



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MIKAEL BRUNO XAVIER DE OLIVEIRA

**UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL NA
REGIÃO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE RUSSAS/CE**

RUSSAS

2023

MIKAEL BRUNO XAVIER DE OLIVEIRA

UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL NA
REGIÃO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE RUSSAS/CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de graduação em engenharia Civil do
campus de Russas da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção de
título de bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof.
Dr^a. Daniela Lima Machado da Silva

RUSSAS
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48u Oliveira, Mikael Bruno Xavier de.
Utilização de um sistema de drenagem urbana sustentável na região central do município de Russas/ce /
Mikael Bruno Xavier de Oliveira. – 2023.
67 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,
Curso de Curso de Engenharia Civil, Russas, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Daniela Lima Machado da Silva .

1. Drenagem. 2. Sustentabilidade. 3. Compensatório. I. Título.

CDD 620

MIKAEL BRUNO XAVIER DE OLIVEIRA

UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL NA
REGIÃO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE RUSSAS/CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de graduação em engenharia Civil do
campus de Russas da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção de
título de bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Daniela Lima Machado
da Silva

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^ª. Daniela Lima Machado da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Paulo Henrique Roberto Moura
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr^ª. Laís Cristina Barbosa Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Osaias e Evaneide , à minhas amadas irmãs Emanuella e Patrícia e a minha esposa que sempre esteve comigo.

AGRADECIMENTOS

Sem a força, cuidado, zelo e amor de Deus, certamente, eu nada teria feito na minha vida. Sou grato à Ele pela permissão de alcançar patamares mais altos.

Agradeço aos meus pais, que não mediram esforços para me conceder a base necessária da vida, me ensinando a amar a Deus e as outras pessoas, mostrando o caminho do esforço e da felicidade.

Sou grato à minha esposa, que com todo o amor, esteve comigo nos momentos de dificuldades, sendo meu porto seguro, minha companheira, minha motivação.

Agradeço à minha amada família que me recebeu tão bem em seus lares quando foi necessário que eu estivesse em Russas, sempre se importando com meu bem-estar e impulsionando meus objetivos, em especial ao Peú, que fazia o possível e o impossível me ajudando em tudo que fosse necessário.

Aos meus amigos e irmãos que a universidade me apresentou, sou grato à vocês, Phobla, Ermim, Vitim, Jô, Heitor, Gusil e Ady. De uma forma que vocês nem imaginam, foram apoios fortes na viga. Em especial, agradeço ao meu irmão Phobla, que esteve comigo nos momentos mais pesados e mais incríveis que vivi na faculdade e na vida.

Agradeço aos meus amigos e irmãos do Grupo do Apoio (R2, E', Laisanha, Cocole), que estiveram comigo desde o começo, sempre celebrando as vitórias, deixando os momentos da vida muito mais incríveis.

Sou grato aos meus amigos do TUTU (Go, Cast, Math, Kbritto, Evellyn, JM, Birel, John, Suivo, gaby, Stripe, Clecio, César), vocês foram minha leveza em muitos momentos pesados da vida.

Agradeço à minha amada igreja que tanto me ensinou sobre propósito, obediência e temor, sendo fundamental para o meu amadurecimento.

Sou grato à Universidade Federal do Ceará, direção, administração e todo o corpo docente, em especial à minha orientadora Daniela Lima, que com toda a paciência me guiou no desenvolvimento de uma grande etapa da vida.

Agradeço por todos que de forma direta e indireta esteve comigo durante essa jornada.

“Como você faz qualquer coisa é como você faz tudo.” (T. Harv, 2005)

RESUMO

A cidade de Russas, localizada na região do Vale do Jaguaribe, no estado do Ceará, enfrenta desafios significativos relacionados à drenagem urbana, especialmente durante os períodos de chuvas intensas. Essas questões têm causado inúmeros transtornos para a população, incluindo alagamentos e interrupção do tráfego de veículos. Uma das áreas mais afetadas por esse problema é a avenida Dom Lino, principal via comercial do município. Tal problema advém da expansão urbana desordenada em consonância com aspectos topográficos do município. visando a aplicação de sistemas que mitiguem o problema de drenagem de forma sustentável, este trabalho contempla a realização do pre-dimensionamento do sistema de reservação do método compensatório por pavimentos permeáveis, por meio do desenvolvimento de modelo de fluxo que expressa a direção do escoamento da água pluvial da região. Através do dimensionamento, foram analisados dois cenários: Cenário convencional e cenário sustentável com aplicação do método de captação de águas pluviais por parte das edificações. Considerando a profundidade máxima de 1,5m para os reservatórios; foi apresentado em cálculos que para área total da região é necessário, somente 1,89% dessa área para o correto funcionamento do sistema de drenagem no sistema convencional, tendo o custo total de execução do reservatório de pedras de R\$ 944.179,13, considerando a escavação e o material do reservatório. Já para o cenário que considera a captação de água pluvial para a mesma região, a área necessária é de 1,542%, totalizando o custo de R\$ 768.683,98 e impactando, também, nas vazões totais, mostrando ser uma solução eficiente e sustentável para a problemática do sistema de drenagem urbana da região de estudo, resolvendo o problema de alagamentos e reduzindo os riscos de enxurradas.

Palavras-chave: drenagem; sustentabilidade; compensatório.

ABSTRACT

The city of Russas, located in the Vale do Jaguaribe region in the state of Ceará, faces significant challenges related to urban drainage, especially during periods of heavy rainfall. These issues have caused numerous inconveniences for the population, including flooding and disruption of vehicle traffic. One of the areas most affected by this problem is Dom Lino Avenue, the main commercial road in the municipality. This problem arises from the disordered urban expansion in line with topographic aspects of the municipality. Aiming at the application of systems that mitigate the drainage problem in a sustainable way, this work contemplates the pre-dimensioning of the reservoir system of the compensatory method by permeable sidewalks, through the development of a flow model that expresses the direction of the rainwater runoff of the region. Through the sizing, two scenarios were analyzed: Conventional scenario and sustainable scenario with application of rainwater harvesting method by buildings. Considering the maximum depth of 1.5m for the reservoirs; was presented in calculations that for the total area of the region it is necessary only 1.89% of this area for the correct functioning of the drainage system in the conventional system, having the total cost of execution of the stone reservoir of R\$ 944,179.13, considering the excavation and the material of the reservoir. For the scenario that considers the rainwater harvesting for the same region, the necessary area is 1.542%, totaling the cost of R\$ 768,683.98 and also impacting the total flows, showing to be an efficient and sustainable solution to the problem of the urban drainage system of the study region, solving the problem of flooding and reducing the risks of floods.

Keywords: drainage; sustainability; compensatory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Diferenças entre inundação, enchente e alagamento.....	18
Figura 2	– Sistema de microdrenagem.....	20
Figura 3	– Sistema de macrodrenagem.....	20
Figura 4	– Esquema de poço de infiltração.....	26
Figura 5	– Exemplo de diferentes tipos de pavimentos com reservatório estrutural.....	27
Figura 6	– Fluxograma com etapas da pesquisa.....	29
Figura 5	– Mapa dos Tipos Climáticos do Estado do Ceará.....	29
Figura 7	– Chuva mensal média em Russas/Ce.....	30
Figura 8	– Área de estudo.....	32
Figura 9	– Curva IDF de Russas/Ce.....	33
Figura 10	– Perfil de elevação A de um traçado da região de estudo.....	35
Figura 11	– Perfil de elevação B de um traçado da região de estudo.....	36
Figura 12	– Direção das águas pluviais.....	36
Figura 13	– Pontos de acúmulo.....	37
Figura 14	– Traçado de drenagem.....	37
Figura 13	– Discretização da área estudada.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Área permeável necessária.....	38
Gráfico 2 – Profundidade H para diferentes tempos de retorno.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Períodos de retorno para diferentes ocupações da área.....	20
Tabela 2 – Valores do coeficiente de Manning.....	21
Tabela 3 – Valores do coeficiente C.....	22
Tabela 4 – Fator de correção de C.....	22
Tabela 5 – Alguns valores típicos de coeficiente de permeabilidade.....	29
Tabela 6 – Resumo de Dimensionamento de projeto – Cenário 1.....	37
Tabela 7 – Resumo de Dimensionamento de projeto – Cenário 2.....	37
Tabela 8 – Custos – Cenário 1.....	39
Tabela 9 – Custos – Cenário 2.....	39
Tabela 10 – Vazões de projeto.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TR	Tempo de Retorno
MC	Método de contenção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos da pesquisa.....	15
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>15</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>15</i>
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	O problema da expansão urbana.....	15
2.2	Enxurrada, enchentes, inundações e alagamentos.....	16
2.3	Micro e Macrodrenagem.....	17
<i>2.3.1</i>	<i>Conceito.....</i>	<i>17</i>
<i>2.3.2</i>	<i>Sistemas de drenagem.....</i>	<i>19</i>
<i>2.3.2.1</i>	<i>Sistema tradicional.....</i>	<i>19</i>
<i>2.3.2.2</i>	<i>Sistema compensatório (alternativo)</i>	<i>22</i>
<i>2.3.2.2.1</i>	<i>Pavimentação permeável.....</i>	<i>24</i>
2.4	Legislação e normas relacionadas à drenagem urbana.....	25
3	METODOLOGIA.....	26
3.1	Definição da região de estudo.....	27
<i>3.1.1</i>	<i>Características pluviométricas do Ceará.....</i>	<i>27</i>
<i>3.1.2</i>	<i>Características pluviométricas de Russas - Ce.....</i>	<i>28</i>
<i>3.1.3</i>	<i>Geologia de Russas-CE.....</i>	<i>29</i>
3.2	Desenvolvimento do estudo.....	30
<i>3.2.1</i>	<i>Curva IDF.....</i>	<i>31</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Método de dimensionamento preliminar de reservatórios de detenção.....</i>	<i>31</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Período de retorno.....</i>	<i>32</i>
<i>3.2.4</i>	<i>Vazões.....</i>	<i>32</i>
<i>3.2.5</i>	<i>Cálculo de custos.....</i>	<i>32</i>
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	32
4.1	Modelo de Fluxo.....	32
4.2	Aplicação da pavimentação permeável.....	35
4.3	Conclusão.....	36
<i>4.3.1</i>	<i>Análise 1 – Área de pavimentação permeável.....</i>	<i>36</i>
<i>4.3.2</i>	<i>Análise 2 – profundidade de reservação por tempo de retorno.....</i>	<i>39</i>
<i>4.3.3</i>	<i>Análise 3 – Vazões.....</i>	<i>40</i>

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43
	APÊNDICE A – RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO.....	46

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Russas, localizada na região do Vale do Jaguaribe, no estado do Ceará, enfrenta grandes desafios relacionados à drenagem urbana. Essas questões têm causado inúmeros transtornos para a população, incluindo alagamentos e interrupção do tráfego de veículos. Uma das áreas mais afetadas por esse problema é a avenida Dom Lino, principal via comercial do município. A região possui uma característica topográfica com pouca declividade, gerando pontos de alagamentos devido à indefinição de direcionamento da água.

O processo de urbanização é um dos fatores mais relevantes quando relacionado ao problema de drenagem pluvial. A expansão desordenada afeta questões relacionadas à uso e ocupação do solo, de modo que esse processo causa o aumento da impermeabilização edáfica, conseqüentemente, o aumento do escoamento superficial, contribuindo na redução de áreas permeáveis, assim, reduzindo a infiltração da água e afetando diretamente o ciclo hidrológico. (ROLNIK, 1994).

Em tempos antigos, para adentrar em uma cidade, haviam portões que delimitavam o município, atualmente, não se há mais essa divisória. O espaço urbano deixou assim de se restringir a um conjunto definido de edificações para significar [...] a predominância da cidade sobre o campo. Em um movimento incessante, periferias, industriais e comércios devoram toda a zona denominada rural. Este movimento caminha para ocupar todo o espaço, de modo a transformar em urbana a sociedade como um todo (ROLNIK, 1994).

Outro fator que contribui para o problema em questão é a falta de um sistema de drenagem adequado que comporte as vazões da água pluvial em épocas de chuvas intensas, fator esse que ocorre devido à pouca atenção que é dada para a inserção de novos métodos de captação de água pluvial e a não conformidade com a legislação que se refere a obrigatoriedade de um sistema de drenagem eficaz para a população.

Este trabalho tem a finalidade de analisar o sistema de escoamento da água pluvial da região central do município de Russas, verificando as características topográficas a fim de elaborar um sistema de drenagem efetivo, aplicando o método compensatório de drenagem pluvial.

1.1. Objetivos de Pesquisa

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral o estudo do escoamento das águas pluviais da região central de Russas-Ce com propósito de aplicação do método compensatório por pavimentação permeável.

1.1.2 Objetivos específicos

- Análise de fluxo para verificar o caminho do escoamento das águas pluviais da região de estudo;
- Utilização de métodos sustentáveis de drenagem.
- Desenvolvimento do pré-dimensionamento do sistema de drenagem da região em questão utilizando o método compensatório de permeabilidade do solo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. O problema da expansão urbana

O processo de urbanização no Brasil no século XX ocorreu de forma rápida e desordenada, impulsionado pela intensa migração da população do meio rural para as cidades em busca de novas oportunidades. No entanto, a falta de planejamento urbano e o crescimento acelerado acarretaram diversas consequências negativas para esses centros urbanos, como problemas de saneamento básico, enchentes e inundações decorrentes da impermeabilização do solo, poluição ambiental e aumento dos níveis de ruído, entre outros desafios. (BATEZINI, 2013).

Como explica Holtz, com o aumento da urbanização, dentro do modelo de desenvolvimento vigente, ocorreu uma gradual impermeabilização do solo, devido à construção de edifícios com calçadas impermeáveis, ligados por ruas pavimentadas. O crescimento urbano e a demanda por vias de tráfego asfaltadas e planas levaram à ocupação de grande parte da superfície das cidades com materiais impermeáveis, como o concreto asfáltico e o concreto de cimento Portland. Essa alteração reduz seriamente a área de contato da água com o solo, dificultando ou impedindo a infiltração e aumentando os volumes do escoamento superficial das águas pluviais, o que se torna em um desafio cada vez maior para as redes de drenagens.

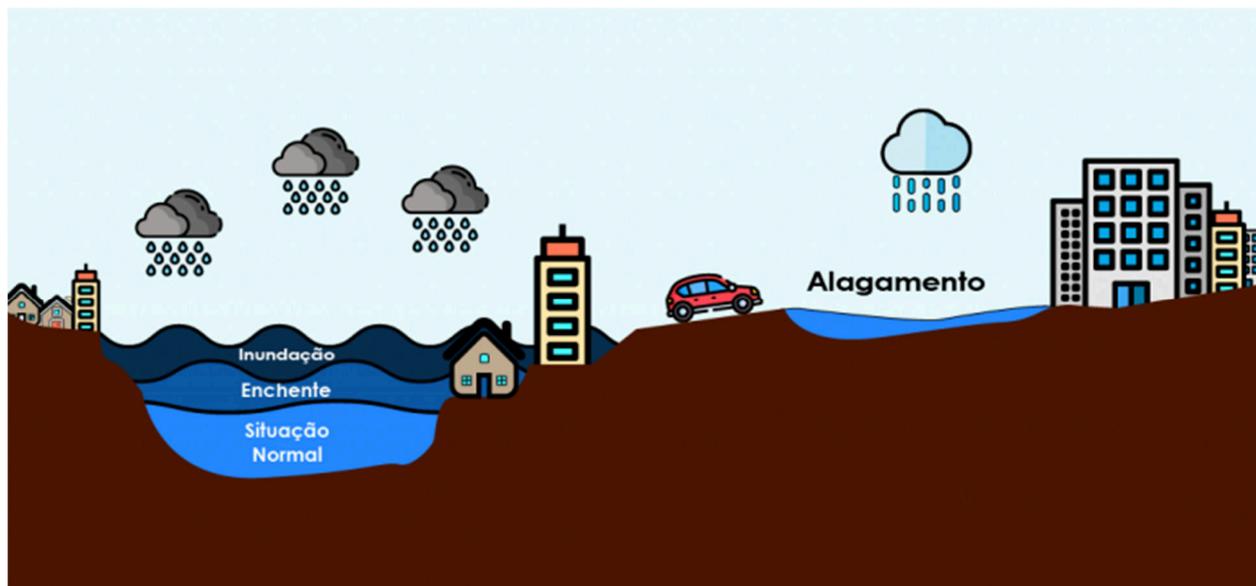
Segundo Tucci (1997), diversos elementos acarretam efeitos indesejáveis no sistema de drenagem urbana à medida que as cidades se expandem, tais como:

- aumento das vazões máximas em decorrência do aumento da capacidade de escoamento por meio de condutos, canais e impermeabilização das superfícies;
- aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos (lixo);
- e a deterioração da qualidade da água, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

2.2. Enxurrada, enchentes, inundações e alagamentos

O conceito de enxurrada, inundação, enchente e alagamento são confundidos entre si por se tratar de impactos ocasionados pela água da chuva, a diferença entre os termos pode ser entendido pela figura 1.

Figura 1- Diferenças entre inundação, enchente e alagamento



Fonte: Colégio Atrito, 2019

De acordo com a COBRADE (Classificação e codificação brasileira de desastres) 2012, enxurrada refere-se à escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Sendo caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial apresentando grande poder destrutivo.

As enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido às chuvas de magnitude elevada. Segundo a COBRADE(2012), as enchentes em áreas urbanas podem ser decorrentes destas chuvas intensas de largo período de retorno; ou devidas a transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças no equilíbrio no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas; ou ainda, devidas à própria urbanização.

Inundação pode ser definida como submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. A extrapolação da água ocupa a área ao lado do rio, que são chamadas de planícies fluviais ou várzeas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície. (COBRADE,2012)

O ministério da cidade (2007) define alagamento como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial.

De acordo com a COBRADE (2012), alagamento é definida como extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

2.3. Micro e Macrodrenagem

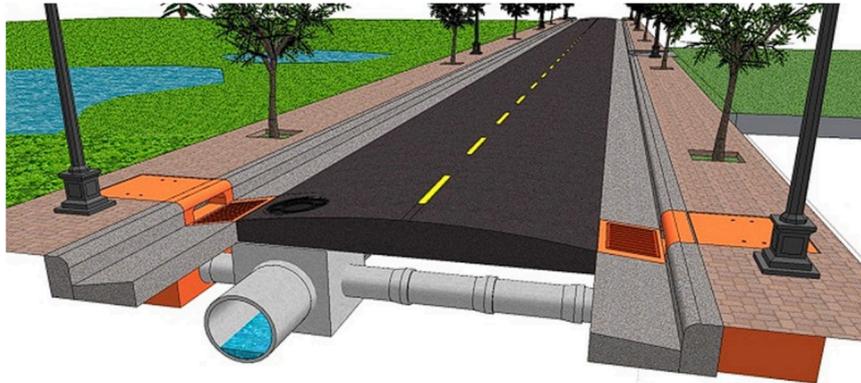
2.3.1. Conceito

De acordo com Cardoso, o termo "drenagem" refere-se às instalações destinadas a escoar o excesso de água, tanto em rodovias quanto em áreas rurais ou urbanas. No entanto, a drenagem urbana vai além dos aspectos técnicos limitados à engenharia, uma vez que engloba um conjunto de medidas que visam mitigar os riscos e os prejuízos causados por inundações, aos quais a sociedade está sujeita. A drenagem urbana possui dois níveis, a macrodrenagem e a microdrenagem, definido pela Funasa (2016) da seguinte maneira:

- Microdrenagem: (denominados também como sistemas iniciais de drenagem): considera a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias ($\varnothing < 1,5m$), como expressa a figura 2. Considera todos os componentes para que isso ocorra. A microdrenagem é necessária para criar condições de circulação de veículos e pedestres na área urbana, por ocasião de ocorrência de chuvas

frequentes, como também evitar danos às propriedades e riscos de perdas humanas por ocasião de temporais mais fortes.

Figura 2 – Sistema de microdrenagem



Fonte: ASSEMAE(2015)

- **Macro drenagem:** inclui, além da microdrenagem, as galerias de grande porte ($\varnothing > 1,5\text{m}$) e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados, como expresso na figura 3. Este sistema existe sempre, mesmo quando não projetado, constituindo-se dos fundos de vale, córregos e cursos d'água. Obras para a macrodrenagem visam “otimizar” o escoamento do sistema, melhorando suas características hidráulicas. A macrodrenagem em seus componentes, destina-se à condução final das águas captadas pela microdrenagem (drenagem primária), dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, sarjetões, valas e galerias.

Figura 3 – Sistema de macrodrenagem



Fonte: Aquino (2016)

Cardoso (2005) considera que os elementos principais da microdrenagem são os meios-fios, as sarjetas, as bocas-de lobo, os poços de visita, as galerias, os condutos forçados, as estações de bombeamento e os sarjetões.

2.3.2. Sistemas de drenagem

Baptiste & Nascimento (2005) abordaram a questão da drenagem urbana por meio de duas perspectivas em relação aos sistemas de intervenção hidráulica: o método tradicional e a abordagem técnica alternativa baseada em medidas compensatórias de drenagem e controle na origem.

2.3.2.1 Sistema tradicional

Os preceitos higienistas, assim chamados, são os métodos de drenagem tradicionais, que atuam com base na evacuação rápida das águas pluviais por meio da utilização de condutos, preferencialmente subterrâneos, funcionando por gravidade, sendo constituídos basicamente de dispositivos de microdrenagem, os quais atuam no transporte das águas superficiais nos logradouros (sarjetas), captação (boca de lobo) e deságue até o sistema de macrodrenagem (canais abertos ou galerias). De acordo com Tucci (1997), o dimensionamento da microdrenagem é iniciado por meio de um estudo de drenagem, devendo seguir 5 passos:

1. Escolha do período de retorno
2. Determinação de tormenta de projeto
3. Determinação do escoamento superficial direto
4. Determinação de vazões de projeto
5. Dimensionamento das estruturas hidráulicas

O passo 1 referente ao período de retorno abrange a ideia do inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em qualquer ano, de modo que escolha desse parâmetro determina o grau de proteção conferido à população.

O período de retorno deve ser escolhido considerando o tipo de ocupação da área, baseando-se na tabela:

Tabela 1 – Períodos de retorno para diferentes ocupações da área

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	T(anos)
<i>Microdrenagem</i>	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço ao público	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
<i>Macro-drenagem</i>	Áreas comerciais e residenciais	50-100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: DAEE/CETESB,1980

Esse conceito leva em conta que uma obra projetada para o período de retorno T expõe-se todo ano a uma probabilidade $1/T$ de vir a falhar. Para o cálculo da vazão máxima, tem-se como base a) o ajuste de uma distribuição estatística; b) a regionalização de vazões; c) precipitações.

De acordo com Tucci (1997), a existência de dados históricos de vazão no local somado a inexistência de modificações na bacia permite o ajuste de uma distribuição estatística, podendo ela ser utilizada para a estimativa da vazão máxima para um risco escolhido.

O método racional é amplamente utilizado para determinação de vazão máxima de projeto para bacias pequenas ($\leq 2\text{km}^2$). Esse método representa os principais processos de transformação da precipitação em vazão, englobando todos os processos em apenas um coeficiente. Para a utilização do método, devem ser feitas as seguintes considerações:

1. A duração da precipitação intensa de projeto é igual ao tempo de concentração;
2. Adoção de um coeficiente único de perdas, denominado C, onde este valor é estimado com base nas características da bacia;
3. Não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

Sendo a seguinte equação:

$$Q_{\max} = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Sendo I = Intensidade da precipitação em mm/h;

A = Área da bacia em km^2 ;

C = Coeficiente de perdas;

Q_{\max} = Vazão máxima dada em m^3/s .

De acordo com Tucci(1997), o tempo de concentração pode ser estimado por uma equação derivada tendo base no método da onda cinemática para precipitação constante, sendo expressa da seguinte forma:

$$tc = \frac{447(L.n)^{0,6}}{S^{0,3}I_e^{0,4}} \quad (2)$$

Onde tc é dado em minutos;

L = comprimento do rio em km

n = rugosidade de Manning

S = declividade (m/m)

Ie = Precipitação efetiva em mm/h = I . C

Tabela 2 – Valores do coeficiente de Manning

Cobertura da bacia	n
Asfalto suave	0,012
Asfalto ou concreto	0,014
Argila compactada	0,030
Pouca vegetação	0,020
Vegetação densa	0,350
Vegetação densa e floresta	0,400

Fonte: Tucci, 1997

Conforme afirma Tucci(1997), a precipitação é obtida das curvas IDF (intensidade, duração, frequência) do local de estudo, sendo expressa da seguinte forma:

$$I = \frac{aT^b}{(t + c)^d} \quad (3)$$

Onde a,b,c e d são coeficientes que dependem do local, t = duração, o qual pode ser substituído por tc, pro caso de dimensionamento de drenagem.

A estimativa do coeficiente C baseia-se em na seguinte tabela:

Tabela 3 – Valores do coeficiente C

Superfície	C	
	Intervalo	Valor esperado
<i>Pavimento</i>		
Asfalto	0,70 – 0,95	0,83
Concreto	0,80 – 0,95	0,88
Calçadas	0,75 – 0,95	0,80
Telhado	0,75 – 0,95	0,85

<i>Cobertura: Grama solo arenoso</i>		
Plano (2%)	0,05 – 0,10	0,08
Médio(2 a 7%)	0,10 – 0,15	0,13
Alta (7%)	0,15 – 0,20	0,18
<i>Gramma, solo pesado</i>		
Plano(2%)	0,13 – 0,17	0,15
Médio(2 a 7%)	0,18 – 0,22	0,20
Declividade alta (7%)	0,25 – 0,35	0,30

Fonte:Asce,1969

Sendo corrigida pelo fator de correção exposto na tabela a seguir:

Tabela 4 – Fator de correção de C

Tempo de retorno(anos)	Cf
2 a 10	1,00
25	1,10
50	1,20
100	1,25

Fonte: Wrigth-MacLaughin, 1969

Com a vazão máxima determinada pelo método racional e sendo feito o traçado da rede de microdrenagem e inserido os dispositivos de drenagem com base na análise topográfica da área de estudo, dá-se início ao dimensionamento desses dispositivos por meio de equações.

2.3.2.2 Sistema compensatório (alternativo)

Com a finalidade de neutralizar os efeitos da urbanização, surgiu uma nova abordagem denominada tecnologias alternativas ou compensatórias. Tendo começada a ser implementada a partir de 1970, as tecnologias alternativas buscam compensar sistematicamente os efeitos da expansão urbana. (VIRGILIS, 2009)

Segundo REZENDE (2010), a abordagem tradicional do problema de inundações urbanas geralmente tem o foco na readequação da rede de drenagem através de projetos de galerias e canais, com foco no rápido transporte das águas pluviais excedentes para longe do local de intervenção. No primeiro momento essa solução parece ser a ideal, no entanto,

posteriormente é possível observar que o que foi feito apenas transferiu o problema da jusante para o montante. A urbanização de regiões mais altas da bacia implica no aumento do aporte de águas pluviais afluentes para a região mais baixa, demandando intervenções novas na rede de drenagem para a readequação da sua capacidade hidráulica, para serem compatíveis com as novas vazões de cheia. Com o passar do tempo, a pequena adequação da rede para as novas vazões geradas, torna-se um grande problema, sendo exigido cada vez maiores áreas em um ambiente já, comumente, completamente ocupado, sendo necessário desapropriações e realocações de moradias, demonstrando então que a drenagem tradicional não é uma solução sustentável.

Considerando a importância de práticas de drenagem sustentável, o Ministério das Cidades elaborou o programa de drenagem urbana e Controle de Erosão Marítima e Fluvial (2007) para apoiar o projeto de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis e de Manejo das Águas Pluviais, fundamentando-se no conceito de desenvolvimento urbano de baixo impacto, que se resume em soluções mais eficazes e econômicas se comparadas com as soluções tradicionais, onde este conceito consiste na preservação do ciclo hidrológico natural, reduzindo o escoamento superficial adicional gerado pelas mudanças da superfície do solo advindas do desenvolvimento urbano. O documento lista alternativas que podem ser implementadas no sistema de micro e macrodrenagem, tais como:

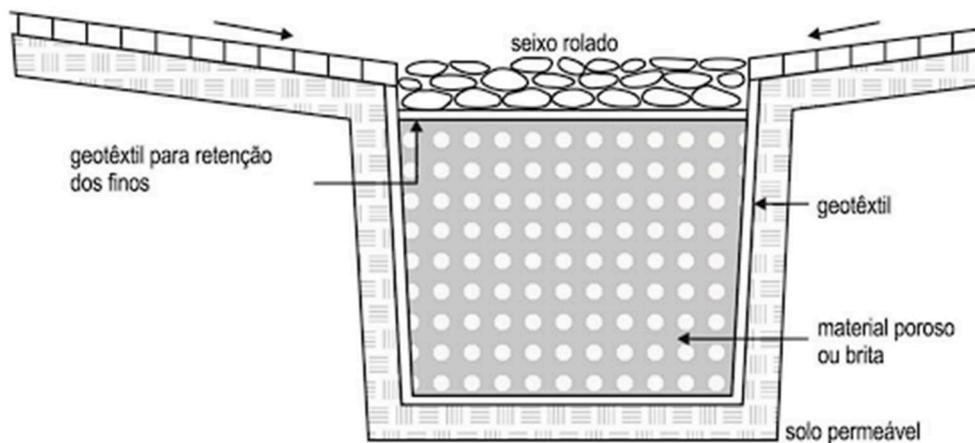
- a) Reservatório de amortecimento de cheias;
- b) Parque linear ribeirinho;
- c) Parque isolado associado a reservatório de amortecimento de cheias ou área para infiltração de águas pluviais;
- d) Recuperação de áreas úmidas (várzeas)
- e) Banhados construídos (“wetlands”);
- f) Restauração de margens
- g) Recomposição de vegetação ciliar;
- h) Renaturalização de rios ou córregos
- i) Bacias de contenção de sedimentos
- j) Dissipadores de energia;
- k) Adequação de canais para retardamento do escoamento, incluindo:
 - a. Soleiras submersas
 - b. Degraus;
 - c. Aumento da rugosidade do revestimento;
 - d. Ampliação da seção e redução da declividade;
- l) Desassoreamento de rios e córregos;
- m) Canalização de córregos, quando associada a obras e ações estruturais e não-estruturais, que priorizem a retenção, o retardamento e a infiltração das águas pluviais;
- n) Sistemas para aproveitamento das águas pluviais

De acordo com Cardoso (2005), a redução dos volumes é alcançada por meio de técnicas de infiltração, as quais devem entrar em operação assim que a precipitação atinge as superfícies. Isso implica na adoção de uma nova abordagem tecnológica no desenvolvimento de materiais para pavimentação, na aplicação de normas para sua utilização e na implementação de métodos para ocupação dos espaços públicos e privados de forma metodológica, tais como abordados pelo documento do ministério das cidades.

2.3.2.2.1 Pavimentação permeável

Pavimento permeável é um dispositivo de infiltração, o qual o escoamento superficial é desviado através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório, geralmente de pedra, localizado sob a superfície do terreno. (Urbonas e Stahre, 1993). A utilização desse pavimento permite a redução de vazões de pico e de escoamento superficial iguais ou até inferiores aos observados antes da urbanização, como é visto na figura 4. (Araújo et al, 2000)

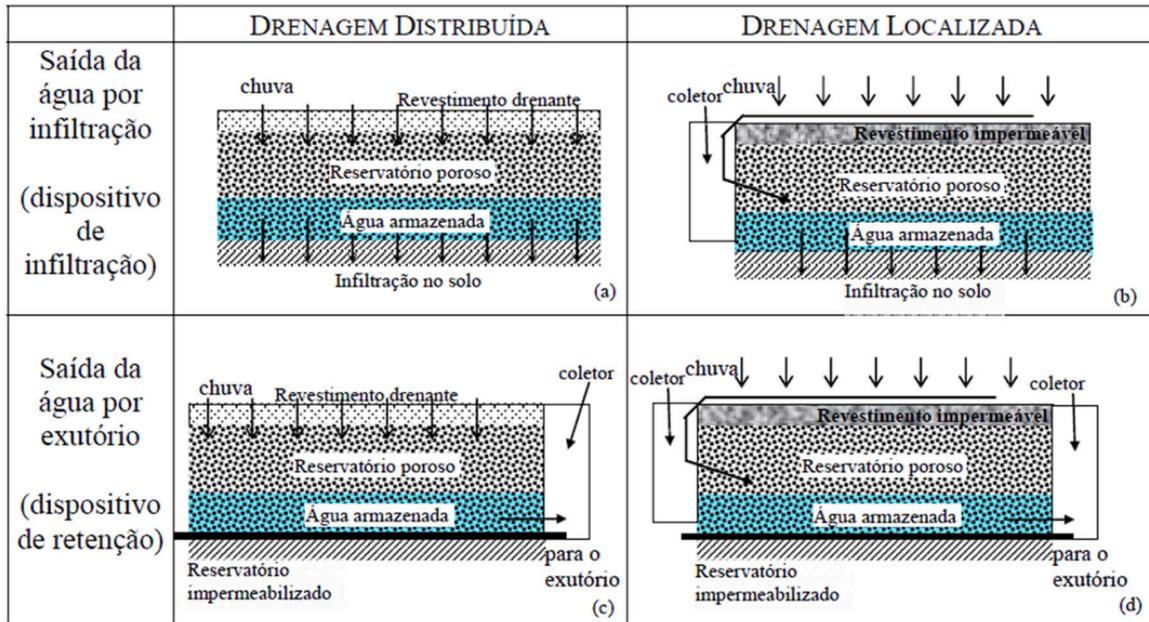
Figura 4 – Esquema de poço de infiltração



Fonte: Adaptado de Azzout et al., 1994

Esse tipo de pavimento é descrito da seguinte maneira: O escoamento infiltra rapidamente na capa ou revestimento poroso, passando pela manta geotêxtil e indo para o reservatório de pedras com agregados graúdos. Após, a água poderá ser infiltrada para o subsolo ou ser coletado por tubos de drenagem e ser transportado para uma saída. Compreende-se, então, que a capacidade de armazenamento dos pavimentos porosos é determinada pela profundidade do reservatório de pedras. A aplicação desse tipo de sistema pode ter diferentes funcionalidades, conforme expressa a figura 5.

Figura 5 – Exemplo de diferentes tipos de pavimentos com reservatório estrutural



Fonte: Extraído de Azzout El at, 1994 apud Acioli, 2005.

Segundo Azzout et al. (1994) o pavimento pode ser drenante ou impermeável e ter função de infiltração ou somente armazenamento.

2.4. Legislação e normas relacionadas à drenagem urbana

Pela lei nº 11.445/2007, o saneamento básico é um direito garantido a todos pela constituição Federal, e incluído no conjunto de serviços públicos do saneamento básico está o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, sendo estes últimos constituídos pelas atividades, 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 lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 estabelece a política nacional dos recursos hídricos, onde um de seus fundamentos tem-se que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, contando com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades, tendo como um de seus objetivos o incentivo e promoção de captação, preservação e aproveitamento de águas pluviais.

O cumprimento da Lei nº 6.766/1979 é fundamental para assegurar um desenvolvimento urbano ordenado, com infraestrutura adequada, de modo à garantir a segurança e acessibilidade para a população. A lei conhecida como a lei de parcelamento do solo urbano regula como as

áreas são divididas e parceladas para uso e ocupação, abordando sobre a necessidade de infraestrutura básica dos parcelamentos situados nas zonas habitacionais declaradas por lei como de interesse social (ZHIS), consistindo de no mínimo:

- Vias de circulação
- escoamento das águas pluviais
- Rede de abastecimento de água potável
- Soluções para o esgotamento sanitário e energia elétrica domiciliar

O artigo 7º da mesma lei descreve os elementos que devem compor o requerimento para a construção de loteamentos. Dentre outros, um dos elementos que compõe a lista é o traçado das faixas sanitárias do terreno necessárias ao escoamento das águas pluviais e as faixas não edificáveis.

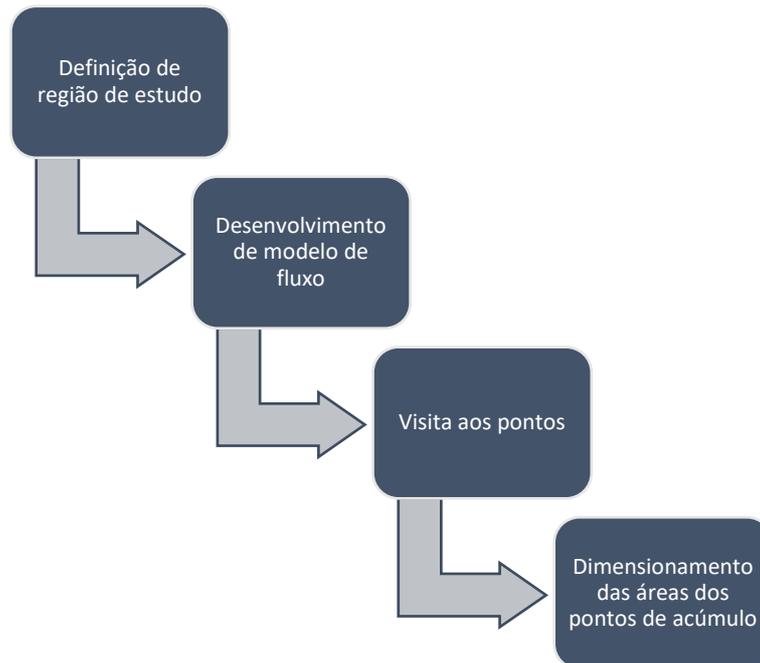
De acordo com Grostein (2001), os problemas ambientais urbanos estão diretamente ligados ao modo como acontece a expansão urbana e as condições de vida da população. Nas parcelas da cidade produzidas informalmente, não há como ter o controle populacional expansivo, desse modo, por ocorrer de forma desordenada e informal, a população das regiões a serem ocupadas não realizam o requerimento de ocupação, impedindo que sejam medidas preventivas de distúrbios urbanos, promovidas pela implantação de infraestrutura adequada.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo está descrito as etapas de desenvolvimento do dimensionamento do pavimento permeável da rede de drenagem da região de estudo, considerando o conhecimento abordado no referencial teórico.

Inicialmente foi feito o diagnóstico da área central do município, buscando compreender os pontos críticos do sistema atual, o caminho das águas pluviais e as particularidades do sistema. Por meio dos *softwares* Qgis(3.28LTR) e do Google Earth (versão 7.3) foi realizado o desenvolvimento de um modelo que permitiu a visualização do percurso hidráulico pluvial. Posteriormente, foram realizadas visitas aos pontos para compreensão espacial, analisando as particularidades. Dando seguimento, foi realizado o dimensionamento das áreas, considerando a curva IDF(intensidade, duração e frequência) do município de Russas desenvolvida pelo trabalho da Tatiana Batista (2018), verificando a viabilidade de aplicação do método compensatório. A figura 6 expressa o fluxograma com as etapas de pesquisa deste trabalho.

Figura 6 – Fluxograma com etapas da pesquisa



Fonte: Autor(2023)

3.1 Definição da região de estudo

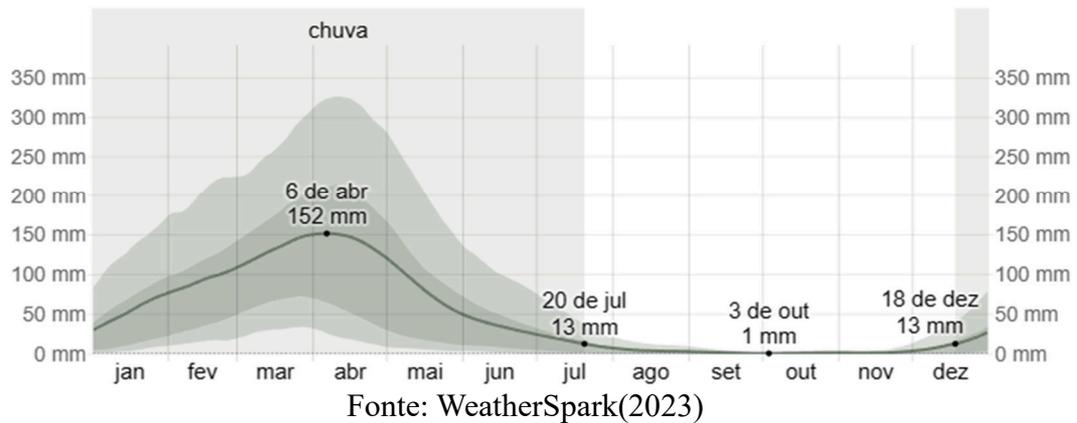
3.1.1 Características pluviométricas de Russas - CE

Em Russas, município localizado no interior do Ceará, o verão é caracterizado por temperaturas elevadas, alta umidade do ar, aridez e ventos fortes. O inverno é curto, com temperaturas mais amenas, mas ainda opressivo devido à umidade presente na região e com ocorrência de precipitação.

No supracitado município, o período chuvoso se estende por aproximadamente 7,1 meses, começando em 18 de dezembro e indo até 20 de julho (Figura 6). Durante esse período, há chuva contínua por cerca de 31 dias, com uma precipitação mínima de 13 milímetros. O mês de abril se destaca como o mais chuvoso em Russas, com uma média de 148 milímetros de precipitação.

Já o período seco abrange cerca de 4,9 meses, a partir de 20 de julho até 18 de dezembro. Durante essa temporada, a precipitação de chuva é mínima, e o mês de outubro é o menos chuvoso, registrando uma média de apenas 1 milímetro de precipitação, conforme a figura 7.

Figura 7 – Chuva mensal média em Russas/Ce



3.1.2 Geologia de Russas - CE

Os dados geológicos são extremamente importantes, pois as rochas (sedimentares e cristalinas) têm influência direta no fluxo e infiltração das águas na bacia. O substrato geológico de Russas é composto de gnaisses e migmatitos diversos do Pré-cambriano, arenitos, argilitos e conglomerados do Terciário/Quaternário e sedimentos arenosos e areno-argilosos inconsolidados, aluviais do Quaternário (CPRM, 2014).

No município, podem-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: Rochas cristalinas, coberturas sedimentares terció-quaternárias e depósitos aluvionares. As rochas cristalinas são predominantes na área e representam o aquífero fissural. As coberturas sedimentares ocupam grandes áreas, na porção sudeste do município. Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, ocorrendo margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região e apresentam boa alternativa como manancial (CPRM, 2014).

O solo da região de Russas é classificado como solo arenoso, muito comum na região nordeste do Brasil. A classificação arenosa vem da consistência granulosa uma vez que é composto por mais de 40% de areia. (Pinto, 2006)

Conforme um estudo realizado por Santos *et al.* em solos arenosos, constatou-se o valor de permeabilidade do solo no meio saturado variando de 6 a 21cm/h. Esse valor é explicado devido a quantidade de vazio que virá a ser ocupado pela água, observando então que a região de estudo é constituída por um solo com coeficiente de permeabilidade favorável ao sistema de drenagem proposto.

Pinto (2006) apresenta os seguintes valores típicos de permeabilidade dos diferentes tipos de solo:

Tabela 5 – Alguns valores típicos de coeficiente de permeabilidade

Argilas	$<10^{-9}$ m/s
Siltes	10^{-6} a 10^{-9}
Areias argilosas	10^{-7} m/s
Areias Finas	10^{-5} m/s
Areias médias	10^{-4} m/s
Areias grossas	10^{-3} m/s

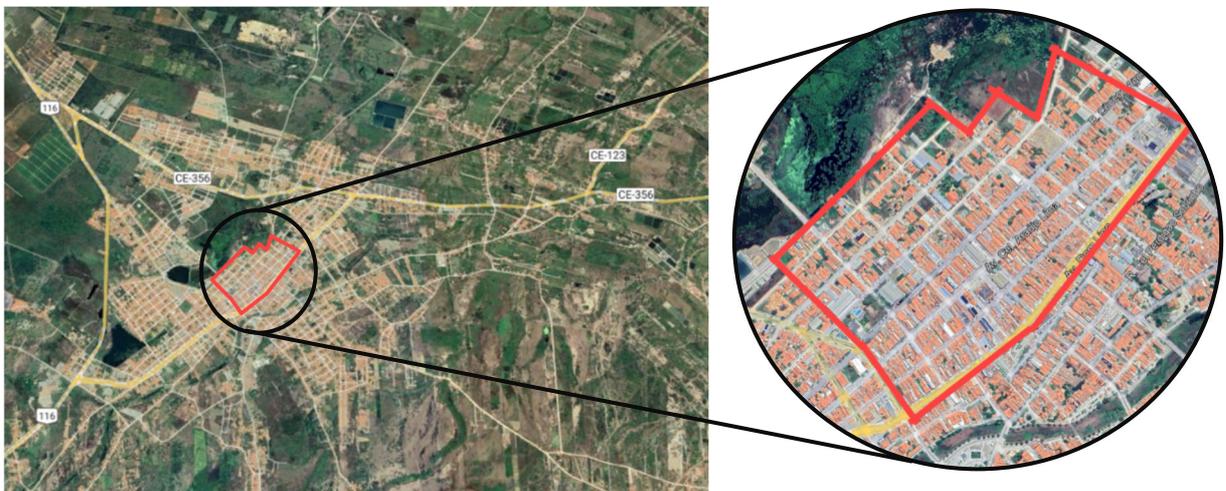
Fonte: Pinto, 2006

O estudo realizado por Santos *et al.* (2015) retornou à valores de permeabilidade próximos obtidos por estudos realizados anteriormente, como o Rawls *et al.* (1982), o qual tomou como base 762 amostras de solo arenoso, desse modo, optou-se pelo valor de permeabilidade do solo de 15cm/h para o desenvolvimento deste trabalho.

3.1.3 Diagnóstico da área de estudo

Para o estudo, foi considerado um trecho da avenida Dom Lino, da Tv. Tab. Teodorico Veloso até a Tv. José de Deus, observando o direcionamento das águas pluviais dessa região. Para a escolha da área levou-se em conta grande a ocorrência de alagamentos durante o período de quadra chuvosa, além da importância da avenida para o desenvolvimento econômico municipal de Russas, visto que grande parte dos edifícios públicos de atendimento à população se localizam nessa região, além de ser o centro comercial da cidade, contendo a maior parte dos empreendimentos privados. Os limites da área foram definidos levando em conta a contribuição da bacia considerada da rede pluvial, conforme pode-se observar na figura 8.

Figura 8 – Área de estudo



Fonte: Google Earth (2022)

Comumente, a água da chuva deve ser direcionada para os logradouros públicos. Tomando essa afirmativa como base, foi desenvolvido um modelo de fluxo, expressando a direção do escoamento das águas pluviais com o auxílio do *google Earth*, por meio da ferramenta “perfil de elevação”. Obteve-se então um modelo gráfico que permitiu considerações importantes a respeito do sistema de drenagem planejado.

Tendo o traçado desenvolvido, foram realizadas visitas in loco na área estudada para conferir a viabilidade do projeto, posteriormente, avaliou-se possibilidade de inserção de métodos de drenagem sustentáveis, uma vez que somente direcionar a água para o exultório apenas muda o problema de lugar. Foram avaliados presencialmente os 16 pontos.

3.2 Desenvolvimento do estudo

□ através do modelo de fluxo, tornou-se possível discretizar a região, levando em consideração a área contribuinte de cada ponto de acúmulo. O dimensionamento foi realizado em dois cenários diferentes, o convencional e o sustentável, que considera a aplicação de captação pluvial para uso na edificação, sendo comparado os valores obtidos de área de infiltração necessária para reservação com profundidade máxima de 1,5m, utilizando a curva IDF do município de Russas. Para o cálculo, foi utilizado o software *Excel 2021*. Na primeira análise foi verificada a área de pavimentação permeável necessária para suprir a contribuição de toda a área de estudo, onde foram considerados os dois cenários. Na segunda análise foi verificado a variação da profundidade dos reservatórios necessários pra cada tempo de retorno. Na terceira análise verificou-se a vazão de projeto em 3 perspectivas:

- Q1 - Cenário atual sem a aplicação do método de drenagem sustentável por pavimentação;
- Q2 - Aplicação da pavimentação sustentável;
- Q3 - Aplicação da pavimentação sustentável e a captação de 20% da água pluvial pelas edificações.

Cenário Convencional (CC)	Cenário Sustentável (CS)
Área construída – Água da chuva captada pelas calhas residências sendo lançada diretamente no logradouro.	Área construída – 20% da captação de água é captada e utilizada na edificação

A área de contribuição foi definida com base no modelo de fluxo. Para a área da pavimentação considerou-se a largura da rua em questão e para o comprimento longitudinal verificou-se o equilíbrio entre profundidade e área otimizando os comprimentos, visto que maiores profundidades trazem complexidades ao desenvolvimento da obra.

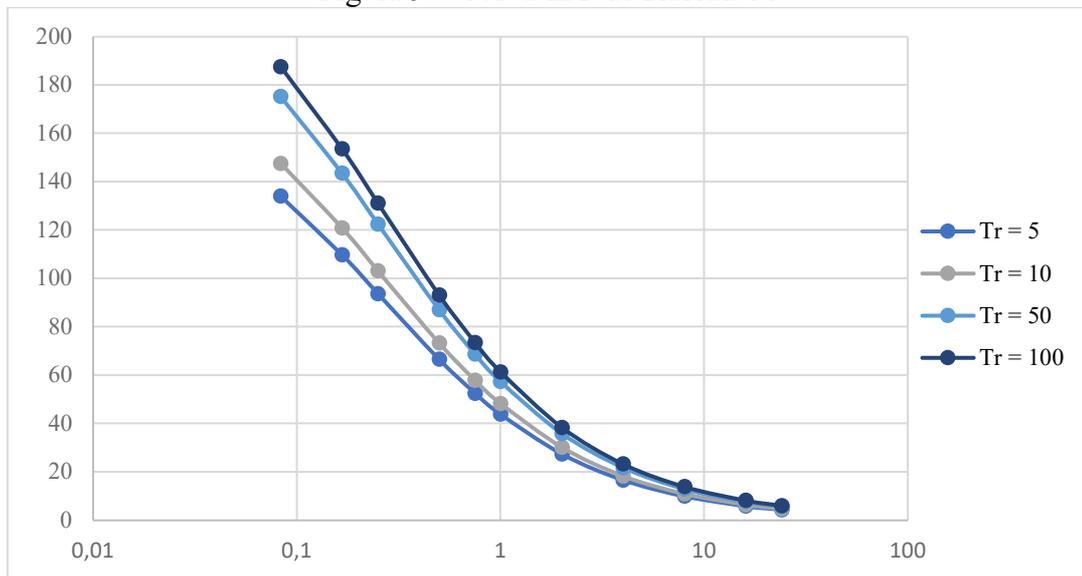
3.2.1 Curva IDF

Para a determinação da intensidade da chuva de projeto utilizou-se a equação IDF de Russas, determinada por Tatiana Batista (2018), pelo método de desagregação por isozonas (Figura 9).

$$i = \frac{18,188 * (Tr - 2,160)^{0,095}}{(t + 12,020)^{0,775}} \quad (3)$$

Sendo i = intensidade, T = Tempo de retorno, t = tempo de duração do evento chuvoso.

Figura 9 – Curva IDF de Russas/Ce



Fonte: Autor (2023)

3.2.2 Método de dimensionamento preliminar de reservatório de detenção

O método utilizado para o dimensionamento deste trabalho foi o método do Araújo, Tucci e Goldenfam (1999), utilizado para o dimensionamento de um sistema de infiltração total, sem a presença de tubos drenantes. É necessário que o reservatório tenha dimensões adequadas para acomodar o volume de escoamento infiltrado durante a chuva. O cálculo do volume do reservatório (V_r) é feito da seguinte maneira:

$$V_r = (i_p + c - i_e) \cdot t_d \quad (6)$$

Onde i_p é a intensidade máxima da chuva de projeto dada em mm/h; i_e é a taxa de infiltração do solo dada em mm/h; t_d é o tempo de duração da chuva dada em horas e c corresponde a um fator de contribuição de áreas externas ao pavimento permeável, o qual pode ser estimado pela equação:

$$c = \frac{i_p \cdot A_c}{A_p} \quad (6)$$

Onde A_c é a área externa de contribuição para pavimento permeável e A_p corresponde à área de pavimento permeável.

O cálculo do V_r refere-se à altura da lâmina d'água, como o reservatório utilizado faz uso dos vazios entre o agregado graúdo é necessário verificar qual a altura do reservatório para o adequado armazenamento da água.

A profundidade do reservatório (H) é determinada pela equação:

$$H = \frac{V_r}{f} \quad (6)$$

Sendo f a porosidade do material do reservatório de drenagem.

3.2.3 Período de retorno

O período de retorno deve ser escolhido considerando o tipo de ocupação da área, baseando-se na tabela 3 deste trabalho.

Desse modo, adotou-se o $T = 5$ anos, por se tratar, na maioria dos pontos, de áreas comerciais, trabalhando a favor da segurança.

3.2.4 Vazões

Foi calculada a vazão sendo utilizado o método racional, considerando as características das bacias nos diferentes cenários.

3.2.5 Cálculo de custos

Para o cálculo do custo do empreendimento foi considerado os seguintes componentes: Brita 4, manta geotêxtil e escavação. A brita escolhida foi a brita 4, considerando a aplicabilidade da classe de agregado graúdo, onde, é utilizada para obras de drenagem, pistas com tráfego pesado, fossas sépticas entre outras. A manta geotêxtil possui a finalidade de reter o material fino a fim de não comprometer o sistema. A escavação considerada foi de 1,5m.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Modelo de fluxo

O município de Russas é bastante plano, sua topografia não apresenta direção definida. Como descrito no caderno de resumo do plano diretor de Russas, as baixas declividades na área central afetam diretamente o escoamento da água pluvial.

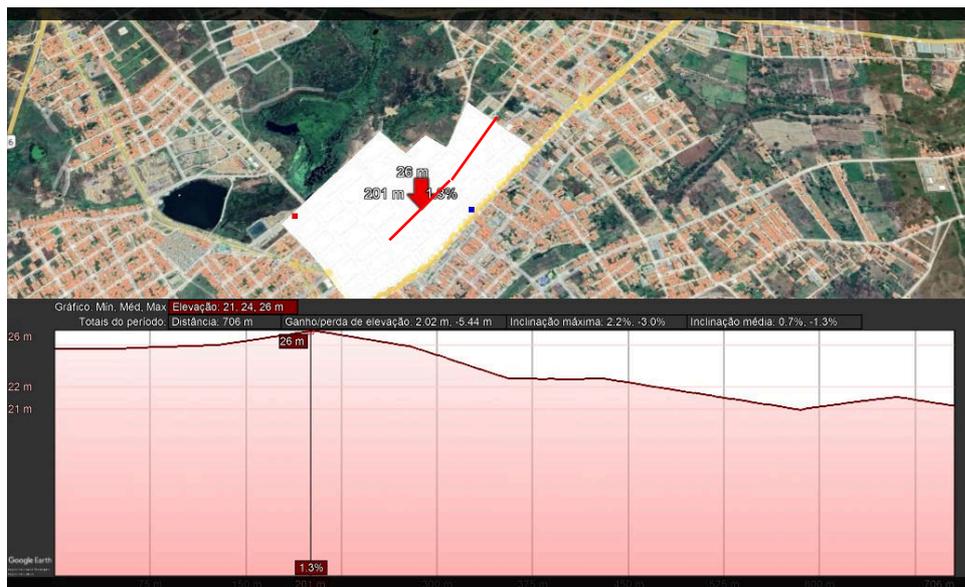
Em uma análise mais ampla verificou-se que a bacia traçada possui um exultório, sendo a Lagoa da Caiçara, no entanto, por meio das curvas de elevação extraídas do google Earth foi notada a presença de declividade negativa, conforme os perfis de elevação A e B dispostos nas figuras 10 e 11, conferindo a presença de pontos de acúmulo de águas pluviais.

Figura 10 – Perfil de elevação A de um traçado da região de estudo



Fonte:Google Earth

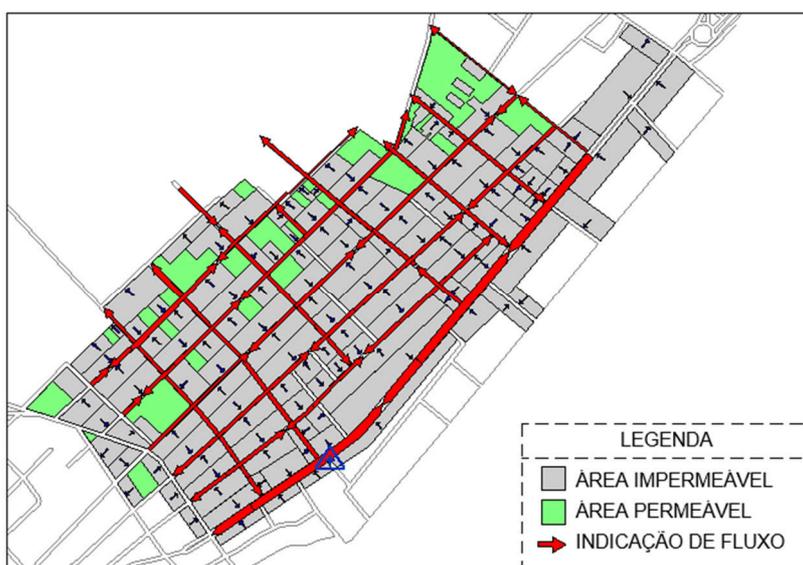
Figura 11 – Perfil de elevação B de um traçado da região de estudo



Fonte:Google Earth

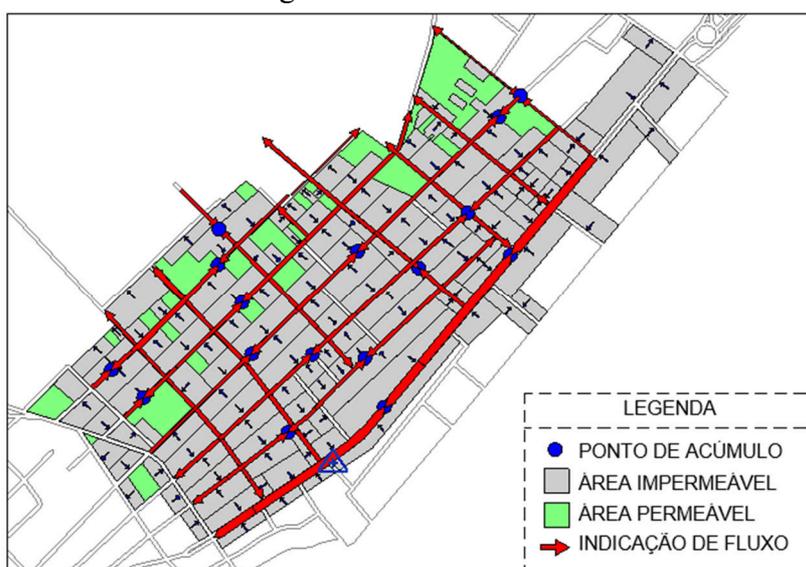
Considerando o direcionamento da água do telhado (figura 12), seguindo para o logradouro, posteriormente, indo por gravidade até o ponto mais baixo, constatou-se a presença de diversos pontos de acúmulo de água, de modo que se torna possível a afirmação de que o escoamento superficial não é suficiente para proporcionar a drenagem dos logradouros do município. Também foi possível notar a alta impermeabilização da região central de Russas, contribuindo para o aumento de vazões, e, no caso da área estudada, para alagamentos nos pontos de acúmulo.

Figura 12 – Direção das águas pluviais



Fonte: Autor (2023)

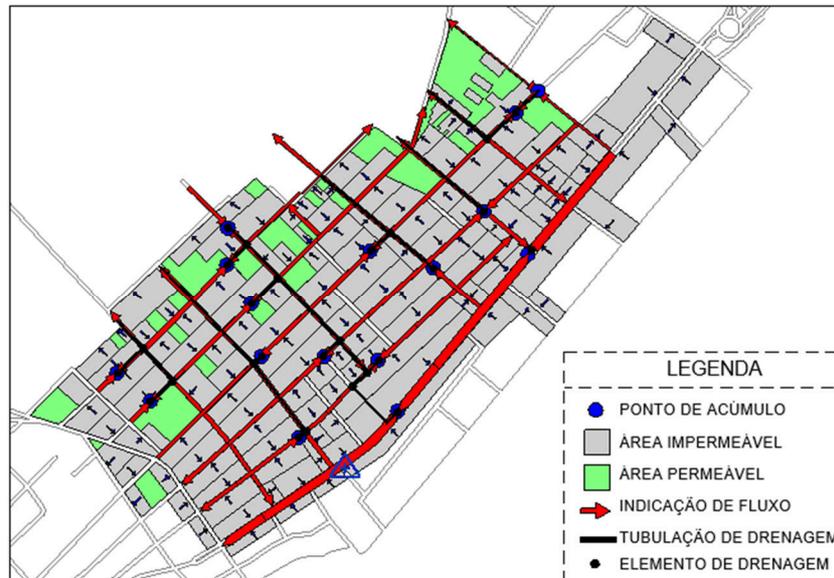
Figura 13 – Pontos de acúmulo



Fonte: Elaborado pelo autor

No total, foram encontrados 16 pontos de acúmulo, esses pontos inviabilizam um sistema de drenagem convencional, uma vez que cada ponto necessita de atenção individual, conferindo a necessidade de sistemas efetivos que mitiguem o problema, deixando de apenas transferir o lugar do problema. Devido a proximidade, o ponto 15 e 16 foi tomado como um.

Figura 14 – Traçado de drenagem



Fonte: Autor(2023)

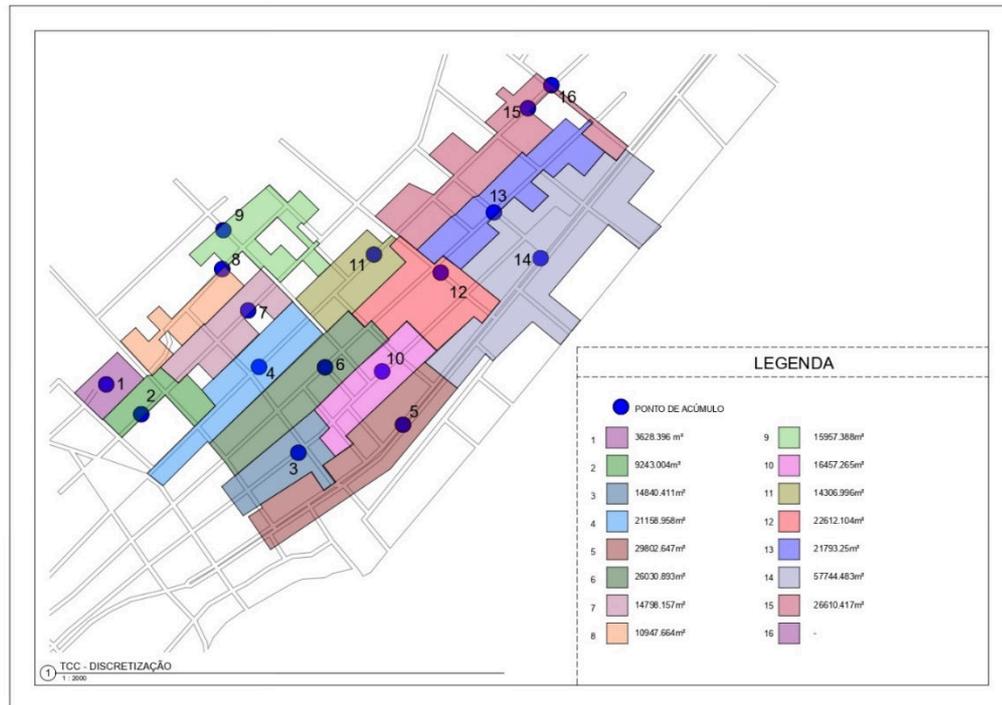
4.2 Aplicação da pavimentação permeável

Visando contornar o distúrbio do acúmulo de águas pluviais nos pontos, optou-se pela utilização de dispositivo de infiltração. Os pavimentos permeáveis são elementos dispostos de porosidades e permeabilidade significativa, de modo que influencia a hidrologia causando efeito positivo ao meio ambiente. (Virgílis,2009)

Esse tipo de solução pode funcionar de formas variadas, para este projeto foi considerada a utilização de pavimentos com revestimentos permeáveis, que possibilitam o acesso das águas pluviais às camadas inferiores do pavimento, efetuando a rápida redução do escoamento superficial.

Para o dimensionamento foi realizada a discretização da área estudada, separando as áreas de contribuição de cada ponto de acúmulo.

Figura 15 – Discretização da área estudada



Fonte: Autor (2023)

4.3 Conclusão

O sistema de drenagem urbana pelo método compensatório de pavimentação permeável é eficiente na solução do problema da baixa declividade topográfica e indefinição de escoamento de água pluvial do município de Russas, uma vez que a água acumulada pode, por meio da aplicação do método, seguir o ciclo hidrológico, sem que ocorram distúrbios ou prejuízos à população devido a alagamentos nas regiões de acúmulo, além de promover segurança nas rodovias.

4.3.1 Análise 1 – Área de pavimentação permeável

As tabelas 6 e 7 apresentam os resumos dos resultados obtidos dos dimensionamentos para os cenários convencional e sustentável.

Tabela 6 – Resumo de Dimensionamento de projeto – Cenário 1

PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL - CENÁRIO 1					
Ponto	Área permeável (m²)	Área de contribuição (m²)	H(m)	Ac/Ap	Volume(m³)
1	121,347	6328,40	1,45	52,15	176,2230
2	175,448	9243,00	1,47	52,68	257,3903
3	281,386	14840,41	1,47	52,74	413,2626
4	396,021	21158,96	1,49	53,43	589,2331
5	570,919	29802,65	1,45	52,20	829,8981

6	502,129	26030,89	1,44	51,84	724,8566
7	280,688	14798,16	1,47	52,72	412,0856
8	209,442	11049,39	1,47	52,76	307,6938
9	301,09	15957,39	1,48	53,00	444,3721
10	315,98	16457,27	1,45	52,08	458,2741
11	270,401	14307,00	1,47	52,91	398,4114
12	423,172	22612,10	1,49	53,43	629,7002
13	410,947	21793,25	1,48	53,03	606,8866
14	1090,777	57744,48	1,47	52,94	1608,0307
15 e 16	553,791	29588,79	1,49	53,43	823,9864
TOTAL	5903,538	311712,13			8.680,3046
MÉDIA			1,47	52,757	

Fonte: Autor (2023)

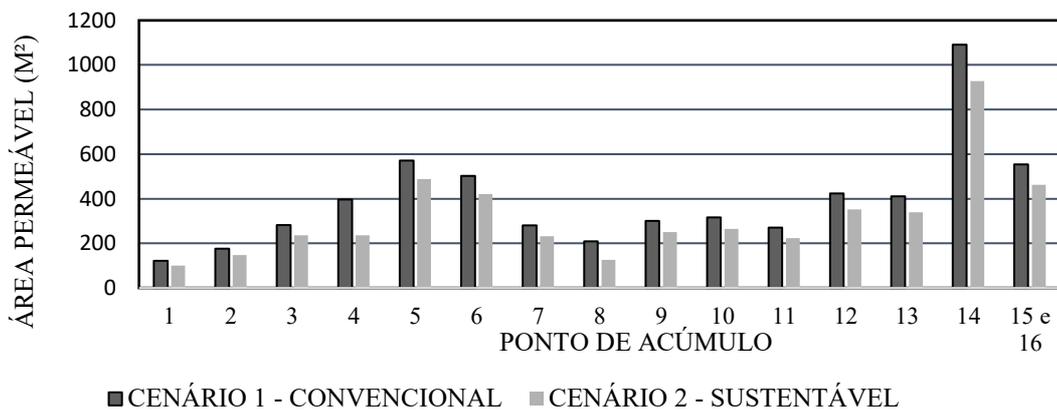
Tabela 7 – Resumo de Dimensionamento de projeto – Cenário 2

PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL - CENÁRIO 2					
Ponto	Área permeável (m²)	Área de contribuição (m²)	H(m)	Ac/Ap	Volume(m³)
1	99,8	5200,96	1,45	52,11	144,8277
2	146,6	7726,12	1,47	52,70	215,1498
3	235,5	12396,03	1,47	52,64	345,1920
4	235,5	17584,10	1,49	74,67	351,3727
5	487,5	25420,75	1,45	52,15	707,8761
6	420,5	21814,36	1,44	51,88	607,4438
7	232,2	12280,02	1,47	52,89	341,9651
8	175,5	9247,76	1,47	52,68	257,5229
9	250,4	13312,88	1,48	53,17	370,7320
10	265,1	13812,23	1,45	52,10	384,6200
11	223,2	11820,88	1,47	52,96	329,1803
12	352,7	18832,29	1,49	53,39	524,4393

13	339,6	18097,69	1,48	53,29	503,9803
14	927,8	49079,11	1,47	52,90	1366,7206
15 e 16	462,3	24672,72	1,49	53,37	687,0823
TOTAL	4805,2	261297,88			7.138,1050
MÉDIA			1,47	54,195	

Fonte: Autor (2023)

Gráfico 1 – Área permeável necessária



Fonte: Autor (2023)

Conforme expresso, para uma profundidade média de 1,47 m da reservação, no cenário 1 tem-se uma área total permeável de 5903,262m², equivalente à 1,89% da área total de contribuição, verificando que para cada 52,757m² de área de contribuição, há-se a necessidade de 1m² de área permeável. Para o cenário 2, com a inserção do método sustentável de captação de água da chuva por parte das edificações, verificou-se que há uma redução de 1049,338m² de área necessária de pavimentação permeável para a mesma profundidade do cenário 1.

A área permeável pode ser reduzida conforme aumenta-se a altura do reservatório de pedras, no entanto, a profundidade do reservatório foi limitada à 1,5m devido à maior facilidade de execução de valas, uma vez que, de acordo com a tabela da SINAPI/CE, a escavação mecanizada de vala com larguras superiores à 1,5m e profundidades de até 1,5m, de solos de categoria 1, ou seja, solos que requerem uma escavação simples, pode ser realizada com escavadeira de 0,8m³.

Obteve-se o seguinte cálculo de custos:

Tabela 8 – Custos – Cenário 1

CUSTOS					
	INSUMO	UNIDADE	VALOR	QUANTITATIVO	TOTAL
1	Brita 4	m ³	R\$ 85,00	8680,304611	R\$ 737.825,89
2	Geotêxtil não tecido - 100% Poliéster	m ²	R\$ 19,65	5903,538	R\$ 116.004,52
3	Escavação - 1,5m	m ³	R\$ 10,42	8680,304611	R\$ 90.448,77
					R\$ 944.279,19

*Não contempla os custos de transporte

Fonte: Planilha sintética – SINAPI/CE / Próprio

Tabela 9 – Custos – Cenário 2

CUSTOS					
	INSUMO	UNIDADE	VALOR	QUANTITATIVO	TOTAL
1	Brita 4	m ³	R\$ 85,00	7138,105	R\$ 606.738,93
2	Geotêxtil não tecido - 100% Poliéster	m ²	R\$ 19,65	4854,2	R\$ 95.385,03
2	Escavação - 1,5m	m ³	R\$ 10,42	7138,105	R\$ 74.379,05
					R\$ 776.503,01

*Não contempla os custos de transporte

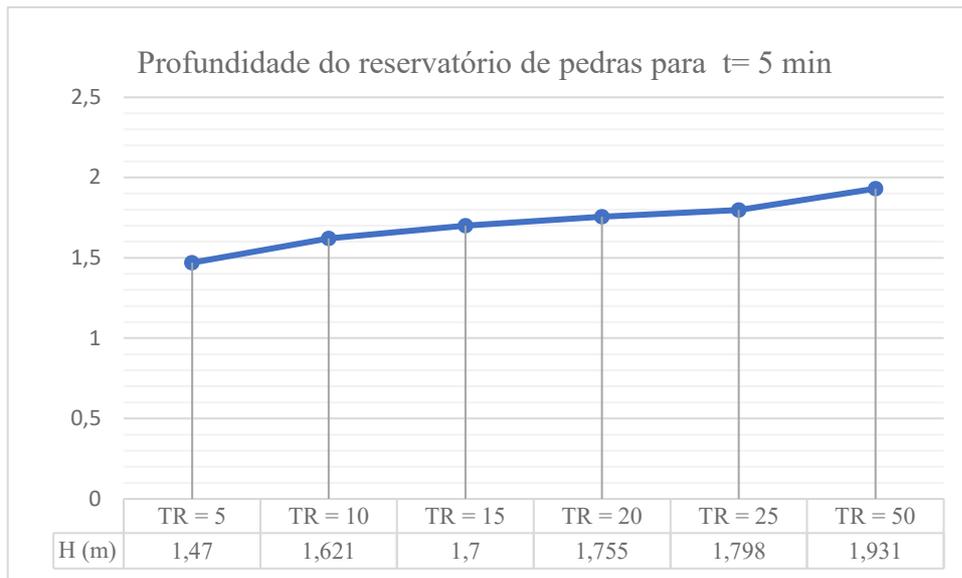
Fonte: Planilha sintética – SINAPI/CE / Próprio

Considerando os itens listados, totalizou-se um custo R\$ 944.279,19 no cenário 1. No cenário 2 há uma redução de R\$ 167.776,18. Esse orçamento não contempla o custo da pavimentação asfáltica, uma vez que este trabalho abrange o pré-dimensionamento de sistema de reservação do método de contenção.

4.3.2 *Análise 2– Profundidade de reservação por tempo de retorno*

Analisando o cenário 1, considerando o tempo de retorno TR=5 anos, conforme indica a normativa, foi comparando os valores de profundidade obtidos com TR de 10, 15, 20, 25 e 50 anos, obtendo-se o seguinte gráfico:

Gráfico 2 – Profundidade H para diferentes tempos de retorno



Fonte: Autor (2023)

A diferença na profundidade do reservatório para TR = 5 anos e TR = 50 anos é de 46cm, mediante uma análise mais profunda a respeito dos valores de insumos da execução e das especificidades executivas de cada ponto, é possível realizar otimizações de forma que o sistema de contenção seja executado da maneira mais eficiente e segura possível. Para um determinado tempo de retorno TR e tempo de chuva t , há-se o valor de precipitação, expressando o volume que o reservatório deverá ter. Fixando o volume, é possível variar o valor de profundidade e de área permeável, analisando as particularidades dessa variação, como por exemplo, o custo de escavação para profundidades acima de 1,5m requer um maquinário mais robusto, além de requerer mais tempo de execução, fazendo com que a obra seja mais onerosa, o aumento da área permeável significa maior utilização da pavimentação permeável, sendo necessário a análise para definir qual dos dois é mais vantajoso de forma econômica e executiva.

4.3.3 Análise 3– Vazões

Analisando a vazão, verificou-se que o fator que impacta de maior forma no escoamento superficial é a implementação de captação de água por parte das edificações. Em um estudo realizado por RAMALHO(2021) em um município do interior de Santa Catarina foi avaliado a vazão de uma determinada região considerando dois cenários: Cenário atual, sem a implementação de métodos de drenagem sustentável e cenário com a implementação desses sistemas. Foi verificado quem houve uma redução de 12,8% da vazão da área de estudo, quando comparado o cenário atual com o cenário sustentável. Para este trabalho, verificou-se a redução

de 19,8% da vazão, tal diferença pode ser atribuída à área tomada como pavimento permeável, uma vez que essa área atua diretamente no coeficiente de deflúvio.

Tabela 10 - Vazões de projeto

VAZÕES			
Ponto	Q1(m³/s) - Cenário atual	Q2 - Cenário 1(m³/s)	Q3 - Cenário 2(m³/s)
1	0,223908	0,219615	0,176563
2	0,327031	0,320824	0,261567
3	0,525076	0,515120	0,419730
4	0,748635	0,734623	0,596103
5	1,054462	1,034262	0,857429
6	0,921011	0,903245	0,737927
7	0,523581	0,513649	0,416277
8	0,390944	0,383533	0,313023
9	0,564596	0,553943	0,450920
10	0,582282	0,571103	0,467161
11	0,506203	0,496635	0,401053
12	0,800049	0,785077	0,638177
13	0,771077	0,756537	0,613493
14	2,043085	2,004492	1,656945
15 e 16	1,046895	1,027301	0,835913
	11,028835	10,819960	8,842280

Fonte:Autor(2023)

. Uma vez que a água é captada, ela não contribuirá para o escoamento superficial nos logradouros, reduzindo a vazão e o volume de reservação de pedras, conseqüentemente, reduzindo os custos de execução do sistema, além disso, a captação de águas pluviais por edificações é vantajosa à população, uma vez que essa água pode ser utilizada para serviços de limpeza, reduzindo os custos com consumo de água.

Conforme instrui Texeira (2005) o planejamento urbanístico hidrológicamente sustentável deve levar em conta a integração das diferentes intervenções e áreas territoriais. Em cada intervenção realizada, é fundamental considerar como ela contribui para o sistema como um todo, levando em consideração tanto os impactos ambientais que podem ser gerados na área circundante quanto a capacidade de resolver problemas dentro dos limites espaciais dessa intervenção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao iniciar o projeto de pesquisa, foi constatado a necessidade de soluções para a problemática da urbanização e sistema de drenagem, uma vez que trata de questões que englobam altos danos à população e altos custos de construção de sistemas efetivos. Desse modo, esta pesquisa teve como objetivo geral o estudo do escoamento das águas pluviais de uma região do município de Russas, realizando a verificação da possibilidade de aplicação do método compensatório. Constatou-se que o objetivo geral foi atendido, uma vez que foi desenvolvido a análise de fluxo da região e constatou-se, por meio dos cálculos, a eficiência do sistema de drenagem pelo método compensatório.

Como objetivo específico teve criação de um modelo de fluxo que pudesse indicar o caminho do escoamento das águas da região. Tendo sido realizado, o modelo retornou informações a respeito das características topográficas da área, permitindo identificar os pontos de acúmulo.

Tendo em mente a importância da aplicação de métodos eficientes para mitigar o problema da drenagem urbana, planejou-se utilizar um sistema de drenagem sustentável capaz de trazer benefícios à população, desse modo, para este trabalho, considerou-se a aplicação da pavimentação permeável.

Tendo sido desenvolvido a discretização da região considerando as declividades e a direção do fluxo de águas pluviais, foi realizado o pré-dimensionamento do sistema de drenagem utilizando o método compensatório de permeabilidade do solo.

Os valores obtidos expressaram eficiência mediante a problemática da drenagem urbana na região, constatando que a aplicação do sistema é uma solução para o problema.

Para este trabalho, foram realizadas pesquisas bibliográficas a respeito do assunto. Os dados de declividades foram obtidos com o auxílio do software google Earth (2022) e por meio do software Revit (2022), realizou-se o desenvolvimento geométrico do projeto e posteriormente, o software excel 2021 permitiu o desenvolvimento do dimensionamento do sistema.

A principal limitação desta pesquisa foi a forma de obtenção de dados, uma vez que os valores de declividades expressos pelo software google Earth não apresenta valores exatos. Sugere-se, então, o desenvolvimento do projeto planialtimétrico da região de estudo para a obtenção de valores mais próximos do real.

REFERÊNCIAS

- AZZOUT, Y., BARRAUD, S., CRES, F. N., ALFAKIH, E. 1994.; **Techniques alternatives en assainissement pluvial. Paris: Technique et Documentation** — Lavoisier. 372 p.
- URBONAS, B. e STAHERE, P. (1993) “**Stormwater Best Management Practices and Detention**” Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 450p
- ROLNIK, Raquel. **O que é Cidade: Coleção primeiros passos**. 3. ed. atual. São Paulo: Brasiliense, 2004. 203 p. ISBN 85-11-012-3-6.
- BATEZINI, Rafael. **Estudo Preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves**. Orientador: Prof. Dr. José Tadeu Balbo. 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- HÖLTZ, Fabiano da Costa. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: Análise de viabilidade técnica do impacto ambiental**. Orientador: Prof. Dr. José Tadeu Balbo. 2011. 138 p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia 4: Ciência e Aplicação**. 2. ed. rev. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ABRH 2001. 943 p. ISBN 85-7025-298-6.
- TUCCI, CARLOS E.M. **Água no Meio Urbano**. Capítulo 14 do Livro Água Doce. IPH/UFRGS. 40p, 1997.
- CARDOSO NETO, A. Sistemas urbanos de drenagem. São Paulo: s.d., Disponível em: http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf Acesso em: 20 de junho 2023.
- FUNASA. **Drenagem e Manejo das águas Pluviais Urbanas: Cadernos Temáticos saneamento básico**. Brasil: [s. n.], 2016. 23 p.
- COBRADE. **Classificação e codificação Brasileira de desastres** (. Brasil: [s. n.], . 7 p. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf> Acesso em 20 de junho de 2023.
- POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem Urbana Sustentável. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Brasil, v. 5, n. 1, p. 15-23, 1 mar. 2000.
- MINISTÉRIO DA CIDADE. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de RIO: Instituto de pesquisas tecnológicas**. 1. ed. Brasil: [s. n.], 2007. v. 5. ISBN 978-85-60133-81-9. Disponível em: <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf> Acesso em 06 de junho de 2023.
- REZENDE, Osvaldo Moura. **Avaliação de medidas de controle de inundações em um plano de manejo sustentável de águas pluviais Aplicado à baixada fluminense: Instituto de pesquisas tecnológicas**. Orientador: Marcelo Gomes Miguez e José Paulo Soares de

Azevedo. 2010. 221 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MORAES, Alexandre Perri de. Procedimentos técnicos de dimensionamento da microdrenagem do município de Santo André. **XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento**, Poços de Caldas - MG, 24 maio 2015.

GROSTEIN, Marta Dora. METRÓPOLE E EXPANSÃO URBANA: a persistência de processos “insustentáveis”. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, ano 2001, p. 13 - 19, 15 jan. 2001.

BRASIL. Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007. Art 1º. **LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007.**: Diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico., Brasil: Presidência da República. Casa civil, ano 2007, 5 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Art 1º. **DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**, Brasil: Subchefia para Assuntos jurídicos, ano 1997, 8 jan. 1997.

BRASIL. Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979. Art 1º. **Parcelamento do Solo Urbano**, Brasil: Subchefia para Assuntos jurídicos, ano 1979, 19 dez. 1979.

MUNDIAIS, Dados. Brasil. *In: Clima em Ceará*. Brasil, 20 jun. 2023. Disponível em: <https://www.dadosmundiais.com/america/brasil/clima-ceara.php>. Acesso em: 20 jun. 2023.

WEATHERSPARK. Brasil. *In: Clima e condições meteorológicas médias em Russas no ano todo Brasil*. Brasil, 20 jun. 2023. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31220/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Russas-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 15 jun. 2023

SILVEIRA, André Luiz Lopes da; GOLDENFUM, Joel Avruch. Metodologia Generalizada para Pré-Dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Brasil, v. 12, n. 2, p. 157-168, 2 jun. 2007.

VIRGILLIES, Afonso Luís Corrêa de. **Procedimentos de projetos e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. Orientador: Dr. Carlos Yukio Suzuki. 2009. 213 p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil, 2009.

CAJAZEIRAS, Cláudio; GONÇALVES, Juliana. Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa: Russas - Ceará. **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**, [s. l.], p. 5, 2014. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/19090>

SANTOS, Ademir da Silva; ANDRADE, Sérgio Fred Ribeiro; VELASCO, Fermin Garcia; LUZARDO, Francisco Heriberto Matinez. **Ambiência Guarapuava (PR). Coeficiente de permeabilidade para flúidos em meio saturado (Ks): Estimativa através de colunas de fluxo e potencial matricial variável**, [s. l.], ano 2016, v. 12, ed. 2, p. 599 - 613, 2 jun. 2016.

RAWLS, W.J.; BRAKENSIEK, D.L.; SAXTON, K. E. Estimation of soil water properties. **TRANSACTIONS of the ASAE**, v. 25, n. 5, p. 1316-1320, 1982.

RAMALHO, GIOVANA DIAS. **Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana para áreas centrais: Estudo de caso em Londrina-PR**. Orientador: Prof Ricardo Nagamine Costanzi. 2021. 58 f. Dissertação (Engenharia Ambiental) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS LONDRINA CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, [S. l.], 2021.

AQUINO, Alexandre Perri de. Sinergia Engenharia e Meio Ambiente. **O desafio da drenagem urbana**, [s. l.], 26 ago. 2016

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa**, Russas - Ce, 2014.

APÊNDICE A – RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO

Ponto 1

O primeiro ponto está localizado na rua Elisa Maciel Santiago. O local é composto por calçamento tipo paralelepípedo. Conforme a análise, esse ponto recebe contribuição de 6328m². A área do pavimento permeável considerada foi 121,347m², desse modo, tem-se os seguintes resultados:

Dados da área do ponto 1

PONTO 1	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	121,347
Área de contribuição (m ²)	6328,40
Vr	
mm	580,8895617
H	
mm	1452,223904
m	1,452223904

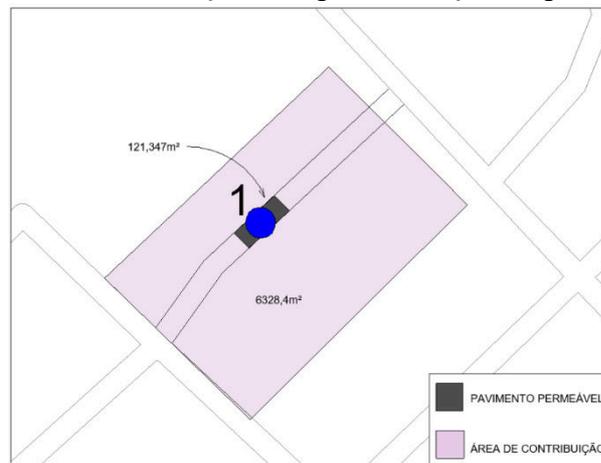
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 1



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e de pavimentação do ponto 1



Fonte: Autor(2023)

Ponto 2

O ponto 2 localizado na rua Dr. Daltro Holanda possui pavimentação asfáltica, situando-se próximo à um supermercado.

Dados da área do ponto 2

PONTO 2	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	175,448
Área de contribuição (m ²)	9243,00
Vr	
mm	586,8184441
H	
mm	1467,04611
m	1,46704611

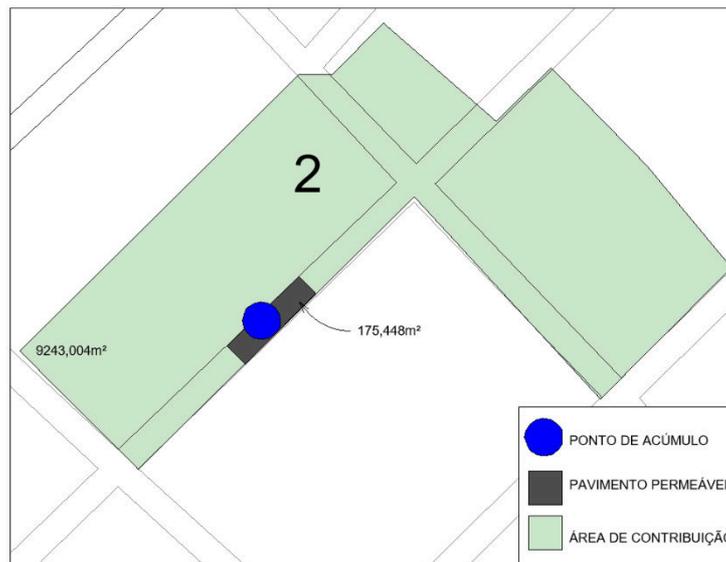
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 2



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e de pavimentação do ponto 2



Fonte: Autor (2023)

Ponto 3

O ponto 3 localizado na rua Padre Raul Vieira possui a pavimentação de piso intertravado.

Dados da área do ponto 3

PONTO 3	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	281,386
Área de contribuição (m ²)	14840,41
Vr	
mm	587,4671253
H	
mm	1468,667813
m	1,468667813

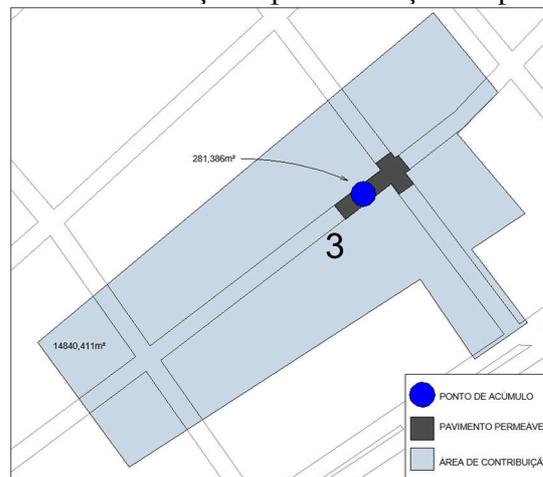
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 3



Fonte: Autor(2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 3



Fonte: Autor (2023)

Ponto 4

O ponto 4 localizado na rua Cônego Agostinho possui a pavimentação asfáltica.

Dados da área do ponto 4

PONTO 4	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	396,021
Área de contribuição (m ²)	21158,96
Vr	
mm	595,1533891
H	
mm	1487,883473
m	1,487883473

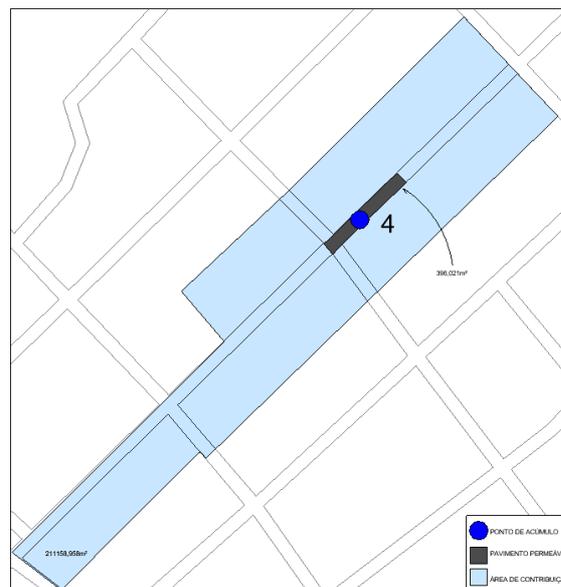
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 4



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e de pavimentação do ponto 4



Fonte: Autor (2023)

Ponto 5

O ponto 5 localiza-se na Avenida Dom Lino. Possui pavimentação asfáltica.

Dados da área do ponto 5

PONTO 5	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	570,919
Área de contribuição (m ²)	29802,65
Vr	
mm	581,4471779
H	
mm	1453,617945
m	1,453617945

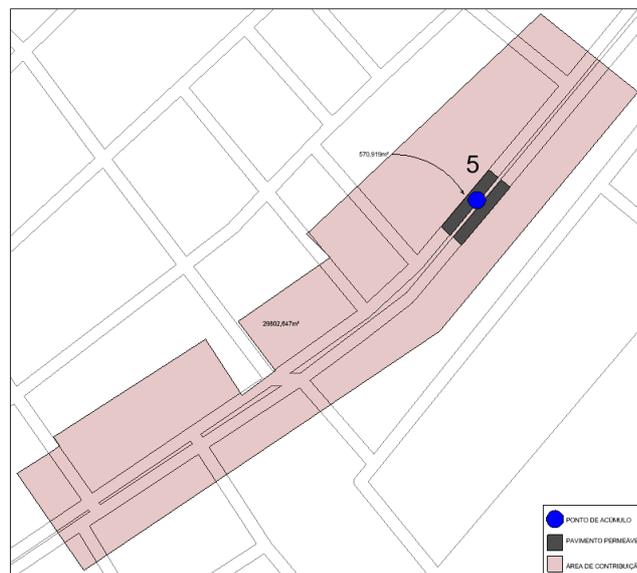
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 5



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 5



Fonte: Autor (2023)

Ponto 6

O ponto 6 localiza-se na Avenida Coronel Araújo Lima e Possui pavimentação asfáltica.

Dados da área do ponto 6

PONTO 6	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	502,129
Área de contribuição (m ²)	26030,89
Vr	
mm	577,4265594
H	
mm	1443,566398
m	1,443566398

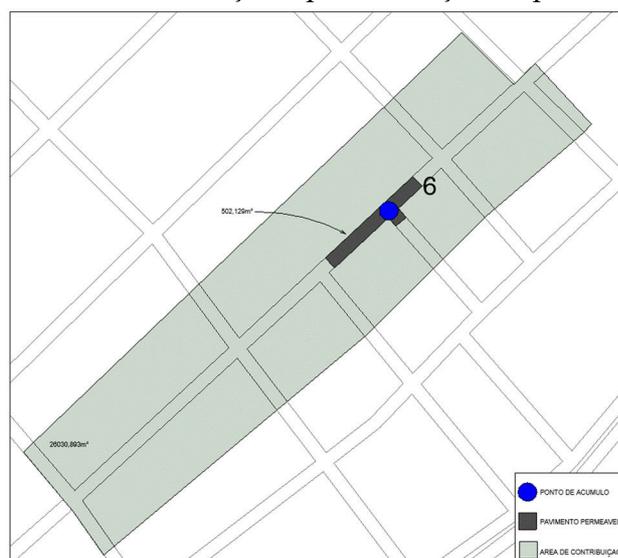
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 6



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 6



Fonte: Autor (2023)

Ponto 7

O ponto 7 localiza-se na rua Dr. Daltro Holanda e Possui calçamento tipo paralelepípedo.

Dados da área do ponto 7

PONTO 7	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	280,688
Área de contribuição (m ²)	14798,16
mm/h	0,4
Vr	
mm	587,2507054
H	
mm	1468,126763
m	1,468126763

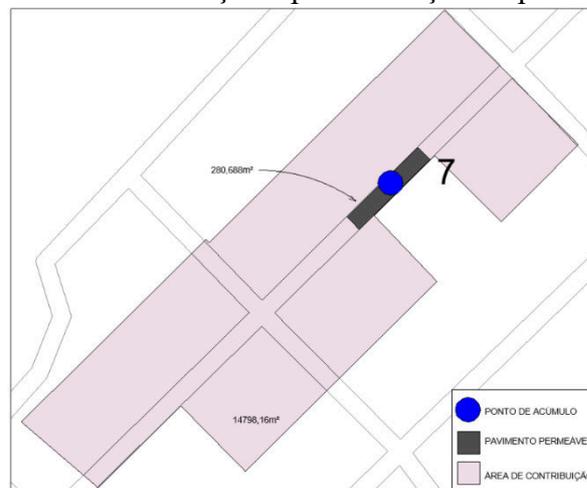
Fonte: Autor (2023)

Figura 26 – Foto do ponto de acúmulo 7



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 7



Fonte: Autor (2023)

Ponto 8

O ponto 8 localiza-se na rua Elisa Maciel Santiago a e possui calçamento tipo paralelepípedo.

Dados da área do ponto 8

PONTO 8	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	209,442
Área de contribuição (m ²)	11049,39
Vr	
mm	587,6449244
H	
mm	1469,112311
m	1,469112311

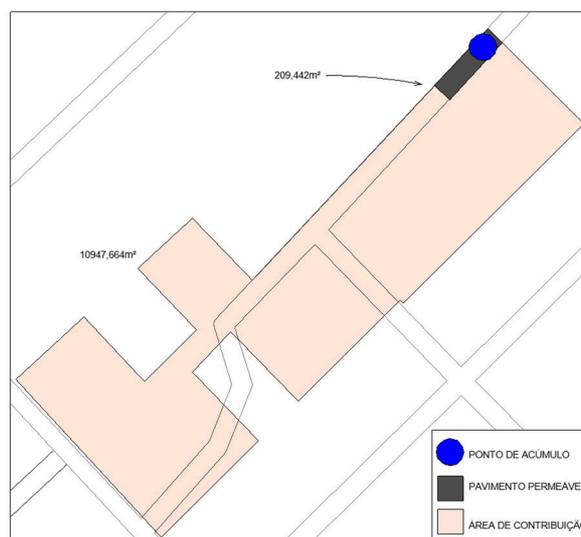
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 8



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 8



Fonte: Autor (2023)

Ponto 9

O ponto 9 localiza-se na Travessa João Nogueira da Costa, não possuindo pavimentação.

Dados da área do ponto 9

PONTO 9	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	301,090
Área de contribuição (m ²)	15957,39
Vr	
mm	590,3511483
H	
mm	1475,877871
m	1,475877871

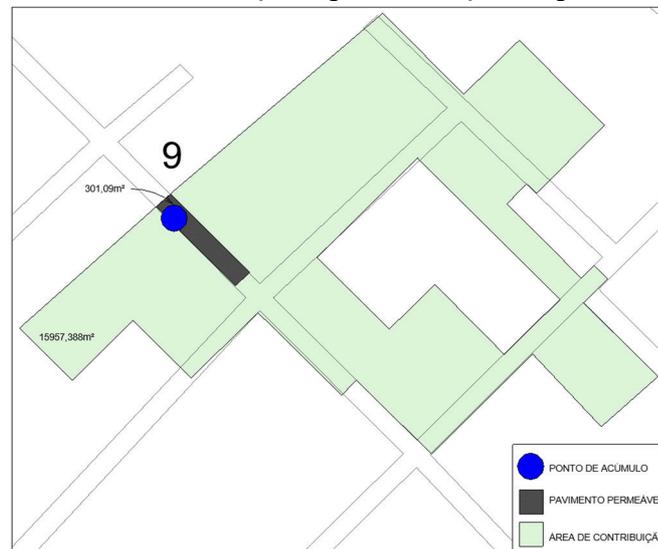
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 9



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 9



Fonte: Autor (2023)

Ponto 10

O ponto 10 localiza-se na Rua Padre Raul Vieira, possuindo calçamento de piso intertravado.

Dados da área do ponto 10

PONTO 10	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	315,980
Área de contribuição (m ²)	16457,27
Vr	
mm	580,1305456
H	
mm	1450,326364
m	1,450326364

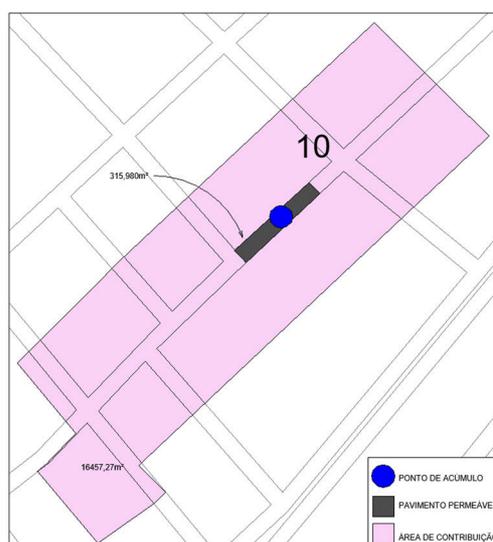
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 10



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 10



Fonte: Autor (2023)

Ponto 11

O ponto 11 localiza-se na Rua Cônego Agostinho, possuindo pavimentação asfáltica.

Dados da área do ponto 11

PONTO 11	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	270,401
Área de contribuição (m ²)	14307,00
V_r	
mm	589,3638024
H	
mm	1473,409506
m	1,473409506

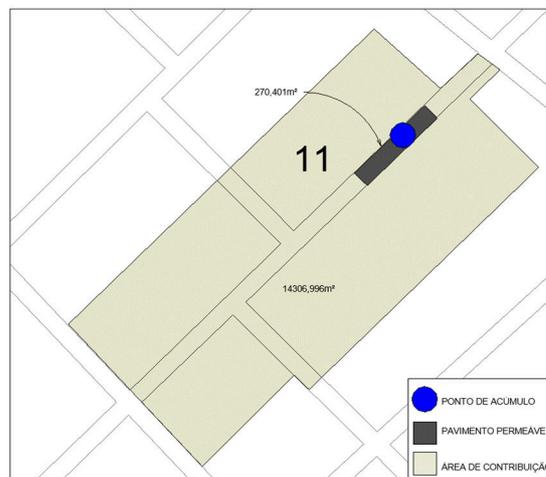
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 11



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 11



Fonte: Autor (2023)

Ponto 12

O ponto 12 localiza-se na rua Agostinho de Souza, possuindo pavimentação asfáltica.

Dados da área do ponto 12

PONTO 12	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	423,172
Área de contribuição (m ²)	22612,10
Vr	
mm	595,2191996
H	
mm	1488,047999
m	1,488047999

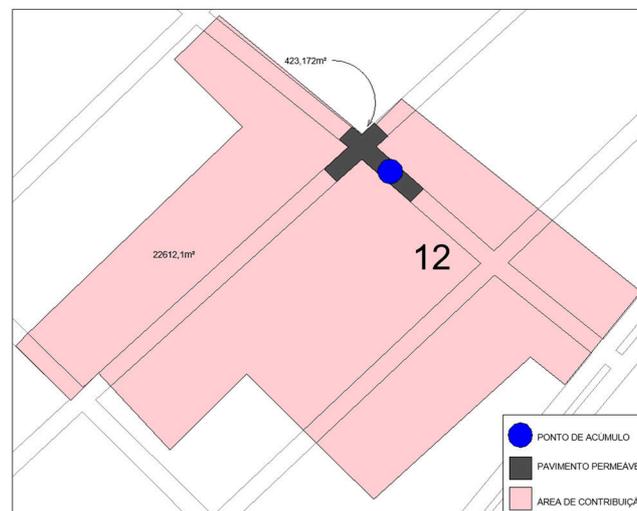
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 12



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto 12



Fonte: Autor (2023)

Ponto 13

O ponto 13 localiza-se na Avenida Coronel Araújo Lima, possuindo pavimentação asfáltica.

Dados da área do ponto 13

PONTO 13	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	410,947
Área de contribuição (m ²)	21793,25
Vr	
mm	590,7200856
H	
mm	1476,800214
m	1,476800214

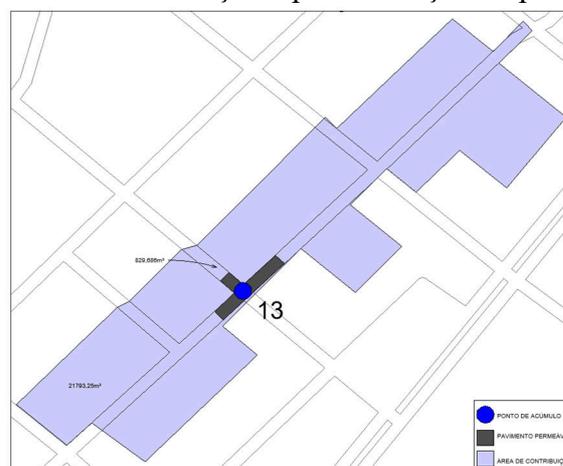
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 13



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e pavimentação do ponto



Fonte: Autor (2023)

Ponto 14

O ponto 14 localiza-se na Avenida Dom Lino, possuindo pavimentação asfáltica.

Dados da área do ponto 14

PONTO 14	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	1.090,777
Área de contribuição (m ²)	57744,48
Vr	
mm	589,6826542
H	
mm	1474,206636
m	1,474206636

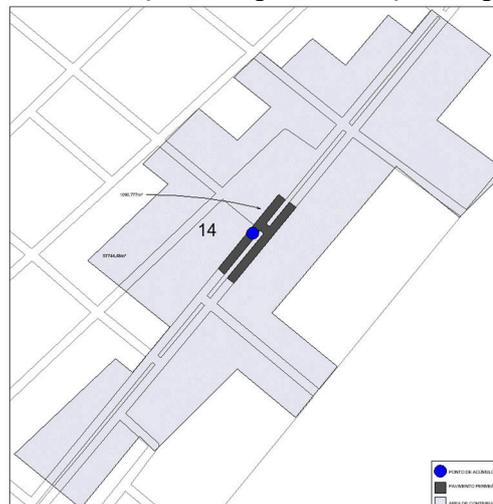
Fonte: Autor (2023)

Foto do ponto de acúmulo 14



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e de pavimentação do ponto 14



Fonte: Autor (2023)

Ponto 15 e 16

Os pontos 15 e 16 convergem pro mesmo ponto e localizam-se na Rua Cônego Agostinho, possuindo pavimentação asfáltica.

Dados da área dos pontos 15 e 16

PONTO 15 e 16	
C	
Área do pavimento permeável (m ²)	553,791
Área de contribuição (m ²)	29588,79
mm/h	0,4
Vr	
mm	595,160582
H	
mm	1487,901455
m	1,487901455

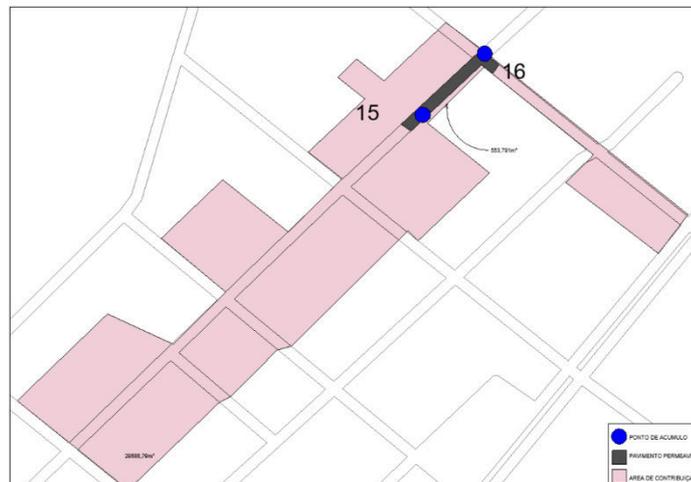
Fonte: Autor (2023)

Foto dos pontos de acúmulo 15 e 16



Fonte: Autor (2023)

Área de contribuição e de pavimentação do ponto 14



Fonte: Autor (2023)