), Técnicas compensatórias, Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (*Sustainable urban drainage systems – SUDS*) e Desenho Urbano Sensível à Água (*Water sensitive urban design - WSUD*), entre outros.

A Figura 2 demonstra a evolução da gestão de drenagem pluvial ao longo das décadas, que no princípio preocupava-se apenas em mitigar a ocorrência de cheias e hoje observa problemáticas como recreação e estética, qualidade da água e a água pluvial como recurso.

Figura 2 - Evolução da gestão da drenagem urbana ao longo dos anos.



Fonte: Adaptado de Fletcher *et al.*, (2015).

As técnicas empregadas na drenagem sustentável podem ser estruturais ou não estruturais, com a aplicação de unidades de controle que são semelhantes a paisagem natural. Além disso, a escolha do método depende do estágio de desenvolvimento do local, sendo as mais utilizadas a de armazenamento temporário e infiltração da água da chuva.

O Manual da SuDS (WOODS et al., 2007) apresenta possíveis técnicas que podem ser aplicadas a depender do método escolhido (infiltração, retenção e transporte), como por exemplo: faixas e poços de infiltração, trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, telhados verdes, reúso de águas pluviais, filtros de areia, reservatórios de retenção e bacias de infiltração. Além disso, o documento apresenta as potencialidades, fragilidades e passos para dimensionamento de cada técnica. A Figura 3 apresenta um exemplo de técnica sustentável, segundo o Programa Soluções para Cidade, da Associação Brasileira de Cimento Portland.

Figura 3 – Exemplos de sistemas não-convencionais – Pavimentos permeáveis.



Fonte: Adaptado de Soluções para Cidades (ABCP, 2013).

De acordo com Tucci (2003), as medidas de controle podem ser classificadas de acordo com o componente de drenagem, sendo medidas de controle na fonte, que envolve o controle em nível de lote ou qualquer área primária de desenvolvimento; medidas de controle na microdrenagem, que são medidas adotadas a nível de loteamento; e medidas de controle na macrodrenagem, que envolve soluções de controle nos principais rios urbanos.

Ademais, segundo o autor, para implementação de medidas sustentáveis nas cidades, se faz necessário o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana, sendo este baseado nos seguintes princípios:

- (a) os novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão máxima de jusante;
- (b) o planejamento e controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo;
- (c) o horizonte de planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade;
- (d) o controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos.

3.1.2.1 Reservatórios de retenção

Os reservatórios de retenção são estruturas que têm como finalidade armazenar a água da chuva temporariamente, especialmente durante períodos de chuvas intensas, com o intuito de diminuir as vazões de pico dos hidrogramas das cheias e aumentar o tempo de base, impedindo que a vazão máxima seja transferida a jusante (ANDRADE FILHO, SZÉLIGA e SZESZ, 2009).

Existem diferentes tipos de reservatórios de retenção de chuva, como os sistemas de armazenamento subterrâneo, caixas de armazenamento acima do solo e bacias de retenção. Os sistemas subterrâneos consistem em tanques enterrados no solo que são projetados para armazenar a água da chuva, onde não existem áreas para implantação de reservatório a céu aberto (Programa Soluções para Cidades, 2013). Já as caixas de armazenamento acima do solo são estruturas elevadas que recebem a água da chuva e a armazenam em um reservatório.

As bacias de retenção, por sua vez, são grandes áreas abertas que são projetadas para reter água da chuva em uma bacia, onde são liberadas lentamente para o sistema de escoamento. As bacias de retenção são projetadas para

permanecer secas entre eventos, podendo ser utilizada para outras finalidades nesse caso, como parques, jardins ou áreas de recreação (NAKAZONE, 2005).

Além de mitigar os impactos das enchentes, os reservatórios de retenção têm o potencial de contribuir para a melhoria da qualidade da água. Se o reservatório de retenção for projetado e construído para coletar e armazenar água de boa qualidade, esta pode ser reaproveitada para diversas finalidades, como irrigação de áreas verdes, lavagem de veículos e até mesmo uso doméstico, desde que seja submetida a um processo adequado de tratamento (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2018).

3.2 Projeto de águas pluviais

Os projetos de águas pluviais têm como objetivo captar a água da chuva que atinge os telhados das edificações e encaminhá-la para um local adequado, contribuindo para a diminuição do escoamento superficial do local projetado. Eles devem ser elaborados considerando os dados pluviométricos do local e os componentes do sistema de drenagem, como calhas e condutores, devem ser dimensionados para a chuva máxima da região.

A norma NBR 10844 (ABNT, 1989) estabelece os critérios e parâmetros necessários para projetos de drenagem de águas pluviais em terraços, pátios, quintais e similares, garantindo higiene, segurança e economia. Além disso, define os equipamentos necessários para a captação e encaminhamento da água da chuva. Vale ressaltar que essa norma não é aplicável em casos em que há necessidade de galerias pluviais e bocas de lobo.

3.2.1 Dimensionamento do projeto

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), para o dimensionamento das calhas e condutores do projeto de águas pluviais, deve-se inicialmente calcular a vazão de projeto através da Equação 1, sendo necessário a área de contribuição da área a ser drenada e os dados pluviométricos do local de estudo.

Equação 1 - Vazão de projeto.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Onde:

Q: Vazão de projeto em L/min;

i: Intensidade pluviométrica em mm/h; e

A: Área de contribuição, em m².

A área de contribuição corresponde a soma das áreas que interceptam a água da chuva, encaminhando-as para os elementos do sistema. Além disso, para o cálculo da intensidade pluviométrica, o tempo de precipitação utilizado deve ser de t=5min e o período de retorno (T) fixado de acordo com as características da área a ser drenada, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Tempo de retorno (T).

Tempo de retorno (T), em anos	
1	Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados
5	Coberturas e/ou terraços
25	Coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamento não possa ser tolerado

Fonte: Adaptado de NBR 10844 (ABNT, 1989).

Segundo a norma, o dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir. Além disso, a norma apresenta a Tabela 2, que indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas

Equação 2 - Vazão de projeto.

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Onde:

Q: Vazão de projeto, em L/min;

S: Área da seção molhada, em m²;

n: Coeficiente de rugosidade;

R: Raio hidráulico, em m;

P_H: $\frac{P}{S}$ Perímetro molhado, em m;

I: Declividade da calha, em m/m;

K: 60.000

Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade.

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: Adaptado de NBR 10844 (ABNT, 1989).

Para facilitar o dimensionamento das calhas, a Norma disponibiliza a Tabela 3, com a capacidade para calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade igual a $n=0,011$, encontrados utilizando a Equação de Manning-Strickler, adotando-se declividade uniforme mínima de 0,5% e altura da lâmina d'água na calha igual a 50% do seu diâmetro interno.

Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n=0,011$.

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: Adaptado de NBR 10844 NBR (ABNT, 1989).

Ademais, segundo a Norma, mudanças de direção ao longo da extensão das calhas provocam a redução da sua capacidade. Assim, para o seu dimensionamento, deve-se utilizar fatores multiplicativos para a vazão de projeto para quando há mudança de direção a uma distância igual ou inferior a 4m da saída da calha, conforme a Tabela 4.

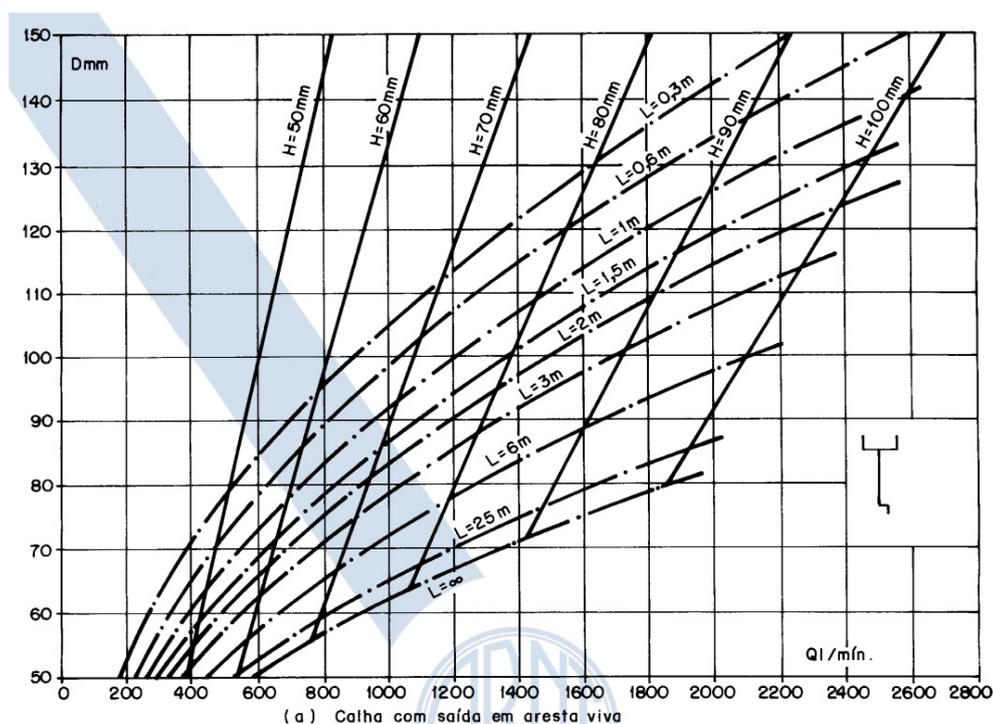
Tabela 4 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: Adaptado de NBR 10844 (ABNT, 1989).

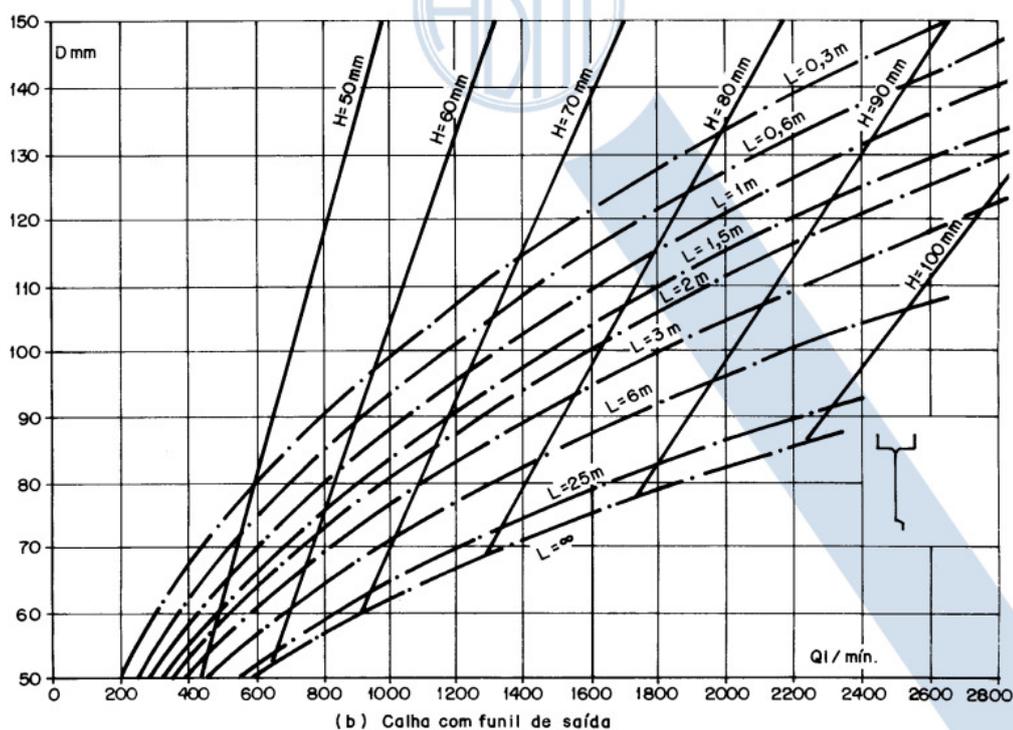
Os condutores verticais devem ser dimensionados utilizando-se o ábacos apresentados na Figura 4 e Figura 5, sendo necessário os dados de vazão de projeto (L/min), altura máxima da lâmina d'água na calha (mm), comprimento do condutor vertical até a primeira curva de desvio (m), geometria de saída da calha (aresta viva ou cônica) e rugosidade do material utilizado. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), os ábacos foram construídos considerando coeficiente de atrito $f=0,04$, correspondente a condutos rugosos. Além disso, os diâmetros nominais adotados devem ser aqueles com diâmetro interno imediatamente superior aos valores encontrados nos ábacos, com valor mínimo de 70mm.

Figura 4 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais - Calha com saída em aresta viva.



Fonte: Adaptado de NBR 10844 (ABNT, 1989).

Figura 5 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais – Calha com Funil de saída.



Fonte: Adaptado de NBR 10844 (ABNT, 1989).

Por fim, os condutores horizontais devem ser dimensionados a partir da Tabela 5, para um fator de rugosidade $n=0,011$ e supondo-se o escoamento em regime uniforme. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) deve ser utilizada uma declividade uniforme e mínima de 0,5%, considerando o escoamento com a altura da lâmina d'água igual a $2/3$ do diâmetro interno do condutor horizontal.

Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.).

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011			
	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	5380	7590	10800

Fonte: Adaptado de NBR 10844 (ABNT, 1989).

3.3 Modelo Chuva-Vazão

Os modelos hidrológicos realizam a representação matemática da parte terrestre do ciclo hidrológico, transformando a água da chuva precipitada em vazão. Além disso, também são capazes de simular os diversos processos físicos que ocorrem, como a evapotranspiração e armazenamento da água no solo e nos aquíferos.

Segundo Lima (2011), os modelos hidrológicos do tipo chuva-vazão permitem compreender os fenômenos hidrológicos dentro de uma bacia hidrográfica, possibilitando prever seu comportamento sob condições adversas. Assim, são utilizados na simulação de cenários que possibilitem a previsão de eventos futuros relacionados com os eventos hidrológicos que podem causar danos para a população, sendo empregados para embasar metas de gestão, realizar análises de riscos e sensibilidade e auxiliar os processos de tomada de decisão nas políticas públicas.

Entre os *softwares* de modelagem disponíveis atualmente, tem-se a ferramenta de domínio público *Storm Water Management Model* (SWMM), criado pela empresa *Environmental Protection Agency* (EPA), no ano de 1971. Segundo Rossman (2010). O SWMM é um modelo hidrológico-hidráulico utilizado para realizar a simulação da qualidade e quantidade do escoamento superficial gerado, em especial para áreas urbanas, mas com aplicações também para áreas não urbanas. Além disso, o autor descreve que o modelo pode ser elaborado utilizando-se chuvas de projeto, bem como uma série contínua de longo prazo.

De acordo com o seu Manual do Usuário (EPA, 2010), o SWMM foi modificado por outras companhias a fim de implementar o *software* com ferramentas que o integram com SIG e CAD. Além disso, o *software* permite que o usuário altere o nível de detalhamento desejado e a aplicação de Controles por Dispositivos de Baixo Impacto (LID). O modelo apresenta grande aceitação científica e é amplamente utilizado para análises e projetos de drenagem pluvial.

3.3.1 SWMM: Parâmetros para simulação

O Manual do Usuário do SWMM (EPA, 2010) indica quais são os parâmetros necessários para a elaboração do modelo chuva-vazão, bem como sugere valores que podem ser utilizados para todos. Os dados de entrada necessários para a simulação são os seguintes:

- Área e largura característica da sub-bacia, em hectares e metros, respectivamente;

Á área da bacia pode ser delimitada através de ferramentas de geoprocessamento. Para isso, é necessário obter as curvas de nível do local, que podem ser extraídas de cartas topográficas ou realizando o levantamento topográfico, e coordenadas geográficas da bacia. A largura característica da bacia pode ser determinada dividindo-se a área encontra pelo comprimento máximo de escoamento.

- Declividade, em porcentagem;

A declividade está diretamente relacionada ao tempo de concentração da precipitação na bacia, influenciando diretamente o escoamento e infiltração da água. Assim, terrenos mais inclinados aumentam a velocidade do escoamento superficial e dos picos de enchentes, diminuindo o tempo de concentração. Os dados de inclinação podem ser obtidos a partir do levantamento topográfico do local, bem como utilizando ferramentas de geoprocessamento e os dados da delimitação da bacia.

- Coeficiente n de Manning para áreas impermeáveis e permeáveis;

O coeficiente de rugosidade de Manning é utilizado para descrever a vazão sobre as superfícies, indicando a resistência do fluido ao escoamento.

- Capacidade de armazenamento em depressão nas áreas impermeáveis e permeáveis, ambos em milímetros;

Indicam a altura da lâmina d'água que fica armazenada em depressões nas áreas impermeáveis e permeáveis.

- Áreas impermeáveis e Áreas impermeáveis sem armazenamento em depressões, ambos em porcentagem;

O percentual de áreas impermeáveis indica a região em que água da chuva não infiltra, contribuindo para o aumento do escoamento superficial gerado. Os percentuais de áreas impermeáveis podem ser calculados

através de *softwares* de geoprocessamento, realizando-se a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia delimitada.

- Curva-número;

São calculados a partir da classificação pedológica do local de estudo, considerando os tipos de solo do terreno, bem como a sua condição de umidade. São utilizados para descrever a infiltração da chuva para a zona não saturada do solo.

Além disso, é necessário inserir dados sobre a chuva, incluindo o tipo de dado e o intervalo de tempo, bem como informações sobre os nós de conexão e exutório, como a cota do radier da estrutura física representada pelo nó, a profundidade do radier em relação ao terreno e a presença de dispositivos de retenção para evitar o fluxo inverso.

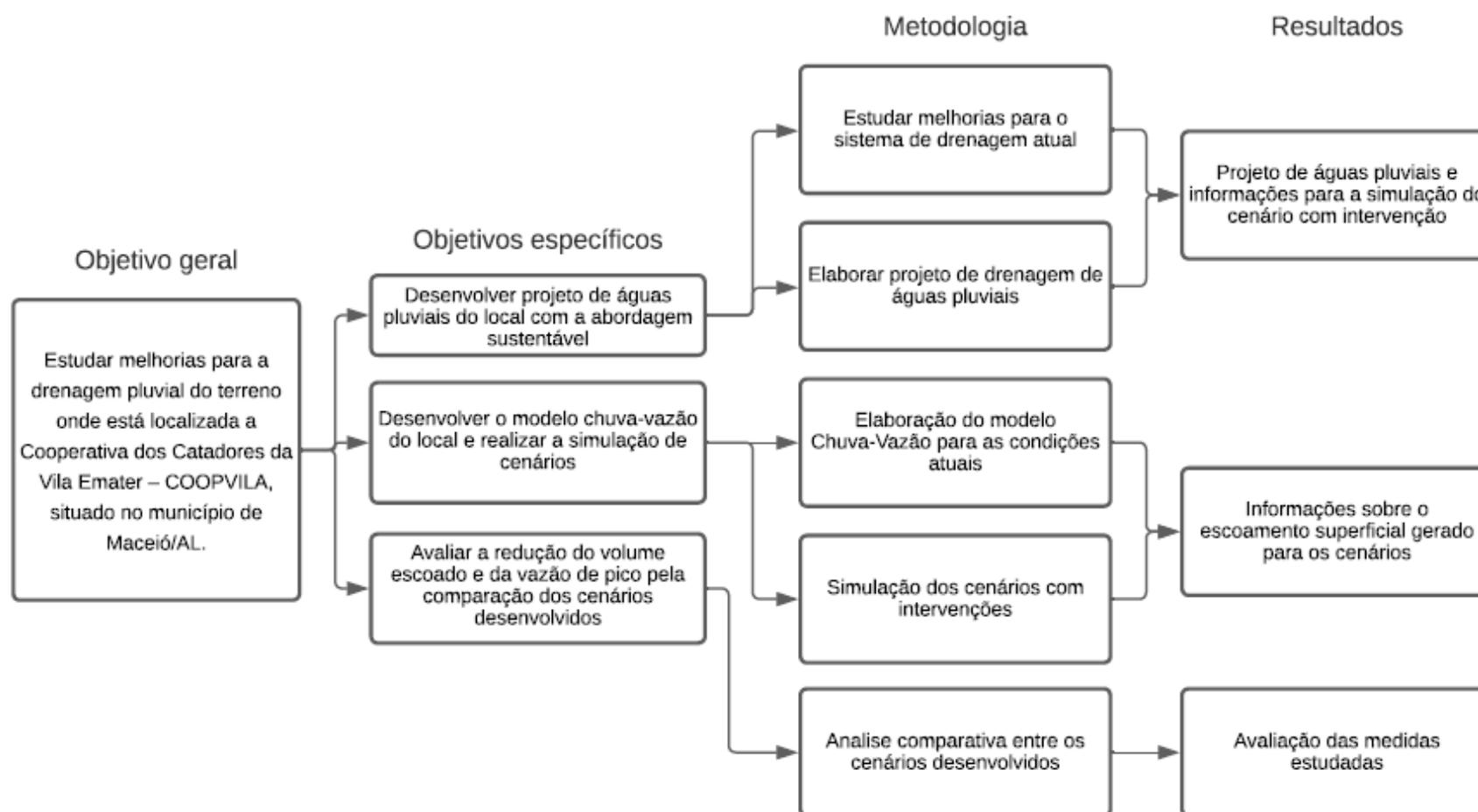
Quanto aos parâmetros relacionados às unidades de armazenamento, são necessários os valores de sua cota de fundo, altura máxima e proporção da evaporação potencial na unidade de armazenamento. O volume das unidades pode ser representado por uma função ou por uma tabela que relaciona a área superficial à profundidade.

Além do mais, há opções adicionais que podem ser empregadas para os pontos de conexão e unidades de armazenamento, como a área de armazenamento para enchentes e informações sobre as contribuições externas de fluxo.

4 MÉTODOS

As melhorias para o sistema de drenagem de águas pluviais da COOPVILA serão estudadas, de forma geral, compreendendo as seguintes etapas: caracterização da área de estudo, levantamento dos dados topográficos, dos componentes do sistema de drenagem e dos dados hidrológicos; a elaboração do modelo chuva-vazão da situação atual (Cenário 1); o desenvolvimento e aplicação do projeto de águas pluviais; bem como o emprego de microreservatórios de retenção (Cenários 2 e 3); e a análise comparativa dos cenários desenvolvidos, conforme a figura a seguir (Figura 6).

Figura 6 - Fluxogramas geral dos objetivos, metodologias e resultados.

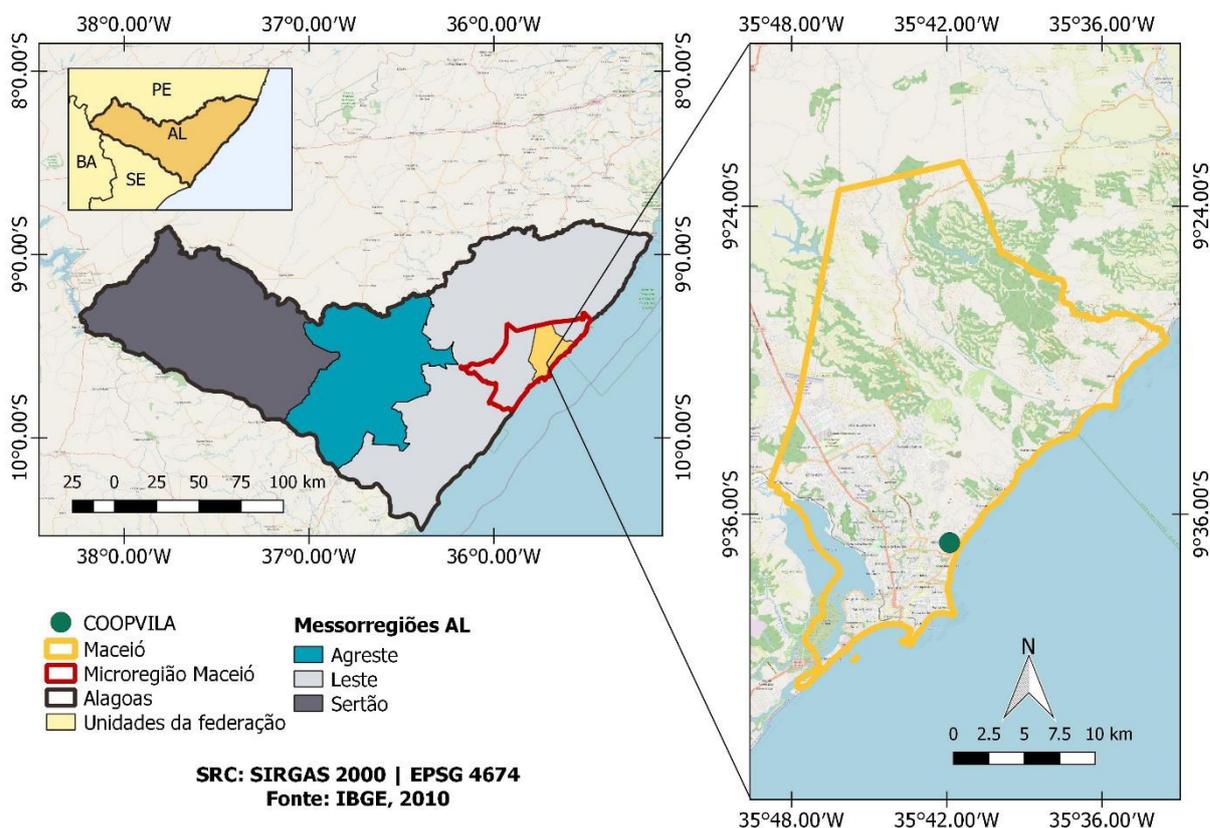


Fonte: Autor, 2023.

4.1 Caracterização da área de estudo

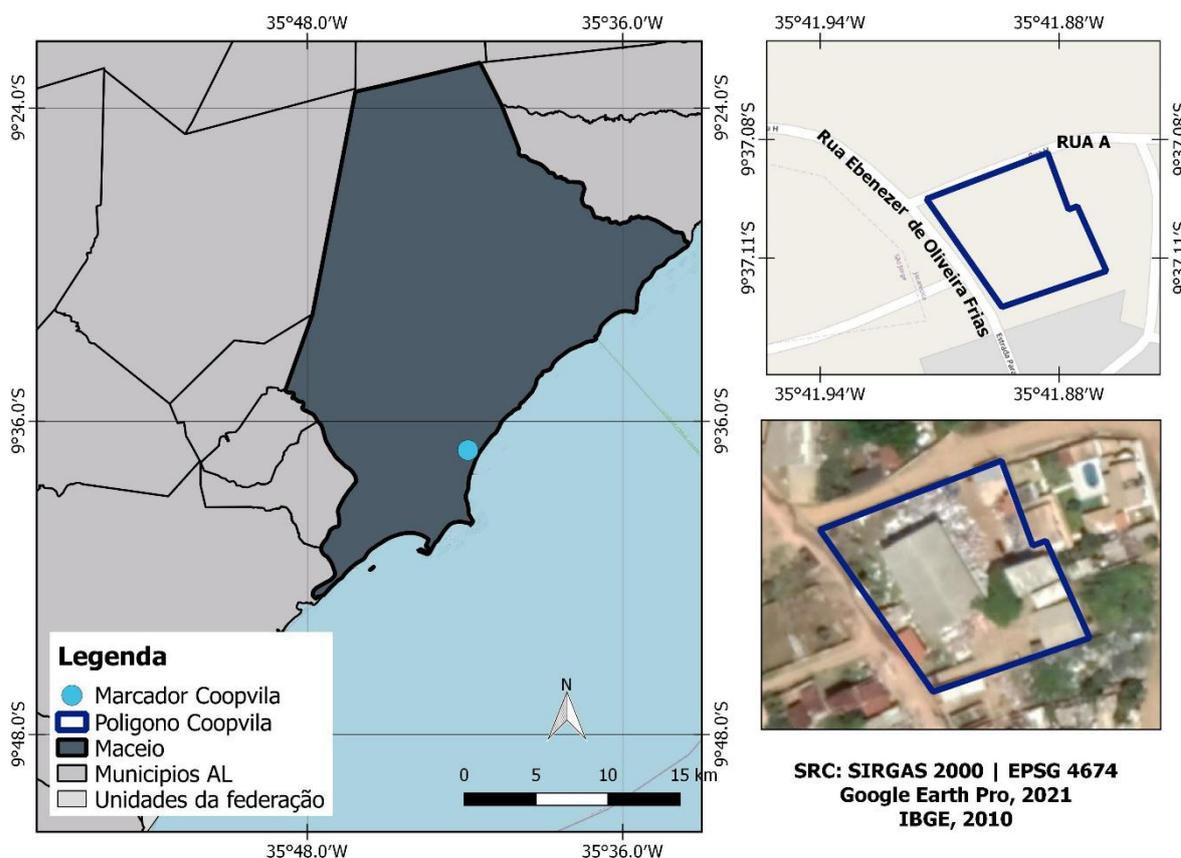
A área de estudo configura-se como um dos terrenos da Cooperativa dos Catadores da Vila Emater – COOPVILA, mais especificamente a região onde é realizada a descarga, triagem e prensagem dos resíduos, que conta com uma área total aproximada de 3.300m². A COOPVILA fica localizada na zona leste da cidade de Maceió/AL, no bairro de Jacarecica, mesorregião do Leste Alagoano e na microrregião de Maceió, com latitude 9°37'6.29"S e longitude 35°41'53.93"O (Figura 7 e Figura 8), e é uma das três Cooperativas da cidade que realizam coleta seletiva de material reciclável.

Figura 7 – Localização COOPVILA.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 8 - Área do terreno.



Fonte: Autor, 2023.

A COOPVILA atualmente realiza os processos de triagem e prensagem de resíduos sólidos em um galpão de aproximadamente 600m² (Figura 9 e Figura 10), cuja construção foi iniciada em 2015 com recursos da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. Este galpão está localizado no centro do terreno, que tem perfil inclinado, e suas obras não foram concluídas. Além disso, não foram realizados estudos de drenagem para o local, o que tem causado problemas com alagamentos que impedem o funcionamento da Cooperativa durante os períodos de chuva. A água da chuva invade o galpão e torna-o inadequado para o uso das máquinas elétricas utilizadas nos processos, bem como pode criar um ambiente insalubre para os trabalhadores, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 9- Fachada frontal do Galpão de Triagem.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 10 - Maquinário utilizado.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 11 - Galpão de Triagem da COOPVILA durante o evento chuvoso do dia 21 de março de 2022.



Fonte: COOPVILA, 2022.

Ademais, o terreno do local de estudo apresenta seu espaço cercado por muros, não recebendo contribuição de água da chuva de outras regiões. Desta forma, a área do terreno corresponde a bacia que foi utilizada nas simulações, sendo delimitada através dos softwares QGIS e Google Earth. Além disso, verificou-se que o sistema de drenagem pluvial da Cooperativa é composto por uma calha de alumínio, condutores verticais e horizontais de PVC com diâmetro de 75mm, que estão instalados na água direita do galpão, por onde a água da chuva é escoada para o próprio terreno, contribuindo para os eventos de alagamento (Figura 12 e Figura 13).

Figura 12 - Calhas e condutores verticais.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 13 – Saída das tubulações no terreno.



Fonte: Autor, 2022.

4.2 Levantamento de dados

4.2.1 Levantamento topográfico

Os dados topográficos necessários para as simulações dos cenários foram coletados através de levantamento planialtimétrico aplicando-se o método GNSS (*Global Navigation Satellite System*), onde foram utilizados dois receptores equipados com GPS (*Global System Position*), chamados Base e Rover.

Para realização do processo, a Base foi posicionada em um ponto conhecido pelo operador, onde ficou estática durante todo o levantamento, enquanto o Rover era locado no ponto a ser levantado. Assim, as informações dos pontos foram obtidas a partir da comunicação entre os receptores, e deles com o satélite. O método foi escolhido devido a sua produtividade, pois necessita de um espaço de tempo menor para realização do levantamento quando comparado com os métodos tradicionais, sendo possível gerar uma quantidade maior de pontos, obtendo-se uma representação mais fiel do terreno do local de estudo. Ademais, foi realizado mapeamento aéreo da área utilizando-se um drone, onde foram capturadas imagens sequenciais e georreferenciadas, adicionando informações ao levantamento. Os resultados do levantamento podem ser visualizados no Anexo I.

4.2.2 Componentes do sistema de drenagem

Os componentes que compõem o sistema de drenagem atual da COOPVILA foram levantados através de visita ao local, sendo geradas imagens através de fotografias, além de comentários de campo. Os dados coletados foram dispostos em relatório fotográfico, apresentado no Anexo II, sendo utilizados para embasar as medidas adotadas no projeto de águas pluviais da Cooperativa e para simulação dos cenários.

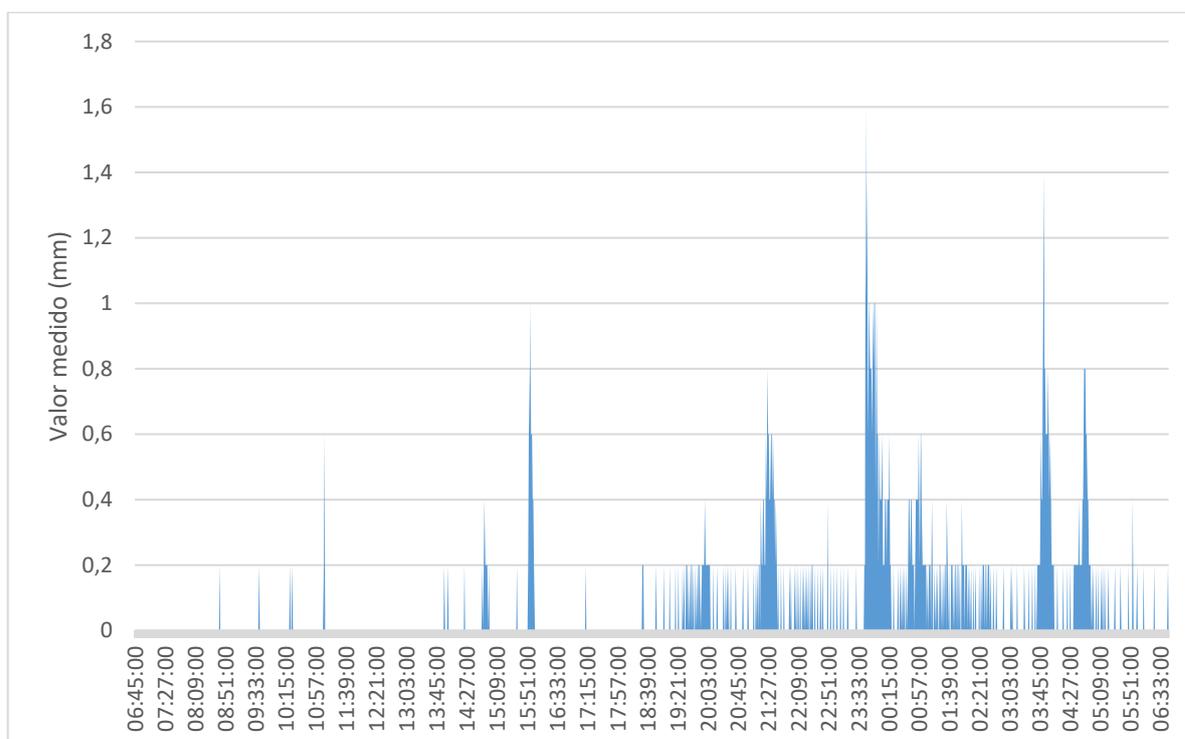
O sistema de drenagem do local apresenta uma composição simples, considerando que não foram realizados estudos de drenagem e que as obras do galpão de Triagem não foram finalizadas, sendo formado por uma calha em um dos lados do telhado com galpão, condutores verticais e horizontais de PVC e canais, que estão obstruídos por areia e resíduos. Além disso, verificou-se que nunca foi utilizado sistema de retenção de água da chuva em nenhuma das edificações do local.

4.2.3 Dados hidrológicos

Para a simulação dos cenários, foi utilizado o evento chuvoso que ocorreu entre os dias 30 de abril as e 01 de maio de 2020, que possui o maior volume acumulado considerando um intervalo de 24h para o ano em questão (Figura 14). O intervalo utilizado tem início as 06:45 do dia 30 de abril, com volume total acumulado igual a 103,2mm. As informações foram obtidas da série de precipitação desenvolvida por Santos (2021), elaborada a partir dos dados de um pluviômetro de báscula instalado no bairro do Feitosa (9°38'35" S e 35°43'44" O). Os dados foram utilizados por se tratar da estação mais próxima do local de estudo e apresentar menor discretização dos registros de precipitação.

Ademais, o intervalo selecionado foi utilizado por apresentar um volume total próximo ao de eventos que causaram alagamentos e a paralisação das atividades da COOPVILA, como o exemplo apresentado na Figura 11, onde foi verificado um volume total de 95,4mm entre os dias 21 e 22 de março de 2022. Este evento do ano de 2022 não foi utilizado por falta de dados com menor discretização.

Figura 14 - Precipitação Total (30/04/20 – 01/05/20).



Fonte: Autor, 2023.

4.3 Dimensionamento do Projeto de Águas Pluviais – Galpão de Triagem

O projeto de águas pluviais do telhado do Galpão de triagem da Cooperativa foi desenvolvido seguindo a norma técnica NBR 10844 (ABNT, 1989), que norteia o cálculo para o dimensionamento das vazões, calhas e condutores, de forma a drenar toda a água precipitada e evitar alagamentos, transbordamentos e infiltrações. O projeto foi desenvolvido utilizando-se o software AutoCad, e foi necessário considerar o projeto arquitetônico do local de estudo para obter a área do telhado e outras informações relevantes. Ademais, não foram consideradas as demais edificações devido à falta de informações relativas as dimensões e características da cobertura.

O objetivo do projeto é encaminhar a água da chuva captada diretamente para a área externa do local de estudo, com a aplicação de um microreservatório de retenção. Esse projeto é a primeira etapa para a simulação que será desenvolvida posteriormente.

Para calcular a vazão de projeto, foi utilizada a Equação 1, considerando a área do telhado do Galpão de Triagem obtida através do projeto arquitetônico e a intensidade pluviométrica da região, adotando a NBR 10844 (ABNT, 1989) para um tempo de precipitação de $t=5\text{min}$ e período de retorno (T) de 5 anos.

Para o dimensionamento das calhas, foram adotadas calhas circulares de PVC com diâmetros internos levantados da Tabela 3, utilizando a vazão de projeto calculada. Foi adotada uma declividade de 0,5% e altura da lâmina d'água na calha igual a 50% do diâmetro interno. Não foram utilizados os fatores multiplicativos apresentados na Tabela 4, uma vez que não houve mudanças de direção na configuração das calhas.

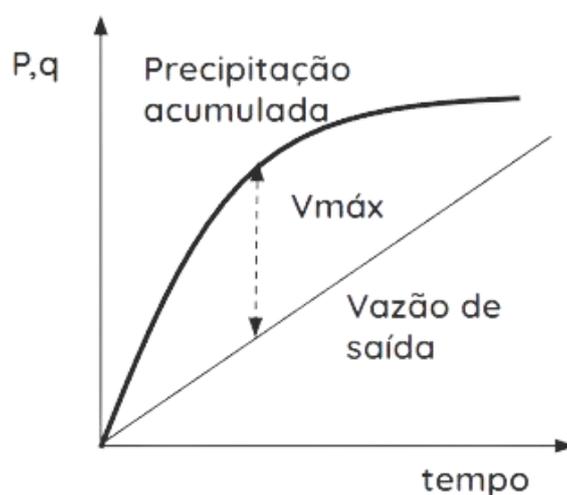
Os condutores verticais foram dimensionados utilizando o ábaco apresentado na Figura 5, considerando a vazão de projeto calculada (em L/min) e a altura máxima da lâmina d'água na calha (em mm), adotando calhas com funil de saída. Foram adotados diâmetros internos comerciais imediatamente superiores aos valores encontrados no ábaco, com valor mínimo de 70mm.

Os condutores horizontais foram dimensionados de acordo com a Tabela 5, considerando a vazão transportada e uma declividade de 1%. A altura da lâmina d'água no condutor foi definida como $2/3$ do diâmetro interno.

4.3.1 Microreservatório de detenção

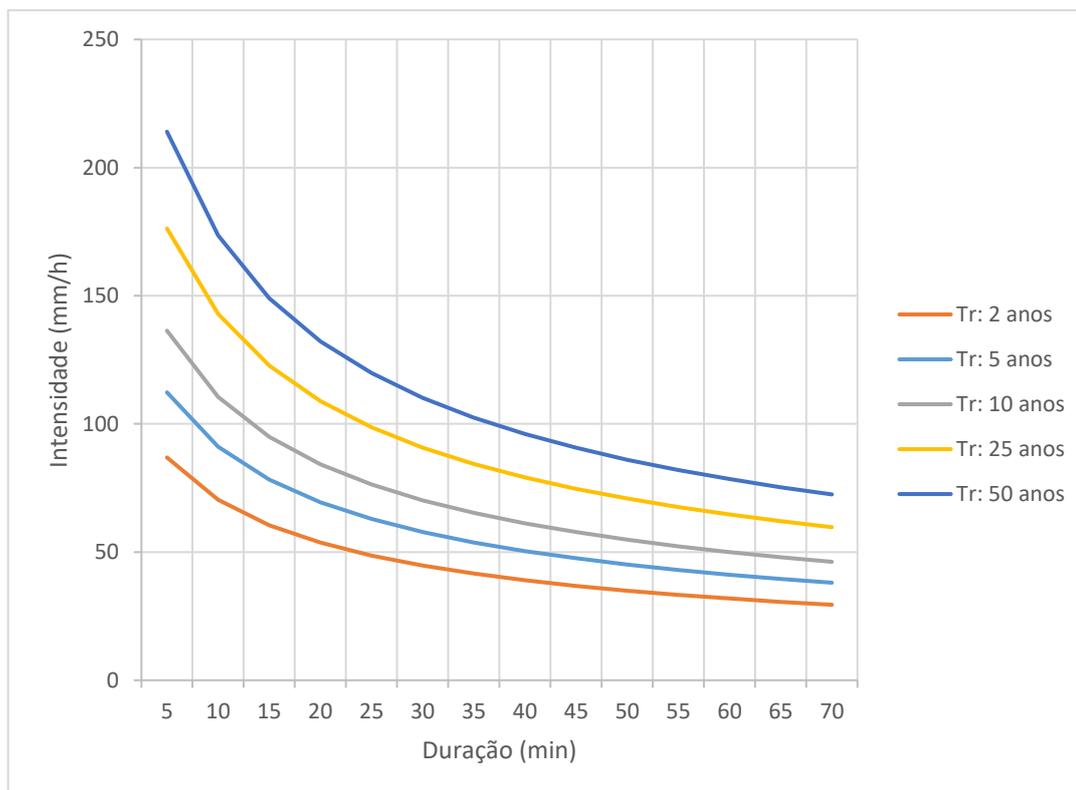
O dimensionamento do microreservatório de detenção foi realizado utilizando o método da curva envelope, que consiste na comparação entre as curvas dos volumes acumulados afluentes e efluentes do reservatório (Figura 15). O valor correspondente a máxima diferença entre as curvas multiplicado pela área de contribuição, sendo a área do telhado do Galpão de Triagem, corresponde ao volume de armazenamento necessário para o reservatório.

Figura 15 - Curva envelope.



Fonte: Autor, 2023.

O método da curva envelope compreende a construção de uma curva PDF, que estima a lâmina máxima precipitada de uma chuva com base em sua duração e frequência, necessário para construção da curva do volume afluente, sendo construída com base na curva IDF de Maceió de Denardin e Freitas (1982). Ademais, a curva do volume efluente foi calculada a partir da capacidade da tubulação que foi adotada para realizar a descarga do reservatório.

Figura 16 - Curva IDF de Maceió.

Fonte: Adaptado de Denardin e Freitas (1982).

4.4 Elaboração do modelo Chuva-Vazão da situação atual – Cenário 1

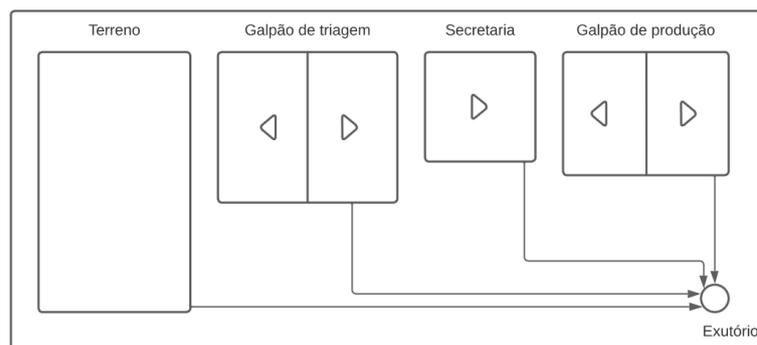
O Cenário 1 consiste em elaborar o modelo chuva-vazão para a localidade, utilizando as configurações atuais do terreno da COOPVILA. A simulação foi realizada utilizando-se a versão 5.1 do SWMM, onde foram aplicados os dados pluviométricos descritos no item 4.2.3. A partir do modelo elaborado, foram obtidas informações sobre o escoamento superficial e de vazão de pico, essenciais para fundamentar as medidas a serem implementadas para reduzir o volume escoado no local e avaliar seus resultados.

O cenário 1 foi simulado conforme a Figura 17, onde foram utilizadas microbacias para representar as classes de uso e ocupação do solo da COOPVILA, definidas considerando-se as características do terreno do local (Tabela 6) e a elaboração dos cenários posteriores. Ademais, a área referente ao terreno foi considerada como sendo a soma das áreas de solo exposto e de áreas verde.

Tabela 6 - Tipologia de uso e ocupação do solo.

Áreas permeáveis	Áreas Verdes
	Areia/Solo exposto
Área impermeáveis	Telhados
	Água

Fonte: Adaptado de Manual de Usuário do SWMM, (EPA, 2010).

Figura 17 - Configuração Cenário 1.

Fonte: Autor, 2023.

Para a elaboração do modelo, foram inseridas as seguintes informações para cada microbacia: área (ha), largura característica (m), declividade (%), coeficiente de rugosidade, capacidade de armazenamento em depressões (mm), áreas impermeáveis (%), áreas impermeáveis sem armazenamento em depressões (%) e curva-número.

As informações sobre as áreas das microbacias foram obtidas a partir da classificação não supervisionada do uso e ocupação do solo do local de estudo e da delimitação de polígonos, realizados utilizando-se o software QGIS e o plugin de código aberto Dzetsaka. Foram utilizadas imagens de 2016, geradas pelo satélite Quick Bird, com resolução de 0,6m, disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente – SEDET. Quanto a largura característica e as declividades, os valores para o terreno foram obtidos do levantamento topográfico do terreno, enquanto os dos telhados foram levantados do projeto arquitetônico do local.

Os valores dos coeficientes de rugosidade para cada classe de uso e ocupação do solo do local foram adotados de Rocha *et al.*, (2021), disponíveis na Tabela 7. Como na configuração do cenário o terreno corresponde a soma das áreas de

Areia/Solo exposto e Áreas verdes, o valor do parâmetro para o local foi encontrado através da Equação 3, sendo uma média ponderada pela área.

Tabela 7 - Coeficientes de rugosidade para as classes de solo.

Áreas verdes	0,15
Areia/Solo exposto	0,02
Telhado e laje	0,015
Água	0

Fonte: Adaptado de Rocha et al., (2021).

Equação 3 – Coeficiente de rugosidade de Manning médio.

$$n_m = \sum \frac{n_i * A_i}{A}$$

Onde:

n_m : Coeficiente de rugosidade de Manning médio;

n_i : Coeficiente de rugosidade de Manning para o uso do solo;

A_i : Área de uso do solo, em m²; e

A : Área total da classe para a permeabilidade analisada, em m².

As profundidades de armazenamento em depressões foram obtidas do manual de aplicações do SWMM, que sugere a utilização da tabela disponibilizada pelo *America Society of Civil Enginners* – ASCE (Tabela 8). Para a classificação, considerando as características da área de estudo, foi adotado o valor referente a gramado para areia/solo exposto, o valor de pastagem para vegetação e o valor médio para superfícies impermeáveis para telhado e água, conforme metodologia realizada por Rocha *et al.*, (2021). Para a área referente ao terreno, a profundidade de armazenamento em depressões também foi encontrada a partir da aplicação de uma média ponderada através da Equação 4, com os valores para Areia/Solo exposto e Áreas verdes.

Tabela 8 - Armazenamento em depressões.

Superfícies impenetráveis	1,27 – 2,54 mm
Gramados	2,54 – 5,08 m
Pastagem	5,08 mm
Serrapilheira	7,62 mm

Fonte: Adaptado de Manual de Usuário do SWMM, (EPA, 2010).

Equação 4 - Profundidade de armazenamento em depressões média.

$$p_M = \frac{\sum P_i \cdot A_i}{A}$$

Onde:

P_m : Profundidade de armazenamento em depressões média, em mm;

P_i : Profundidade de armazenamento em depressões para o uso do solo, em mm;

A_i : Área de uso do solo, em m²; e

A : Área total da classe para a permeabilidade analisada, em m².

Ademais, como não há informações suficientes, a porcentagem de área impermeável sem armazenamento em depressões para as microbacias foi adotada como sendo igual a 25%, de acordo com Gironás, Roesner e Davis (2009).

Os valores de curva-número (CN) das áreas do local de estudo foram levantados através da classificação pedológica do local, a partir do mapeamento realizado pela EMBRAPA em 2013. Além disso, foi considerado a condição de umidade média igual a AMC II, onde os valores estão próximos aos da capacidade de campo e, desta forma, os valores de CN adotados podem ser iguais aos tabelados. O valor de CN para a área do terreno foi calculado através da Equação 5, com os valores para Areia/Solo exposto e Áreas verdes.

Equação 5 – Curva-número médio.

$$CN = \frac{\sum CN_i \cdot A_i}{A}$$

Onde:

CN: Curva-número médio;

CN_i : Curva-número do grupo hidrológico;

A_i : Área do grupo hidrológico; e

A : Área total da bacia.

4.5 Desenvolvimento dos cenários com intervenções

De modo a entender a eficiência da captação da água que atinge os telhados da Cooperativa na redução do escoamento superficial, foram elaborados dois cenários de intervenção: o Cenário 2 e o Cenário 3. Ambos consistem na separação da parcela de água que atinge os telhados e seu encaminhamento para a área externa da COOPVILA, a fim de evitar sua contribuição para o escoamento gerado no terreno. A redução do volume escoado e da vazão de pico foi verificada comparando-se os resultados das simulações e dos hidrogramas gerados nos cenários com os obtidos no Cenário 1, seguindo a metodologia do item 4.4.

4.5.1 Simulação do Cenário 2

O Cenário 2 consiste na aplicação do projeto de águas pluviais que foi desenvolvido para o telhado do Galpão de Triagem da COOPVILA na simulação do escoamento gerado no terreno do local. O projeto consiste em realizar o escoamento da água interceptada pelo telhado diretamente para fora da bacia de estudo, diminuindo a parcela de água escoada no terreno, com a aplicação de um microreservatório de retenção para redução do escoamento para jusante.

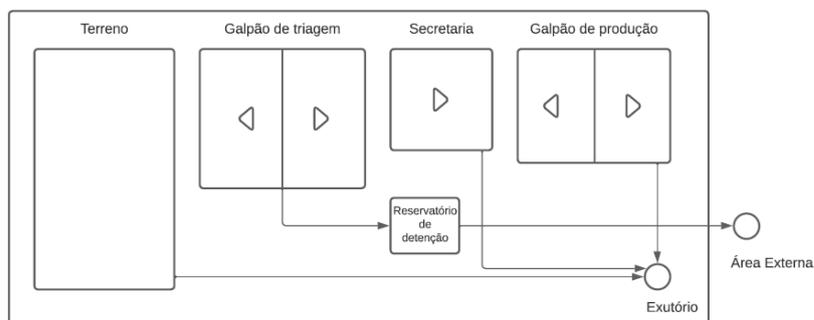
O microreservatório foi escolhido devido as características do terreno da Cooperativa, considerando que a quantidade de resíduo alocado no solo pode causar a contaminação dos aquíferos com a aplicação técnicas de infiltração, e que a área do local é pequena para o emprego de técnicas de evaporação. Ademais, a água armazenada pode, posteriormente, ser utilizada para fins não potáveis, como descargas nos banheiros e lavagem dos veículos, o que contribui para o aumento da eficiência do sistema, diminui o impacto a jusante e reduz o consumo de água potável.

O cenário foi elaborado conforme a Figura 18, com a chuva interceptada pelo telhado do Galpão de Triagem sendo diretamente escoada para a área externa, passando pelo reservatório, sem contribuir para o volume escoado na bacia de estudo. Além disso, foi considerado que no intervalo de simulação não houve consumo da água detida, sem necessidade de uma série de demanda no reservatório. Além do mais, foram aplicadas as dimensões dos condutos dimensionados no projeto de águas pluviais e os parâmetros levantados na elaboração do cenário 1.

Na simulação do cenário, o elemento utilizado para representar o reservatório foi a "unidade de armazenamento", com a sua propriedade volumétrica representada

através de uma tabela que relaciona a área superficial e a profundidade do reservatório.

Figura 18 – Configuração Cenário 2.

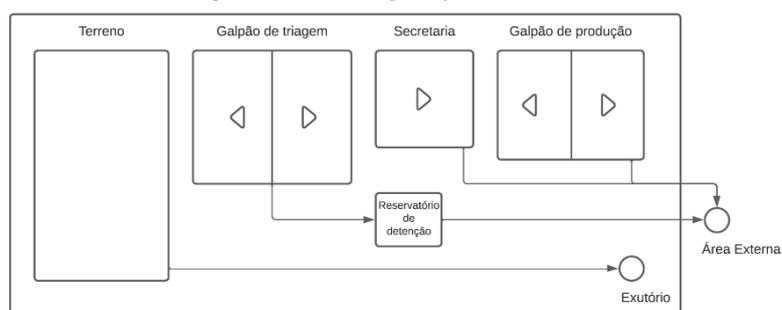


Fonte: Autor, 2023.

4.5.2 Simulação do cenário 3

O cenário 3 consiste na simulação do escoamento da Cooperativa realizando também a captação da água da chuva que atinge os telhados da Secretaria e do Galpão de Produção, encaminhando-as diretamente para foram do local de estudo, conforme a metodologia aplicada no item anterior. O modelo tem por objetivo entender o aumento da eficiência de abatimento do volume e da vazão de pico na bacia de estudo e foi simulado conforme a Figura 19. Ademais, devido à falta de informações, não foi confeccionado o projeto de águas pluviais das estruturas trabalhadas neste cenário. Sendo assim, para a simulação do cenário, foram considerados os diâmetros das tubulações aplicados na elaboração do cenário 2. Além do mais, diferente do cenário 2, este modelo foi elaborado sem a aplicação de um reservatório de detenção.

Figura 19 - Configuração Cenário 3.



Fonte: Autor, 2023.

4.6 Análise comparativa dos cenários

Foi realizada uma análise comparativa entre os resultados dos cenários que foram elaborados, onde foi observado o desempenho da captação da água que atinge os telhados da COOPVILA no abatimento do volume escoado e da vazão de pico do local. As eficiências de redução foram calculadas através das equações a seguir (Equação 6 e Equação 7). Ademais, a verificação da redução do escoamento no terreno também foi estudada a partir da comparação dos hidrogramas construídos nos cenários, no exotório da bacia de estudo, onde foi visualizada a redução da vazão no terreno devido a separação da água dos telhados.

Equação 6 - Eficiência de redução do volume escoado.

$$E_v(\%) = \frac{V_A - V_B}{V_A} * 100$$

Onde:

E_v : Eficiência de redução do volume escoado, em %;

V_A : Volume escoado no cenário A, em m^3 ;

V_B : Volume escoado no cenário com B, em m^3 ;

Equação 7 - Eficiência de redução da vazão de pico.

$$E_q(\%) = \frac{Q_A - Q_B}{Q_A} * 100$$

Onde:

E_q : Eficiência de redução da vazão de pico, em %;

Q_A : Vazão de pico no cenário A, em L/s; e

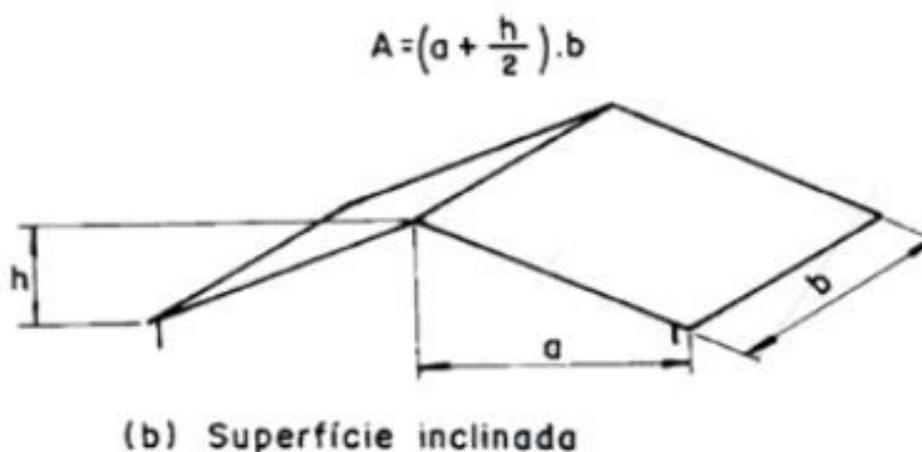
Q_B : Vazão de pico no cenário B, em L/s;

5 RESULTADOS

5.1 Projeto de drenagem de águas pluviais

Inicialmente, foi calculada a vazão de projeto do local, com a intensidade pluviométrica para o município de Maceió adotada da NBR 10844 (ABNT, 1989), utilizando-se um tempo de retorno $T=5$ anos. A área de contribuição foi calculada conforme a Figura 20, considerando a configuração do telhado do Galpão de Triagem da Cooperativa e a influência do vento na quantidade de água interceptada, conforme a metodologia descrita pela norma. Além disso, foi verificado que as águas da cobertura apresentam uma inclinação de 10%, 11m de comprimento (a) e 32m de largura (b).

Figura 20 - Área de contribuição.



Fonte: Adaptado de NBR 10844 (ABNT, 1989).

Tabela 9 - Vazão de projeto.

Intensidade pluviométrica (i)	122 mm/h
Área de contribuição (A)	369,6 m ²
Vazão de projeto (Q)	751,52 L/min

Fonte: Autor, 2023.

Como descrito na metodologia, foram dimensionadas calhas semicirculares de PVC, com coeficiente de rugosidade igual $n=0,011$. Além disso, os diâmetros das calhas foram retirados da Tabela 3, para a vazão de projeto calculada e adotando-se

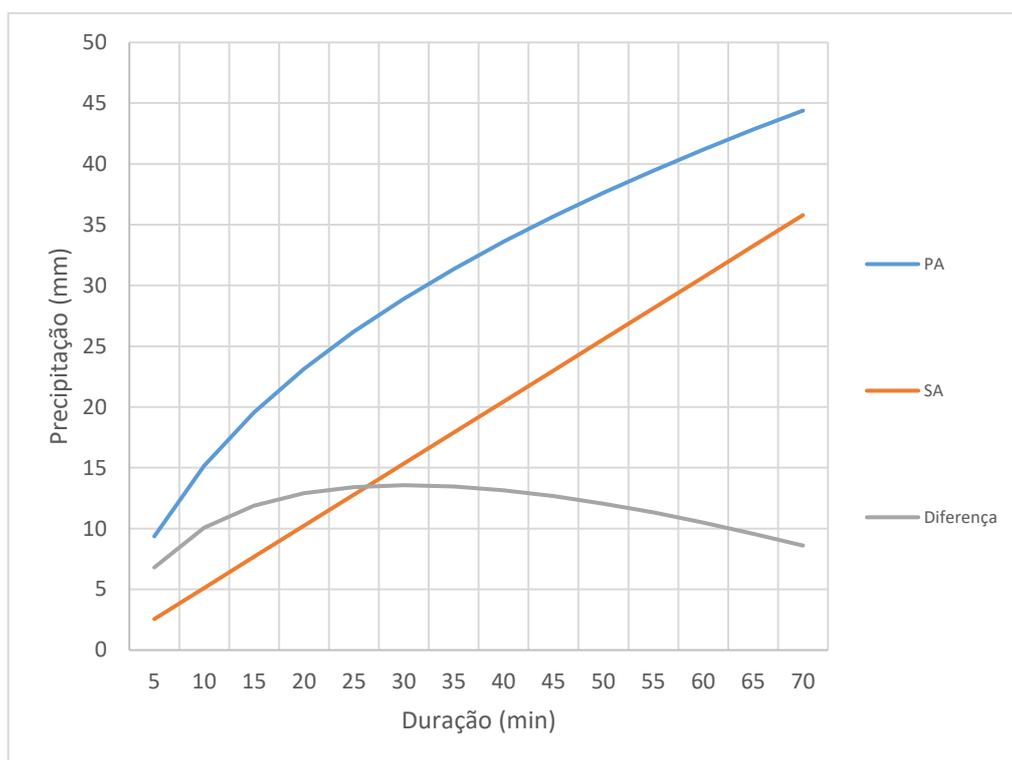
uma declividade de 0,5%. Assim, foram empregadas calhas com diâmetro interno de 200mm.

Foram adotados 4 condutores verticais de PVC, com coeficiente de rugosidade igual a $n=0,011$ e com a vazão transportada por cada um deles igual a razão entre a vazão da calha pelo número de saídas, sendo igual 187,88 L/min. Adiante, através do ábaco, verificou-se que não ocorre interseção entre as linhas L e H para a vazão calculada, assim, foi adotado o diâmetro mínimo para os condutores, igual a 70mm.

Os condutores horizontais foram dimensionados a partir da Tabela 5, sendo os responsáveis por realizar o escoamento final do volume coletado até o reservatório de armazenamento. Foi adotada uma declividade igual a $i=1\%$ e a vazão transportada igual a soma das vazões dos condutores verticais, sendo igual a 751,52 L/min. Desta forma, foram empregados condutores horizontais com diâmetro interno igual a 150 mm.

5.1.1 Microreservatório de detenção

O volume do microreservatório de detenção foi estimado através do método da curva envelope, adotando-se um tempo de retorno (T) de 5 anos. Além disso, a vazão limite liberada foi adotada a partir do cálculo da vazão para as condições pré-urbanização do local de estudo, sendo igual a 6,9l/s. Assim, foram adotadas tubulações com Dn igual a 100 na saída dos reservatórios, com vazão máxima igual a 6l/s. Desta forma, foi construído o gráfico a seguir (Figura 21), que relaciona os volumes acumulados afluentes e efluentes, bem como a máxima diferença entre as curvas. A Tabela 10 apresenta os valores utilizados para confeccionar o gráfico, onde pode-se observar que a maior diferença entre a precipitação e saída acumulada ocorre no tempo de 30min, sendo igual a 13,57mm.

Figura 21 - Curva envelope obtida para o reservatório de detenção.

Fonte: Autor, 2023.

Tabela 10 – Diferença entre a precipitação e a saída acumulada, e mm.

Duração	Intensidade (mm/h)	PA (mm)	SA (mm)	Diferença (mm)
5	112,31	9,36	2,56	6,80
10	91,05	15,18	5,11	10,06
15	78,19	19,55	7,67	11,88
20	69,38	23,13	10,23	12,90
25	62,87	26,20	12,78	13,41
30	57,82	28,91	15,34	13,57
35	53,76	31,36	17,90	13,46
40	50,40	33,60	20,45	13,15
45	47,57	35,68	23,01	12,67
50	45,15	37,62	25,57	12,05
55	43,03	39,45	28,13	11,32
60	41,18	41,18	30,68	10,50
65	39,53	42,82	33,24	9,58
70	38,05	44,39	35,80	8,60

Fonte: Autor, 2023.

Pelo método da curva envelope, o volume do microreservatório é numericamente igual a multiplicação entre a área da bacia e o valor máximo da curva de diferença. Assim, considerando a área do telhado do Galpão de Triagem, o

microreservatório de detenção terá $9,55\text{m}^3$. A Tabela 11 apresenta as dimensões adotadas para o reservatório, considerando que o volume calculado deve ser igual ou maior que o estimado pelo método da curva-envelope. Por último, o projeto elaborado no AutoCad, juntamente com as especificações dos elementos e das considerações adotadas, pode ser encontrado no Anexo III.

Tabela 11 - Dimensões do reservatório de detenção.

Volume estimado (m^3)	Dimensões (m)	Volume calculado (m^3)
9,55	a = 2,50; b = 3,20; h = 1,20	9,60

Fonte: Autor, 2023.

5.2 Simulação do Cenário 1

As informações sobre a área, largura característica e declividade das microbacias utilizadas na simulação dos cenários foram obtidas a partir da classificação do uso e ocupação do solo e da delimitação dos espaços através de polígonos, realizados através do QGIS e do plugin Dzetsaka, do levantamento topográfico e do projeto arquitetônico do local de estudo, conforme descrito na metodologia. A partir desta etapa, foi possível obter os valores para os parâmetros apresentados nas tabelas a seguir (Tabela 12 e Tabela 13). Além disso, foi confeccionado o mapa a seguir (Figura 22), que demonstra a área as áreas das tipologias do solo do local. Ademais, por falta de informações, foram adotadas declividades de 25% e 10% para os telhados da Secretaria e do Galpão de Produção, respectivamente, referente ao tipo de cobertura das edificações.

Figura 22 - Uso e ocupação do solo do local de estudo.



Fonte: Autor, 2023.

Tabela 12 – Áreas das classes de uso e ocupação do solo.

Áreas verdes	620,52 m ²
Areia/Solo exposto	1554,31 m ²
Telhado e Laje	1152,37 m ²
Área total	3327,2 m ²

Fonte: Autor, 2023.

Tabela 13 – Áreas das microbacias.

	Área total (m²)	Largura característica (m)	Declividade (%)
Terreno	2172,83	42,51	3,5
Telhado Galpão de Triagem	704,00	11,00	10
Telhado Secretaria	187,00	13,36	25
Telhado Galpão de Produção	158,00	12,77	10

Fonte: Autor, 2023.

Observa-se que o uso do solo do local de estudo é composto principalmente por área permeável, correspondendo a uma porcentagem de 65,36% da sua área total. A maior parte desta área corresponde a areia e solo exposto, seguindo de áreas verdes, com 71,53% e 28,4%, respectivamente. Ademais, as áreas impermeáveis ocupam uma porcentagem de 34,69% do solo do local, sendo sua maioria composta por telhados.

Adiante estão disponíveis os valores dos coeficientes de rugosidade e de profundidade de armazenamento em depressões adotados para cada área de ocupação do local de estudo (Tabela 14). Os valores dos parâmetros para a área do terreno, compostas por Areia/Solo exposto e Áreas verdes, foi encontrado através de uma média ponderada pela área, conforme descrito na metodologia, através da Equação 3 e da Equação 4.

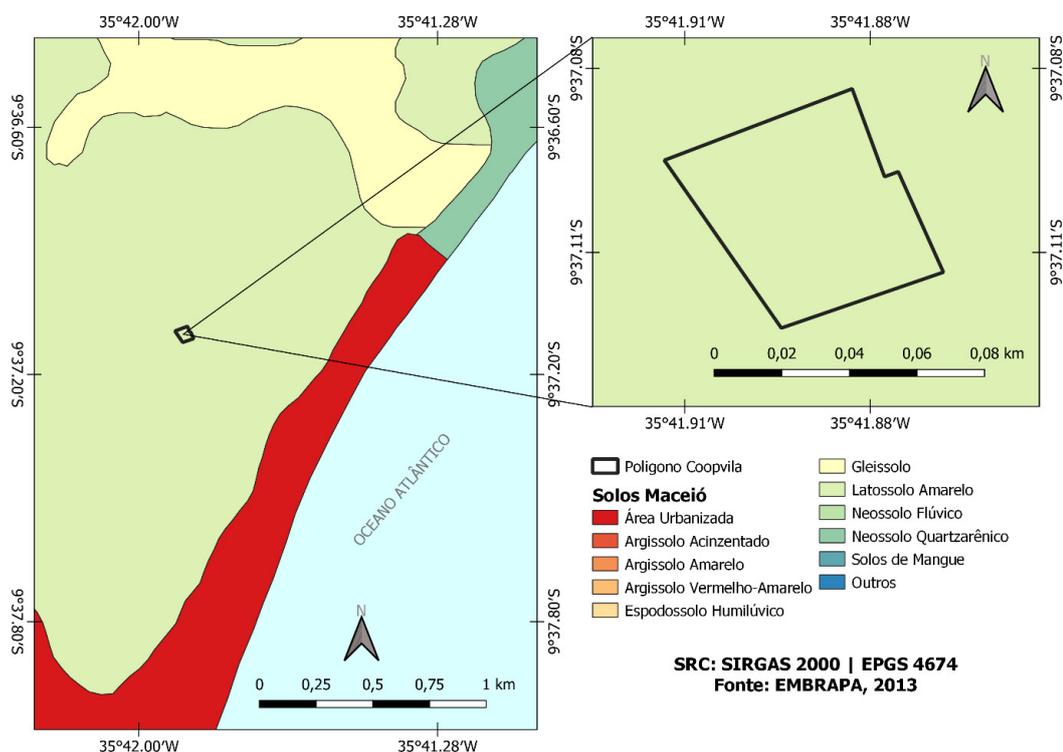
Tabela 14 - Valores de coeficiente de rugosidade e capacidade de armazenamento.

n-terreno	0,06
n-telhados	0,015
P-terreno	4,17 mm
P-telhados	1,9 mm

Fonte: Autor, 2023.

Para a definição da curva-número das microbacias, foi elaborado o mapa pedológico a seguir (Figura 23), onde verificou-se que a local de estudo está sobre uma área de Latossolo Amarelo, que é classificado como um solo hidrológico do tipo C. O mapa foi elaborado a partir dos dados do mapeamento de Maceió realizado pela EMBRAPA, no ano de 2013. Ademais, os valores de CN foram adotados conforme a Tabela 15. O valor de CN para a área do terreno foi encontrado a partir da média ponderada dos valores para Areia/Solo exposto e Áreas verdes, através da equação 3, onde obteve-se um CN igual a 87.

Figura 23 - Mapa pedológico da bacia de estudo.



Fonte: Autor, 2023.

Tabela 15 - Valores de CN adotados.

Vegetação	86
Areia/Solo Exposto	87
Telhado	98
Água	100

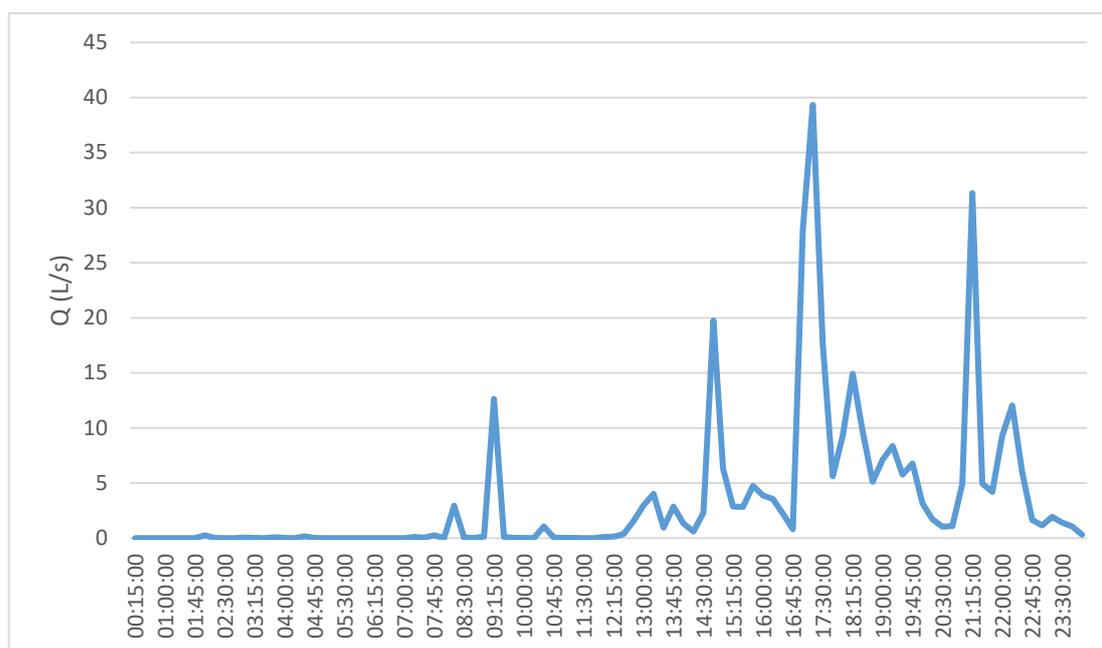
Fonte: Adaptado de Tucci (1993).

Ademais, o cenário foi simulado conforme o esquema apresentado na Figura 17. Os resultados sobre o volume escoado e da vazão de pico no cenário, bem como o hidrograma simulado no exutório da bacia de estudo, estão disponíveis a seguir.

Tabela 16 – Volume escoado e vazão máxima simulados no Cenário 1.

Vazão máxima (L/s)	Volume (10³ m³)
39,32	0,27

Fonte: Autor, 2023.

Figura 24 - Hidrograma simulado no cenário 1 – Exutório do terreno.

Fonte: Autor, 2023.

5.3 Cenários com intervenções

5.2.1 Simulação do Cenário 2

A simulação do cenário 2 foi desenvolvida segunda a mesma metodologia aplicada na elaboração do modelo convencional, utilizando os parâmetros coletados no item 5.2. O cenário foi elaborado conforme o esquema apresentado na Figura 18, aplicando-se o projeto de águas pluviais desenvolvido para o telhado do Galpão de Triagem, com a água interceptada sendo diretamente encaminhada para fora do local de estudo, passando pelo microreservatório de detenção, sem contribuir para o escoamento gerado no terreno da Cooperativa.

Ademais, com base nas dimensões adotadas para o reservatório, foi fornecida a relação tubular (cota-área) a seguir, aplicado no reservatório na simulação do cenário.

Tabela 17 - Relação cota-área da curva de armazenamento do reservatório.

Forma	Cota (m)	Área (m ²)
Prisma retangular	0 (base)	8
	1,2 (topo)	8

Fonte: Autor, 2023.

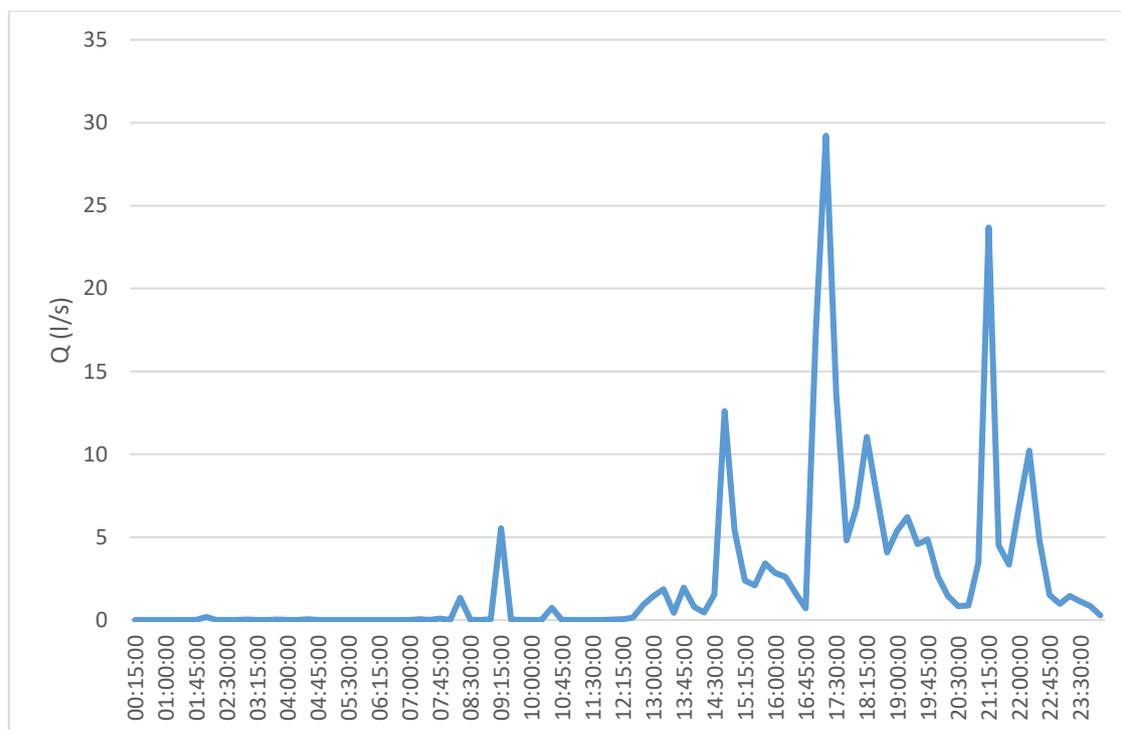
Os resultados sobre o volume escoado e da vazão de pico no cenário, bem como o hidrograma simulado no exutório da bacia de estudo, estão disponíveis a seguir.

Tabela 18 - Volume e vazão de pico simulados no Cenário 2.

	Vazão máxima (L/s)	Volume (10³ m³)
Exutório	29,22	0,1960
Galpão de Triagem	20,52	0,0727
Saida do sistema	14,73	0,0610

Fonte: Autor, 2023.

Figura 25 - Hidrograma simulado no Cenário 2 – Exutório do terreno.



Fonte: Autor, 2023.

5.2.3 Simulação do Cenário 3

O Cenário 3 tem o objetivo de avaliar o aumento da eficiência de abatimento do volume e da vazão de pico com a captação da água da chuva que atinge os telhados da Secretaria e do Galpão de Produção, mas, como não há suficientes sobre as estruturas em questão, não foi desenvolvido um projeto específico de águas

pluviais para as edificações. O Cenário foi simulado conectando a tubulação diretamente a área externa, sem a aplicação de um reservatório de detenção.

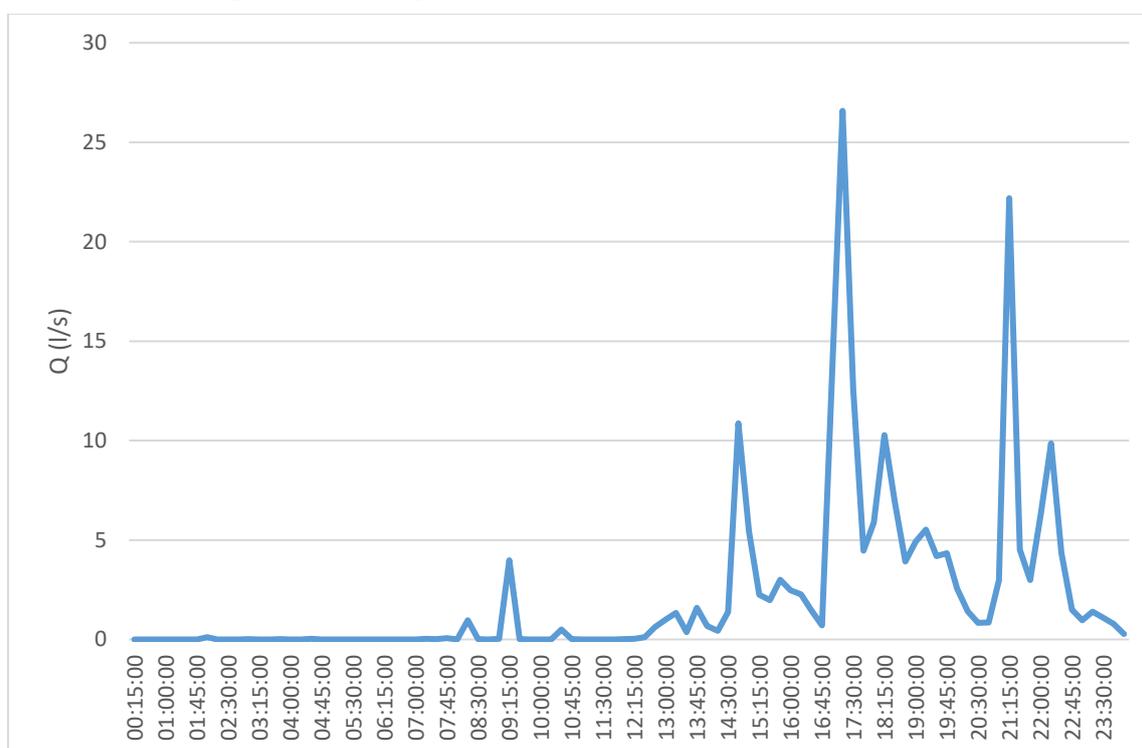
Os resultados sobre o volume escoado e da vazão de pico no cenário, bem como o hidrograma simulado no exutório da bacia de estudo, estão disponíveis a seguir.

Tabela 19 – Volume e vazão de pico simulados no cenário 3.

Vazão máxima (L/s)	Volume (10^3 m^3)
26,58	0,176

Fonte: Autor, 2023.

Figura 26 - Hidrograma simulado no Cenário 3 – Exutório do terreno.



Fonte: Autor, 2023.

5.4 Análise comparativa dos resultados das simulações

A eficácia da redução do escoamento superficial gerado no terreno foi verificada ao comparar a vazão máxima e o volume obtidos no exutório do terreno em diferentes cenários. O cenário de referência considera que toda a água precipitada escoar no terreno, enquanto os cenários com intervenções separam a água dos telhados. Para comparar as reduções, foram utilizadas a Equação 6 e da Equação 7

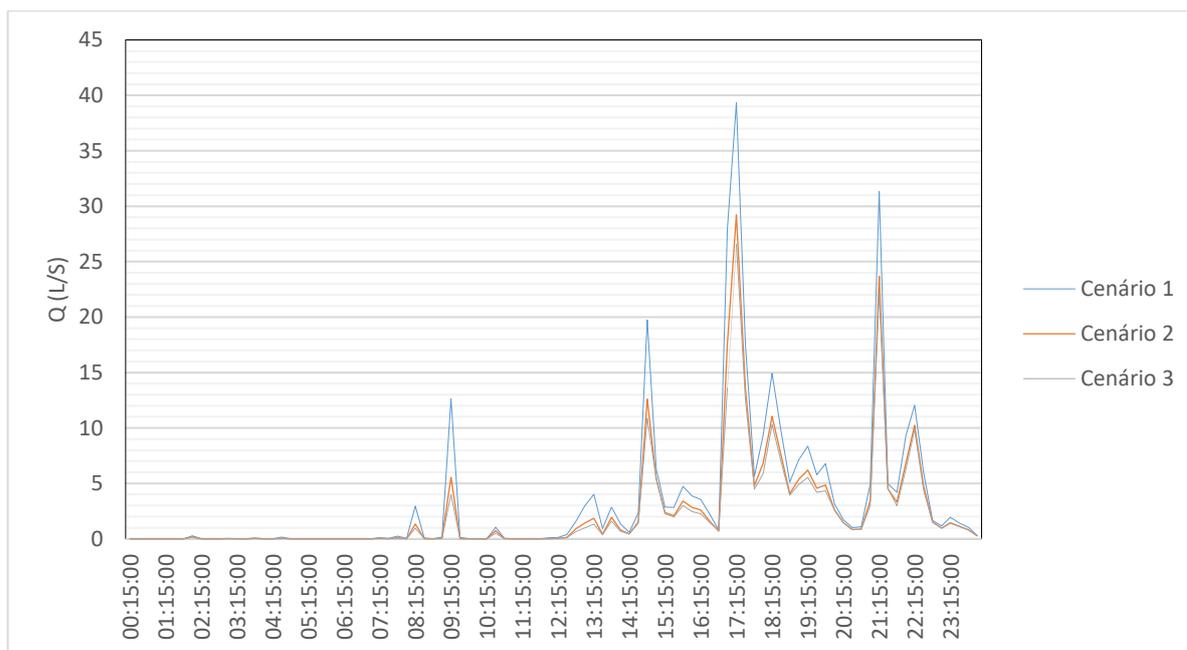
e os resultados foram dispostos na Tabela 20. Adicionalmente, a Figura 26 ilustra os hidrogramas gerados nos três cenários no exutório do terreno, evidenciando a redução do escoamento superficial dentro área de estudo. As tabelas e os hidrogramas não representam todo o sistema, somente a redução do escoamento lançado diretamente sobre o terreno da COOPVILA.

Tabela 20 – Eficiência de redução em relação ao cenário 1.

Cenário	Vazão máxima (L/s)	Volume (10^3 m ³)	Redução da vazão	Redução do volume
1	39,32	0,270	-	-
2	29,22	0,196	26%	27%
3	26,58	0,176	32%	35%

Fonte: Autor, 2023.

Figura 27 - Hidrogramas dos cenários simulados – Exutório do Terreno.



Fonte: Autor, 2023.

O cenário 1 apresenta a maior vazão máxima, com 39,32 L/s, e o maior volume de água, com 270 m³. Esse cenário representa a situação atual do sistema avaliado, sem nenhuma intervenção ou alteração.

Por sua vez, o cenário 2 apresenta uma redução do escoamento do terreno em relação ao Cenário 1 de 26% na vazão máxima e 27% no volume de água. Isso indica que as medidas adotadas nesse cenário conseguem reduzir significativamente o fluxo

de água, contribuindo para o controle do sistema. No entanto, ainda há espaço para melhorias, uma vez que a redução não é tão significativa quanto no cenário 3.

No cenário 3, a redução da vazão máxima é ainda maior, com 32% em relação ao cenário 1, e a redução do volume de água é de 35%. Esse cenário representa um sistema ainda mais controlado, com eficiência superior na redução do fluxo de água do terreno do local de estudo.

Dessa forma, pode-se concluir que os cenários 2 e 3 apresentam medidas satisfatórias para reduzir de forma significativa o volume escoado e a vazão de pico no terreno da COOPVILA, mitigando os eventos de alagamentos no galpão de Triagem. Ademais, quanto a redução do escoamento pela aplicação do microreservatório de retenção, utilizado no cenário 2, foi observado uma redução de 16% e 28% da vazão máxima e do volume, respectivamente, conforme a Tabela 21. Entende-se que há somente a redução das vazões máximas, devido ao microreservatório de retenção. Porém, durante o período de simulação, é verificado a redução do volume, que corresponde ao armazenamento no reservatório, que será liberado posteriormente. Logo, a redução no volume representa o quanto ficou armazenado durante o período de simulação, do volume captado pelo telhado do Galpão de Produção. Além do mais, esse volume pode ser utilizado para fins não potáveis, resultado na redução efetiva para jusante.

Tabela 21 – Eficiência de redução pela aplicação do microreservatório de retenção – Cenário 2.

Sistema	Vazão máxima (L/s)	Volume (10³ m³)	Redução da vazão	Redução do volume
Galpão de Triagem	0,073	20,52	-	-
Saída do sistema	0,061	14,73	16%	28%

Fonte: Autor, 2023.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo teve como objetivo investigar soluções para melhorar o sistema de drenagem pluvial atual da Cooperativa dos Catadores da Vila Emater – COOPVILA, localizada em Maceió/AL. O estudo consistiu na aplicação de sistemas de captação da água da chuva que atinge os telhados das edificações do local, com a aplicação de um microreservatório de retenção para mitigação do escoamento a jusante.

A análise foi conduzida por meio da simulação de cenários, antes e depois da aplicação do sistema, utilizando o software Storm Water Management Model 5.1. Três diferentes cenários foram elaborados: (I) Cenário 1, que representava o local convencional; (II) Cenário 2, que consistia na implantação de um sistema de captação de água da chuva com uso de reservatório de retenção para o Galpão de Triagem; e (III) Cenário 3, que envolvia a captação da água que atinge os telhados da Secretaria e do Galpão de Produção, sem a aplicação de um reservatório.

O trabalho foi dividido em quatro etapas: o levantamento dos dados topográficos, informações sobre o sistema de drenagem da COOPVILA e dos dados hidrológicos; a confecção do projeto de águas pluviais do Galpão de triagem; o levantamento dos parâmetros dos modelos e a simulação dos cenários; e a comparação entre os resultados obtidos para avaliar a eficiência das medidas adotadas.

Os resultados obtidos indicaram que o Cenário 2 apresentou uma redução de 26% e 27% do volume escoado e da vazão de pico dentro da bacia de estudo, respectivamente. Além disso, observando-se o escoamento do telhado do Galpão de Triagem, obteve-se uma redução de 16% da vazão máxima e 28% do volume, devido ao reservatório de retenção. No Cenário 3, foi observado uma redução de 32% da vazão máxima e 35% do volume dentro da bacia de estudo. Portanto, conclui-se que os Cenários 2 e 3 apresentam medidas eficientes para o controle do sistema, com destaque para o Cenário 3, que apresenta a maior eficiência de abatimento do escoamento lançado diretamente sobre a área do terreno.

Em resumo, este estudo foi fundamental para identificar e avaliar soluções eficientes para o controle do escoamento pluvial na COOPVILA. Verificou-se que a implementação de um sistema de captação de água da chuva é medida eficaz para reduzir o volume escoado e a vazão de pico dentro da bacia de estudo. Recomenda-se a implantação do Cenário 3, que apresentou a maior eficiência de abatimento do

escoamento, desde que seja realizado o correto dimensionamento dos elementos do sistema de captação e da manutenção adequada. Além disso, analisando os resultados obtidos no Cenário 2, recomenda-se também a aplicação de um reservatório de retenção, para mitigação do impacto a jusante, com a água podendo ser utilizada para fins não potáveis.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, Mariele de Souza Parra; POLETO, Cristiano. SISTEMAS SUSTETÁVEIS DE DRENAGEM URBANA: DISPOSITIVOS. **Holos Environment**, Rio Claro, Sp, v. 12, n. 2, p. 121-132, 2012.

ANDRADE FILHO, Alceu Gomes de; SZÉLIGA, Marcos Rogério; SZESZ, João Ricardo Sampaio. UTILIZAÇÃO DE MICRO-RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO PARA ATENUAÇÃO DE INUNDAÇÕES EM BACIAS URBANAS. **Publicatio Uepg – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa - Pr, v. 6, n. 1, p. 47-68, 10 nov. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2019. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 1989. 13 p.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2008. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978**. Brasília, DF, 05 maio 2007.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle De Enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 34 p.

DAVIDOVITSCH, Léo. **Estado da arte das técnicas de desenvolvimento de baixo impacto aplicadas no controle da drenagem urbana**. 2020. 101 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2020.

DENARDIN, J. E.; FREITAS P. L. de. Características fundamentais da chuva no Brasil. **Pesquisa Agropecuária brasileira**. Brasília, 17(10): 1409-1416, out. 1982.

DIAS, Fernanda Spitz; ANTUNES, Patricia Tainá da Silva Correa. **ESTUDO COMPARATIVO DE PROJETO DE DRENAGEM CONVENCIONAL E SUSTENTÁVEL PARA CONTROLE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM AMBIENTES URBANOS**. 2010. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Recursos Hídricos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

FLETCHER, T. D. *et al.* 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, 2015.

GIRONÁS, J.; ROESNER, L.A.; DAVIS, J. **Storm water management model: applications manual**. Fort Collins: U.S. Environmental Protection Agency, Department of Civil and Environmental Engineering. Colorado State University, 2009.

GONÇALVES, Felipe Timmermann; NUCCI, João Carlos. SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVEVÊ, CURITIBA-PR. **Ra'Ega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba-Pr, v. 42, p. 192-209, dez. 2017.

IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; CH2M HILL; SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de Drenagem Urbana**. Brasil. Secretária de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Curitiba, Paraná, 2002.

LIMA, Letícia Santos de. **IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUÍDO NA PLATAFORMA DE MODELAGEM DINAMICA**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LOURENÇO, Rossana Ramos de Abreu. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis**. 2014. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2014.

NAKAZONE, L. M. **Implantação de reservatórios de detenção em conjuntos habitacionais: experiência da CDHU**. Tese de Mestrado, 2005.

POPULAÇÃO RURAL E URBANA. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, 2020. Disponível em: <[ROCHA, Maria de Jesus Delmiro. **APLICAÇÃO DO SWMM PARA MODELAGEM HIDROLÓGICO-HIDRÁULICA EM UMA GRANDE BACIA DE UM RIO COSTEIRO**. 2019. 62 f. TCC \(Graduação\) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.](https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html#:~:text=De%20acordo%20com%20dados%20da,brasileiros%20vivem%20em%20%C3%A1reas%20rurais.>. Acesso em: 04 de novembro de 2022.</p></div><div data-bbox=)

ROCHA, Maria de Jesus Delmiro; PEREIRA, Silvano Porto; LIMA NETO, Iran Eduardo. Integração do SWMM e ferramentas SIG para modelagem hidrológico-hidráulica de bacia complexa. **Eng Sanit Ambient**, Fortaleza (Ce), v. 26, n. 3, p. 451-459, maio 2021.

ROSSMAN, L. A. **Storm Water Management Model, version 5.0: User's manual**. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 2010.

Soluções para Cidades. Pavimentos permeáveis: conceitos, aplicações e vantagens. **Soluções para Cidades**, outubro de 2013. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

Soluções para Cidades. Reservatórios: dimensionamento, construção e manutenção. **Soluções para Cidades**, setembro de 2013. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/wp->

content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf. Acesso em: 13 de março de 2023.

TUCCI, Carlos E. M. Drenagem urbana. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, Dec. 2003. Available from <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020&lng=en&nrm=iso>. access on 27 jan. 2023

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 1993

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA: PRINCÍPIOS E CONCEPÇÃO. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 5-12, jul. 1997.

WOODS-BALLARD, B. *et al.* **The SuDS Manual**. London, UK: Ciria, 2015.



TÍTULO: ANEXO I - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	
CURSO: ENG. AMBIENTAL E SANITÁRIA	ALUNO: WEBERTH FERREIRA FELIX
PROJETO: TOPOGRAFIA	
ESCALAS: 1/200	DATA: 31/03/2023
FRANCHA: 01/01	

Fachada frontal do galpão de triagem (ponto A)

- Coberta com 2 águas, sendo uma (lado direito) equipado com calha;
- Na entrada do galpão há um canal para o escoamento da água, mas está obstruído com areia e alguns resíduos que caem durante o transporte.









Fachada lateral direita do galpão de triagem (ponto B)

- Lado da cobertura que esta equipado com calha. Porém, a água coletada é liberada antes do galpão, numa parte mais alta, contribuindo para os eventos de alagamento;
 - Terreno irregular (regiões de empoçamento visíveis);
- Passagem de veículos pesados (compactam a terra e alteram a declividade do terreno).



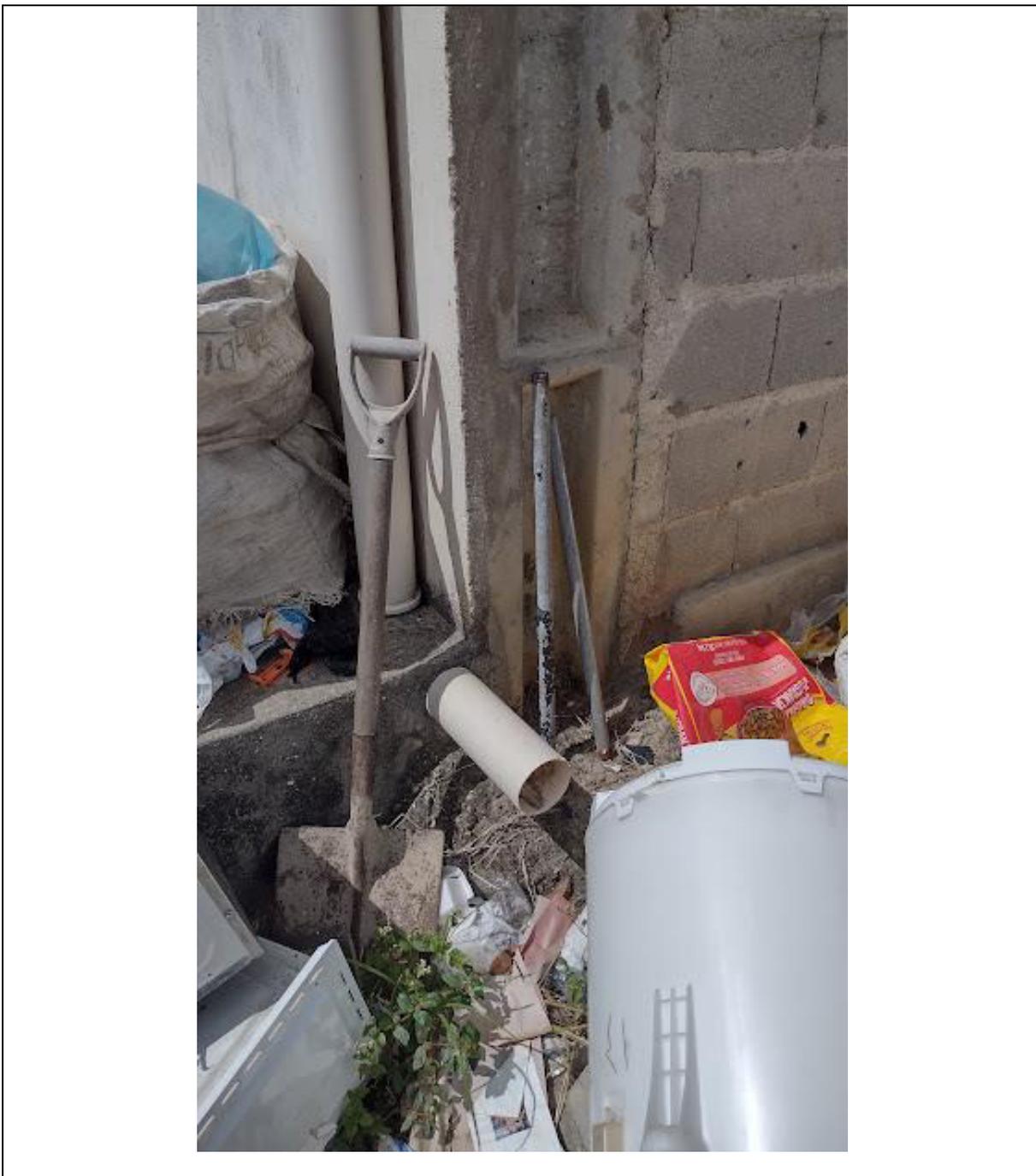












Fachada lateral esquerda do galpão de triagem (ponto C)

- Água da cobertura sem calha (a água da chuva cai na parte baixa do terreno, sem contribuir para os eventos de alagamento);
- O sistema de abastecimento da área fica deste lado, sendo composto por um poço, boba e reservatório.











Fachada posterior do galpão de triagem (Ponto D)

- Região com terreno irregular, onde percebe-se alguns postos de alagamento próximo ao galpão;
- Região onde fica o portão de entrada do terreno, com o maior fluxo de veículos pesados.



Interior do galpão de triagem

- Há 2 banheiros dentro do galpão;
- As maquinas utilizadas pelos trabalhadores são elétricas (não podem funcionar durante as chuvas por causa dos alagamentos);







Banheiros

- Há 2 banheiros dentro do galpão, sendo um feminino e um masculino. Cada banheiro conta com 2 lavatórios, 2 vasos sanitários e 3 chuveiros. Além disso, o banheiro masculino apresenta 1 mictório.







Outras Dependências

- O terreno apresenta outras duas edificações, onde as suas cobertas não tem calhas;
 - As edificações ficam na parte mais alta do terreno;



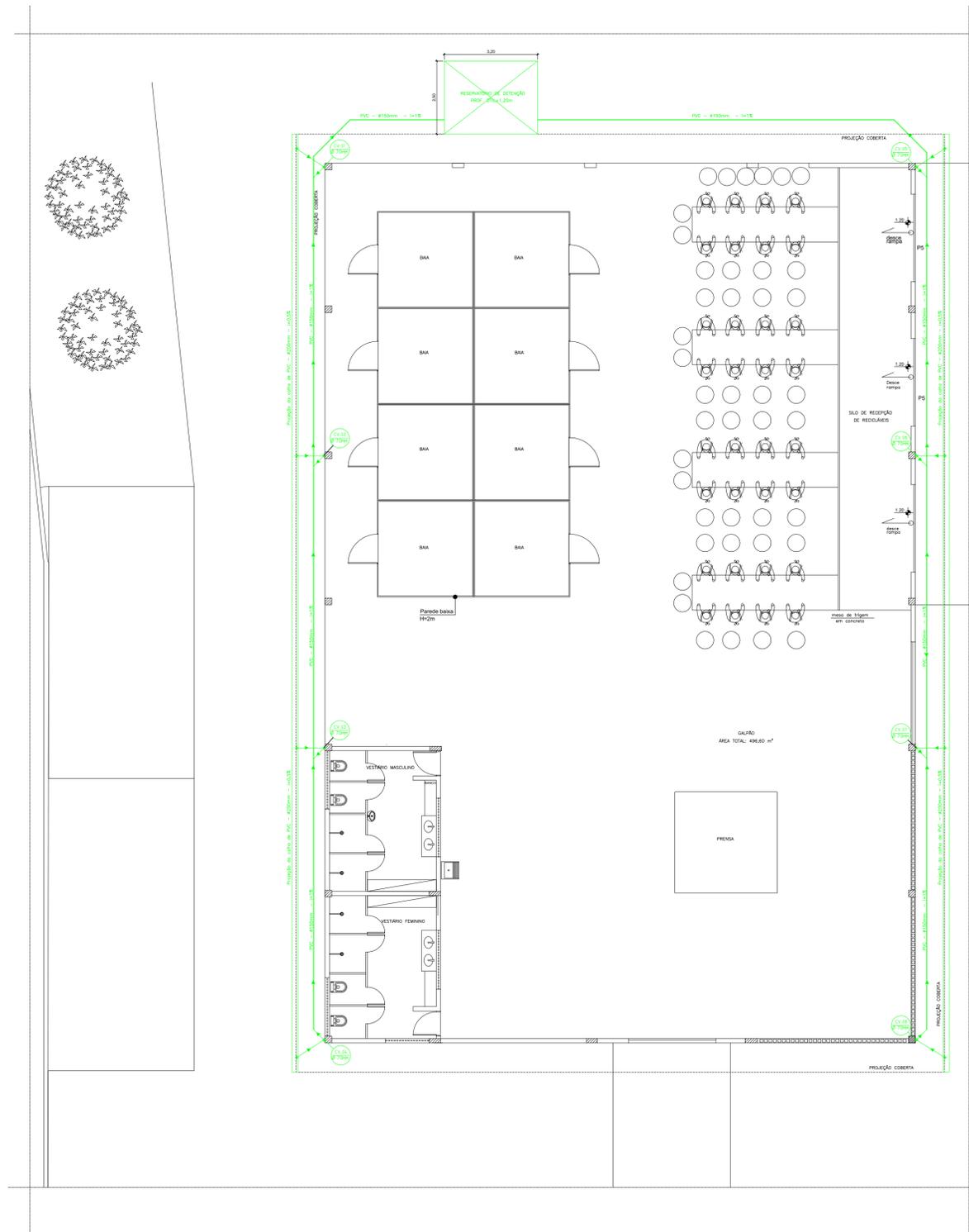




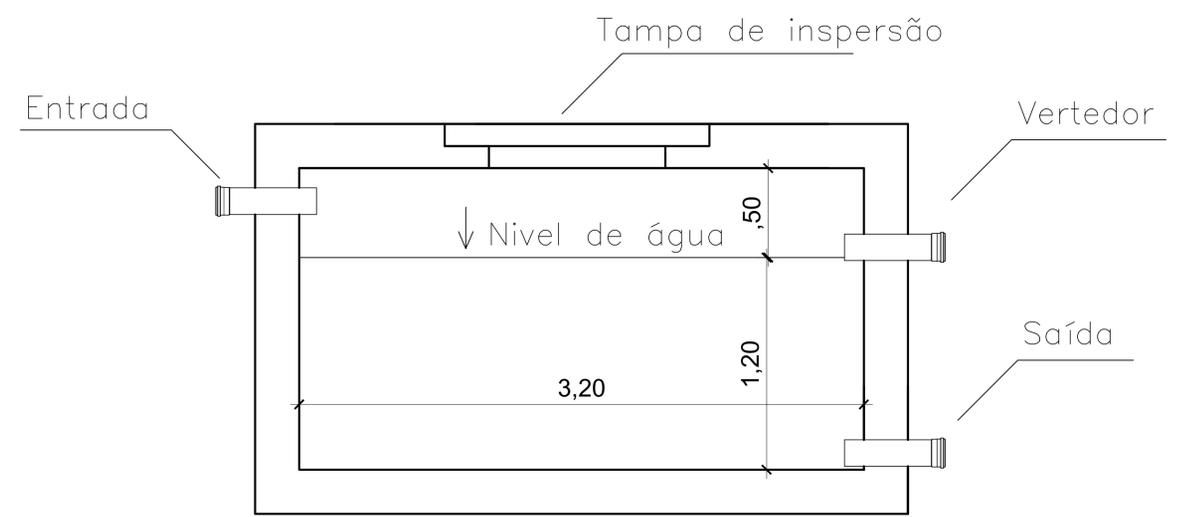
Sistema de abastecimento

- O sistema de abastecimento do terreno é composto por um poço de águas subterrâneas, uma bomba e um reservatório. As peças ficam localizadas no lado esquerdo do galpão (ponto C).





ESQUEMA HIDROSANITÁRIO - PLANTA BAIXA
ESC. 1/100



DETALHE - RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO
ESC. 1/20

TÍTULO: ANEXO III - PROJETO DE ÁGUAS PLUVIAIS	
CURSO: ENG. AMBIENTAL E SANITÁRIA	ALUNO: WEBERTH FERREIRA FELIX
PROJETO: ESQUEMA HIDROSANITÁRIO E DETALHAMENTO	
ESCALAS: 1/100 E 1/20	DATA: 31/03/2023
FRANCHA: 01/01	