



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Luiz Eduardo Pereira Coelho

**Avaliação de metodologias de cálculo de taxa de drenagem em
cenários com a utilização de telhados convencionais e
telhados verdes**

Rio de Janeiro

2022

Luiz Eduardo Pereira Coelho

**Avaliação de metodologias de cálculo de taxa de drenagem em cenários
com a utilização de telhados convencionais e telhados verdes**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Faculdade de Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial. Linha de Pesquisa: Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos.

Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Jr.

Coorientador: Paulo Luiz da Fonseca

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

C672 Coelho, Luiz Eduardo Pereira.
Avaliação de metodologias de cálculo de taxa de drenagem em cenários com a utilização de telhados convencionais e telhados verdes / Luiz Eduardo Pereira Coelho. – 2022.
188f.

Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Jr.
Coorientador: Paulo Luiz da Fonseca.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Desenvolvimento urbano sustentável - Teses. 3. Águas pluviais - Teses. 4. escoamento urbano - Teses. 5. Telhados - Teses. I. Ohnuma Jr., Alfredo Akira. II. Fonseca, Paulo Luiz da. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 556.16

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Luiz Eduardo Pereira Coelho

**Avaliação de metodologias de cálculo de taxa de drenagem em cenários
com a utilização de telhados convencionais e telhados verdes**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Faculdade de Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial. Linha de Pesquisa: Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr.
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Paulo Luiz da Fonseca
Escola de Engenharia – UFF

Prof. Dr. Marcelo Obraczka
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dra. Aline Pires Verol
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFRJ

Rio de Janeiro

2022

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sem sua presença nada seria possível, e no qual me apoiei e me resguardei por tantas vezes durante essa experiência.

A minha esposa Danielle, por todo apoio durante esses anos, por todo o companheirismo e incentivo nas horas mais difíceis dessa jornada, por todas as horas perdidas com auxílio na construção deste trabalho, sem ela, nada disso seria possível.

A meus pais, Jorge Luiz Pinto Coelho e Fátima Maria Pereira Coelho, que sempre incentivaram meus passos sem pensar duas vezes, e que sempre demonstraram que estariam presentes.

A minha irmã, Ana Carolina, por diversos conselhos, sugestões e incentivo ao longo do trabalho.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Alfredo Akira e Prof. Dr. Paulo Fonseca, pelas intermináveis reuniões, pelas críticas mais sinceras e por contribuir de forma tão intensa para meu crescimento profissional e acadêmico, tornando a execução deste projeto possível e agradável.

Aos colegas de mestrado, que são diversos, mas aqui representados por Iero Xavier, Maria Clara, Fred e Fernando Castro, que ao longo desta caminhada não permitiram reduzir o ritmo, e sempre incentivaram o melhor de mim para que este projeto e minha vida acadêmica evoluíssem, superando todas as dificuldades juntos.

A meus amigos, aqui representados por Mauricio Borges, Nathalia, Leonardo Ferreira, Rodrigo Vilella, Vitor Ferreira, Marcella Zicarelli, que mesmo distante sempre me incentivaram a evoluir e mostraram apoio durante momentos difíceis ao longo desta jornada.

Quando você quer alguma coisa,
todo o universo conspira para que você realize o seu desejo.

Paulo Coelho

RESUMO

COELHO, Luiz Eduardo Pereira. *Avaliação de metodologias de cálculo de taxa de drenagem em cenários com a utilização de telhados convencionais e telhados verdes*. 2022. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

O objetivo deste projeto foi analisar cenários de vazões efluentes, como critérios de incentivos fiscais nos serviços de manutenção e operação da rede de drenagem urbana em um loteamento localizado no bairro de Jacarepaguá, no Rio de Janeiro. A metodologia utilizou ferramentas de geoprocessamento para produção de dados de uso e ocupação do solo no cenário atual, e para definição prospectiva foram consideradas áreas de telhados verdes, como medidas compensatórias da urbanização na região. Foram utilizados dados da Secretaria Municipal de Urbanismo, e o cadastro da rede de águas pluviais da Fundação Rio-Águas, da cidade do Rio de Janeiro, que sobrepostos geraram no cenário atual vazões médias de 6,74 litros por segundo nos lotes e uma vazão no final da rede de 605 litros por segundo, considerando-se um tempo de recorrência de 10 (dez) anos e a aplicação do método racional modificado por Ulysses M.A. Alcântara. Após a implantação da medida compensatória do telhado verde nas edificações da microbacia, foram obtidas vazões médias de 4,08 litros por segundo (redução de 39% da vazão atual), e uma vazão na saída da rede de 448,56 litros por segundo (redução de aproximadamente 26% da vazão), para o período “seco”, e vazões médias de 6,08 litros por segundo (redução de 10%), com vazão ao fim da rede de 573,57 litros por segundo (redução de aproximadamente 5%) no período “úmido”. Para obtenção do incentivo fiscal, referente aos valores arrecadados de manutenção e operação da rede, foram calculadas as taxas de drenagem por metodologias específicas, e considerados os valores obtidos pelo método “*Equivalent Residential Unit*”, por demonstrarem uma arrecadação eficiente e igual ao orçamento de manutenção do sistema. Para o cenário atual, foram encontrados os valores máximos de R\$676,14 (141,88 USD) e mínimos de R\$42,82 (8,99 USD), com desvio padrão de R\$128,28 (26,92 USD), variando de acordo com a impermeabilização e tamanho dos lotes. Após a implantação do telhado verde, as taxas calculadas e encontrados os valores médios de R\$158,52 para o período “seco” e valores médios de R\$ 248,75 para o período “úmido”. Pode-se concluir que a redução média na cobrança da taxa de drenagem com a aplicação de telhado verde foi de 16% em relação ao cenário atual. A redução citada favorece avaliações de cobrança à população de um incentivo fiscal pela prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, com vistas à definição de estratégias de políticas públicas.

Palavras-chave: Águas urbanas. Águas pluviais. Drenagem urbana. Políticas públicas. Gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

COELHO, Luiz Eduardo Pereira. *Evaluation of drainage rate methodologies in scenarios with the use of conventional roofs and green roofs*. 2022. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

The objective of this project was analyzing effluent flow scenarios, as a tax incentives criterion in the maintenance and operation of the urban drainage network in a subdivision located in Jacarepaguá neighborhood, in Rio de Janeiro. The methodology used geoprocessing tools to produce data on land use and occupation in the current scenario, and for prospective definition, green roof areas were considered as compensatory measures for urbanization in the region. Data from the Municipal Department of Urbanism and the register of the rainwater network of Fundação Rio-Águas, in the city of Rio de Janeiro, were used, which overlays generated, in the current scenario, average flows of 6.74 liters per second in the plots of land and a flow at the end of the network of 605 liters per second. After the implementation of the green roof compensatory measure in the watershed buildings, average flows of 4.08 liters per second (39% of the current flow) were obtained, and a flow at the network's outlet of 448.56 liters per second (26 % of flow), on the "dry" period, and average flows of 6.08 liters per second (10%), with a flow at the end of the network of 573.57 liters per second (5%) on the "wet" period. In order to obtain the tax incentive, referring to the amounts collected from maintenance and network operation, drainage rates were calculated using specific methodologies, and the values obtained by the "Equivalent Residential Unit" method were considered, as they demonstrate an efficient collection and equal to the maintenance system budget. For the current scenario, the maximum values of R\$676.14 (141.88 USD) and minimum values of R\$42.82 (8.99 USD) were found, with a standard deviation of R\$128.28 (26.92 USD), varying according to the waterproofing and plots size. After the green roof implementation, the rates were calculated, and the average values found of R\$158.52 for the "dry" period and average values of R\$248.75 for the "wet" period. It can be concluded that the average reduction in the collection of the drainage fee with the green roof application was 16% compared to the current scenario. The aforementioned reduction favors assessments of charging the population with a tax incentive by the city of Rio de Janeiro's city hall, with a view to defining public policy strategies.

Keywords: Urban waters. Rainwater. Urban drainage. Public policy. Water resources management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Eventos de cheia no Brasil de 2013 a 2019.....	24
Figura 2: Esquema de implantação do pavimento permeável.....	30
Figura 3 – Comparativo do escoamento superficial no telhado verde e no telhado convencional.....	34
Figura 4 - Avaliações políticas e subsídios	41
Figura 5 - Comparativo entre taxas de drenagem de cidades canadenses para residências familiares	55
Figura 6: Fluxograma de metodológico da pesquisa	83
Figura 7: Localização da área de estudo do loteamento no bairro Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro.....	85
Figura 8: Projeto de loteamento do loteamento de Jacarepaguá locado na área de estudo.....	94
Figura 9: Classes de Uso e ocupação do Solo dos lotes no loteamento de Jacarepaguá-RJ	95
Figura 10: Mapa socioeconômico do loteamento de Jacarepaguá-RJ.....	109
Figura 11: Demonstrativo do aplicativo Calculadora do Cidadão	110
Figura 12: Corte esquemático do modelo de telhado verde módulo F-17	113
Figura 13: Corte esquemático da instalação do telhado verde do módulo	114
Figura 14: Gráfico de médias mensais de precipitação da estação de Jacarepaguá/Tanque, de acordo com a série histórica entre 1997 e 2021	116
Figura 15: Exemplo de lote retirado do projeto original	117
Figura 16: Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo do loteamento em Jacarepaguá-RJ	128
Figura 17: Avaliação de cenários com telhado convencional, telhado verde seco e telhado verde úmido	129
Figura 18: Distribuição de áreas - Área de contribuição "C2".....	131
Figura 19: Variação da velocidade ao longo da rede de drenagem, em função dos poços de visitas (PV's)	132
Figura 20: Comparativo entre cenários através da taxa anual de drenagem e área impermeabilizada.	139

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Percentual divididos por desastres (1995-2015)	24
Gráfico 2: Distribuição dos municípios que informam possuir ou não a cobrança pelo serviço de drenagem.	37
Gráfico 3: Distribuição da forma de cobrança pelas cidades.	69
Gráfico 4: Comparativo área impermeável x impacto da taxa de drenagem..	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Evolução do planejamento urbano sustentável ao longo dos anos..	21
Tabela 2: Valores referenciados para o coeficiente de escoamento superficial nos telhados verdes	35
Tabela 3- Aspectos legislativos pertinentes a instalação de reservatórios de águas pluviais no Brasil.....	43
Tabela 4: Metodologias para determinação da taxa de drenagem.....	46
Tabela 5 - Exemplos de modelos de cobranças de taxas para águas pluviais	49
Tabela 6 - Taxas de águas pluviais cobradas em Denver.....	51
Tabela 7: Taxas para unidades residenciais em Kitchener	58
Tabela 8 - Taxas para unidades não residenciais em Kitchener	58
Tabela 9 - Taxas mensais de drenagem urbana para cidades na África do Sul (valores de 2010)	60
Tabela 10 - Taxas de drenagem implantadas na França	61
Tabela 11 - Taxa de águas pluviais cobradas na Polônia – Ano de 2014.....	63
Tabela 12: Taxa variável para propriedades industriais na Polônia	65
Tabela 13: Taxas de águas pluviais para os anos de 2020 - 2024 - Valores em AUS - Anual.....	68
Tabela 14 : Taxas de drenagem estimadas por Tucci (2002) no método dos custos de manutenção e operação	71
Tabela 15: Taxa de drenagem para as sub-bacias estudadas em Juiz de Fora-MG	74
Tabela 16: Resumo de cobrança mensal nos países.....	78
Tabela 17: Dispositivos de microdrenagem	80
Tabela 18: Custos do sistema convencional de drenagem - Valores do ano de 2003	82
Tabela 19: Amostragem espacial do lote estudado.....	87
Tabela 20: Valores dos coeficientes de escoamento superficial	90
Tabela 21: Parâmetros da estação Eletrobrás-Taquara.....	91
Tabela 22: Profundidade determinada de tubulação	92
Tabela 23: Tabela para confecção de orçamento para implantação da rede de drenagem	96

Tabela 24: Taxas para os lotes pelo método UER	99
Tabela 25: Taxas para os lotes pelo método elaborado por Tucci (2002).....	103
Tabela 26: Taxas para os lotes pelo método elaborado por Cansado, Nascimento e Cabral (2005).....	106
Tabela 27: Metodologia de atualização da renda por responsáveis de residências	110
Tabela 28: Índice pluviométrico mensal (mm) da Estação de Jacarepaguá, Rio de Janeiro-RJ	115
Tabela 29: Coeficiente de escoamento superficial adotado por tipologia de solo	117
Tabela 30: Metodologia para determinação do coeficiente de escoamento superficial do lote 62	118
Tabela 31: Vazão dos lotes com telhado convencional.....	118
Tabela 32: Metodologia para cálculo do coeficiente de escoamento com o telhado verde em período úmido implantado	121
Tabela 33: Metodologia para cálculo do coeficiente de escoamento com o telhado verde em período seco implantado.	121
Tabela 34: Vazão dos lotes com telhado verde implantado, para períodos em condição “seco”	121
Tabela 35: Vazão dos lotes com telhado verde implantado, para períodos em condição “úmido”.....	124
Tabela 36: Avaliação do resultado de amostragem	127
Tabela 37: Exemplo de cálculo da média ponderada da área de contribuição 2 (C2) com a medida compensatória de telhado verde no período seco e úmido	130
Tabela 38: Vazão ao final da rede de drenagem.....	132
Tabela 39: Redução da cobrança do valor da taxa de drenagem, em função da redução de vazões efluentes dos lotes	133
Tabela 40: Taxa reduzida por lote para a implantação da medida compensatória.....	136

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1: Cadastro da galeria de águas pluviais - Rio Águas	163
Apêndice 2: Vistas do cadastro da galeria de águas pluviais.....	164
Apêndice 3: Áreas de uso e ocupação do solo por lotes.....	165
Apêndice 4: Descritivo de implantação da rede de drenagem - Valores Junho/2021.....	168
Apêndice 5: Médias ponderadas dos lotes com telhado verde nos períodos secos e úmidos	174
Apêndice 6: Comparativo entre vazões nos cenários atuais e futuro com a implantação do telhado verde.	178
Apêndice 7: Cadastro com áreas de contribuição e loteamento sobreposto..	181
Apêndice 8: Médias ponderadas das áreas de contribuição.	182
Apêndice 9: Cálculos de suficiência hidráulica para o cenário atual	186
Apêndice 10: Cálculos de suficiência hidráulica para o cenário com o telhado verde no período seco.....	187
Apêndice 11: Cálculos de suficiência hidráulica para o cenário com telhado verde no período úmido	188

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AH	Área hidrológica
AHE	Área hidráulica equivalente
AIE	Área impermeável efetiva
AIT	Área impermeável total
AP	Área da Propriedade
ATD	Alternativa de transporte distribuído
BMP	Best Management Practices
BRL	Real Brasileiro
CAD	Dólar Canadense
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana
ECP	Estado de Calamidade Pública
EUA	Estados Unidos da América
EUR	Euro
FER	Fator equivalente residencial
FGV	Fundação Getúlio Vargas
ID	Intensidade de desenvolvimento
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
LID	Low Impact Development
ONU	Organização das Nações Unidas
PAL	Projeto Aprovado de Loteamento
PV	Poços de Visita
SC	Sistema de camadas
SE	Situação de Emergência
SEMASA	Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André
SEMSWA	Southeast Metro Stormwater Authority Board of Directors
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SMPU	Secretaria Municipal de Planejamento Urbano
SNEP	Sistema Nacional de Eliminação de Poluentes
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento

TF	Taxa Fixa
UAS	Unidade Antecedente do Solo
UER	Unidade equivalente residencial
USD	United States Dollar
WSUD	Water Sensitive Urban Design
ZAR	Rand Sul-africano

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
Justificativa e problemática	17
Objetivo geral	19
Objetivos específicos.....	19
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
1.1. Impacto da urbanização na estrutura da drenagem urbana.....	20
1.2. Consequências da urbanização na drenagem urbana: desastres ambientais	22
1.2.1. Desastres hidrometeorológicos.....	24
1.3. Medidas compensatórias para redução da vazão	26
1.3.1. Reservatórios para redução do escoamento superficial.....	28
1.3.2. Pavimentos permeáveis	29
1.3.3. Telhados verdes.....	30
1.4. Cobrança dos serviços de drenagem urbana.....	35
1.4.1. Modelos de arrecadação pelo serviço de drenagem urbana.....	44
1.4.2. Modelos internacionais de cobrança de taxas de drenagem	48
1.4.2.1. Estados Unidos - EUA.....	48
1.4.2.2. Canadá.....	53
1.4.2.3. África do Sul.....	59
1.4.2.4. França	60
1.4.2.5. Polônia	61
1.4.2.6. Alemanha	65
1.4.2.7. Suíça	65
1.4.2.8. Austrália	66
1.4.3. Modelos nacionais.....	68
1.4.3.1. Cidade de Santo André-SP	69
1.4.3.2. Porto Alegre-RS	70
1.4.3.3. Belo Horizonte-MG.....	72
1.4.3.4. Juiz de Fora-MG	72
1.4.3.5. Rio de Janeiro-RJ.....	74
1.4.3.6. Distrito Federal.....	76

1.4.3.7.	Montenegro-RS	77
1.5.	Alternativas a cobrança sobre serviços de drenagem.....	78
1.5.1.	Incentivos governamentais.....	78
1.6.	Avaliação do sistema de microdrenagem.....	80
1.7.	Custos do sistema de drenagem urbana.....	81
2.	METODOLOGIA	83
2.1.	Seleção da área de drenagem	84
2.2.	Caracterização da área de estudo	84
2.3.	Caracterização de uso e ocupação do solo	85
2.3.1.	Geoprocessamento de dados	86
2.3.2.	Amostras de treinamento	86
2.3.3.	Arquivo “Raster”	87
2.3.4.	Avaliação de resultados	87
2.4.	Caracterização e levantamento da rede de drenagem existente	88
2.4.1.	Coeficiente de escoamento superficial.....	88
2.4.2.	Intensidade pluviométrica.....	90
2.4.3.	Velocidade	91
2.4.4.	Relação de enchimento dos tubos (Y/D).....	91
2.4.5.	Profundidade mínima dos tubos.....	91
2.4.6.	Caracterização da rede de drenagem existente.....	92
2.4.7.	Levantamento da rede existente	93
2.5.	Levantamento e delimitação de lotes	93
2.5.1.	Caracterização de uso e ocupação do solo por lotes.....	94
2.5.2.	Suficiência hidráulica da rede de drenagem atual.....	95
2.6.	Orçamento de implantação e manutenção da rede de drenagem existente.....	96
2.7.	Simulação de taxa de drenagem para manutenção e operação da rede existente.....	97
2.7.1.	Metodologia <i>Unidade equivalente residencial</i> (UER)	97
2.7.2.	Metodologia Tucci	101
2.7.2.1.	Parâmetros definidos pelo estudo	101
2.7.2.2.	Custo unitário de área impermeável.....	102
2.7.2.3.	Taxa individualizada por lote	102
2.7.3.	Metodologia de Cançado, Nascimento e Cabral	105

2.8.	Impacto socioeconômico da taxa de drenagem	108
2.9.	Definição de medidas compensatórias para a redução de vazão no lote	111
2.9.1.	Implantação do telhado verde	112
2.10.	Estimativa de vazão do cenário atual.....	116
2.11.	Estimativa de vazão do cenário futuro	120
3.	RESULTADOS	127
3.1.	Classificação de uso e ocupação do solo	127
3.2.	Avaliação de cenários atual e com aplicação de técnica compensatória de telhado verde.....	128
3.3.	Redução da taxa de cobrança na rede de drenagem	133
4.	CONCLUSÃO	140
4.1.	Fatores limitantes e sugestões para futuros trabalhos	142
	REFERÊNCIAS	144

INTRODUÇÃO

Justificativa e problemática

A população mundial atingiu 7,7 bilhões em 2019, e com crescimento estimado para 8,5 bilhões em 2030, e 12,7 bilhões em 2100 acarretará um aumento da demanda por produtos e serviços (UN, 2019). Na ineficiência dos serviços de atendimento aos usos dos recursos hídricos, em 2030 estima-se que haverá um déficit de aproximadamente 40% nos volumes de abastecimento de água em todo o mundo (WRG, 2012).

Os usos e a ocupação do solo no meio urbano de forma não planejada expandem áreas impermeáveis, com alteração das características do volume escoado e da qualidade das águas urbanas. Eventos hidrológicos extremos, associados às mudanças da cobertura do solo, tem elevado a frequência da ocorrência de inundações em meios urbanos (AICH *et al.*, 2015; AMOGU *et al.*, 2015). Desse modo, áreas urbanas contribuem para o aumento do volume de água escoada pelos sistemas de micro e macrodrenagem, de maneira a acelerar os escoamentos, favorecer o acúmulo de água e tornar determinados locais mais vulneráveis aos impactos hidrológicos (SILVEIRA, 2002).

O crescimento demográfico e a elevada demanda pelos recursos hídricos, sobretudo em áreas urbanas, tem elevado a frequência de eventos de inundações urbanas, acentuado pelas alterações climáticas e impermeabilização do solo. Em 2018 as inundações representaram aproximadamente 57% do total de pessoas afetadas por desastres naturais em todo o planeta, a nível mundial (EM-DATA, 2019), e sem nenhuma intervenção e estratégia eficazes, as perdas financeiras devidas às inundações urbanas, em termos globais, chegará a um trilhão de dólares até 2050 (OGIE *et al.*, 2018).

As soluções tradicionais ou clássicas de drenagem urbana transferem para jusante os problemas das áreas inundadas, acarretando a necessidade da construção de novas obras, em geral, mais onerosas do que as obras referentes às estruturas sustentáveis. Além desse fato, normalmente as soluções convencionais não contemplam os problemas de qualidade e acarretam situações praticamente irreversíveis de uso do solo urbano e de outros usos dos

recursos hídricos, como recreação e paisagismo, a partir da canalização de sistemas naturais de córregos, arroios ou rios. Portanto, tem sido fundamental a necessidade de modificar o paradigma a respeito dos sistemas de drenagem de águas pluviais com alternativas de sustentabilidade (BAPTISTA *et al.*, 2005).

Sistemas de captação de águas pluviais, por exemplo, podem ser utilizados como técnicas compensatórias de sistemas de drenagem, a partir da captação de parte do volume do escoamento superficial de áreas impermeabilizadas, de maneira a aliviar o sistema de drenagem urbana. Estudos recentes mostram que, os sistemas de captação de águas pluviais podem atender de 12% a 87% de toda a demanda de água das áreas urbanas (WALSH *et al.*, 2014; GHISI *et al.*, 2007).

A adoção de sistemas de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais para uso posterior em edificações, quando bem planejados, implicam na redução do consumo, principalmente por se tratar de uma fonte alternativa de abastecimento de água. A viabilidade na implantação, manutenção e operação do sistema em lotes urbanos para suprir demandas menos exigentes, sobretudo para fins não-potáveis, ajuda a desafogar galerias pluviais e mitigar o impacto das inundações e da poluição difusa (LEOCADIO *et al.*, 2017).

Os benefícios econômicos e ambientais da adoção em massa de sistemas de captação, armazenamento e, eventualmente da utilização das águas pluviais, são necessários; no entanto, são poucos motivados por políticas e estratégias de mitigação aos riscos e impactos hidrológicos (TAMAGNONE *et al.*, 2020).

Neste contexto, leis e outras políticas governamentais são a chave condutora para a implementação de práticas responsáveis socialmente e ecologicamente, como os sistemas de captação de águas pluviais (PARTZSCH, 2009). Países como Japão, Estados Unidos, Alemanha e Austrália, são exemplos de utilização das águas pluviais, e possuem uma forte legislação nesse quesito (VELOSO; MENDES, 2013). Ainda, de acordo com Baptista *et al.* (2005), em diversos países se discute a adoção de mecanismos que busquem a redução dos impactos da urbanização acelerada em centros urbanos, sobre o ciclo hidrológico, tendo por referência a cobrança pelo serviço de drenagem urbana.

O presente trabalho tem também como fato motivador a escassez de trabalhos publicados, sobretudo no Brasil, com foco em mecanismos de incentivos fiscais para à implantação de técnicas compensatórias de águas pluviais descentralizados da drenagem urbana convencional.

Objetivo geral

Avaliar mecanismos de incentivo fiscais de taxas de drenagem a partir de adoção de medidas compensatórias de sistemas de drenagem urbana em lote urbano no bairro de Jacarepaguá na cidade do Rio de Janeiro.

Objetivos específicos

1. Avaliar o cadastro da rede de drenagem das águas pluviais no projeto aprovado de loteamento (PAL) de nº 30065 da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano, da cidade do Rio de Janeiro (SMPU-RJ);
2. Propor taxas municipais de cobrança para operação e manutenção da rede de micro drenagem existente;
3. Estimar volumes de escoamento superficial projetado na rede de microdrenagem do lote, com cenário atual e futuro.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Impacto da urbanização na estrutura da drenagem urbana

O impacto gerado pela urbanização na drenagem urbana é a contribuição direta nos sistemas de escoamento superficial e na impermeabilização do pavimento, de modo a impossibilitar ou dificultar o processo de infiltração da água no solo e o abastecimento dos aquíferos (CANHOLI, 2005).

Estudos de drenagem urbana se desenvolvem, sobretudo, devido à expansão da urbanização e dos adensamentos urbanos, aliados aos aspectos da crescente impermeabilização e planejamento irregular do uso do solo. (CANHOLI, 2005).

As técnicas de drenagem urbana, inicialmente tinham como objetivo simplesmente eliminar os problemas de inundação e assoreamento e adequar os corpos hídricos ao crescimento das cidades (CANHOLI, 2005). Logo, cursos d'água presentes em áreas urbanas foram transformados de modo que as estruturas se tornassem mais resistentes ao escoamento, e com a sensação de maior controle de vazões. Posteriormente, esta medida se tornou insustentável, uma vez que não considera os efeitos naturais do ciclo hidrológico, e afeta diretamente o escoamento superficial, com aumento considerável da velocidade do escoamento superficial, e redução das parcelas de infiltração de água no solo, e da recarga dos aquíferos.

Blackmore e Plant (2008) afirmam que, apesar da abundante utilização dos métodos convencionais de drenagem urbana, a imprevisibilidade é um fator impactante e desempenha um importante fator no planejamento e também na manutenção do sistema de drenagem urbana e de seus componentes.

Nos países desenvolvidos, o planejamento da drenagem urbana passou por mudanças significativas nos últimos quarenta anos. De acordo com SNSA (2005), pode-se definir três estágios de planejamento: higienista, corretivo e sustentável.

A fase de planejamento da drenagem urbana é constantemente modificada, de acordo com técnicas e estudos atualizados (Tabela 1).

Tabela 1- Evolução do planejamento urbano sustentável ao longo dos anos

Período	Estágio	Características
Até 1970	Higienista	Transferência da drenagem para jusante, através de escoamento pluvial por canalização.
1970 - 1990	Corretivo	Amortecimento quantitativo da drenagem urbana. Trata-se principalmente a atuação sobre os impactos
1990 - Atualmente	Sustentável	Planejamento do espaço urbano, justificando aos mecanismos de escoamento natural. Prioriza-se a recuperação da infiltração

Fonte: Adaptado de SNSA, 2005.

Ao longo das últimas décadas, com a visibilidade do termo “sustentabilidade”, abordagens mais próximas aos efeitos sustentáveis têm sido estudadas e implantadas, sob denominações conhecidas como: *Low Impact Development* (Desenvolvimento de baixo impacto) (*LID*), nos EUA e Canadá; *Sustainable Urban Drainage System* (Sistemas sustentáveis urbanos de drenagem), no Reino Unido; *Water sensitive Urban Design* (Projeto urbano sensível a água) (*WSUD*), na Austrália; e *Low Impact Urban Design and Development* (Projetos urbanos de baixo impacto) , na Nova Zelândia (MARSALEK, 2005).

As técnicas de desenvolvimento de baixo impacto, usualmente chamadas de *LID* (*Low Impact Development*), no Brasil são chamadas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (SOUZA, 2005), mencionadas no Manual de apresentação de propostas para ampliação de sistemas municipais de drenagem, elaborado pelo Governo Federal, do Ministério das Cidades (BRASIL, 2006).

A situação no Brasil é de difícil acesso, onde cerca de 94,5% dos municípios informam realizar o manejo das águas pluviais no país, e apenas 12,7% dessas cidades possuem dispositivos de amortecimento da vazão de águas pluviais. Tais dispositivos reduzem a possibilidade de inundações, e evitam o carreamento de sedimentos para os corpos receptores (IBGE, 2010).

Um estudo realizado por Righetto (2009) demonstra a relação dos resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais, a partir da influência dos resíduos

sólidos urbanos no sistema de drenagem urbana. A obstrução dos elementos de drenagem e redução da capacidade de escoamento são observados a partir do assoreamento de rios e canais; além da alteração da qualidade da água nos corpos receptores.

As áreas urbanas que não possuem um sistema adequado de drenagem urbana são apontadas em 62,6% das cidades estudadas no Brasil, e apenas 14,6% das que relataram possuir alguma área de risco, utilizam um instrumento ou metodologia para prevenção de desastre. Além deste fato, a varrição e a limpeza das ruas foi a medida que, dentre outras, apareceu com maior destaque nas opções de manutenção e operação do sistema de drenagem urbana, sendo adotada por 92,6% dos municípios. Por outro lado, as atividades de limpeza de galeria de águas pluviais são realizadas em apenas 52,2% das cidades brasileiras (IBGE, 2010).

De acordo com Baptista e Nascimento (2002), as equipes técnicas e gerenciais dos sistemas de drenagem urbano se demonstram ineficientes, tanto em quantidade de profissionais, quanto na qualificação e atualização do corpo técnico em instituições de fiscalização e controle, quanto ao planejamento urbano das cidades. Segundo os autores, a fragilidade do corpo técnico é um reflexo direto na ineficácia da operação e manutenção dos sistemas de drenagem.

1.2. Consequências da urbanização na drenagem urbana: desastres ambientais

As intervenções realizadas em áreas de drenagem urbana afetam o sistema hídrico na região, com a ocorrência de desastres diversos, classificados de acordo com os fatores que os provocam, podendo ser: Geofísico, meteorológico, biológico e climatológico (CRED, 2015). Os desastres no Brasil somaram um total de aproximadamente 150 mil mortes no período de 1995-2015, com a catástrofe identificada como a de maior recorrência às inundações, que afetaram um número maior do que qualquer outro desastre, atingindo um total de mais de 2,3 bilhões de pessoas e mais de 20 bilhões de dólares gastos com os problemas relativos às inundações, enchentes e alagamentos (CRED, 2016).

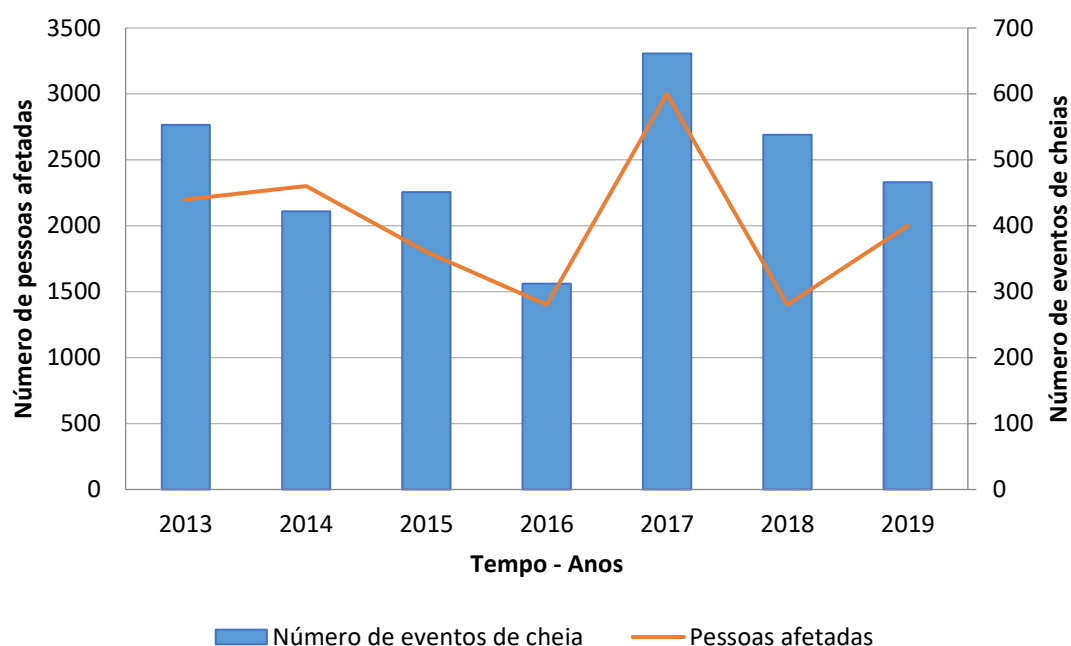
As inundações representam aproximadamente 43% dos desastres, e tornaram-se mais frequentes no final dos anos 1990, chegando a um pico significativo de 401 eventos registrados somente no ano de 2005. No Brasil, destaca-se que um valor significativo de desastres é causado por variáveis hidrológicas, como por exemplo, de precipitações intensas que resultam em deslizamentos de terra, movimentos de massa e inundações (MEDEIROS, 2013).

Dados de desastres naturais coerentes com a realidade atual, demonstram o tamanho do problema no território brasileiro. As inundações foram responsáveis por cerca de 34% do total de registro de desastres apontados no Brasil, no intervalo de 1991 a 2012, e, deste montante, a região Sudeste aparece como a mais afetada, num total de aproximadamente 1.460 mortes, ou 78% do total de mortes no período. Destaca-se a tragédia da região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, com quase 1.000 mortos, aproximadamente 300.000 pessoas afetadas e quase 20.000 residências destruídas pelo desastre (BANCO MUNDIAL, 2012).

O desastre da região serrana demonstrou de forma ativa a fragilidade na gestão de ações de riscos e evidenciou a importância que a mitigação, a prevenção e a criação de cidades mais sustentáveis ou resilientes, capazes de suportar melhor as adversidades naturais e de diminuir a vulnerabilidade à qual a população está exposta (VIANA *et al.*, 2011). No entanto, o desastre apontado também evidenciou a nova postura dos governantes em relação às políticas de prevenção e mitigação de desastres (GIDES, 2018).

Dos 5.570 municípios brasileiros, 2.738 (49,20%) decretaram Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP) devido às cheias pelo menos uma vez de 2003 a 2019. Aproximadamente 88% ou 2.392 municípios localizam-se nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste do país. No ano de 2019 foram registradas aproximadamente 2 milhões de pessoas afetadas por eventos de cheias, conforme Figura 1 (ANA, 2020b).

Figura 1- Eventos de cheia no Brasil de 2013 a 2019

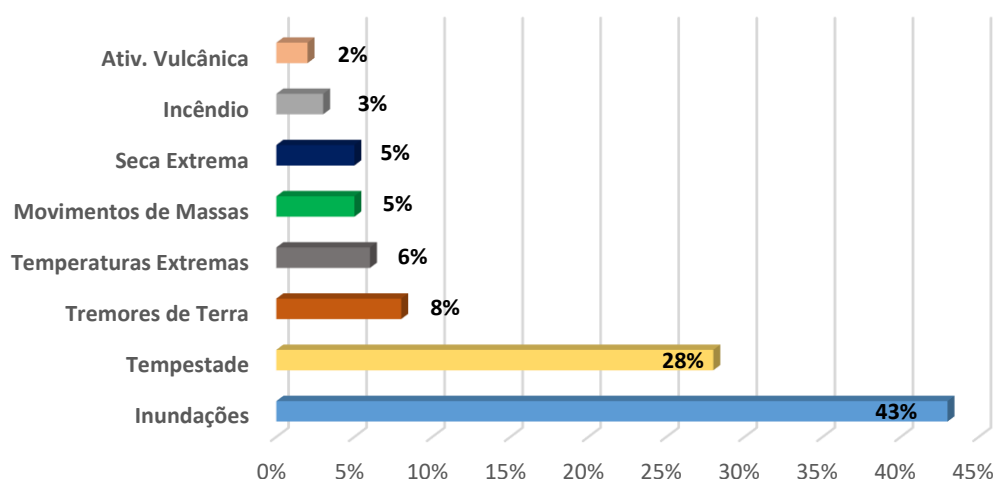


Fonte: Adaptado de ANA (2020b); ANA (2018); ANA (2020).

1.2.1. Desastres hidrometeorológicos

As inundações representam a maioria dos desastres naturais, com cerca de 43%, seguidos pelas tempestades com 28%, e, em seguida, tremores de terra, temperatura extrema e movimentos de massa, respectivamente com 8%, 6% e 5%, como demonstrado no gráfico 1 (CRED, 2016).

Gráfico 1- Percentual divididos por desastres (1995-2015)



Fonte: Adaptado CRED, 2016.

Os desastres hidrometeorológicos tornaram-se mais frequentes ao final dos anos 1990, e, apesar de um declínio desde então, as inundações e tempestades elevaram o total anual médio em até 335 desastres por ano após o ano de 2005, número esse superior em até 14% ao da década anterior e aproximadamente duas vezes os valores registrados na década de 1980 (CRED, 2016).

Segundo Castro (2003), as inundações se apresentam de formas variadas dentro do contexto de emergência, podendo ser classificadas, como: alagamento, inundações graduais, inundações bruscas e inundações costeiras. As inundações bruscas destacam-se pelo seu alto poder destrutivo, e um de seus principais motivos se relaciona ao tempo relativamente curto, no qual as redes de medição de descargas, normalmente não são capazes de prever de forma eficaz estes eventos (CREUTIN; BORGA, 2003).

Diversos conceitos estão entre os mais difundidos sobre o assunto e a ligação entre drenagem urbana e os desastres sobre esse sistema. Dentre estes conceitos, pesquisas citam o conceito de resiliência como um requisito essencial no projeto de sistemas de drenagem urbana. Segundo estudo realizado por Karamouz e Zahmatkesh (2016), a resiliência é a capacidade de reter um determinado nível de serviço durante o desastre da inundação. O estudo utilizou metodologia de tomada de decisões, baseada em diversos critérios para determinar a resiliência às inundações em cidades costeiras.

Da mesma forma, Zahmatkesh (2014) apresenta uma simulação de inundações locais em cidades costeiras para assim propor um desenvolvimento eficaz de cidades resilientes e, como conclusão a aplicação da abordagem proposta no estudo, levou a redução do risco do desastre de inundação na área urbana.

Portanto, controlar estes fenômenos se torna primordial e se tem início no aspecto operacional, seja na ciência, ou na aplicação de procedimentos de emergência após o início do fenômeno. Logo, o estudo hidrológico e geomorfológico da bacia, com a devida descrição e análise de eventos críticos é

a solução para mitigar os impactos gerados pelas inundações repentinas (BRYNDAL *et al.*, 2017).

1.3. Medidas compensatórias para redução da vazão

A necessidade de soluções e técnicas mais eficientes e sustentáveis se demonstra cada vez mais imprescindível, uma vez que as técnicas utilizadas de maneira convencional não têm demonstrado a eficiência necessária para a amortização das inundações e cheias demonstradas anteriormente. Tais medidas, denominadas técnicas compensatórias, visam a representação das condições naturais da bacia, através do emprego de princípios físicos de conservação, armazenamento, infiltração e utilização.

Essas técnicas podem também contribuir para o amortecimento da vazão de pico do hidrograma, bem como o retardo do referido tempo. Logo, as medidas compensatórias realizadas permitem o aumento do tempo de concentração da precipitação efetiva, com a redução das vazões efluentes de lotes nas redes de drenagem pública, de modo a evitar o pico de vazões potencialmente causadoras de inundações ou outros desastres, de natureza hidrológica.

Outras medidas devem ser tomadas a fim de reduzir os danos e prejuízos de um evento adverso, porém, poucas tem caráter preventivo, como as medidas não estruturais. As medidas não estruturais visam a conscientização, a ampla divulgação e a educação da população, e exigem, portanto, uma interferência menos onerosa do que as medidas estruturais, que dizem respeito às obras de infraestrutura e obras de engenharia, como a canalização de rios (TUCCI, 1997).

A expressão “técnicas compensatórias” tem sido adotada por diversos pesquisadores, como um método análogo aos métodos corretivos, com usos de técnicas de *Best Management Practices* (Práticas otimizadas de gestão) (POMPÊO, 2000; CRUZ *et al.*, 2001), para uma redução de vazões e volumes de escoamento, armazenamento ou de infiltração da água no solo. Os autores destacam que, ao buscar soluções sustentáveis para o problema em questão, as técnicas compensatórias, buscam a redução das vazões de pico e das velocidades de escoamento e consequentemente no aumento dos tempos de concentração na bacia.

As técnicas de *Low Impact Development* (Desenvolvimento de baixo impacto) (*LID*) e as *Best Management Practices* (Práticas otimizadas de gestão) (*BMP's*), se diferenciam entre si de maneira que, as técnicas *LID* se tornam mais abrangentes do que as técnicas *BMP's*, na fase de planejamento urbano sustentável. As técnicas *LID's* incluem também medidas não estruturais, como por exemplo, os *layouts* alternativos de estruturas como ações de potencializar a infiltração da água na drenagem e assim reduzir a contaminação dos solos. Em particular as técnicas *LID's* buscam realizar o controle em escala inferior ao realizado por uma técnica *BMP*, e com controles mais próximos a fonte geradora do escoamento, por meio de manutenção das condições naturais (*LID CENTER*, 2005).

Em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, especialmente, o planejamento de uma técnica *LID* é uma realidade, e ao longo dos anos, tem sido incentivada e orientada em diversos municípios e estados, baseados em seus respectivos manuais municipais (*PORTLAND*, 2020; *PRINCE GEORGE'S COUNTY*, 1999; *SARASOTA COUNTY*, 2004).

O principal objetivo das técnicas compensatórias, quando utilizadas e projetadas de maneira correta, é reduzir o volume escoado superficialmente e consequentemente as vazões de pico, de maneira que possam reduzir a vulnerabilidade de regiões aos desastres hidrológicos, e reduzir o impacto causado pela urbanização. Consequentemente, tais medidas demonstram-se efetivas, mas não com a mesma intensidade, na melhoria da qualidade dos corpos receptores (*FLETCHER et al.*, 2014).

Em posse do conhecimento do conceito de amortecimento e de técnicas compensatórias para redução do efeito da urbanização na drenagem, e com a experiência bem sucedida na cidade de São Paulo, o município do Rio de Janeiro sob a tutela do Programa de Controle de Enchentes da Grande Tijuca, sob a coordenação da Fundação Rio Águas, implantaram-se quatro reservatórios de armazenamento de cheias na região da grande Tijuca e arredores, além de um túnel extravasor do rio Joana para a baía de Guanabara (*OHNUMA et al.*, 2018).

Entretanto, observa-se que problemas de alta complexidade e impactos que atingem a drenagem urbana dificilmente são sanados com a execução de estruturas de grande porte e de elevado custo de implantação e de operação. É fundamental ressaltar que a operação e manutenção adequadas do sistema de manejo de águas pluviais, tanto no âmbito da microdrenagem como da macrodrenagem, tornam-se elementos fundamentais para o sucesso de intervenções implantadas, em um contexto geral (OHNUMA *et al.*, 2018).

As principais técnicas compensatórias, utilizadas em sistemas de drenagem urbana são (US EPA, 2000; RIGHETTO, 2009; ROSSMAN, 2015): pavimentos permeáveis; telhados verdes; trincheiras de infiltração; jardins de chuva; reservatórios de retenção pluvial em lotes.

1.3.1. Reservatórios para redução do escoamento superficial

Os métodos de compensação utilizados, como exemplo, os reservatórios de águas pluviais utilizados a jusante da bacia, comparados com as mesmas soluções implantadas a montante da bacia, tornam-se soluções que ocupam menores áreas e possuem um custo reduzido. Além disto, a implantação a montante descentraliza a operação dos sistemas, junto a administração e órgãos gestores, a partir de projetos sustentáveis e viáveis, em relação aos projetos realizados a jusante das redes de drenagem. Tais técnicas e métodos estão presentes em diversos países, como EUA, Canadá e Japão, como no amortecimento à retenção do deflúvio na origem (CANHOLI, 2005).

Segundo o Australian Bureau of Statistics (2013), aproximadamente 34% das residências na Austrália utilizam reservatórios em lotes urbanos, com o intuito de coletar as águas pluviais na origem. A *Swinburne University of Technology*, na Austrália, instalou dois reservatórios subterrâneos em Melbourne, com capacidade de 295 m³, cujo objetivo é capturar águas pluviais dos telhados de edificações e utilizá-las em diversos usos (IMTEAZ *et al.*, 2009).

Logo, a implantação de um sistema de drenagem pode ser complexa ou simples, não somente por meios físicos, mas também por meios políticos e sociais. Dentro de uma perspectiva ampla, a manutenção dos sistemas implantados deve ser instaurada e executada de forma efetiva, e centralizar

estes serviços, pode nem sempre parecer a melhor opção. O compartilhamento da responsabilidade pela drenagem tem evoluído, e nos EUA, novos empreendimentos não recebem a autorização para sua execução, caso não comprovem a implantação de dispositivos que reduzam ou mantenham a vazão a jusante (OHNUMA *et al.*, 2018).

1.3.2. Pavimentos permeáveis

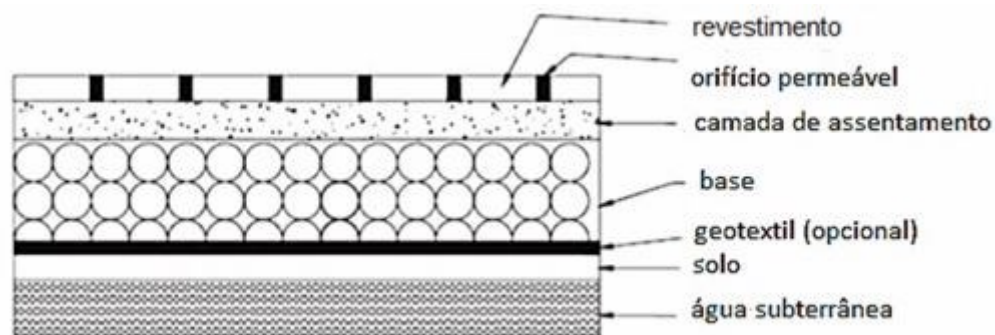
Os pavimentos permeáveis são dispositivos que permitem a infiltração da água da chuva pela superfície permeável, para retenção do escoamento superficial e normalmente desviados para a drenagem urbana, ou para infiltração no solo do terreno. A utilização dos pavimentos permeáveis em áreas urbanas visa reduzir o escoamento superficial e o volume na rede de drenagem, e contribuir para a recarga subterrânea (FRENI *et al.*, 2010; KUANG *et al.*, 2011)

Um estudo realizado por Bean *et al.* (2004) demonstra que as alternativas para pavimentos permeáveis são: concreto poroso, asfalto poroso, e blocos intertravados vazados ou não vazados. Os autores reforçam que esta técnica está contida no conceito de *Best Manage Practices* (BMP), que visa retornar as condições do local, em condições de pré-urbanização.

Segundo Baptista (2005), os pavimentos permeáveis podem atuar diferentemente em até três níveis no controle do escoamento superficial urbano. Os pavimentos que possuem sua estrutura porosa, que afetam o escoamento de forma mais eficiente; os pavimentos dotados de revestimentos superficiais permeáveis, que afetam diretamente a velocidade do escoamento superficial e uma pequena retenção em sua superfície; e os pavimentos de estrutura permeável com dispositivos de infiltração (reservatório), onde se realiza o amortecimento das vazões e a redução efetiva dos volumes escoados.

Um estudo realizado por Scholz e Grabowiecki (2007) demonstra a execução de pavimentos permeáveis como revestimentos construídos sob uma camada de assentamento, uma base, que normalmente retém o escoamento, e uma manta geotêxtil, de maneira opcional, conforme Figura 2.

Figura 2: Esquema de implantação do pavimento permeável



Fonte: Adaptado SCHOLZ E GRABOWIECKI (2007).

A utilização de drenos após a utilização do pavimento permeável é uma decisão técnica baseada na capacidade de infiltração no solo. A compactação do solo afeta diretamente sua permeabilidade, e desta forma, em solos onde a capacidade de infiltração é alta, a água após retida em sua base, infiltra de maneira natural de modo a promover a recarga dos aquíferos. Por outro lado, em solos com baixa permeabilidade e alta compactação, os drenos devem ser construídos para facilitar o carreamento das águas retidas na base, para a rede pública de drenagem urbana. Neste caso, o pavimento funciona apenas como um reservatório de retenção pluvial em lotes (GOFORTH, 1983; COLLINS *et al.*, 2006).

1.3.3. Telhados verdes

A definição de telhado verde pode ser demonstrada por converter estruturas de telhado convencional, em estruturas multifuncionais, e para isto é utilizada a vegetação como canal de mudança. A transformação de um telhado convencional em um telhado verde, pode ser realizada com diferentes conceitos e modelos, dependendo do seu uso final, tipo de solo e vegetação, inclinação e altura da camada de substrato (HYDROTEC, 2007).

Os benefícios da aplicação da técnica do telhado verde em estruturas urbanas são diversos como da modificação da estrutura, conforto térmico (VECCHIA, 2005), conforto acústico (RENTERGHEM; BOTTELDOOREN, 2009), retenção de poluentes no pavimento (YANG *et al.*, 2008), apelo estético para os ocupantes das estruturas (PECK *et al.*, 1999) e a retenção e controle do escoamento superficial (YANG *et al.*, 2008).

A estrutura do telhado verde pode apresentar mudanças de acordo com diversos parâmetros locais a serem estudados. A estruturação de um telhado verde pode ainda ser diversificado como extensivo ou intensivo, de acordo com a necessidade do projeto (TASSI *et al.*, 2014).

Segundo Tassi *et al.* (2014), telhados extensivos são estruturas com pouca profundidade de solo, especificamente entre 5 e 15 centímetros, com pouca modificação na estrutura da cobertura. Ainda segundo os autores, a vegetação deve também suportar eventos adversos, e não necessitam de sistemas de irrigação, exceto em locais de climas extremos. A estrutura de telhado verde extensivo apresenta comportamento satisfatório na redução de escoamento superficial (YANG *et al.*, 2008), e no tratamento acústico e térmico (RENTERGHEM; BOTTELDOOREN, 2009).

Entretanto, não há um consenso ou um padrão a ser seguido, quando se trata de espessura para classificação do telhado verde em extensivo ou intensivo (BERNDTSSON, 2010).

Nos telhados intensivos, a vegetação utilizada é diferenciada, o substrato é significativamente superior, entre 15 e 90 centímetros, e isto permite a vegetação a ser utilizada com plantas de maior porte, arbustos e até mesmo árvores. A estrutura do telhado intensivo é a mesma utilizada no telhado extensivo, contudo, a camada de drenagem é superior, o que interfere no peso da estrutura e na retenção do escoamento superficial. Tais estruturas, usualmente precisam de um sistema de irrigação, e uma manutenção do sistema ainda de forma recorrente (TASSI *et al.*, 2014).

Neste contexto, o estudo realizado por Tassi *et al.* (2014) demonstra as etapas de construção desta técnica, tanto em um telhado extensivo, como um telhado intensivo:

- Camada de vegetação: a utilização de plantas deve ser considerada de acordo com as condições climáticas do local. A vegetação atua na interceptação de uma parcela da chuva, com posterior processo de evapotranspiração.

- Substrato: é a camada de solo, responsável por servir de base para a vegetação e reter parte do escoamento superficial.
- Camada geotêxtil: fina camada que tem por função evitar a entrada de partículas do substrato no interior da camada drenante em função de processos de colmatção.
- Drenagem: a existência da camada drenante é fundamental em telhados verdes, como medida de condução do excesso de água após a saturação do substrato, e é responsável por reter parte da chuva, para nutrir a camada de vegetação em eventos de estiagens.
- Proteção: camada que fornece proteção física para a membrana de impermeabilização da estrutura.
- Camada impermeabilizante: utilizada com a finalidade de evitar contato de água com a superfície da estrutura, como por exemplo, materiais hidrórepelentes.
- Estrutura: elemento de suporte do telhado convencional ou telhado verde. Sistemas extensivos estimam carga adicional entre 70 e 170 kg/m², e sistemas intensivos acréscimo entre 290 e 970 kg/m² (HENEINE, 2008).

Segundo Oliveira (2009), a eficiência da retenção do escoamento superficial em áreas de telhado verde pode ser verificada pela mudança do coeficiente de escoamento superficial (C), que demonstra a quantidade de água escoada pela superfície da cobertura. Desta forma, um alto valor do coeficiente de escoamento indica um elevado grau de impermeabilização, e, portanto, um maior volume de escoamento superficial, por outro lado, um baixo valor de escoamento superficial demonstra a eficiência da aplicação da técnica e desta forma a retenção de água no telhado verde, de modo a evitar o aumento do pico de vazão na saída do sistema.

De acordo com Tassi *et al.* (2014), diversos estudos demonstram a variação da eficiência do telhado verde, quanto a sua retenção do escoamento superficial, de acordo com a inclinação do telhado e também com a quantidade

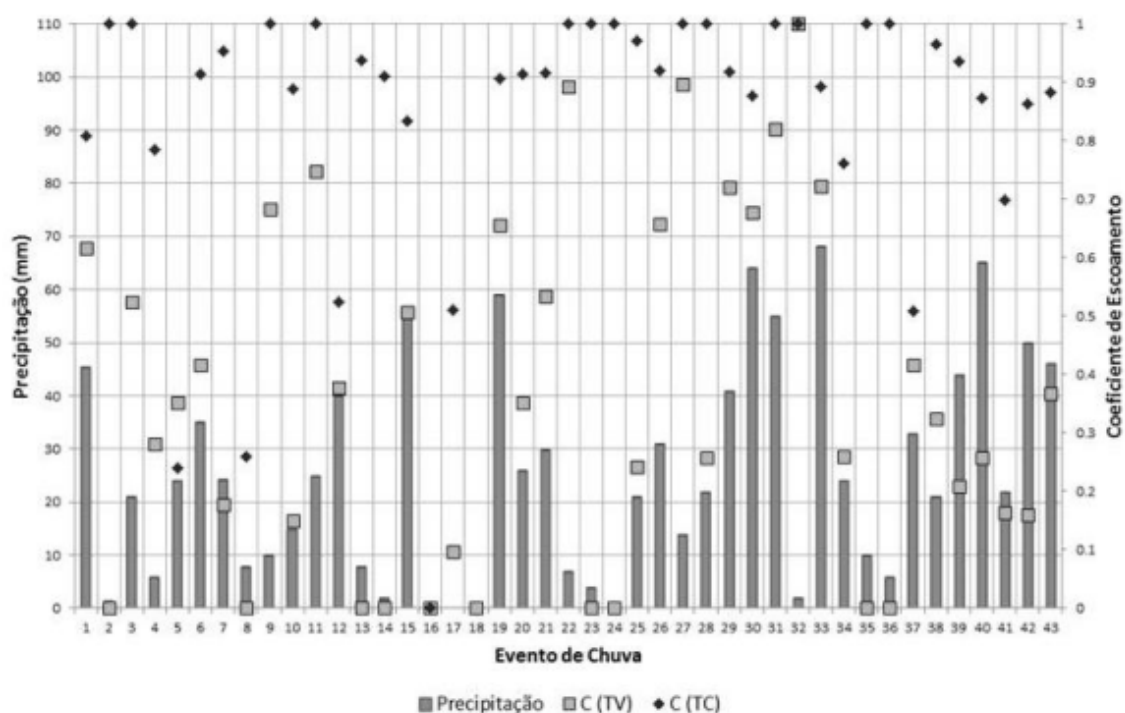
de água acumulada no período em que antecede o evento em questão, também conhecido como Umidade Antecedente do Solo (UAS).

O tempo de retardo de um telhado verde da ordem de 10 minutos, representa a velocidade do escoamento de maneira proporcional à altura do substrato e a inclinação do telhado (BERNDTSSON, 2010).

A revisão literária demonstra a variação do coeficiente de escoamento em determinadas publicações no Brasil. Um estudo realizado por Santos *et al.* (2013) simulou a redução no escoamento superficial com diferentes intensidades pluviométricas em Pernambuco, e encontrou resultados entre 15% e 30% de redução do total precipitado. Por outro lado, Mendiando e Cunha (2014), ao avaliarem um telhado verde na cidade de São Paulo, e apesar de não apresentarem valores para a redução, encontraram um armazenamento da ordem de 14 mm/m² de telhado, quando o solo se encontra seco.

Em estudo realizado por Tassi *et al.* (2014), com o objetivo de avaliar o efeito da implantação de um telhado verde, sobre o escoamento superficial, junto as dependências da Universidade Federal de Santa Maria, concluiu-se que foi possível reduzir em até 62% dos volumes escoados, além de reduzir o processo de pico de vazões no local. Os autores utilizaram telhados convencionais, e telhados verdes no local, com as mesmas inclinações (1%), durante 17 meses de experimento, e encontraram que durante os 43 eventos o coeficiente de escoamento superficial no telhado verde, esteve sempre abaixo do telhado convencional, conforme Figura 3, onde o termo “TV” é interpretado como “Telhado Verde”, e o termo “TC” como telhado convencional.

Figura 3 – Comparativo do escoamento superficial no telhado verde e no telhado convencional



Fonte: TASSI *et al.* (2014).

Os valores de redução do escoamento em telhados verdes, encontrados por Tassi *et al.* (2014) são semelhantes aos valores encontrados por outros estudos, como por exemplo, em estudo realizado por Castro e Goldefum (2010), que encontrou na cidade de Porto Alegre, com condições climáticas similares, valores aproximados aos valores obtidos por Tassi *et al.* (2014). Um estudo realizado por Moran (2004) encontrou uma redução do escoamento em telhados verdes na ordem de 60%, o que corrobora resultados obtidos da literatura.

Em experimento realizado na Grécia, a retenção do escoamento variou entre 39% e 100%, com uma média de 78%, e que demonstrou que a maioria dos eventos abaixo de 12 mm apresentou uma retenção superior a 90% (CARTER e RASMUSSEN, 2006).

Um estudo realizado em Jacarepaguá, local de interesse deste projeto, demonstrou que uma chuva induzida por sistemas de irrigação, da ordem de 42 mm/h, durante 13 minutos, o telhado verde teve uma retenção de 56% em relação a retenção obtida com o telhado convencional, e uma redução de até 8 minutos no tempo de pico das vazões de escoamento. Neste estudo foram cultivadas espécies em um telhado ondulado de fibrocimento, com um sistema

de irrigação abastecido pela própria coleta de águas pluviais, tendo como limitante o fator da intensidade pluviométrica de 42 mm/h, quando a intensidade pluviométrica do local, de acordo com equação da Rio Águas é de 174 mm/h (OLIVEIRA, 2009).

O estudo realizado por Daraia (2017) reproduz um modelo em que converte 100% dos telhados convencionais em telhados verdes, e encontra que a redução da vazão média foi de 51%, podendo ser mais eficiente com a utilização de um substrato ainda mais profundo.

Os valores encontrados para o coeficiente de escoamento superficial são amplamente discutidos na literatura, em relação a umidade antecedente do solo, intensidade de chuvas e peculiaridades da estrutura do telhado. A tabela 02, resume e demonstra, com referências, as médias encontradas em diversos estudos.

Tabela 2: Valores referenciados para o coeficiente de escoamento superficial nos telhados verdes

Faixa de valores	Média "C"	Referências
0,15-0,68	0,46	NASCIMENTO (2015)
-	0,40	OHNUMA JR. (2014)
0,43-0,68	0,55	LOCATELLI (2014)
-	0,50	BERNDTSSON (2010)
0,33-0,48	-	PALLA <i>et al.</i> (2010)
0,40-0,71	-	MENTENS <i>et al.</i> (2006)
-	0,62	TASSI <i>et al.</i> (2014)
-	0,60	MORAN (2004)
-	0,55	OLIVEIRA (2009)
-	0,51	DARAIA (2017)

Fonte: Autor, 2021.

1.4. Cobrança dos serviços de drenagem urbana

O marco regulatório da gestão de recursos hídricos, no ano de 1997, foi estabelecido no Brasil pela Lei Federal nº 9.433/1997, que regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, instituindo assim, a Política Nacional dos Recursos Hídricos. A implantação da Lei 9.433/1997, usualmente denominada de Lei das Águas, tem por objetivo regulamentar e gerir os recursos hídricos do país, e para tal, instituiu cinco instrumentos de gestão que devem ser seguidos por qualquer usuário destes recursos, como: outorga dos direitos de uso;

cobrança pela utilização da água; os planos de bacias; sistemas de informação e seu acesso a usuários; enquadramento dos corpos d'água (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002).

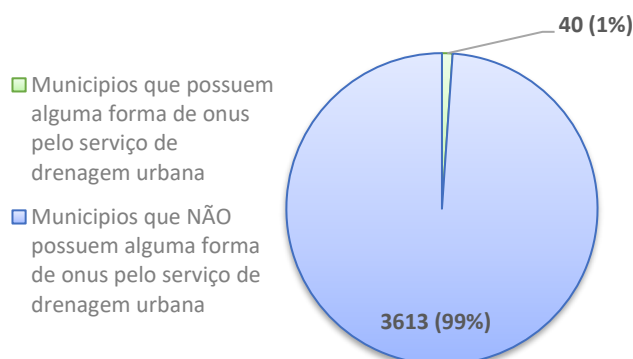
Utilizada como instrumento de gestão, a cobrança pelo uso da água tem por objetivo dar suporte ao sistema de gestão de recursos hídricos e as ações definidas pelos comitês de bacias, a partir do aporte financeiro, com ações e obras pertinentes aos gestores dos recursos hídricos locais, e o planejamento urbano. A cobrança pelo uso da água deve demonstrar aos usuários que os recursos hídricos são considerados bens comuns e finitos, e como seu uso deve ser racional no atendimento aos princípios da sustentabilidade (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002).

Neste contexto, leis e políticas governamentais são a chave para a implantação social e sustentável de práticas responsáveis, como por exemplo as técnicas compensatórias de reservatórios de águas pluviais (PARTZSCH, 2009). Sob esta ótica, diversos países, como Japão, Estados Unidos, Alemanha e Austrália possuem uma forte e independente legislação no aspecto de utilização da água de chuva (VELOSO e MENDES, 2013).

O Brasil não possui um orçamento próprio para drenagem urbana, e utiliza de impostos municipais, e eventualmente de investimentos estaduais e federais para a manutenção do sistema de águas pluviais. Porém, como a drenagem não é determinada como uma prioridade política, os investimentos nessa área ficam em segundo plano, quando comparados a outros investimentos (TUCCI, 2002; CANÇADO *et al.*, 2006).

Apesar da inexistência de um orçamento próprio para drenagem urbana, alguns municípios, como por exemplo, Porto Alegre, Santo André e, Barueri informam realizar a cobrança pelo serviço de manejo das águas pluviais. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2019), um total de 40 (de um número total de 3.653) municípios informam possuir alguma forma de cobrança, ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de manejo das águas pluviais urbanas. A distribuição dos municípios que informam possuir ou não essa cobrança é demonstrada no Gráfico 2 (SNIS, 2019).

Gráfico 2: Distribuição dos municípios que informam possuir ou não a cobrança pelo serviço de drenagem



Fonte: Adaptado de SNIS (2019).

Logo, com os dados informados pelos municípios, é possível demonstrar que a cobrança pelo uso dos serviços de manejo das águas pluviais urbanas é praticamente inexistente no país, onde atingem aproximadamente 1% dos municípios listados. Entretanto, essa cobrança é prevista legalmente na Lei do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), em seus artigos 29, inciso III (Modificado pela Lei nº 14.026, de 2020) e artigo 36, incisos I e II, dessa lei, que definem: (SNIS, 2019).

“Art. 29. Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções, vedada a cobrança em duplicidade de custos administrativos ou gerenciais a serem pagos pelo usuário, nos seguintes serviços (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020).

III - de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, na forma de tributos, inclusive taxas, ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou das suas atividades. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).

Art. 36. A cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote

urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar:

I - O nível de renda da população da área atendida;

II - As características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas.”

A dificuldade em implantar uma forma de cobrança pelo financiamento do serviço de drenagem urbana no Brasil, está diretamente ligada a forte burocracia e dificuldade na implantação ou modificação de leis no país. Na área ambiental por exemplo, para a criação de um tributo ambiental, é necessário que se demonstre um vínculo entre a finalidade de preservação do meio ambiente, e o exercício da competência tributária (TORRES, 2006).

A implantação de uma taxa de drenagem é frequentemente demonstrada e solicitada no meio acadêmico, com o discurso de melhoria no serviço de drenagem urbana, e melhoria nos serviços de limpeza de galerias, desassoreamento de córregos, e manutenção de rede. Porém, no âmbito legal, a legislação brasileira difere taxa de imposto, de modo a demonstrar que a implantação da taxa tem seu fator gerador diretamente relacionado, com uma atividade estatal específica e decorre do poder de polícia ou da utilização efetiva ou potencial de um bem ou serviço que seja oferecido pelo Estado. Logo, a implantação da taxa é um tributo dito contraprestacional, e pode também, ser usado em caráter extrafiscal (LEGLER; MENDES, 2013).

A cobrança pelo serviço público realizada desta forma, encontra outro percalço na legislação, uma vez que a cobrança por meio de taxa deve atender aos requisitos da disponibilidade, especificidade e divisibilidade, conforme previsto nos artigos 77 e 79 do código tributário nacional (LEGLER MENDES, 2013). Ainda, a cobrança por uma taxa não pode ter metodologia e base de cálculo idêntica à de qualquer imposto (Súmula nº 597 do STF; parágrafo 2º do art. 145 da CF).

A cobrança pelo uso da água aplicada aos sistemas de drenagem urbana é amplamente discutida sob forma de sua legalidade. Um estudo realizado por Amaral (2007), entende que em razão do que determina o inciso II do artigo 145

da Constituição Brasileira, que determina em seu texto o “fator gerador” das taxas, apenas o exercício do poder de polícia ou a utilização de serviços públicos específicos divisíveis, a tributação de um recurso de domínio público exclui, de certa forma, o fator motivador da tributação da taxa, o que torna ilegal a cobrança desta taxa sem o fator motivador.

A visão que determina que a cobrança da taxa é legalmente viável também é amplamente apoiada. A discussão encontra embasamento legal na Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, nos artigos 12 e 20 da Lei, que respaldam a implantação da taxa, uma vez que considera sujeita a outorga as águas pluviais e seu uso (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2002).

De acordo com Fiorillo e Ferreira (2010), não é necessária uma alteração na legislação constitucional, tendo em vista que o conceito de poluidor-pagador, baseado no artigo 225, parágrafo 3º da Constituição, reforçado ainda pelo artigo 170, inciso VI, alterado pela emenda constitucional nº 42/2003, supera o conceito de tributo engessado no artigo 3º do CTN de 1966, embasado pela legalidade da cobrança.

Entretanto, um estudo realizado por Sebastião (2010) afirma que, caso a Constituição Federal optasse pelo princípio do poluidor-pagador, a própria já teria realizado esta opção, sem intervenção de terceiros. Duas opções são apontadas quanto à questão ambiental, em seu âmbito de prevenção e reparação de danos, apontadas como:

- em virtude do potencial crescimento econômico, advindo da desoneração resultado de um Estado que absorve todos os encargos, na centralização da gestão e
- a adoção do princípio do poluidor-pagador, no qual o poluidor lida com os encargos e liberta a sociedade de tal obrigação, desta forma na descentralização da gestão.

Segundo Lanna (2001), a cobrança pelo uso da água, tal qual, como um instrumento econômico tem por finalidade, induzir o usuário do recurso hídrico, do qual ele utilizou e degradou, sentir as consequências e internalizar as consequências no processo de tomada de decisão. Logo, a cobrança pelo serviço de drenagem atuaria como um instrumento econômico, a partir do

princípio do “poluidor-pagador”, e com a função de instigar a mudança de paradigma dos usuários frente às externalidades impostas por ele ao meio ambiente, e ainda de contribuir para o financiamento de novas infraestruturas e manutenção das estruturas já existentes.

A implantação da cobrança a partir de taxas ou impostos devem ser justas, equitativas e sempre baseada nos custos operacionais, de manutenção e de melhorias do sistema de drenagem urbana. A implantação precisa de um esforço conjunto entre partes, técnicas, política e jurídico, e por esta razão, a implantação tem aumentado de forma acentuada, e assim se tornado uma importante forma de se obter recursos (TASCA *et al*, 2017).

A adoção de subsídios que apoiem e incentivem a implantação de tecnologias descentralizadoras na coleta de águas pluviais urbanas, caso tenham um impacto positivo sobre o bem-estar público e social, solicitam desta forma, uma maneira de subvencionar de maneira pública a implantação de tais técnicas. Os benefícios públicos poderiam se desenhar de diversas formas, os potenciais ganhos poderiam se demonstrar na forma de economia financeira, uma vez que o grande investimento em obras de infraestrutura hídrica, e obras de mitigação de inundações seriam reduzidos (ZHANG *et al.*, 2010)

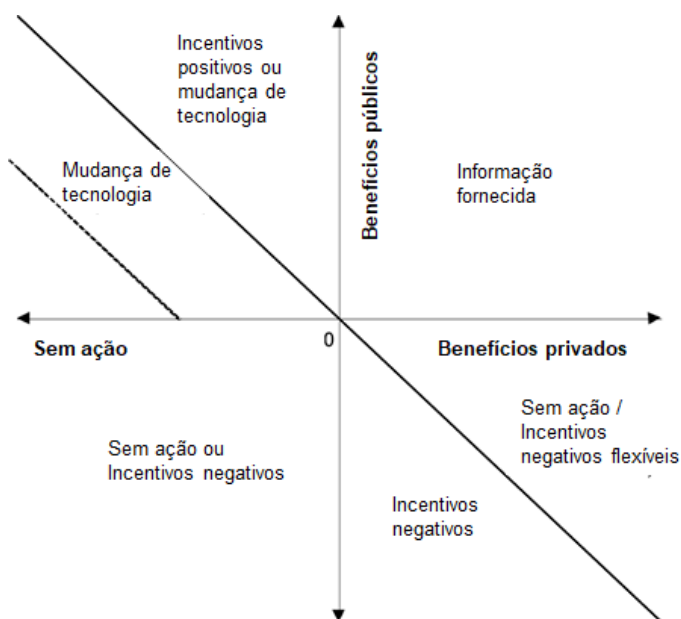
Os cenários em que os custos aplicados são públicos e privados, assim como seus benefícios, podem ser públicos e privados, são citados e estudados no projeto de Pannell (2008), onde podem ser vistos os principais fatores que levam a uma política pública de qualidade sobre a aplicação de incentivos fiscais. Pannell (2008) demonstra cinco diferentes cenários políticos que tratam do assunto, como forma de política pública, como:

- Incentivos públicos que encorajem o setor privado a investir na adoção de técnicas mitigatórias para coleta de águas pluviais;
- Incentivos negativos que desencorajem o consumidor adverso ao sistema. Em diversos casos, aplicações de mecanismo de pagamento de multas para o potencial poluidor;
- Atividades de educação e fornecimento de informações que demonstrem o uso das técnicas e seus benefícios;

- Ações de apoio ao desenvolvimento de novas tecnologias que visam o tratamento desta problemática e
- Nenhuma atividade que busque, objetivamente este assunto, desta forma, sem incentivo algum.

O espaço político difundido no estudo de Pannell (2008) é demonstrado na Figura 4, de como o benefício líquido é relevante no espaço político.

Figura 4 - Avaliações políticas e subsídios



Fonte: Adaptado de Zhang *et al.*, 2015.

A Figura 4 demonstra pontos interessantes a serem vistos do ponto de vista privado e do ponto de vista público dos benefícios. No quadrante inferior esquerdo não há nenhuma ação que incentive a implantação de algum programa citado, e desta forma se torna improvável que os consumidores privados se tornem consumidores racionais e adotem alguma tecnologia sem nenhum programa implantado. De outra maneira, o quadrante superior direito é o espaço destinado para benefícios públicos e privados, onde se demonstra a melhor política pública, a de fornecer informações técnicas aos usuários e tomadores de decisões. Da mesma forma, o quadrante inferior direito demonstra que se, os benefícios privados forem maiores que os públicos, então nenhuma ação é apropriada. No entanto, caso os custos públicos se demonstrem elevados a ponto de serem superiores aos privados, então os incentivos negativos se

demonstram eficazes. No quadrante superior esquerdo, caso os custos privados forem maiores que os públicos, o investimento em novas tecnologias deve equilibrar os custos, caso contrário, nenhuma ação é recomendada (ZHANG *et al.*, 2015).

Logo, na aplicação do conceito do estudo de Pannell (2008), a utilização da abordagem de técnicas compensatórias de drenagem urbana pode estar diretamente associada aos custos e investimentos privados. A resposta política seria, no entanto, a adoção de subsídios, caso os benefícios públicos se demonstrem superiores aos benefícios privados; caso contrário, sendo os benefícios públicos inferiores aos privados, a solução de não utilizar nenhuma ação ou a adoção de investimentos em tecnologias se demonstram como as melhores alternativas. No entanto, vale ressaltar que os benefícios levados em consideração no estudo relativo de Pannell (2008), se demonstram apenas na economia financeira relativa à drenagem. Caso os proprietários de técnicas apresentem outros benefícios, como por exemplo a utilização de águas pluviais para diversos fins, as relações custo-benefício precisam ser reavaliadas.

O estudo realizado por Dhakal e Chevalier (2017) demonstrou barreiras e políticas de incentivo, para implantação de infraestruturas sustentáveis, em 10 cidades americanas. Os autores apontam 29 barreiras e 33 políticas de incentivo correlacionadas a estas barreiras, observadas nas legislações americanas e no modo de vida americano. Apesar de grandes dificuldades no campo político o estudo sugere que as barreiras mais críticas são as cognitivas que dependem de medidas não estruturais a serem revisadas.

O conceito de técnicas compensatórias de drenagem urbana, já difundido amplamente em diversos países desenvolvidos, na legislação brasileira ainda se apresenta de forma insignificante, de forma que dos 5.570 municípios, apenas 0,07% tornam compulsória a adoção de reservatórios de retenção para as águas pluviais para novos empreendimentos, e ainda assim, somente os empreendimentos com áreas impermeabilizadas superiores a 500 m² são estimulados juridicamente para a implantação destas técnicas. As cidades do Rio de Janeiro, São Paulo, Niterói e Nova Iguaçu, abordam o assunto respectivamente, no decreto nº 23.940/2004, nas leis nº 41.814/2002, lei nº

2.630/2009 e na lei nº 4.092/2011 (Tabela 3). Além deste fato o estado de São Paulo, que possui leis e normas mais exigentes e rígidas, sob a ótica da drenagem urbana, aplicou esta obrigatoriedade na lei nº 12.526/2007 (OHNUMA *et al.*, 2018).

Tabela 3- Aspectos legislativos pertinentes a instalação de reservatórios de águas pluviais no Brasil

Localização	Decreto/Lei	Principais Características	Observações
Rio de Janeiro / RJ	23.940/ 2004	Obrigatória implantação de reservatório para empreendimentos com área impermeabilizada maior que 500 m ² ;	Locais descobertos para estacionamento ou guarda de veículos para fins comerciais deverão ter 30% de sua área com área permeável.
Niterói/RJ	2.630/ 2009	Obrigatória implantação de reservatório para edificações com consumo de água de abastecimento maior ou igual a 20m ³ de água por dia;	Sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas
Nova Iguaçu/RJ	4.092/ 2011	Obrigatória implantação de reservatórios para empreendimentos com área impermeabilizada maior que 500 m ² e com retardo de duas horas na chegada das águas pluviais ao sistema de drenagem	Possibilidade de criação de incentivos fiscais para a instalação de tanques de retenção.
São Paulo/SP	41.814/ 2002	Obrigatória implantação de reservatórios para empreendimentos com área impermeabilizada maior que 500 m ² ;	Locais descobertos para estacionamento ou guarda de veículos para fins comerciais deverão ter 30% de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.
Estado de São Paulo	12.526/ 2007	Obrigatória implantação de reservatórios para empreendimentos com área impermeabilizada maior que 500 m ² ;	Estacionamento ou guarda de veículos deverão ter 30% de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.

Localização	Decreto/Lei	Principais Características	Observações
Porto Alegre, RS	18.611/2014	Para terrenos com área inferior a 100 ha, o volume necessário do reservatório deve ser determinado através da equação: $V = 4,25 AI$, onde v é o volume por unidade de área de terreno em m ³ /hectare e AI é a área impermeável do terreno em %. O volume de reservado necessário para áreas superiores a 100 ha deve ser determinado através de estudo hidrológico específico para cada local, com precipitação de projeto com TR=10 anos.	Redução da área calculada caso: 1- Implantação de pavimento permeável - redução de 50% da área; 2- Calhas de telhado para superfícies drenantes - Redução de 40% da área do telhado; 3- Calhas de telhado para superfícies sem drenagem - Reduzir em 80% a área do telhado ; 4- Aplicação de trincheiras de infiltração - Redução de 80% das áreas drenadas para as trincheiras
Curitiba, PR	293/2006	É obrigatório para o licenciamento de todas as construções vigentes a previsão de instalação de mecanismo de captação de águas pluviais nas coberturas das edificações	-

Fonte: Adaptado de OHNUMA *et al.*, 2018.

A drenagem urbana possui características de bens públicos, como por exemplo a não-excludência e a não-rivalidade de ações. Tal fato indica que não é possível excluir um agente de seu consumo, em outras palavras, quando o serviço é oferecido, todos podem, ou irão, obrigatoriamente usufruir do serviço. Logo, em função da obrigatoriedade da utilização de serviços de drenagem, do ponto de vista jurídico, o adequado seria a cobrança de uma taxa sobre os usuários, visando a manutenção do sistema (CANÇADO *et al.*, 2006).

1.4.1. Modelos de arrecadação pelo serviço de drenagem urbana

A forma de cobrança e as taxas de cobrança pelo serviço de drenagem são discutidas por diversos autores. Segundo Cançado *et al.* (2006), o Brasil não

possui estudos e metodologias suficientes que maximizem o bem-estar social de precificação, e da mesma forma, não possui estudos suficientes que garantam a eficiência econômica de uma precificação deste serviço. Logo, a solução encontrada pelos autores é a taxa por custo médio de produção, de forma a beneficiar apenas o financiamento e o funcionamento do sistema. Desta forma, os autores defendem uma taxa associada ao serviço de drenagem, baseada no custo médio de implantação e de manutenção do sistema de drenagem urbana.

Um estudo realizado por Tucci (2002) propõe a criação e implantação de uma taxa que financie os custos de operação e manutenção e implantação das obras de drenagem no município de Porto Alegre-BR. O estudo aponta a cobrança da taxa para custeio do sistema, baseado em cálculo de áreas permeáveis e impermeáveis, demonstrando que são as áreas impermeáveis, as que aumentam a vazão. Todavia, o estudo realizado propõe a taxa baseada no volume escoado por superfícies e seus relativos coeficientes de escoamento, de maneira diferenciada para cada usuário ou lote.

A criação e implantação destas taxas são discutidas de forma isoladas em publicações pelo Brasil. Tucci (2002) propõe a criação de uma taxa de drenagem a partir do rateio dos custos de operação e implementação de obras estruturais para os serviços de drenagem. O autor aponta que o princípio básico do financiamento para Planos Diretores de Drenagem Urbana no Brasil se deve ao fato da distribuição de custos, de acordo com a área impermeável e é amparado pelo estudo em Cançado *et al.* (2006). No entanto, outros autores divergem da maneira em se considerar a área a ser adotada no estudo, o que afeta o cálculo da taxa de drenagem e o serviço de implantação e manutenção da rede. Esses estudos apresentam as alternativas para cobrança e custeio da manutenção, operação do sistema de drenagem, como:

- Alteração do hidrograma natural;
- Custo médio de produção – baseado nos custos operacionais e de instalação;
- Área impermeável total (AIT) e
- Área impermeável efetiva (AIE).

A aplicação da alternativa baseada na área impermeável total (AIT), embora possa refletir a magnitude do desenvolvimento urbano, não demonstra a proximidade de um elemento isolado da superfície impermeável aos canais receptores do sistema urbano de drenagem e, portanto, não consegue representar o fenômeno hidrológico de forma eficaz (Shuster *et al.*, 2005).

Segundo Shuster *et al.* (2005), a definição da alternativa baseada na área impermeável efetiva (AIE), é o total da área impermeável que é diretamente conectada ao sistema de drenagem, e que desta forma contribui com o volume escoado para a rede. Porém, o autor previne que ainda não existe uma definição aceita amplamente por todos os pesquisadores e usuários dos sistemas de drenagem.

As formas de precificação para a taxa de drenagem urbana seguem objetivos diversificados, elencados de acordo com a necessidade local, e em função da sustentabilidade financeira da população. A metodologia de financiamento baseia-se em conceitos econômicos, técnicos e científicos para o desenvolvimento de uma taxa estruturada e viável, como demonstrados na Tabela 4 (DUNCAN, 2001).

Tabela 4: Metodologias para determinação da taxa de drenagem

Metodologia	Definição	Vantagens	Desvantagens
Intensidade do desenvolvimento (ID)	A taxa é baseada na relação da área impermeável e da área do lote. A categoria é cobrada em relação ao desenvolvimento dentro do lote (sem desenvolvimento, pouco, moderado, alto e muito alto).	Contabiliza a área impermeável, tornando justo a cobrança, uma vez que, quanto maior a área, maior a contribuição para a rede de drenagem. Mudanças pequenas no registro do imóvel não necessitam ser feitas por não alterarem a área impermeável.	As categorias de desenvolvimento são abrangentes, o que dificulta a inserção em uma categoria. É de difícil entendimento por parte da população.
Alternativa de transporte distribuído (ATD)	Relativo a cálculo do gerenciamento em estradas municipais. Calcula o custo com base na duração de viagem de um determinado usuário.	Acrescenta as estradas na contabilização dos custos, e desta forma distribui as responsabilidades pelos contribuidores.	É uma metodologia complexa, e gera desconforto, uma vez que cobra a taxa de quem não utiliza a área em questão.

Metodologia	Definição	Vantagens	Desvantagens
Unidade equivalente residencial (UER)	É a área impermeável média de todos os lotes residenciais unifamiliares da região em estudo. As áreas não residenciais pagam em relação a parcela que utilizam da Unidade Equivalente Residencial.	São taxas normalmente consideradas justas. É relativamente simples, para a população entender o conceito, uma vez que a o gerador do escoamento irá pagar conforme torna sua área impermeável. É considerada fácil de se aplicar e controlar.	O impacto gerado por áreas permeáveis não é considerado. O cadastro e a taxa normalmente precisam ser atualizados, a cada construção nova que é realizada, tornando difícil a manutenção da taxa.
Área hidráulica equivalente (AHE)	A cobrança ocorre a partir da combinação entre área permeável e área impermeável.	Método que contabiliza a parcela permeável e a parcela impermeável.	Método complexo para entendimento dos usuários.
Alternativa hidrológica (AH)	A cobrança se baseia nas características de cada propriedade, como por exemplo, tipo de solo, topografia, área impermeável dentre outros.	É considerada uma taxa justa devido ao estudo de cada caso isoladamente.	Metodologia complexa e detalhada que requer muitas informações sobre cada área isoladamente.
Fator equivalente residencial (FER)	Uma unidade representa o volume escoado durante um evento específico de intensidade pluvial.	Inclui processos hidrológicos na metodologia, como por exemplo, armazenamento e infiltração de águas pluviais.	O evento é utilizado como exemplo, por diversas vezes não possuir um padrão ou uma metodologia.
Área da propriedade (AP)	Considera somente a área total da propriedade.	Cálculo simples e implantação facilitada.	Menos sofisticado e considerado injusto por alguns autores.
Taxa Fixa (TF)	Taxa considerada fixa de acordo com os custos do sistema de drenagem.	Cálculo simples e implantação facilitada.	Não individualiza o impacto gerado por cada contribuinte.
Sistema de camadas (SC)	Cobrança em uma única taxa, e a categorização fica por parte dos pagadores, que são distribuídos em camadas.	Cálculo simples e implantação facilitada.	As áreas multi-residenciais e locais não residenciais são tratadas individualmente, o que pode tornar o método complexo.

1.4.2. Modelos internacionais de cobrança de taxas de drenagem

A evolução da gestão de águas pluviais ao longo de décadas transforma o foco da atuação para, por exemplo, uma gestão mais consciente e menos focada somente no controle de inundações. Em diversos países, como por exemplo, Estados Unidos, Austrália, Canadá, Japão, dentre outros, com a evolução do entendimento de gestão sustentável, a prestação de serviços de drenagem urbana é realizada por concessionárias de águas pluviais, ou em outras palavras, empresas privadas que prestam o serviço de drenagem, que é considerado como um serviço público, sujeito à regulamentação governamental específica (POMPÊO, 2000).

A seguir, experiências bem sucedidas internacionalmente são citadas, com um nível de detalhamento, devido a quantidade de peculiaridades diferenciadas de cada cidade. Para base de cálculo foi utilizado a moeda corrente de cada país, sem a utilização de um câmbio específico de conversão.

1.4.2.1. Estados Unidos - EUA

Historicamente o país sofria com o esgoto lançado sem controle e tratamento, estimulado em 1972 pela criação da Lei da Água Limpa, que instituiu o Sistema Nacional de Eliminação de Poluentes (SNEP), determinado pelas fontes lançadoras de poluentes obrigadas a obter licenças ambientais para tais lançamentos (EPA, 2008).

Entretanto, tal sistema não prevê valores orçamentários para manutenção e implantação de redes de drenagem, o que leva cidades e estados a desenvolverem taxas de serviços, como um mecanismo razoável de financiamento das obrigações legais impostas pelo SNEP. As cidades que não apresentarem a conclusão de suas obrigações legais, a partir da implantação de melhores práticas de gestão, podem ser penalizadas pelo governo (ZOLEZI, 2015).

As empresas privadas, ou concessionárias como são chamados, estão presentes em todo o território americano. Estimam-se que mais de 1.600 (mil e seiscentos) concessionárias de águas pluviais atuam em todo o território americano (CAMPBELL, 2018). Porém, as taxas de drenagem cobradas nos

Estados Unidos devem obedecer às leis que a definem com uma taxa e não como um imposto, cobrado voluntariamente e responsável pelo serviço de drenagem urbana (DEBO e REESE,1995).

Um estudo realizado por Campbell (2018) analisou dados coletados de aproximadamente 1.681 concessionárias, e verificou que a taxa média unifamiliar é de 5,34 USD (R\$25,52)¹ cobrada mensalmente. O estudo indica que as taxas podem variar entre (zero) e 69,25 USD (R\$330,92)² por mês, o que demonstra a necessidade de uma melhor avaliação das condições dos serviços prestados em cada região, assim como refletir as realidades da política local.

As taxas cobradas variam de acordo com a região, sendo em sua maioria, com base na UER de área impermeável, e uma pequena parcela com base no FER (Tabela 4), como variantes da taxa anterior (CAMPBELL,2018).

A forma de cobrança nos estados e cidades americanas possui outros métodos de cálculo (Tabela 5), em função do número de usuários da rede de drenagem, ou de acordo com o quantitativo de áreas impermeáveis.

Tabela 5 - Exemplos de modelos de cobranças de taxas para águas pluviais

Local	Método
Warren County - Kentucky	Quantidade de usuários de água servida é utilizada para quantificar a taxa de águas pluviais
Georgetown - Carolina do Sul	A taxa para propriedades residenciais é ativada pela presença de um contador de água
Northbrook - Illinois	As taxas são cobradas igualmente as taxas de esgoto - Baseadas na quantidade de água servida utilizada
West Richland - Washington	Cobrança baseada no número de lugares de estacionamento, forma esta que incentiva os usuários a compartilharem seus estacionamentos, reduzindo assim suas áreas impermeáveis.

Fonte: Adaptado de CAMPBELL, 2013.

- Carolina do Norte

¹ Conforme cotação de 1 USD = R\$4,75 no dia 30/03/2022.

² Conforme cotação de 1 USD = R\$4,75 no dia 30/03/2022.

A taxa cobrada pela cidade de Rocky Mount, no estado da Carolina do Norte baseia-se na área de superfície impermeável de cada lote residencial. Essas taxas são utilizadas somente para financiar gastos com implantação, manutenção e operação do sistema de drenagem urbana (ROCKY MOUNT, 2015).

Desta forma, um estudo liderado por Charmeck (2020) demonstra que a taxa é calculada de forma análoga na maioria das cidades da Carolina do Norte. As cidades de Charlotte, Cornelius, Huntersville, Matthews, Mint Hill, Pineville e Mecklenburg dividem a cobrança da taxa em quatro faixas a partir da área impermeável de residências unifamiliares, entre 0m² e 185 m² com valores de 3,14 USD por mês, e áreas acima de 464 m², com valores de 9,23 USD por mês.

- Colorado

Uma parceria formada em 2006, entre diversos órgãos intergovernamentais formou o SEMSWA (*Southeast Metro Stormwater Authority Board of Directors*) (SEMSWA, 2021).

O SEMSWA é responsável por gerir as águas pluviais urbanas da cidade de Denver, e pela cobrança da taxa de drenagem. O objetivo da cobrança da taxa é a melhoria contínua do sistema de drenagem, controle de inundações da região e custeio do serviço de manutenção e operação do sistema (SEMSWA, 2021).

O órgão informou em março de 2021 que o sistema de cobrança foi modificado, e que todos os que já são cobrados pela taxa, receberão uma carta com a modificação da taxa já para o ano de 2021 (SEMSWA, 2021).

Este órgão utiliza de imagens aéreas atualizadas anualmente, sistemas de geolocalização e informações geridas pelos usuários, para o cálculo da taxa de drenagem de cada parcela, sendo atualizada anualmente com registros e informações captadas das propriedades existentes (SEMSWA, 2021).

No estado, as taxas de residências unifamiliares e demais propriedades, como exemplo, comércio, propriedades do governo, loteamentos, são calculadas de forma variada e com valores divergentes. Ambas as taxas são calculadas em

relação a área impermeabilizada e levam em conta implantação de sistemas de estrutura sustentável (Tabela 6)¹ (SEMSWA, 2021).

Tabela 6 - Taxas de águas pluviais cobradas em Denver

Residências Unifamiliares		
Área Impermeável (m²)	Taxa Anual - 2014 - USD	Taxa Anual – 2014 – BRL
9-180	52,40	248,80
180,1-261	70,24	333,50
261,1 - 351	91,42	434,06
351,1 - 675	122,62	582,20
675,1 – 4.500	266,41	1.264,91
Demais propriedades		
Área Impermeável (%)	Taxa Anual - 2014 - USD	Taxa Anual – 2014 – BRL
Até 2%	Isento	Isento
Entre 2% e 40%	17,98	85,37
Entre 41% e 70%	27,66	131,33
Entre 71% e 100%	37,34	177,29

Fonte: Adaptado de SEMSWA, 2021.

A exceção à regra neste estado é aplicada a cidade de Fort Collins. As taxas cobradas são baseadas no tamanho dos lotes de casas unifamiliares e loteamentos diversos. Uma taxa padrão é cobrada, e com base na área impermeável de cada lote, um fator de taxa é aplicado com o intuito de tornar sustentável a cobrança (FCGOV, 2015).

- Flórida

O estado da Flórida também possui cidades em que a cobrança da taxa de drenagem é aplicada com o objetivo de otimizar os serviços da rede de drenagem. A cidade de Orlando por exemplo, cobra uma taxa anual, baseada também na área impermeável. As taxas aplicadas podem ser reduzidas em até 42% conforme a retenção de vazão no lote, e cada propriedade unifamiliar deve ser cobrada com base no tamanho do lote e de sua área impermeável, com um limite superior de até USD 137,88 (654,55 BRL)² e um limite inferior de USD 84 (398,83 BRL)³ em valores anuais (ORLANDO, 2021).

¹ Conforme cotação de 1 USD = R\$4,75 no dia 30/03/2022.

² Conforme cotação de 1 USD = R\$4,75 no dia 30/03/2022.

³ Conforme cotação de 1 USD = R\$4,75 no dia 30/03/2022.

Os imóveis multifamiliares, como loteamentos e lotes variados são cobrados de acordo com a quantidade de unidades utilizadas no cálculo da taxa. No entanto, as propriedades não residenciais são cobradas em quantidade de escoamento gerado por cada unidade desta propriedade, com o mínimo de 69,60 USD (330,46 BRL)¹ e o máximo de 137,86 USD (654,56 BRL), em função do ano de início de atividade no lote. Finalmente, os imóveis desabitados são cobrados com uma taxa de 62,40 USD (294,27 BRL) por hectare, e estão isentos desta taxa, áreas vulneráveis de baixada (ORLANDO, 2021).

- Georgia e Kentucky

O órgão gestor da cidade de Henry, Estado da Georgia, considera que todos os lotes unifamiliares geram uma quantidade de escoamento de águas pluviais semelhantes entre si, independente do lote, e por isso cobra uma taxa fixa equivalente a uma unidade de medida de 430,2 m². A taxa fixada em 39,83 USD, cobrada anualmente, entra com base na teoria de igualdade entre os lotes unifamiliares, e da compatibilidade de área impermeável (HENRY, 2021).

A cobrança da taxa de drenagem na cidade de Henry coletou aproximadamente 2.7 milhões de dólares no primeiro ano de cobrança da taxa, de modo a demonstrar o potencial de ajustes dos custos de manutenção e operação do sistema de drenagem (HENRY, 2021).

Adicionalmente, a cobrança da taxa para lotes não residenciais é proporcional a quantidade de áreas impermeáveis médias, que este lote possui em relação as áreas familiares. Por exemplo, caso um lote que contém 15 vezes a área impermeável do tamanho médio de uma casa, este lote pagará uma taxa 15 vezes maior do que a taxa que a casa irá pagar (HENRY, 2021).

- Minnesota

A taxa cobrada na cidade de Minneapolis é baseada na área impermeável média unitária, considerada de 142,14 metros quadrados por lote, como também na finalidade do lote. A cobrança de unidades residenciais se resume a 3 (três) taxas de cobrança possíveis, com um mínimo de 10,22 USD (48,52 BRL)²,

¹ Conforme cotação de 1 USD = R\$4,75 no dia 30/03/2022.

² Conforme cotação de 1 USD = R\$4,75 no dia 30/03/2022.

cobradas com 0,75 da unidade média impermeável considerada acima, até um máximo de 17,03 USD (80,86 BRL)¹ cobrado sobre um valor de 1,25 da unidade média impermeável, que se apresenta como a unidade média disponível na cidade. Todos os valores cobrados são realizados mensalmente. As demais propriedades são cobradas proporcionalmente a sua área impermeável, relacionada a área impermeável média, e podem receber um incentivo de até 100%, de acordo com programas de incentivos, e conforme a redução do escoamento para a rede pública proporcionado pela medida compensatória instaurada (MINNEAPOLIS, 2021).

A cobrança pelos serviços de drenagem na cidade de Minneapolis visa a manutenção, implantação e melhoria contínua do sistema de drenagem urbana. A cidade adotou o programa “Adote um ralo de drenagem”, no qual os residentes e empresários de Minneapolis podem se tornar responsáveis por ralos de chuva na cidade, com limpezas periódicas, de modo a manter o escoamento das águas pluviais limpas e reduzir os impactos das inundações urbanas (MINNEAPOLIS, 2021).

1.4.2.2. Canadá

As taxas, impostos e encargos são as principais fontes de arrecadação para manutenção, implementação e operação dos programas de drenagem no Canadá. O número de municípios que haviam implantado alguma taxa, até 2012, ou a adoção de um sistema de taxação sobre o sistema de drenagem urbana eram de 16 municípios, número esse que só aumentou desde então (AECOM, 2013).

As taxas de drenagem urbana aplicadas são descritas como (AECOM, 2013):

- Taxa Fixa – Os custos totais da gestão da drenagem urbana são distribuídos de acordo com a taxa de ocupação e
- Taxa Variável – Considera a distribuição de acordo com a distribuição de áreas impermeáveis.

¹ Conforme cotação de 1 USD = R\$4,75 no dia 30/03/2022.

As experiências canadenses podem ser exemplificadas nas províncias ou cidades, como: Alberta, British Columbia, Brampton, Mississauga, Vaughan, Saskatoon e Ontário.

- Alberta

As cidades de Edmonton, Calgary, St. Albert e Strathcona são exemplos de cidades que implantaram de forma incisiva as taxas de águas pluviais. Porém, dentre estas, apenas a cidade de Edmonton implantou taxas variáveis capazes de financiar totalmente o sistema de drenagem urbano existente, com uma taxa média de 6 CAD, ou 4,80 USD (22,80 BRL)¹ ao mês (AECOM, 2013). Esta cidade, inclusive, possibilitou a inclusão do parâmetro social na taxa aplicada, com o cálculo baseado em unidade de desenvolvimento, mas também com base em sua área impermeável e coeficiente de escoamento superficial (EDMONTON, 2021).

A cidade de Edmonton apresentou também em 2018 uma taxa inflacionária de 3% no período de 2018 a 2022. A cidade também apresenta um programa de incentivos para propriedades não residenciais que possuem um sistema próprio de gestão das águas pluviais (EDMONTON, 2021).

- British Columbia

A taxa de drenagem urbana na capital da província, Victória, foi implantada de forma inovadora, com o apoio da população e com a inclusão da taxa de limpeza urbana, que até então era inclusa em taxas de propriedades, agora passam a ser inclusas nas taxas de drenagem urbana. A taxa na cidade de Victória é calculada sobre a área impermeável, com uma taxa de 0,6788 CAD ou 0,5442 USD (2,56 BRL) por metro quadrado. A limpeza urbana é um fator de impacto gerado sobre o quanto o lote impacta no sistema (VICTORIA, 2021).

- Brampton

A gestão de águas pluviais na cidade de Brampton é dividida pelas diversas operações e orçamentos de departamentos da cidade. Não há divisão de águas pluviais específica e a responsabilidade pela operação e a manutenção

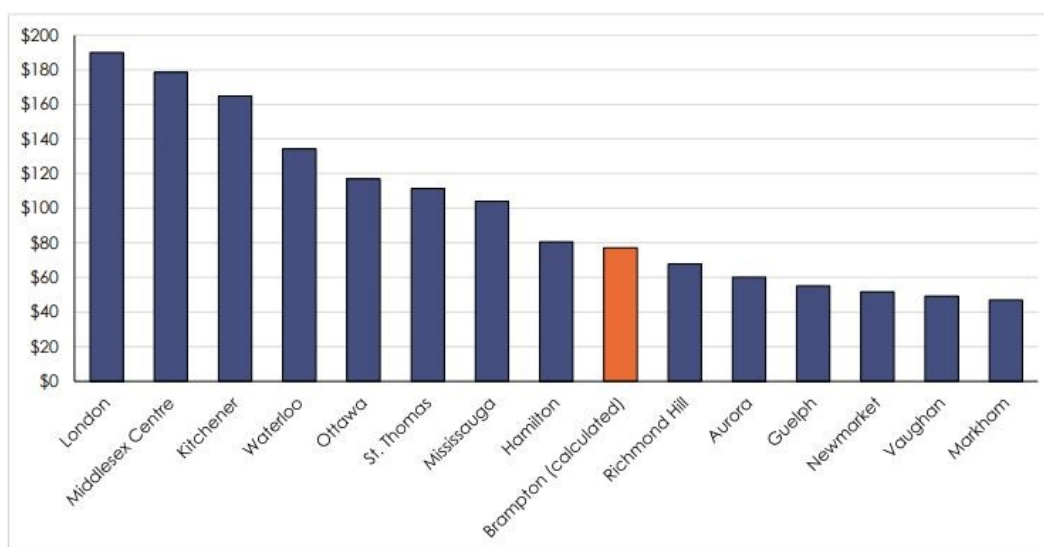
¹ Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL , e 1 CAD = 0,800 USD, no dia 30/03/2022.

dos serviços relacionados às águas pluviais da cidade é atualmente apoiada principalmente por funcionários de divisões dentro dos Departamentos de Obras Públicas e Engenharia (BRAMPTON, 2020).

O programa de drenagem urbana é atualmente financiado predominantemente pela arrecadação de impostos. A porção reduzida que se refere aos custos de Engenharia de Desenvolvimento e Construção, presume-se ser recuperada por meio de taxas impostas cobrados ou arrecadados pela cidade. Uma estimativa demonstra que essas taxas cobradas separadamente cubram apenas 1,4% dos custos anuais dos serviços de drenagem urbana, com os outros 98,6% sendo arrecadados por meio de impostos sobre a propriedade (BRAMPTON, 2020).

A taxa a ser cobrada ainda é discutida diante de sua apresentação. Um estudo realizado por Brampton (2020) demonstra os benefícios e desafios da cobrança por dois métodos diferentes. A taxa calculada para uma residência familiar gira em torno de 80 CAD anual, obtida em 2018, e validada com outras cidades canadenses, conforme Figura 5 (BRAMPTON, 2020).

Figura 5 - Comparativo entre taxas de drenagem de cidades canadenses para residências familiares



Fonte: BRAMPTON, 2020.

- Mississauga

A cidade de Mississauga introduziu em 2016 a cobrança pelo serviço de águas pluviais. As propriedades são classificadas em ordem crescente de

acordo com a sua área impermeável, e para propriedades residenciais e não residenciais, a taxa é calculada dividindo a área impermeável por uma área média considerada de 267 m². O valor encontrado é o referente a quantidade de unidades médias encontradas, e este valor então é multiplicado pela taxa de águas pluviais, de modo a se obter assim a taxa de águas pluviais a ser cobrada. A cidade ainda fornece um crédito de até 50% para propriedades não residenciais, que utilizem técnicas compensatórias que possam reduzir o impacto do escoamento superficial na sua região. Ainda desta forma, a cidade também oferece diversos subsídios fiscais para idosos e pessoas com deficiência, atrelados a sua renda, e tem sua taxa média para residências familiares de 104 CAD, ou 83,22 USD (395,22 BRL)¹ anuais (BRAMPTON, 2020).

- Vaughan

A cidade de Vaughan implantou recentemente, em 2017, a gestão de águas pluviais de forma separada. Antes disso, os custos para a gestão de águas pluviais eram atrelados a impostos sobre propriedade e a taxa de esgoto aplicada na cidade (BRAMPTON, 2020).

Os encargos são calculados por categorias, de acordo com as propriedades e obtidas em função da área total do terreno, e de acordo com o coeficiente de escoamento dessas áreas. A totalidade das propriedades paga uma taxa fixa, anualmente, conforme determinado pelo código de propriedade (BRAMPTON, 2020).

As propriedades residenciais são classificadas em 3 (três) categorias com base na densidade: baixa, média e alta densidade. De outra forma, as propriedades não residenciais são categorizadas em função do seu tamanho total. A taxa média considerada para propriedades familiares é de 49,20 CAD ou 39,37 USD (186,98 BRL)² anual (BRAMPTON, 2020).

- Saskatoon

¹ Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL , e 1 CAD = 0,800 USD, no dia 30/03/2022.

² Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL , e 1 CAD = 0,800 USD, no dia 30/03/2022.

A cidade de Saskatoon possui uma taxa de drenagem urbana variável, de acordo com uma área impermeável padrão equivalente a 265,40 metros quadrados, e apreciado no valor de 159,60 CAD (127,78 USD ou 606,56 BRL)¹ anuais, calculados para o ano de 2020. A cidade inclusive oferece benefícios diversos que partem de 20% até 50% no cálculo desta taxa de acordo com a utilização de técnica compensatória no local, visando a melhoria na qualidade da água, redução do escoamento superficial e desta forma, de acordo com métodos de retenção do volume escoado no local, cada um possui seu benefício, podendo ser exclusivo ou acumulativo (SASKATOON, 2021).

Sob outra perspectiva, a cidade de Regina, implementou uma taxa fixa para unidades residenciais padrão, independente do seu tamanho com o valor de 11,40 CAD (43,32 BRL ou 9,13 USD)² mensalmente (AECOM, 2013). Curiosamente, a cidade de Regina foi a pioneira no país em relação a implantação de uma taxa de drenagem urbana no Canadá (CAMERON *et al.*, 1999).

- Ontário

A província mais populosa do Canadá possui alguns municípios com diferentes tipos de cobrança pelo serviço de drenagem de águas pluviais urbanas, levando em consideração o seu uso, sua área impermeável e diversos aspectos levantados individualmente.

O município de Kitchener implantou a cobrança com base na área impermeável média utilizada por uma residência unifamiliar, ou para residências não familiares. Com este método, as residências unifamiliares são cobradas por meio da taxa calculada sobre uma unidade média impermeável (AECOM, 2013). Os valores atualizados das taxas cobradas no local variam de acordo com o uso encontrado para o loteamento e dimensão da área impermeável média (Tabela 7 e Tabela 8) (KITCHENER, 2021).

¹ Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL , e 1 CAD = 0,800 USD, no dia 30/03/2022.

² Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL , e 1 CAD = 0,800 USD, no dia 30/03/2022.

Tabela 7: Taxas para unidades residenciais em Kitchener

Descrição	2021 – CAD Mensal	2021 – USD Mensal ¹	2021 – BRL Mensal ²
Casas isoladas, com área construída menor do que 105 m ²	9,82	7,85	37,32
Casas com área construída entre 106 e 236 m ²	16,39	13,11	62,29
Casas com área construída maior do que 237 m ²	21,54	17,23	81,86
Casas Geminadas - Valor por unidade	11,7	9,36	44,47
Loteamento Residencial - Valor por unidade	6,52	5,21	24,78
Edifícios que contenham 2 apartamentos - Valor por construção	13,11	10,49	49,82
Edifícios que contenham 3 apartamentos - Valor por construção	19,71	15,77	74,90
Edifícios que contenham 4 apartamentos - Valor por construção	26,2	20,96	99,57
Edifícios que contenham 5 apartamentos - Valor por construção	32,79	26,24	124,62
Unidades residenciais que possuam mais de 5 apartamentos - Valor por unidade	3,29	2,63	12,50

Fonte: Adaptado de KITCHENER (2021).

Tabela 8 - Taxas para unidades não residenciais em Kitchener

Descrição	Tarifa 2021 - CAD Mensal	Tarifa 2021 - USD Mensal	Tarifa 2021- BRL Mensal
Área impermeável entre 26 e 1.051 m ²	31,34	25,10	118,91
Área impermeável entre 1.052 e 1.640 m ²	83,81	67,13	318,03
Área impermeável entre 1.641 e 7.676 m ²	219,70	175,97	833,60
Área impermeável entre 7.677 e 16.324 m ²	641,04	513,45	2.432,29
Área impermeável entre 16.325 e 39.034 m ²	1.553,64	1.244,32	5.894,98
Área impermeável superior a 39.035 m ²	3.335,33	2671,47	12.655,24

¹ Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL , e 1 CAD = 0,800 USD, no dia 30/03/2022.

² Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL , e 1 CAD = 0,800 USD, no dia 30/03/2022.

Fonte: Adaptado de KITCHENER (2021).

A região metropolitana de Ottawa-Carleton, que abrange 11 (onze) municípios teve como referência determinados estudos para a implantação da taxa de drenagem. As informações da base de cálculo consideram a área de cada categoria de uso de solo, o coeficiente de quantidade e qualidade categorizado nos usos do solo, a receita total necessária (receita necessária para financiar a estrutura de drenagem), coeficiente de crédito (referentes a *Best Management Practices* - BMP) e o número de parcelas para cada categoria de uso do solo, que representa o número de propriedades distintas de um determinado uso (CAMERON *et al.*, 1999).

1.4.2.3. África do Sul

O país não realiza nenhuma cobrança pela gestão das águas pluviais, no entanto financia os sistemas de drenagem a partir de taxas municipais indiretas. Esta descentralização da cobrança gera uma concorrência entre o pagamento dos serviços, uma vez que, sem a taxa centralizada, os serviços de drenagem urbana na cidade necessitam de divisão de custos com outros serviços públicos (FISHER-JEFFES e ARMITAGE, 2013).

Um estudo realizado por Fisher-Jeffes e Armitage (2013), com o intuito de desenvolver uma taxa de drenagem sólida e condizente com a realidade da população, encontrou um grande desafio no cenário social sul africano, uma vez que grande parte da população não possuía os meios para pagamento da taxa. O estudo utilizou o método de Custos de Danos Evitados (*Damage Avoidance Cost*), que demonstra os custos da operação de um sistema de águas pluviais em um ciclo de vida do sistema. Porém, o método idealiza as obras necessárias para o funcionamento do sistema, mas não inclui o custo de instalação e manutenção da rede.

A simulação da taxa foi realizada em 3 (três) municípios do país, em que se considerou um lote residencial padrão com 160 m² de área impermeável. Para o cálculo da taxa foi levado em consideração o custo de aquisição de uma área para a implantação de uma estação de tratamento, somado ao custo de tratamento e manejo das águas pluviais (Tabela 9) (FISHER-JEFFES; ARMITAGE, 2013).

Tabela 9 - Taxas mensais de drenagem urbana para cidades na África do Sul (valores de 2010)¹

Cidade	Valor de construção do tratamento e manutenção do sistema			Aquisição do terreno			Custos totais para um lote residencial		
	ZAR	USD	BRL	ZAR	USD	BRL	ZAR	USD	BRL
Cape Town	28	1,90	9,0	20-40	1,36-2,72	6,4-12,8	48-68	3,26-4,62	15,36-21,76
Tshwane	33	2,24	10,6	27-54	1,84-3,67	8,64-17,28	60-87	4,08-5,91	19,20-27,8
Ethekwini	37	2,52	11,8	36-72	2,45-4,9	11,52-23,04	73-109	4,96-7,4	23,3-34,9

Fonte: Adaptado de Fisher-Jeffes e Armitage (2013).

Os valores encontrados variam entre 58 e 91 ZAR em valores mensais, e podem não demonstrar fielmente os custos de manutenção do sistema de drenagem urbana, uma vez que o método utilizado não leva em consideração os custos de instalação e manutenção da rede urbana (FISHER-JEFFES; ARMITAGE, 2013).

1.4.2.4. França

A França instituiu sua taxa de drenagem amparada pela Lei Grenelle II de julho de 2010, que tem como objetivo o compromisso nacional de preservar áreas ambientais, com a arrecadação da cobrança pelos serviços de drenagem a partir de uma taxa anual aplicada pelo serviço de gestão de águas pluviais (NOUVEAU *et al.*, 2013). Esta lei, regulada pelo Decreto nº 2011-815/2011, incentiva o controle da vazão de águas pluviais, e institui a taxa como forma de financiar os investimentos e operação do sistema de drenagem urbana (CARRON e GUÉNÉGOU, 2013).

A cobrança da taxa é realizada em função da área impermeabilizada que gera a vazão para o sistema de águas pluviais, informada pelo proprietário. A implantação de um sistema amortecedor de vazões impacta na redução do valor cobrado desta taxa, com variação entre 20% e 100%, a depender da redução de

¹ Conforme cotação de 1 ZAR = 0,33 BRL , e 1 ZAR = 0,069 USD, no dia 30/03/2022.

volumes escoados a partir da implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana (CERTU, 2012).

Os valores de cobrança pelos serviços de drenagem aplicados na França (Tabela 10) são realizados por comunas, que por sua vez contém diversas cidades dentro do país. Porém, apenas 4 (quatro) comunas – existem mais de 36 mil comunas na França – implantaram a cobrança da taxa de drenagem (NOUVEAU *et al.*, 2013).

Tabela 10 - Taxas de drenagem implantadas na França¹

Cidade	EUR/m ² área impermeável	USD/m ² área impermeável	BRL/m ² área impermeável
Douaisis	0,05	0,055	0,26
Prévessin - Moëns	0,20	0,22	1,05
Sauzé- Vaussais	0,50	0,55	2,63
Syage	0,60	0,66	3,16

Fonte: Adaptado de Nouveau *et al.* (2013).

A cobrança de um novo imposto alertou a população e acendeu um receio no meio político, que a cobrança recente afetasse diretamente as eleições municipais e a atratividade econômica das cidades (NOUVEAU *et al.*, 2013). Desta forma, a cobrança não durou muito tempo e acabou sendo extinta no ano de 2014 pela lei nº 1654/2014 (LEGIFRANCE, 2016).

1.4.2.5. Polônia

A aplicação da taxa de drenagem na Polônia ocorreu em 2006. Em função da possibilidade de nevadas, áreas do país consideram volumes de neve derretida no local, em adição às águas pluviais. Um diferencial observado pela implantação da cobrança de taxa de drenagem no país, foi o incentivo aos usuários a gerir as suas próprias vazões (BURSZTA-ADAMIAK, 2010).

Contudo, após o ingresso da Polônia na União Europeia, os modelos de gestão de águas têm transitado para modelos de gestão da própria União Europeia. A política da União Europeia, no que diz respeito ao meio ambiente, objetiva a busca por métodos racionais e uso consciente dos recursos ambientais. Desta forma, o objetivo é alcançar altos níveis de preservação do

¹ Conforme cotação de 1 EUR = 5,26 BRL , e 1 EUR = 1,11 USD, no dia 30/03/2022.

meio ambiente com a aplicação de métodos e parâmetros diferentes em cada região (BIALEK *et al.*, 2018).

A mudança de paradigma se mostrou necessária, tendo em vista o fator econômico afetar diretamente a gestão das águas no país. Um estudo realizado por Bialek *et al.*, (2018) demonstrou que no ano 2016-2017 as taxas cobradas trouxeram um retorno entre 22 e 24% para a gestão pública.

Em 01 de janeiro de 2018 a gestão de águas na Polônia teve alterações com a adoção da nova Lei de Águas, de modo a revisar o sistema de drenagem utilizado no país (EU, 2000). A alteração na legislação no país para a nova Lei de Águas foi o ponto fundamental para a implantação das diretivas da União Europeia na Polônia (EU, 2000).

A cobrança da taxa de drenagem na Polônia era realizada como em diversos países do mundo, com a obrigatoriedade do pagamento sobre a área impermeável da parcela de terra ou lote do proprietário (BURSZTA-ADAMIAK, 2014).

A gestão de águas pluviais e a gestão de água da neve teve transformações com a adesão da nova Lei de Águas. De acordo com a lei antiga, as águas pluviais e as águas oriundas do derretimento da neve eram consideradas efluentes, e destinados aos sistemas de drenagem abertos ou fechados. De acordo com a nova Lei de Águas, as águas de chuva e águas provenientes do derretimento da neve, agora fazem parte do serviço de águas e são definidos como: “descarregar águas de chuva e da neve para a água, contido em sistemas abertos ou fechados de drenagem urbana, pertencentes a um sistema coletivo pertencente as fronteiras administrativas da cidade” (Art. 35, item 3, *The New Water Law* 2017)

A cobrança, de acordo com a Nova Lei das Águas, para serviços relacionados a drenagem das águas pluviais e da neve consistem agora em uma taxa fixa somado a uma taxa variável, que depende da existência ou não de sistema amortizadores de vazão no local. (Art. 270, item 11, *The New Water Law* 2017).

O valor da taxa fixa para drenagem urbana é calculado como o produto da taxa unitária e da quantidade máxima de água que pode ser consumida, de acordo com a permissão integrada (Art. 271, item 4, *The New Water Law*, 2017). Por outro lado, a taxa variável é calculada como o produto da taxa unitária, a quantidade de água consumida, e o período em anos, levando em consideração a existência, ou não, de instalações que possam de alguma maneira, amortecer os impactos gerados pelo escoamento superficial (Art. 272, item 5, *The New Water Law*, 2017).

Os valores são determinados e cobrados pela agência do estado, que notifica e obriga as entidades a pagarem a taxa, e também em fornecer informações anuais sobre o método de cobrança da taxa. (Art. 271, item 1, *The New Water Law*, 2017).

Os valores anteriores a nova Lei de Águas variavam em função do volume de água coletado pelo sistema de drenagem e são apresentados em zloty polonês (PLN), mensalmente. Os valores apresentados por cidades (Tabela 11) indicam a combinação de duas metodologias diferentes de cobrança, como: taxas cobradas com base no volume coletado, e a cobrança com base na área impermeável. Em ambas as metodologias, a rede de águas pluviais é separada da rede de esgoto (BURSZA-ADAMIAK, 2010).

Tabela 11 - Taxa de águas pluviais cobradas na Polônia – Ano de 2014¹

Cidade	Tarifa de águas pluviais e neve com base no volume			Tarifa de águas pluviais e neve com base na área quadrada		
	PLN/m ³	USD/m ³	BRL/m ³	PLN/m ²	USD/m ²	BRL/m ²
Ostrow Wielkopolski	2,76-3,27	0,66-0,79	3,12-3,7	-	-	-
Biala Podlaska	5,89	1,41	6,65	-	-	-
Poznan	5	1,2	5,65	-	-	-
Glogow	2,85-5,08	0,69-1,22	3,22-5,74	-	-	-
Zory	1,82-4,39	0,43-1,05	2,05-4,96	-	-	-
Wagrowiec	-	-	-	1,65-2,60	0,39-0,62	1,86-2,94
Radom	-	-	-	0,92-1,12	0,22-0,27	1,06-1,26

¹ Conforme cotação de 1 PLN = 1,13 BRL , e 1 PLN = 0,24 USD, no dia 30/03/2022.

Cidade	Tarifa de águas pluviais e neve com base no volume			Tarifa de águas pluviais e neve com base na área quadrada		
	PLN/m ³	USD/m ³	BRL/m ³	PLN/m ²	USD/m ²	BRL/m ²
Tarnobrzeg	-	-	-	3,24	0,78	3,66
Elblag	-	-	-	1,1	0,26	1,24
Zawiercie	-	-	-	0,31 - 0,52	0,07-0,12	0,35-0,59

Fonte: Adaptado de Burszta- Adamiak (2014)

A nova legislação introduziu novos valores baseadas em novos estudos e novas metodologias de cobrança. Um estudo realizado por Boguniewicz-Zablocka e Capodaglio (2020) encontrou as taxas cobradas em algumas cidades polonesas, com uma base no país de 0,75 PLN/m³ (0,18 USD/m³ ou 0,85 BRL/m³)¹ em valores anuais. Entretanto, caso uma gestão local das águas pluviais esteja instaurada, e métodos de retenção alcancem valores superiores a 30% do volume escoado, o valor base da taxa pode ser reduzido em até 10 vezes.

As taxas cobradas para regiões com o sistema de esgoto separado são baseadas em volume de escoamento coletado, ou na área impermeável. Os valores cobrados por área impermeável podem variar de 0,31 – 7,06 PLN/m² (0,08-1,7 USD/m² ou 0,35-7,98 BRL/m²), em valores anuais (BURSZTA-ADAMIAK, 2014).

A implantação de taxas para propriedades industriais é demonstrada na nova Lei de Águas da Polônia (Tabela 12). Em áreas maiores que 3.500 m², uma taxa é aplicada, caso mais de 70% de sua superfície seja degradada. Adicionalmente, estas taxas são aplicadas a todas as localidades que não são atendidas por concessionárias, e se adequam a todas as propriedades nas áreas citadas, inclusive setores comerciais de larga escala, como por exemplo, edifícios comerciais, supermercados e comunidades residenciais (BOGUNIEWICZ-ZABLOCKA e CAPODAGLIO, 2020).

Historicamente, em 2003, a cidade de Pila foi a pioneira a utilizar uma taxa de gerenciamento de águas pluviais. Outras cidades adotaram a cobrança de

¹ Conforme cotação de 1 PLN = 1,13 BRL , e 1 PLN = 0,24 USD, no dia 30/03/2022.

uma taxa, posterior a cidade de Pila. Atualmente, mais de 95% das cidades na Polônia já cobram pela gestão das águas pluviais (BOGUNIEWICZ-ZABLOCKA e CAPODAGLIO, 2020).

Tabela 12: Taxa variável para propriedades industriais na Polônia

Características de propriedades acima de 3.500 m²	Tarifa (PLN/m²/Ano)	Tarifa (USD/m²/Ano)	Tarifa (BRL/m²/Ano)
Propriedades sem métodos de retenção	1,00	0,24	1,13
Propriedades com métodos de retenção de até 10% do volume anual - permanentes	0,60	0,14	0,68
Propriedades com métodos de retenção de 10% até 30% do volume anual - permanentes	0,30	0,07	0,34
Propriedades com métodos de retenção acima de 30% do volume anual - permanentes	0,10	0,02	0,11

Fonte: Boguniewicz-Zablocka e Capodaglio (2020)

1.4.2.6. Alemanha

Um estudo desenvolvido por Valiron e Tabuchi (1992) demonstram a cobrança de uma taxa de águas pluviais na cidade de Munich. O valor da taxa é fixo em cerca de 1,17 USD (5,5 BRL) ¹ por metro quadrado de área impermeabilizada, valor anual e semelhante ao valor cobrado pelo esgotamento sanitário (CHOULI *et al.*, 2007).

A cidade de Dresden realiza a cobrança da taxa de drenagem atrelada a taxa de consumo de água, e aproveita a água de chuva para uso municipal. Porém a companhia de águas da cidade cobra o valor de 1,04 EUR/m² (5,3 BRL/m²) ² de área impermeabilizada, das propriedades particulares. A companhia de águas da cidade cobra os proprietários com base em sua área impermeável e as áreas públicas do município com base em área de estradas, e organiza campanhas públicas para promover a sustentabilidade e promoção de técnicas que controlem na origem as águas pluviais (CHOULI *et al.*, 2007).

1.4.2.7. Suíça

¹ Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL.

² Conforme cotação de 1 EUR = 5,09 BRL.

Segundo Haarhof (1996), a cobrança de uma taxa de drenagem urbana na Suíça, ocorre da mesma maneira que na Alemanha, com uma taxa acoplada a taxa de consumo de água. A cidade de Zurique, considerada a maior cidade da Suíça, os valores são de 1,05 USD/m² (4,98 BRL/m²) anuais, cobrados através das superfícies impermeáveis, com 15% desse valor correspondente às áreas não construídas (ANTENER, 1999).

1.4.2.8. Austrália

A gestão de águas pluviais na Austrália é realizada a partir da utilização do esgotamento sanitário em conjunto com as águas pluviais, problema este que resulta em diversas inundações e enchentes na área urbana. Logo, na resolução deste problema, o sistema separador absoluto de esgoto e águas pluviais foi instalado, e desta forma a gestão de drenagem urbana começou a ser realizada de forma eficaz (COOMBES, 2015).

Entretanto, eventos extremos de secas também trouxeram diversas mudanças no setor de águas urbanas. A região do sudeste de Queensland, por exemplo, experimentou a sua pior seca na história, e desta forma os sistemas de gestão de águas pluviais puderam ser adotados e implantados em objetivos da drenagem urbana, como por exemplo, o uso de águas pluviais, conservação de águas, e a coleta de águas pluviais (SPILLER, 2008).

A gestão e a cobrança pela drenagem urbana e o manuseio de águas pluviais é uma responsabilidade governamental, ora federal, e ora estadual e local, e cabe a estes gerir responsabilidades e estratégias de gestão deste recurso. Apesar disto, os governos locais possuem barreiras significativas para a gestão eficaz e sustentável das águas urbanas, como na falta de recursos financeiros e de incentivos de mercado. Desta forma, o governo tem buscado soluções e incentivos fiscais, como a redução de taxas de drenagem, para a melhoria do sistema de gestão do país (ROY *et al.*, 2008).

A Austrália tem desenvolvido projetos como um exemplo de gestão da drenagem urbana e de águas pluviais. Apesar disto, as taxas de drenagem são pouco citadas, e por isso, o comitê de meio ambiente do país recomendou ao governo que retomem os fundos para a pesquisa de águas pluviais, uma vez que

as tarifas coletadas pelos fundos, não são exclusivamente direcionadas a gestão de águas pluviais (AUSTRALIA,2015).

A necessidade de melhorar a gestão de águas pluviais incentivou o país a criação de uma associação de águas pluviais da Austrália. A *Stormwater Australia*, por exemplo, vincula os diversos interesses multidisciplinares da sociedade e os representa em todos os fóruns nacionais. Além disto, a associação promove políticas e normas, e incentiva a adoção de novas tecnologias que reduzam o impacto ambiental, social e econômico causado por desastres de natureza hidrológica. A associação tem por objetivo criar uma sinergia, de modo a permitir que todos os usuários desenvolvam técnicas estruturadas na gestão das águas pluviais (STORMWATERAUS, 2021).

A cidade de Logan, localizada ao sul de Brisbane, adotou a cobrança pela drenagem urbana a partir do método de valor por área, com diversas categorias de cobrança, como por exemplo, residencial ou baseada na quantidade de habitações em loteamentos . Além disso, o governo local aplica penalidades àqueles que não adotarem práticas para minimizar contaminantes de entrarem em um corpo receptor. Estas penalidades variam entre 814 USD (3.866,50 BRL) e 5.500 USD (26.125 BRL)¹, para respectivamente, edificações individuais e grandes corporações. Além disto, a cidade também apresenta uma espécie de calculadora que estima sua taxa e seus incentivos com base no lote selecionado (LCC,2021).

A cidade de Melbourne cobra uma taxa de drenagem para os residentes que estão em áreas atendidas pelo sistema de drenagem urbana. As taxas foram modificadas em 2020 a partir de uma remodelação em seu sistema de pagamento. As taxas anuais variam de 24,62 AUD (18,46 USD ou 87,68 BRL) para residências de baixo impacto, de áreas não residenciais menores que 200 m², até 5.107,59 AUD (3.830,69 USD ou 18.195,79 BRL) para áreas não residenciais maiores que 45.000 m². As novas taxas são para os anos de 2020 até 2024 (Tabela 13). Porém diversos incentivos são aplicados também para quem possuir e utilizar sistemas de retenção de águas pluviais em sua propriedade (SYDNEY WATER, 2021).

¹ Conforme cotação de 1 USD = 4,75 BRL e 1 USD = 0,75 AUS

Tabela 13: Taxas de águas pluviais para os anos de 2020 - 2024 - Valores em AUS - Anual

Descrição / Período	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Residencial					
Baixo Impacto	24,62	23,94	23,94	23,94	23,94
Casa autônoma	78,80	76,70	76,7	76,7	76,7
Comercial					
Pequena < 200m ²	24,62	23,94	23,94	23,94	23,94
Impacto baixo / área Média (201 - 1.000 m ²)	78,88	76,70	76,70	76,70	76,70
Área Grande (1.001 - 10.000 m ²)	459,67	447,00	447,00	447,00	447,00
Muito Grande (10.001 - 45.000 m ²)	2.043,03	1.986,57	1.986,57	1.986,57	1.986,57
Áreas maiores que 45.000 m ²	5.107,59	4.966,43	4.966,43	4.966,43	4.966,43
Terrenos vagos					
Terrenos vagos	78,88	76,71	76,71	76,71	76,71
Terrenos vagos avaliados em baixo impacto drenagem	24,62	23,94	23,94	23,94	23,94
Consumidores em geral					
Programa de melhoria das vias navegáveis	---	0,85	0,85	0,85	0,85

Fonte: Adaptado de, Sydney Water (2021).

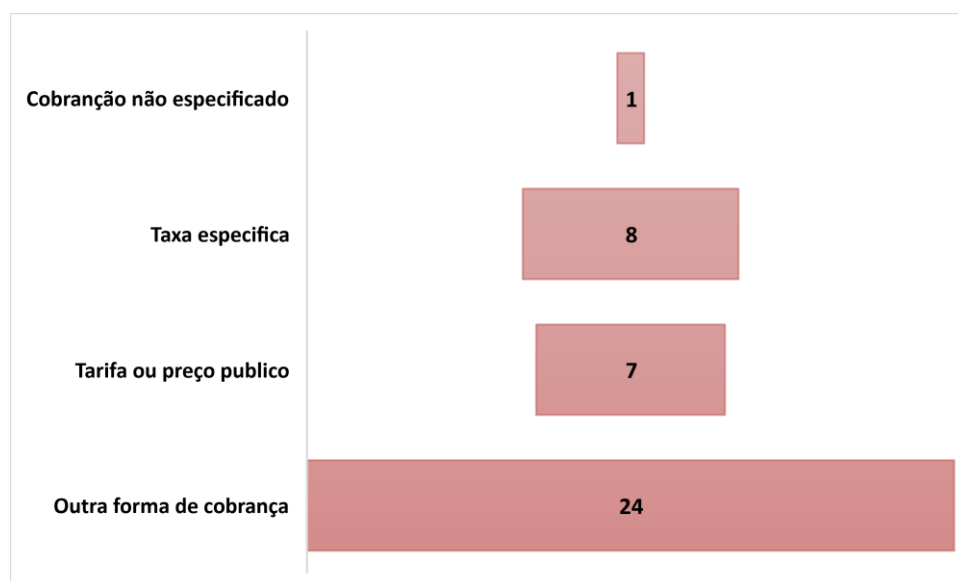
1.4.3. Modelos nacionais

No Brasil, apesar da ocorrência regular de enchentes em diversas cidades, não há um sistema de cobrança pelos serviços de drenagem urbana. Entretanto, a cidade de Santo André aderiu a uma taxa de águas pluviais em 1998 (TASCA *et al.* 2017).

Um estudo realizado por Tasca (2016) encontrou apenas 141 municípios brasileiros, correspondente a 2,53% do total, que realizam o gerenciamento de águas pluviais. O autor utilizou uma adaptação do método da Unidade Residencial Equivalente (URE) para o cálculo de uma taxa de drenagem, e encontrou uma taxa média mensal para residências familiares, no valor de 3,56 – 18,68 reais (0,75 – 3,93 USD). A área considerada foi de 288,10 m², e de acordo com o autor, as taxas podem cobrir apenas os custos de operação e manutenção, devido a questões legais do país.

A Lei Nacional do Saneamento Básico – Lei 11447/2007- aponta em seu texto, as diversas formas de se cobrar pelo serviço de drenagem urbana, seja na forma de tributos, ou taxas em conformidade com a prestação de serviço ou atividade. São apontados 4 (quatro) tipos de cobrança pelos serviços de drenagem em cidades (SNIS, 2019): cobrança de taxa específica; cobrança de tarifa ou preço público; tipo de cobrança não especificado e outro (Gráfico 3).

Gráfico 3: Distribuição da forma de cobrança pelas cidades no Brasil.



Fonte: Adaptado de SNIS (2019).

Os obstáculos enfrentados para a implantação da cobrança pelo serviço de drenagem no Brasil passam por desafios técnicos e legais. Quanto às dificuldades legais da implantação desta cobrança, o argumento de que a baixa adesão dos municípios face a percepção de um retorno pouco efetivo na prestação de serviços municipais, em conjunto com a necessidade de requisitos técnicos-operacionais para cálculo dessa taxa, demonstra um ônus com o qual o gestor prefere não arcar (SNIS,2019).

1.4.3.1. Cidade de Santo André-SP

A cidade de Santo André tem seu pioneirismo quando se trata de uma taxa de drenagem no Brasil, com a cobrança instituída pela Lei 7.606/1997, cobrada a partir de 1998. A cobrança realizada pela gestão integrada de saneamento ambiental, com um único órgão, o Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA), gerencia a coleta e

disposição de resíduos sólidos, drenagem urbana e abastecimento de águas (MARCON e VAZ JUNIOR, 1999). Porém, a taxa cobrada pela cidade de Santo André foi considerada em 2012 como inconstitucional, após diversos contribuintes entrarem na justiça para a suspensão da taxa de cobrança, com a alegação da não correspondência por um serviço específico e divisível (arguição de inconstitucionalidade nº 990.10.247740-1) (TASCA, 2016).

Em 2019, a taxa de drenagem urbana na cidade de Santo André foi cobrada no valor de R\$ 2,20 ao mês/edificação, em um conjunto de 219.117 imóveis, correspondente à uma cobrança de 98% dos imóveis do município. Com este valor, a arrecadação no ano de 2019 foi de R\$ 5.780.729,30, enquanto a despesa para o custeio do sistema de manejo das águas foi de R\$ 43.226.893,38, ou seja, um déficit orçamentário de cerca de 87% dos custos totais (SNIS, 2019).

1.4.3.2. Porto Alegre-RS

Um estudo realizado por Tucci (2002) demonstra que a partir do ano de 2000 teve início a cobrança da manutenção da vazão antecedente à urbanização do lote em questão. Logo, o proprietário teve que ajustar e determinar sua vazão, para que a mesma seja mantida no valor antecedente à ocupação do lote, ou seja, anterior à impermeabilização do terreno. A solução proposta por Tucci (2002) teve como base 2 (dois) métodos: o rateio de custos indiretos, relacionado às taxas de manutenção e operação do sistema, e o rateio dos custos diretos, correspondente às taxas dos custos de implantação das obras de drenagem.

- Taxas baseadas nos custos de manutenção e operação do sistema.

O estudo realizado por Tucci (2002) propõe o cálculo unitário dos custos das áreas impermeáveis da bacia, considerando que o volume escoado em uma área impermeável é cerca de 6,33 vezes superior ao volume escoado nas áreas permeáveis. O autor distribui as áreas ocupadas da cidade, e após fixar o valor do custo unitário da área impermeável individualiza o custo para cada lote determinado de acordo com o volume escoado em cada superfície.

A simulação desta taxa não levou em consideração um lote real, mas aplicou o modelo à um terreno de 300 m², com uma área impermeabilizada de 80%, e uma taxa anual de R\$ 67,74 (Tabela 14) (TUCCI, 2002).

Tabela 14 : Taxas de drenagem estimadas por Tucci (2002) no método dos custos de manutenção e operação

Percentual de área impermeável	Taxa Anual (R\$)
5%	26,86
10%	29,59
20%	35,04
30%	40,49
40%	45,94
50%	51,39
60%	56,84
70%	62,29
80%	67,74

Fonte: Adaptado de Tucci (2002).

- Taxas baseadas nos custos de implantação de obras para o sistema de drenagem

A metodologia proposta por Tucci (2002) aplicada por Lisboa *et al.* (2012) em um caso real, demonstrou forte relação com a área do imóvel. Nesta metodologia, os custos são diretamente distribuídos apenas para as áreas impermeabilizadas, que aumentam as vazões acima das vazões pré-impermeabilização.

A cidade de Porto Alegre, a partir da Lei Complementar nº 206, de 28 de dezembro de 1998 prevê a cobrança da tarifa sobre esgoto pluvial. O modelo de cobrança é aplicado nas áreas onde a rede de drenagem utiliza a condução de efluentes sanitários (PMSB, 2015). Conforme indicado por SNIS (2019), no ano de 2019, um total de 146.617 economias ligadas à rede de esgoto embolsaram cerca de R\$ 53.000.000, correspondente à receita operacional total para os serviços e operação de manejo de águas pluviais, enquanto as despesas foram demonstradas no valor de R\$ 35.797.798,46, ou seja, um crédito orçamentário de 48%.

A taxa cobrada mensalmente por cada unidade de imóvel no ano de 2019, na cidade de Porto Alegre foi de R\$ 30,50 imóvel/mês, enquanto em 2018, esta

taxa era de R\$ 29,31 imóvel/mês, provavelmente devido ao aumento do custo de valor de manutenção e operação da rede (SNIS,2019).

1.4.3.3. Belo Horizonte-MG

Um estudo realizado por Cançado *et al.* (2006) utilizou a metodologia baseada na área impermeável, justificando que a impermeabilização da área de drenagem é a principal necessidade de um sistema de drenagem urbana, além do fato da facilidade de compreensão pelos usuários dos lotes.

O estudo realizado por Cançado *et al.* (2006) calculou o custo médio de implementação da rede de drenagem por m² de área impermeável. A diferença entre o estudo realizado por Tucci (2002) e o realizado por Cançado *et al.* (2006), é que, a metodologia de cálculo do custo, apresentado por Tucci (2002), diferencia em taxas de implantação da rede e taxas de manutenção e operação, enquanto o caso estudado em Cançado *et al.* (2006), utiliza uma taxa única como custo total da rede.

A simulação da taxa de drenagem em Belo Horizonte, não levou em conta um caso real, porém utilizou os custos de manutenção da rede de drenagem utilizados da cidade. Além disto, uma simulação em uma bacia hipotética foi utilizada, a partir dos dados obtidos por modelagem hidrológica e hidráulica (CANÇADO *et al.*, 2006).

O custo médio anual considera a área impermeabilizada do lote e o aumento populacional da região do lote. A taxa anual considerada para o adensamento populacional de Belo Horizonte varia dentro da cidade, nos valores de R\$ 358,64, para áreas com até 70% impermeabilizadas, até áreas com 80% de impermeabilização, e uma taxa anual de R\$ 432,06. Estes valores representam uma taxa de 0,1% até 2,1% do rendimento médio do consumidor (TASCA, 2016).

1.4.3.4. Juiz de Fora-MG

A implantação da taxa de drenagem em Juiz de Fora – MG foi obtida a partir de um caso hipotético, realizado por estudo de Gomes *et al.* (2008). Os autores propuseram uma taxa separada para manutenção do sistema e outra

para novos investimentos, sendo desta forma, a taxa total, como a soma das duas parcelas.

- Taxa de manutenção do sistema de drenagem urbana

A taxa de manutenção do sistema de drenagem pode ser composta pela taxa de manutenção associada a área permeável, somada a manutenção das edificações, e da taxa de manutenção das áreas permeáveis e impermeáveis do sistema viário (GOMES *et al.*, 2008).

O custo de manutenção levou em consideração o estudo realizado por Tucci (2002), que demonstra que a impermeabilização gera 6,33 vezes mais volume de água do que uma área permeável. Desta forma, o índice de impermeabilização da bacia pode ser desvinculado do cálculo da taxa, com a contribuição de cada lote e do sistema viário (TASCA, 2016).

- Taxa para novos investimentos na rede de drenagem

A parcela da taxa de drenagem para novos investimentos foi baseada na amortização dos investimentos a serem realizados em áreas permeáveis e áreas impermeáveis (TASCA, 2016).

A soma das taxas de manutenção e de implantação de novos empreendimentos foi simulada em duas sub-bacias da cidade de Juiz de Fora, sendo a primeira sub-bacia com uma ocupação de população com uma renda superior à da segunda sub-bacia. Os custos e as taxas de drenagem obtidas foram realizados para o cenário de janeiro de 2004, assim como também os níveis de impermeabilização e as estruturas de drenagem existentes no local (TASCA, 2016).

O resultado da aplicação do método (Tabela 15) indica alta variação, dependendo do nível de impermeabilização. Segundo Gomes *et al.* (2008), a taxa de drenagem deve cobrir apenas os custos de manutenção e operação do sistema de drenagem, deixando desta maneira de cobrar o custo pelos investimentos, de modo a tornar a taxa viável economicamente aos usuários.

O estudo realizado por Gomes *et al.* (2008) também apresentou um fator de redução da taxa de drenagem para lotes implantados em comunidades de

baixa renda, condicionado à taxa de drenagem, junto a cobrança de água, esgoto e o imposto predial da propriedade. Quando somados, a taxa equivaleria à 5% da renda familiar do consumidor.

Um estudo realizado por Lisboa *et al.* (2012) em uma bacia real utilizou o método realizado por Gomes *et al.* (2008), de modo que o método foi considerado aplicável ao local estudado. Os autores demonstraram que este método se aplica de maneira diferente do método de Tucci (2002), o que torna o método mais pertinente ao meio aplicado.

Tabela 15: Taxa de drenagem para as sub-bacias estudadas em Juiz de Fora-MG¹

Sub-bacia	Imperm. (%)	Tx - Manutenção (R\$/Ano)	Tx - Investimento (R\$/Ano)	Tx - Total (R\$/Ano)
1	0	44,80	19,20	64
	50	164,40	70,60	235
	75	224,20	96,30	320,5
	90	269,08	111,72	380,8
2	0	24,64	22,12	46,76
	50	90,16	80,78	170,94
	75	0	0	0
	90	142,57	127,71	270,28

Fonte: Adaptado de Tasca (2016)

1.4.3.5. Rio de Janeiro-RJ

A cidade do Rio de Janeiro não possui políticas e instrumentos de cobrança diretamente ligados aos serviços de drenagem urbana. A cidade, assim como grande parte do país, utiliza o financiamento a partir de impostos municipais e taxas de limpeza urbana. Porém, um movimento de conscientização e da necessidade de melhoria e mitigação de enchentes é notado pelo Decreto Rio Nº 4.8009, de 15 de outubro de 2020 (BRASIL,2020).

O decreto, entre outras providências, regulamenta a Lei nº 6.695, de 26 de dezembro de 2019, que institui o Fundo Municipal de Saneamento Básico. O documento considera “a necessidade de desenvolver políticas públicas voltadas à prevenção e mitigação de enchentes, bem como de promover o adequado tratamento do esgoto sanitário na Cidade” e “Considerando a necessidade de se

¹ A sub-bacia 2 com faixa de impermeabilização de 75% não possui uma rede de drenagem instaurada, e por isto os valores encontrados de manutenção, operação e implantação não foram incluídos.

regulamentar a Lei nº 6.695, de 26 de dezembro de 2019, que institui o Fundo Municipal de Saneamento Básico.” (BRASIL,2020).

A aplicação de uma taxa que vise financiar diretamente o sistema de drenagem urbana, ainda não é vista neste documento. Ainda segundo o Artigo 4, do Decreto nº 4.8009, decreta que, a aplicação dos recursos do Fundo Municipal de Saneamento Básico, deverá ser submetido do chefe do Poder Executivo, em até 180 (cento e oitenta) dias do exercício fiscal, devendo ser encaminhado nos demais anos, conforme elaboração das Leis Orçamentarias vigentes (BRASIL,2020).

A Lei nº 6.695, de 26 de dezembro de 2019, que institui o Fundo Municipal de Saneamento Básico, em sua Seção I, Parágrafo 1º, afirma a finalidade como a universalização dos serviços públicos, em conformidade com o disposto no Plano Municipal de Saneamento Básico, provendo recursos para investimento e custeio na área do saneamento básico, com ênfase nas atividades de drenagem urbana e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das redes urbanas de drenagem e esgotamento sanitário (BRASIL,2019).

O capítulo III, da Lei nº 6.695 demonstra a implantação de uma taxa de licenciamento de drenagem urbana, assim como sua forma, e aspectos que a competem. Desta forma, a seção I, Artigo 13, institui a taxa, tendo como fato gerador os serviços públicos constantes de análise e emissão da declaração de possibilidade de esgotamento, análise e aprovação do projeto de drenagem pluvial, análise e demarcação de faixa marginal de proteção, e fiscalização de obras executadas no cadastro de águas pluviais (BRASIL,2019).

Ainda no texto do capítulo III da Lei nº 6.695, o parágrafo 2º, diz que a receita oriunda da taxa é vinculada às despesas da Fundação Rio-Águas, órgão competente pela gestão da drenagem urbana na cidade. Por fim, a seção II, artigo 17, informa que o valor taxa arrecadado corresponderá somente a 2% da receita bruta da concessionária, permitindo desta forma uma arrecadação complementar a ser estipulada em edital, caso o valor arrecadado não corresponda ao percentual determinado (BRASIL,2019).

De acordo com o Artigo 6 do Decreto nº 4.8009 de outubro de 2020, fica obrigada a Secretaria Municipal de Urbanismo, a remeter consulta à Rio-Águas

para análise de emissão de Declaração de Possibilidade de Esgotamento Pluvial Urbano, prevista no Art. 13, Inciso I, da Lei municipal nº6.695 de 2019. Ainda de acordo com o Artigo 9, as receitas oriundas de Taxas, Multas e Atividades de regulação e fiscalização da concessão do serviço público de esgotamento sanitário, bem como as demais previstas no art. 2º da Lei municipal nº 6.695, de 2019, ficam vinculadas ao Fundo Municipal de Saneamento Básico (BRASIL, 2020).

1.4.3.6. Distrito Federal

A gestão da drenagem urbana no Distrito Federal é realizada pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. A lei nº 4.285, de 26 de dezembro de 2008, reestrutura a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal, dispõe sobre recursos hídricos e serviços públicos no Distrito Federal e dá outras providências (BRASIL,2008).

O parágrafo 2º, do artigo 9, Seção III, dispõe sobre as atribuições gerais da modificada ADASA, e determina que a Agência editará também normas técnicas relativas a dimensionamento técnico, econômico e social da prestação de serviços de saneamento básico, incluindo o de drenagem urbana e manejo das águas pluviais, abrangendo os aspectos de regime, estrutura e níveis tarifários, assim como a cobrança pelos serviços (BRASIL, 2008).

Um estudo realizado por Ferreira, Montenegro e Albuquerque (2018) utilizou Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para o financiamento de serviços públicos de drenagem urbana. Os autores selecionaram cinco áreas urbanas no Distrito Federal, totalizando 11.506 lotes urbanos, ou 2,3% do total de lotes do Distrito Federal, em 2.518,7 hectares de área. O estudo utilizou duas metodologias para a extração de dados, o manual e o automático, sendo a manual, realizada pelo processo visual das imagens de alta resolução, e o automático obtido a partir de sistematização do programa ArcMap10.x.

As imagens de alta resolução obtidas pelo georreferenciamento, demonstram um alto grau de precisão na obtenção de dados de impermeabilização do solo. Os mapas obtidos juntamente com o cadastro de lotes possibilitam o cálculo de área impermeabilizada e a taxa individual de impermeabilização, fato este que viabiliza a implantação de sistemas de

financiamento de serviços públicos de drenagem (FERREIRA, MONTENEGRO e ALBUQUERQUE,2018).

O estudo realizado por Ferreira, Montenegro e Albuquerque (2018) não demonstra a viabilidade, necessidade ou a prática para a implantação de uma taxa de drenagem, porém demonstra que a visão de financiamento para o serviço público é algo que tem sido estudado para fins de aplicação. Além disto, os autores receberam o segundo lugar, dentre outros 150 trabalhos técnicos apresentados no 48º Congresso Nacional de Saneamento, realizado pela Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ADASA, 2018).

1.4.3.7. Montenegro-RS

A cidade de Montenegro trata a drenagem das águas pluviais como esgoto pluvial e possui sua previsão de cobrança na Lei Complementar Municipal nº 4.010 de dezembro de 2003. A cobrança ocorre de acordo com o uso das edificações, como (SNIS,2019):

- Templos, escolas, clubes e ginásios;
- Residências, Comércio, serviços;
- Comércio e serviços e
- Indústrias.

O valor da taxa anual é cobrado juntamente ao IPTU. Em 2019, a média mensal foi de R\$ 5,98 por unidade ou residência. Vale ressaltar que a receita derivada dessa cobrança foi de R\$ 1.408.110,48 anuais, enquanto as despesas com os serviços de manejo das águas pluviais foram de R\$ 214.282,39 também anuais, ou seja, cerca de 15,22% das receitas (SNIS,2019).

Os valores encontrados na literatura deste projeto estão de forma resumida na tabela 16, de forma a demonstrar os valores de acordo com o país e as suas variações e média mensais. É importante ressaltar que os valores encontrados são apenas para lotes residenciais, e contabilizados nos anos apontados nas referências, e os valores encontrados para o Brasil são teóricos, valores apontados em um estudo realizado por Tasca (2016).

Tabela 16: Resumo de cobrança mensal nos países

País/Cidade	Método de cobrança usualmente utilizado	Variação dos valores mensais de taxa de drenagem urbana (USD)	Média mensal de taxa de drenagem urbana (USD)	Referências
Brasil/ Florianópolis	Unidade equivalente residencial	0,75-3,93	-	TASCA,2016
Estados Unidos	Unidade equivalente residencial	0-69,25	5,34	CAMPBELL (2018)
Canadá/ Kitchener	Unidade equivalente residencial	6,91-34,76	13,57	KITCHENER, 2021
França	Unidade equivalente residencial	0-39,84	11,2	NOUVEAU et al., 2013
Austrália / Sydney	Taxa Fixa	1,99-6,40	5,11	SYDNEY WATER,2021
África do Sul	Unidade equivalente residencial	3,26-7,4	5,12	FISHER-JEFFES; ARMITAGE, 2013

Fonte: Autor (2022).

1.5. Alternativas a cobrança sobre serviços de drenagem

1.5.1. Incentivos governamentais

A crescente preocupação desenvolvida ao redor do mundo, devido ao aumento da demanda e escassez de recursos hídricos, tem tido como resultado a adoção de políticas de incentivo fiscal como instrumento de racionalização do uso da água por parte dos governos, como por exemplo, com a promoção de sistemas de captação e utilização de águas pluviais. A Grã-Bretanha incluiu a coleta de águas pluviais como um elemento em projetos de habitação social apoiados pelo governo. Os EUA desenvolveram diretrizes ou regulamentos para projetos de sistemas de coleta de águas pluviais (JONES, 2010).

A taxa de água pluviais urbana, diferentemente das águas servidas e do esgoto sanitário, podem ser reduzidos e dedutíveis. A adoção de medidas de práticas sustentáveis, como, jardins de chuva, sistemas de captação de águas pluviais, telhados verdes, dentre outros, podem reduzir permanentemente as taxas de drenagem urbana (TASCA *et al.*, 2017).

A evidente complexidade na determinação de uma combinação entre as boas práticas de gestão, e da redução de taxa, pode gerar uma dificuldade na implantação de uma dedução da cobrança (TASCA *et al.*, 2017). Apesar disso, as reduções apresentadas, são de valores insignificativos, o que leva a adoção de sistemas de boas práticas, apenas pelos usuários mais impactantes, enquanto para locais com menor consumo de água, estas não parecem ser as melhores alternativas (DOLL *et al.*, 1998).

Os sistemas de captação de águas pluviais são amplamente difundidos e necessários. Em Santa Fé, Novo México, tais sistemas são exigidos como requisito básico em construções novas que possuam área superior a 2.500 metros quadrados. Do mesmo modo, o governo e concessionárias da Austrália implantaram uma variedade de programas de incentivo ao usuário que instaure o sistema de captação de águas pluviais. Por exemplo, a *National Rainwater and Greywater Initiative* - um programa nacional de incentivo ao projeto de captação de águas pluviais, com implantação entre março de 2009 e maio 2011 - forneceu até 500 AUS para cada residência instalar um sistema coletor de águas pluviais. Da mesma forma, a *Sydney Water Corporation* ofereceu um desconto de 1.500 AUS em sua tarifa, para a instalação de um tanque de águas oriundas da chuva, durante o período de 2002 a junho de 2011 (ZHANG *et al.*, 2015).

Uma revisão criteriosa das informações de custo de implantação do sistema revelou que em determinados casos, os descontos aplicados pela jurisdição australiana cobriram mais de 50% dos custos de instalação com material e mão de obra (TAM *et al.*, 2010). Os incentivos aplicados pelo governo australiano continuam disponíveis em diversos pontos do território australiano, e pesquisas e estudos aplicados diretamente sobre esse modelo de subsídio, indicam que esses incentivos aumentam a descentralização dos sistemas de drenagem urbana (TAPSUWAN *et al.*, 2014).

Segundo Souza (2005), diversos estudos são necessários para definir a forma de onerar os usuários responsáveis pelo impacto gerado devido ao aumento do escoamento superficial baseado na área impermeável efetiva, ou nas alterações das características naturais do hidrograma e vazões de escoamento.

1.6. Avaliação do sistema de microdrenagem

Um estudo realizado por Castro (2021) afirma que para elaborar um projeto eficiente de sistemas de drenagem, é necessário considerar parâmetros básicos fixados em normas específicas. O autor afirma que a intensidade pluviométrica, o tempo de recorrência, a declividade e a permeabilidade de terreno, são os parâmetros principais que diretamente devem estar relacionados no dimensionamento de projetos.

A premissa utilizada para o dimensionamento de um projeto de rede de drenagem no Brasil, refere-se ao cálculo do volume ou da vazão do escoamento permanente e uniforme. O escoamento considerado desta forma tem sua vazão constante, assim como: a velocidade média, profundidade, declividade das linhas de energia, e linha piezométrica, todos de forma constante (CASTRO, 2021).

A simplicidade do cálculo pela premissa do escoamento permanente e uniforme é seu principal atrativo. Além disto, a premissa utilizada trata cada trecho da rede de drenagem de forma independente de outros trechos, seja a jusante ou a montante, e isto pode ser uma boa solução, porém pode ser visto como um grave problema, tendo em vista que os trechos são dependentes e não independentes como a premissa afirma (CASTRO, 2021).

Os sistemas de drenagem urbana podem ser divididos em sistemas de macrodrenagem e microdrenagem. O objetivo principal do sistema de microdrenagem é transportar as águas pluviais até seu desague, e tem seus principais componentes demonstrados na Tabela 16 (BAPTISTA *et al.*, 2005).

Tabela 17: Dispositivos de microdrenagem

Componentes	Descrição
Boca-de-lobo	Localizados nas sarjetas, visando a coleta de área determinada
Caixas de Passagem	Caixas com visita no nível da rua
Galerias	Tubulações para condução das águas de chuva
Sarjetas	Captam as águas superficiais e conduz para a captação na boca-de-lobo

Componentes	Descrição
Dissipação de energia hidráulica	Utilizadas nas saídas das galerias com o objetivo de evitar a erosão causada pelo escoamento superficial
Poço de visita	Dispositivos localizados estrategicamente com o objetivo de prover a manutenção da rede.

Fonte: Adaptado de Bidone e Tucci, 1995.

A importância do sistema de macrodrenagem e de sua manutenção, é demonstrada em um estudo realizado por Baptista *et al.*, (2005). A manutenção do sistema de macrodrenagem visa o bom funcionamento do conjunto de instalações da rede de drenagem, como um todo. Os sistemas de macrodrenagem são compostos por canais abertos, ou até galerias enterradas, podendo ser instalados em alguns casos, dissipadores de energia e/ou estações elevatórias.

O sistema de drenagem urbana e seu dimensionamento deve apresentar os pontos críticos de drenagem causados por execução errônea da construção e/ou projeto, definidos como todo local onde, de forma recorrente ou não, ocorrem eventos extremos de cheia, (PR, 2017).

1.7. Custos do sistema de drenagem urbana

Os custos totais de um sistema de drenagem são abordados e obtidos por diferentes metodologias. Um estudo realizado por Cruz (2004) utilizou a cidade de Porto Alegre-RS para aplicar soluções de microdrenagem e macrodrenagem com o intuito de reduzir os custos do município.

Segundo Cruz (2004), o custo total para as sete bacias avaliadas no município atingiu o montante aproximado de 1,4 bilhões de reais. Segundo o autor, o valor foi amortizado em 30 anos. O estudo apresentou o custo de operação e manutenção, como um valor correspondente de 5% ao valor da implantação, e este valor foi somado a amortização da dívida de implantação.

Um estudo realizado por Nascimento *et al.* (2006) apresenta os custos de implantação e manutenção em uma bacia hipotética em Belo Horizonte-MG. Segundo os autores, os custos predominantes em um sistema de drenagem são os de implantação, representando aproximadamente 90% dos custos totais, com

os custos de manutenção deixados em segundo plano. Os autores demonstram diferentes cenários de impermeabilização, do cenário 1 com uma alta impermeabilização, até o cenário 6 com um baixo nível de impermeabilização (Tabela 17).

Tabela 18: Custos do sistema convencional de drenagem - Valores do ano de 2003

Cenário estudado	Custos de Implantação	Custos de Manutenção	Manutenção (%)	Impermeabilização (%)
Cenário 1	R\$ 55.870.000,00	R\$ 3.300.000,00	5,91%	100%
Cenário 2	R\$ 50.980.000,00	R\$ 3.170.000,00	6,22%	80%
Cenário 3	R\$ 48.310.000,00	R\$ 3.040.000,00	6,29%	70%
Cenário 4	R\$ 45.970.000,00	R\$ 2.950.000,00	6,42%	60%
Cenário 5	R\$ 44.050.000,00	R\$ 2.930.000,00	6,65%	50%
Cenário 6	R\$ 38.600.000,00	R\$ 2.700.000,00	6,99%	30%

Fonte: Adaptado de Nascimento *et al*, (2006).

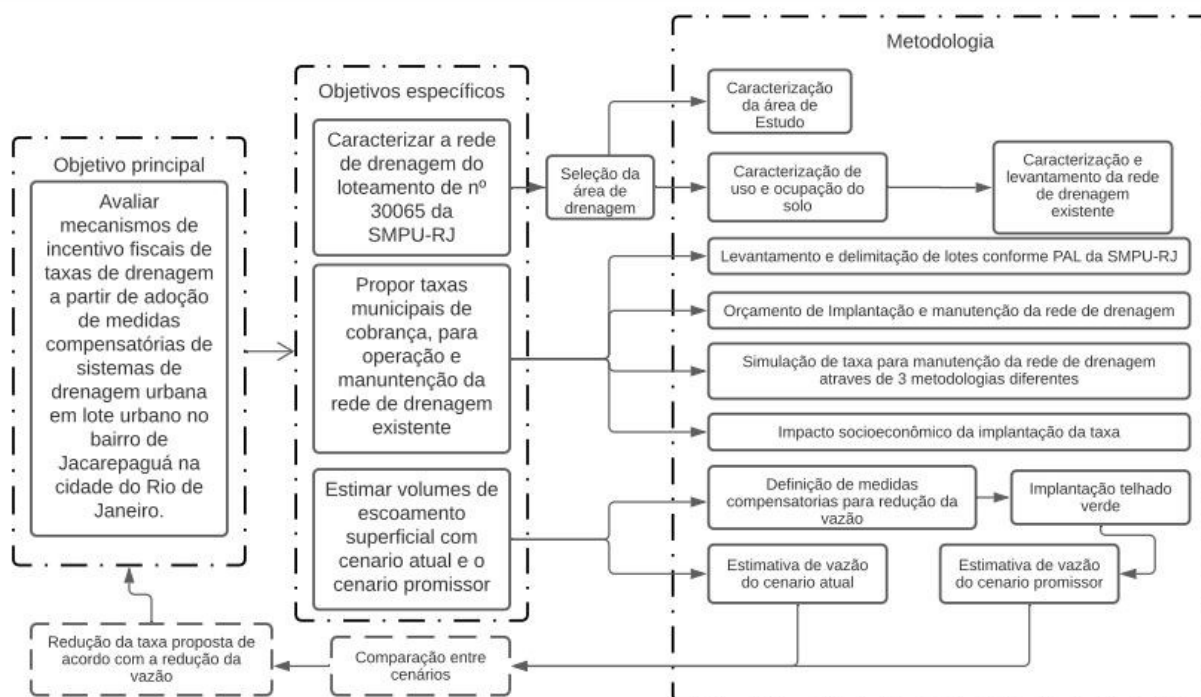
2. METODOLOGIA

O estudo realizado é apresentado no fluxograma da Figura 6, sendo composto das principais etapas de trabalho são: caracterização da área de estudo, delimitação das áreas de drenagem, determinação das taxas de cobrança de acordo com cenários atual e com aplicação de técnica compensatória de telhado verde, cálculo de vazões efluentes dos cenários e análise da composição de custos de implantação das obras de microdrenagem.

A definição dos cenários citados neste projeto é demonstrada da seguinte forma:

- Cenário atual – Cenário em que a área de estudo é utilizada com os telhados sem a medida compensatória aplicada
- Cenário futuro – Cenário em que a área de estudo conta com a aplicação da medida compensatória de telhado verde nos telhados da área estudo.

Figura 6: Fluxograma de metodológico da pesquisa



Fonte: Autor, 2021.

2.1. Seleção da área de drenagem

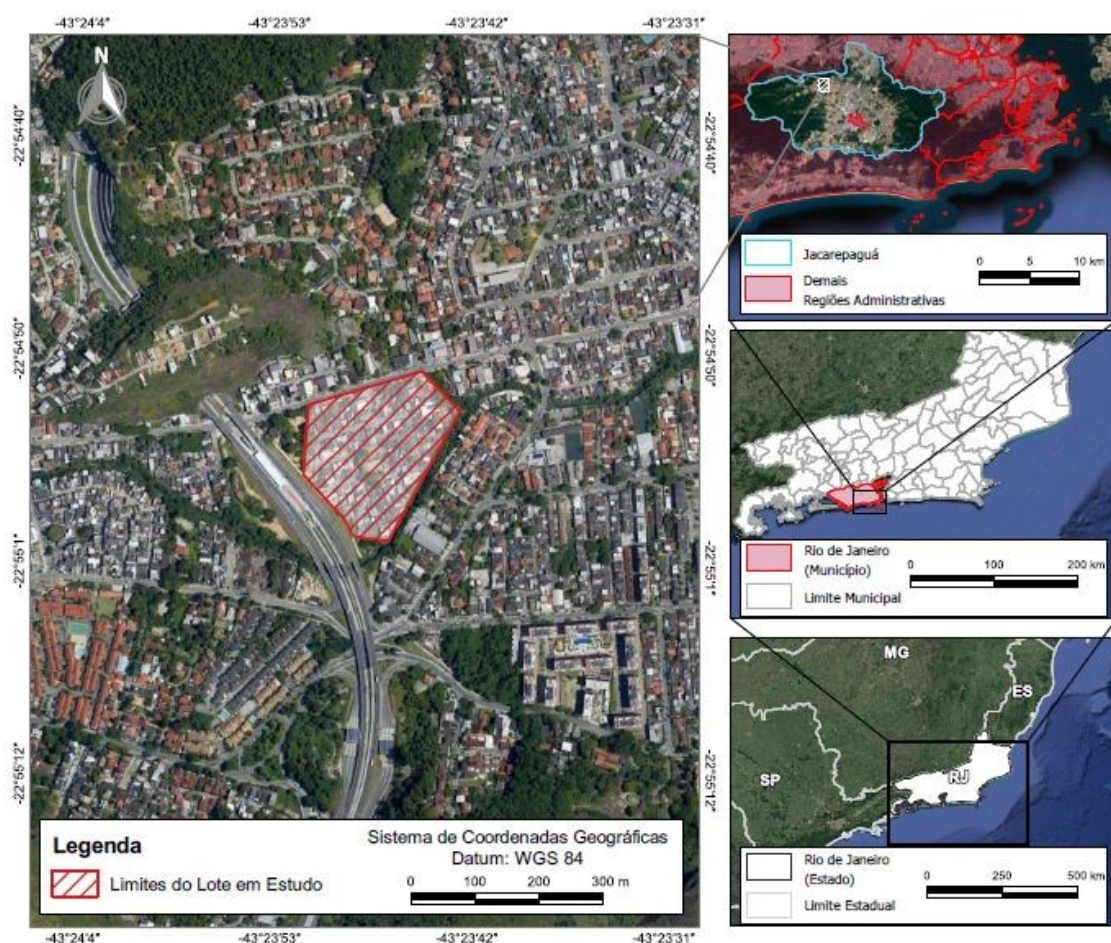
A área de drenagem selecionada trata-se de um loteamento regular, no bairro de Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro-RJ, com infraestrutura urbana consolidada e cadastro da rede de microdrenagem, disponível no acervo técnico da Fundação Rio-Águas.

O critério utilizado para a seleção da área de estudo foi baseado em acesso público aos arquivos necessários, assim como a ausência de contribuição de bacia externa à rede existente, e a possibilidade de intervenções complementares futuras, com a utilização de medidas compensatórias em manejo de águas pluviais.

2.2. Caracterização da área de estudo

A avaliação de mecanismos de incentivo fiscais na taxa de drenagem, a partir da implantação de medida compensatória, foi realizada em um lote urbano no bairro de Jacarepaguá, na cidade de Rio de Janeiro, capital do estado do Rio de Janeiro, que pode ser demonstrada na figura 7, com base em janeiro de 2021.

Figura 7: Localização da área de estudo do loteamento no bairro Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2021.

A localização da área de estudo encontra-se à latitude $22^{\circ}54'55.99''\text{S}$, e a longitude $43^{\circ}23'48.51''\text{O}$, com uma distância de 3,32 km da estação pluviométrica mais próxima, Jacarepaguá/Tanque – 14, operada pelo Sistema Alerta Rio, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. O índice pluviométrico da série histórica analisada entre 1997 e 2020 foi de 1.068 mm anual médio, ou uma precipitação média mensal de 89,7 mm (ALERTA-RIO, 2022).

A Fundação Rio-Águas é o órgão responsável pela manutenção da rede de drenagem na área de estudo. A implantação da rede de drenagem foi realizada pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, e a varrição e limpeza das ruas até os ralos sendo realizada pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB).

2.3. Caracterização de uso e ocupação do solo

2.3.1. Geoprocessamento de dados

A caracterização de uso e ocupação do solo no loteamento de Jacarepaguá foi realizada com uso de ferramentas geoprocessamento. Segundo INPE (2016), a classificação é o processo de extrair informações com o objetivo de mapear as informações que sejam de interesse área de estudo. As classificações são descritas em 2 (dois) modelos: classificações supervisionadas e classificações não supervisionadas.

A diferença entre as classificações se demonstra na base de dados utilizados. A opção pela classificação supervisionada aponta a necessidade de dados que permitem a identificação de uma classe de interesse, em que o usuário identifica uma área para ser a representante de cada classe. A classificação não supervisionada utiliza algoritmos para reconhecer a classe de interesse do usuário (INPE, 2016).

Este estudo optou por utilizar a classificação supervisionada de imagens, com a seleção de diversos espectros para seleção dos dados a serem identificados. A partir da identificação dos pixels utilizados como modelos, foram caracterizadas as camadas de uso do solo no mapa, a partir de tratamento estatístico obtido através do Sistema de Informações Geográficas, QGis® para a seleção da probabilidade de ocorrência na imagem de estudo.

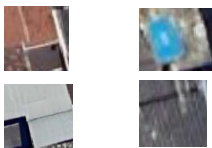




2.3.2. Amostras de treinamento

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em seu manual de geoprocessamento, é necessário a identificação de uma área homogênea e representativa de cada classe de uso e ocupação do solo. As áreas representativas definem o diagrama de dispersão de classes, e assim sua probabilidade de ocorrência (INPE, 2016).

A amostragem espacial da área de estudo encontrou 1050 polígonos, que representam 5 classes de uso e ocupação do solo, em que se deseja retirar as informações de permeabilidade da amostra em cada polígono (Tabela 18). Na amostragem das classes de uso e ocupação do solo, as categorias “Calçadas”, “Edificações mistas”, “edificações unifamiliares”, e “áreas de lazer” tiveram de

ser remanejadas, com o intuito de minimizar os erros e delimitar um número de classes aceitáveis para o estudo.

Tabela 19: Amostragem espacial do lote estudado

Descrição Área	Classe	Polígonos	%	Amostragem	
Área Construída	Impermeável	724	69,0%		
Vias e calçadas	Impermeável	154	14,6%		
Solo Exposto	Permeável	13	1,2%		
Vegetação Herbácea / Gramínea	Permeável	26	2,6%		
Vegetação Arbórea	Permeável	133	12,6%		
Total	-	1.050	100%		

Fonte: Autor, 2021.

A amostragem espacial das áreas edificadas demonstrou um erro devido à grande dispersão de pixels encontrados nos telhados e nas áreas construídas, e, portanto, a delimitação foi ajustada manualmente dentro do lote, com o objetivo de se encontrar uma variação inferior a encontrada por amostragem.

2.3.3. Arquivo “Raster”

A amostragem espacial do lote em conjunto com a aplicação de um filtro para identificação dos pixels existentes forneceu um arquivo “raster” de classificação, sem os pixels que causam prejuízo a imagem, eliminados pelo filtro inserido.

Na criação do “raster” foi possível realizar o estudo e a seleção de pontos diversos, dentro do próprio arquivo, com o intuito de avaliar a qualidade do geoprocessamento.

2.3.4. Avaliação de resultados

Os resultados obtidos nesta etapa foram avaliados por meio da técnica de amostragem. A técnica utilizada busca comparar pontos aleatórios selecionados,

com os pontos utilizados no arquivo “raster”, e assim identificar a semelhança de pixels entre eles. Com uso da ferramenta “*Create random points*” selecionada no próprio *software*, que gera diferentes pontos dentro do local selecionado, foram obtidos 542 diferentes pontos de avaliação.

2.4. Caracterização e levantamento da rede de drenagem existente

A área de drenagem selecionada possui cadastro público no acervo técnico da Fundação Rio-Águas, sob o número 2-5-D 0490, referente ao loteamento situado à Estrada da Boiuna, conforme Projeto Aprovado de Loteamento (PAL) n. 25.285 (RIO-ÁGUAS, 2019). O cadastro existente em formato de imagem foi carregado no *software* AutoCad®, apresentados nos Apêndices 1 e 2, para melhor manuseio das informações e levantamento de dados da rede de drenagem existente (RIO-ÁGUAS, 2019).

A caracterização da rede de drenagem existente foi realizada de acordo com o documento “Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana” (RIO-ÁGUAS, 2019).

2.4.1. Coeficiente de escoamento superficial

A metodologia das instruções técnicas da Fundação Rio-Águas utiliza o método racional modificado por Ulysses M.A. Alcântara (Equação 1). No método racional modificado por Ulysses M.A. Alcântara, que é aplicado a bacias inferiores a 100ha, o valor do coeficiente de escoamento superficial da bacia de drenagem é determinado pela média ponderada dos coeficientes das áreas delimitadas (RIO-ÁGUAS, 2019).

$$Q = 2,78 \times f \times I \times A \times n \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q = Vazão em l/s

C = Coeficiente de escoamento superficial

I = Intensidade Pluviométrica em mm/h

n = Coeficiente de distribuição

f = Coeficiente de deflúvio

A= Área da bacia em hectares

Segundo Rio-Águas (2019), o coeficiente de distribuição (n) assume o valor de 1 (um) para áreas de contribuição de até 1 ha, e quando, a área de distribuição seja superior a 1 ha, o coeficiente de distribuição é determinado através da equação 2 (RIO-ÁGUAS, 2019).

$$n = A^{-0,15} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

n = Coeficiente de distribuição

A= Área da bacia em hectares.

O coeficiente de deflúvio (f) é determinado com base no critério de Fantoli, que determina o coeficiente com base na equação 3 (RIO-ÁGUAS, 2019).

$$f = m \times (I \times T_c)^{1/3} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

f = Coeficiente de deflúvio

I = Intensidade Pluviométrica em mm/h

Tc = Tempo de concentração em minutos

m= fator multiplicador.

O fator multiplicador (m) pode ser determinado através da equação 4, em função do coeficiente de escoamento superficial.

$$m = 0,0725 \times C \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

m = Fator multiplicador

C = Coeficiente de escoamento superficial.

A tipologia da área de drenagem apresentada no documento da Fundação Rio-Águas foi adaptada para a Tabela 20, e desta forma pontuado as áreas de acordo com o item 2.3. Com os valores do coeficiente de escoamento inseridos de acordo com as informações da Tabela 19 e do estudo do item 2.3, as áreas

de drenagem foram definidas com a média ponderada junto aos coeficientes de escoamento superficial (RIO-ÁGUAS, 2019).

Tabela 20: Valores dos coeficientes de escoamento superficial

Tipologia da área de drenagem	Coeficiente de escoamento superficial
Áreas residenciais	
Residências isoladas	0,35-0,50
Unidades múltiplas, separadas	0,40-0,60
Unidades múltiplas, conjugadas	0,60-0,75
Áreas com lotes de 2.000m ² ou maiores	0,30-0,45
Áreas suburbanas	0,25-0,40
Áreas com prédios de apartamentos	0,50-0,70
Superfícies	
Asfalto	0,70-0,95
Concreto	0,80-0,95
Blocket	0,70-0,89
Paralelepípedo	0,58-0,81
Telhado	0,75-0,95
Solo Compactado	0,59-0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05-0,10
solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05-0,10
florestas com declividade <5%	0,25-0,30

Fonte: Adaptado de RIO-ÁGUAS (2019).

2.4.2. Intensidade pluviométrica

A metodologia utilizada para cálculo da intensidade pluviométrica foi obtida da aplicação de equações de chuvas intensas (IDF) (Equação 5).

$$I = \frac{a \times TR^b}{(t+c)^d} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

I= Intensidade pluviométrica em mm/h;

TR = Tempo de recorrência em anos;

t = Tempo de concentração da chuva na rede em minutos;

a, b, c, d = coeficientes de acordo com a estação escolhida

Foi utilizada a equação do posto pluviométrico Eletrobrás-Taquara, conforme as áreas de influência de postos pluviométrico. A estação definida possui os coeficientes demonstrados na Tabela 21 e está localizada cerca de 3 km do local de estudo (RIO-ÁGUAS, 2019).

Tabela 21: Parâmetros da estação Eletrobrás-Taquara

Estação Eletrobrás-Taquara	
Parâmetros	Valores
a	1660,34
b	0,156
c	14,79
d	0,841

Fonte: Adaptado de RIO-ÁGUAS (2019).

No dimensionamento foi utilizado um tempo de retorno ou tempo de recorrência de 10 anos, de acordo com o sistema de microdrenagem projetado na área de estudo (RIO-ÁGUAS, 2019).

2.4.3. Velocidade

A velocidade de deflúvio é um dos parâmetros utilizados para determinar a suficiência hidráulica da rede existente. Logo, para o caso estudado, as galerias são consideradas fechadas e com conduto não forçado, e possuem a velocidade mínima de 0,8 m/s e velocidade máxima de 5,0 m/s (RIO-ÁGUAS, 2019).

2.4.4. Relação de enchimento dos tubos (Y/D)

As galerias são projetadas como condutos livres, e desta forma foi considerada a relação de enchimento máxima, para galerias e ramais circulares no valor de 85% do diâmetro interno das mesmas. Portanto, a condição de projeto é que o nível d'água em galerias e ramais circulares não ultrapasse a altura de 85% de seu diâmetro interno (RIO-ÁGUAS, 2019).

2.4.5. Profundidade mínima dos tubos

O conceito de profundidade da tubulação consiste na diferença de cota entre o nível do terreno ou tampão e a geratriz inferior interna do tubo. A profundidade de instalação do tubo de drenagem, orientado por projeto, deve

atender restrições normativas e para tal, uma profundidade mínima é exigida para tubos de concreto da classe PA-1, de acordo com Rio-Águas (2019), conforme (Equação 6).

$$h = \varnothing + \frac{\varnothing}{2} + 0,40 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

h = Profundidade mínima admissível, em metros e

\varnothing = diâmetro da tubulação utilizada, em metros.

Segundo Rio-Águas (2019), caso a profundidade acima não seja atendida, poderão ser utilizados tubos de concreto das classes PA-2 e PA-3, conforme valores definidos na Tabela 22.

Tabela 22: Profundidade determinada de tubulação

\varnothing (m)	Profundidade (m)		
	Tubo classe PA2		Tubo classe PA3
	30 kN	45 kN	45 kN
0,30	0,710	-	0,710
0,40	0,810	-	0,810
0,50	0,920	0,920	-
0,60	1,040	1,040	-
0,70	1,160	1,160	-
0,80	1,280	1,280	-
0,90	1,400	1,400	-
1,00	1,520	1,520	-
1,20	1,760	1,760	-
1,50	2,120	2,120	-
1,75	2,480	2,480	-
2,00	2,720	-	-

Fonte: Adaptado de RIO-ÁGUAS (2019).

2.4.6. Caracterização da rede de drenagem existente

A caracterização da rede de drenagem ocorre após a aplicação de todos os parâmetros delimitados por Rio-Águas (2019). O objetivo da caracterização da rede existente de drenagem é visualizar a suficiência hidráulica da rede atual, que pode demonstrar a necessidade de diversas medidas compensatórias a fim de reduzir o escoamento superficial na rede pública.

2.4.7. Levantamento da rede existente

Após a aquisição do cadastro da rede de drenagem obtido da Fundação Rio-Águas (2019), foi realizado o levantamento de materiais e serviços a partir de projeto com uso do *software* AutoCad®, demonstrado em uma planilha de cálculo (Apêndice 4) com a etapa de orçamento da execução da rede de drenagem, como execução de: serviços anteriores à execução da obra, galerias, ralos coletores, coletores, poços de visita (PV), pavimentação e movimentos de terra.

2.5. Levantamento e delimitação de lotes

Para quantificação de uso e ocupação do solo dos lotes foi solicitado à Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (SMPU), da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, o acervo de imagens público referente ao Projeto Aprovado de Alinhamento (PAA)” e o “Projeto Aprovado de Loteamento (PAL).

Foi realizada a busca pela área do loteamento de Jacarepaguá para a aquisição dos projetos e encontrado o PAL número 30065, do ano de 1974. O cadastro técnico encontrado foi projetado na área de estudo e desta forma, identificado os lotes que descarregam suas águas pluviais na rede de drenagem (Figura 8).

O cadastro técnico encontrou 107 lotes diferentes no PAL de número 30065, porém, de acordo com o cadastro da rede de drenagem, apenas 87 lotes contribuem com seu escoamento superficial diretamente para a rede de drenagem e, portanto, apenas esses 87 lotes foram considerados no estudo, tendo em vista que apenas eles geram contribuição, e manutenção no quesito, operação e manutenção da rede de drenagem.

Figura 8: Projeto de loteamento do loteamento de Jacarepaguá locado na área de estudo



Fonte: Autor, 2021.

2.5.1. Caracterização de uso e ocupação do solo por lotes

Após a seleção de lotes contribuintes ao sistema de drenagem, foi realizado o cruzamento de informações das áreas classificadas de uso e ocupação do solo, obtida do item 2.3.

A compatibilização foi feita pela sobreposição das camadas existentes dos dados de “Uso e Ocupação do Solo”, e dos dados do P.A.L 30065, de modo a extrair as informações de permeabilidade do solo e do coeficiente de escoamento superficial médio dentro do lote estudado (Figura 9). Após a sobreposição de camadas, as informações de uso e ocupação do solo foram retiradas das tabelas de atributos aferidas de cada lote, de acordo com a área respectiva de classes de uso e ocupação do solo (Apêndice 3).

Figura 9: Classes de Uso e ocupação do Solo dos lotes no loteamento de Jacarepaguá-RJ



Fonte: Autor, 2021.

Após a estratificação dos lotes, é possível ver o lote denominado “Recreação”, contabilizado na contribuição a drenagem. Este lote não é ocupado por edificação, sendo assim, a taxa de drenagem específica a este lote, não seria cobrada. A cobrança dos serviços de drenagem em lotes públicos vagos tem sido utilizada no cenário internacional, tendo em vista que o lote é um “poluidor” e contribuinte do sistema. Logo, a cobrança do lote “recreação” foi realizada, a partir da divisão da área do espaço público por todos os lotes do loteamento, de modo a cobrir todos os custos de manutenção da drenagem na área loteada.

2.5.2. Suficiência hidráulica da rede de drenagem atual

Os dados obtidos no item 2.5.1 foram necessários para o cálculo da média ponderada das áreas de contribuição da drenagem (Apêndices 7 e 8). O cálculo de suficiência hidráulica do cenário atual e do cenário com telhado verde nos períodos seco e úmido, a partir da metodologia da Rio-Águas descrita no item 2.4, encontra-se disponível no Apêndice 09.

Os dados encontrados (Apêndice 09) demonstram que a rede atual, implantada de acordo com o cadastro obtido na Fundação Rio-Águas, apresentou suficiência hidráulica, com uma vazão no exutório de 605 litros por segundo, e com velocidades e a razão de enchimento do tubo ao longo da rede compatíveis com as instruções técnicas utilizadas neste estudo.

2.6. Orçamento de implantação e manutenção da rede de drenagem existente

Os custos de implantação, manutenção e operação da rede de drenagem existente foram obtidos de acordo com o levantamento de materiais e serviços, apresentados no item 2.4.7.

Os custos de implantação do projeto foram realizados de acordo com o modelo do Sistema de Custo de Obras (SCO-Rio), em seu Catálogo do Sistema de Obras (SISCOB, 2021), da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (Tabela 23).

Tabela 23: Tabela para confecção de orçamento para implantação da rede de drenagem

Orçamento - Custo de Implantação							
Código do serviço	Fase do serviço	Descrição do Serviço	Unidade	Quantidade	Custo unitário Material e Mão de obra	Valor Total	% do projeto

Fonte: Autor, 2021.

Os custos calculados estão atualizados para o mês de junho de 2021. Para fins de validação dos resultados, a partir da obtenção do valor do custo de implantação por cada metro linear de galeria instalada (Apêndice 5).

O orçamento anual de manutenção deste projeto foi realizado segundo a metodologia de Cruz (2004), que demonstra que os custos anuais de manutenção e operação do sistema é de 5% do valor encontrado no custo de implantação da rede. O valor de implantação da rede de R\$ 487.969,86 (Apêndice 5) obtidos a partir do catálogo do SCO-Rio, resultou para a operação um custo por metro linear de galeria de R\$ 926,99. Logo, o custo anual de manutenção foi de R\$ 24.398,49, que será o valor a ser arrecadado para financiamento da manutenção e operação do sistema de drenagem no loteamento de Jacarepaguá.

2.7. Simulação de taxa de drenagem para manutenção e operação da rede existente

A simulação de uma taxa de drenagem se faz necessária tendo em vista que não existe, atualmente, uma taxa que vise o financiamento dos custos de manutenção e operação do sistema de drenagem no local estudado. Portanto, para que este estudo consiga atingir o objetivo de analisar os incentivos de cobrança.

Foram utilizadas 3 (três) metodologias, referentes aos custos indiretos do sistema de drenagem da área de estudo, como:

- *Equivalent Residential Unit* – Unidade equivalente residencial (UER);
- Tucci (2002) e
- Cançado, Nascimento e Cabral (2005)

2.7.1. Metodologia *Unidade equivalente residencial* (UER)

O método utiliza da área impermeável das áreas residenciais como uma unidade padrão, e o valor do objetivo que deseja ser alcançado com a arrecadação da taxa, que neste caso foram os custos de manutenção e operação do sistema, como parâmetros para alcançar uma taxa de águas pluviais, que é um dos objetivos deste estudo.

A unidade UER (Equação 7) considera uma unidade UER, como uma unidade impermeável do lote em estudo.

$$UER (adimensional) = \frac{\sum A_{imp}}{n} = \frac{15.371,27}{87} = 176,88 \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

A_{imp} = Áreas impermeáveis dos lotes e

n = Número de lotes utilizado no estudo, que contribuem para a rede de drenagem local.

A quantidade de unidades UER que um lote possui a área impermeável do lote e da unidade UER, obtida da equação 7, é calculada pela Equação 8.

$$L = \frac{A_{imp}}{UER(unidade)} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

L = Quantidade de UER's do lote;

A_{imp} = Área impermeabilizada do lote e

UER = Uma unidade UER, encontrada na Equação 7.

Logo, tendo em vista que a metodologia constitui um rateio dos custos de operação e manutenção do sistema, de acordo com a área impermeabilizada de cada lote, a taxa anual de todos os lotes pode ser considerada como o rateio equalitário das UER (Equação 9).

Porém, é importante ressaltar que esta metodologia de cobrança por UER's é discutida também na literatura a partir do custo de implantação da rede para o rateio da cobrança junto aos lotes.

$$Tx \text{ Unit. UER} = \frac{C(op/man)}{\text{Total de UER's}} = \frac{R\$24.398,49}{87} = 280,44 \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

$Tx \text{ Unit. UER}$ = Taxa anual por cada UER (R\$);

$C(op/man)$ = Custo de operação e manutenção do sistema (R\$) e

Total de UER's = Total de UER's no loteamento estudado.

Assim, em posse do número de UER's de um lote e da taxa anual por UER, quantifica-se o valor para cada lote existente, e a taxa anual é calculada pela equação 10.

$$Taxa \text{ do lote} = L \times Taxa \text{ UER} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

Taxa do lote = Taxa anual cobrada no lote selecionado;

L = Quantidade de UER's do lote selecionado e

Taxa UER = Taxa anual por cada UER.

Esta dissertação considera a metodologia de cálculo de todos os lotes estudados, caso a caso, incluindo também o lote denominado "Recreação", que

após ter sua taxa determinada, foi rateada entre todos os outros lotes existentes que contribuam para o escoamento superficial na região (Tabela 24).

Tabela 24: Taxas para os lotes pelo método UER

Lote	Quantidade de UER (L)	Taxa anual do lote (R\$)	Taxa Mensal do lote (R\$)
1	1,21348480	R\$ 354,56	R\$ 29,55
2	0,90558567	R\$ 268,21	R\$ 22,35
3	0,90558567	R\$ 268,21	R\$ 22,35
4	0,90558567	R\$ 268,21	R\$ 22,35
5	0,90558567	R\$ 268,21	R\$ 22,35
6	0,90558567	R\$ 268,21	R\$ 22,35
7	0,87841810	R\$ 260,59	R\$ 21,72
8	0,67013339	R\$ 202,18	R\$ 16,85
9	0,76974782	R\$ 230,12	R\$ 19,18
10	0,87643713	R\$ 260,04	R\$ 21,67
11	2,06813127	R\$ 594,24	R\$ 49,52
12	0,59768654	R\$ 181,87	R\$ 15,16
13	0,60447843	R\$ 183,77	R\$ 15,31
14	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
15	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
16	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
17	0,48901626	R\$ 151,39	R\$ 12,62
18	0,10187839	R\$ 42,82	R\$ 3,57
26	2,03756775	R\$ 585,67	R\$ 48,81
27	2,14510605	R\$ 615,83	R\$ 51,32
28	2,09416686	R\$ 601,54	R\$ 50,13
29	2,03756775	R\$ 585,67	R\$ 48,81
30	2,36018265	R\$ 676,14	R\$ 56,35
31	0,88865688	R\$ 263,47	R\$ 21,96
32	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
33	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
34	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
35	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
36	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
37	0,51550464	R\$ 158,82	R\$ 13,23
38	0,86790651	R\$ 257,65	R\$ 21,47
39	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
40	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
41	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
42	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
43	1,00642263	R\$ 296,49	R\$ 24,71
44	0,90218972	R\$ 267,26	R\$ 22,27
45	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
46	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
47	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06

Lote	Quantidade de UER (L)	Taxa anual do lote (R\$)	Taxa Mensal do lote (R\$)
48	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
49	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
50	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
51	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
52	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
53	1,06972307	R\$ 314,24	R\$ 26,19
54	0,86610213	R\$ 257,14	R\$ 21,43
55	0,57051897	R\$ 174,25	R\$ 14,52
56	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
57	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
58	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
59	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
60	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
61	0,67918925	R\$ 204,72	R\$ 17,06
62	1,28434687	R\$ 374,43	R\$ 31,20
63	1,15281056	R\$ 337,55	R\$ 28,13
64	0,90558567	R\$ 268,21	R\$ 22,35
65	0,90558567	R\$ 268,21	R\$ 22,35
66	0,90558567	R\$ 268,21	R\$ 22,35
67	0,92256540	R\$ 272,98	R\$ 22,75
68	1,53723167	R\$ 445,35	R\$ 37,11
69	2,13016389	R\$ 611,64	R\$ 50,97
70	0,61579825	R\$ 186,94	R\$ 15,58
71	0,53112599	R\$ 163,20	R\$ 13,60
72	0,70816799	R\$ 212,85	R\$ 17,74
73	0,76974782	R\$ 230,12	R\$ 19,18
74	1,79713476	R\$ 518,24	R\$ 43,19
75	1,76792962	R\$ 510,05	R\$ 42,50
76	0,95086495	R\$ 280,91	R\$ 23,41
77	0,95086495	R\$ 280,91	R\$ 23,41
78	0,95086495	R\$ 280,91	R\$ 23,41
79	0,95086495	R\$ 280,91	R\$ 23,41
80	0,81774386	R\$ 243,58	R\$ 20,30
81	0,90218972	R\$ 267,26	R\$ 22,27
82	0,84898656	R\$ 252,34	R\$ 21,03
83	0,84898656	R\$ 252,34	R\$ 21,03
84	0,87512403	R\$ 259,67	R\$ 21,64
85	0,95086495	R\$ 280,91	R\$ 23,41
86	0,94135630	R\$ 278,24	R\$ 23,19
87	0,95086495	R\$ 280,91	R\$ 23,41
88	0,95086495	R\$ 280,91	R\$ 23,41
89	0,88430440	R\$ 262,25	R\$ 21,85
90	0,95086495	R\$ 280,91	R\$ 23,41
91	2,12042884	R\$ 608,91	R\$ 50,74
7A	1,32333234	R\$ 385,37	R\$ 32,11

Lote	Quantidade de UER (L)	Taxa anual do lote (R\$)	Taxa Mensal do lote (R\$)
8A	1,70952048	R\$ 493,67	R\$ 41,14
Total:		R\$ 24.398,49	R\$ 2.033,21
Média		R\$ 283,70	R\$ 23,64
Recreação Lote Rateado	4,369450848	R\$ 1.225,38	R\$ 102,11

Fonte: Autor, 2021.

De acordo com os resultados obtidos nesta simulação, a média mensal e a média anual encontradas são nos valores de R\$22,72 e R\$262,35 respectivamente. É importante recordar que o valor apresentado para o lote “Recreação” é apenas apresentado na tabela, tendo seu valor dividido dentre os lotes restantes.

Os valores de arrecadação anual com a implantação desta metodologia são de R\$24.398,49, demonstrando valores exatamente iguais aos valores exigidos para a manutenção e operação da rede.

2.7.2. Metodologia Tucci

Segundo Tucci (2002), existem duas formas de financiamento dos custos de um sistema de drenagem urbana. Os custos diretos, que são os custos ditos de implantação do sistema, e os custos indiretos, como os custos derivados da manutenção e operação do sistema.

A utilização do método para financiamento dos custos diretos do sistema, não será considerada neste estudo, tendo em vista que este não pode ser cobrado como taxa no Brasil. Portanto, a apresentação de uma taxa que financie os custos indiretos se dá pela metodologia de definição de determinados parâmetros de cálculo.

2.7.2.1. Parâmetros definidos pelo estudo

A simulação de uma taxa de drenagem para financiamento da rede existente considera parâmetros que podem ou não ser modificados, de acordo com a área de estudo, como:

- Volume de escoamento de áreas impermeáveis é 6,33 vezes superior ao volume gerado por áreas permeáveis;
- Distribuição das áreas de estudo, como 25% de áreas públicas e 75% de áreas privadas e
- As áreas públicas são distribuídas em 15% como impermeáveis e 10% de praças e recreação como permeáveis.

2.7.2.2. Custo unitário de área impermeável

Segundo Tucci (2002), o valor do custo unitário de área impermeável é calculado pela Equação 11. Lembrando que a equação 11 é derivada dos parâmetros considerados, e, portanto, com a possível mudança de parâmetros, a equação deverá ser modificada, e da mesma forma os custos considerados são apenas os custos de manutenção, não levando em consideração os custos de implantação.

$$C_{unit} = \frac{100 \times C(op/man)}{[At \times (15,8 + (0,842 \times Ati))]} = R\$ 5,78 \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

C_{unit} = Custo unitário de área impermeável (R\$/m²);

$C(op/man)$ = Custo de operação e manutenção do sistema (R\$);

Ati = Área total impermeabilizada da bacia em m² e

At = Área total da bacia em m².

2.7.2.3. Taxa individualizada por lote

Após o cálculo do custo unitário de área impermeável da bacia, é necessário calcular a taxa anual individualizada por lote. O cálculo individualizado por lote é realizado pela Equação 12, e utiliza o volume efetivo escoado de cada lote.

$$Taxa \text{ por lote} = \frac{Alote \times C_{unit}}{100} \times (28,43 + (0,632 \times Imp)) \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

Taxa por lote = Taxa individualizada por lote valor anual (R\$);

$Alote$ = Área total do lote em m²;

C_{unit} = Custo unitário de área impermeável (R\$) e

Imp = Percentual da área impermeável do lote.

Os valores encontrados de taxa por lote estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25: Taxas para os lotes pelo método elaborado por Tucci (2002)

Lote	Taxa anual do lote (R\$)	Taxa Mensal do lote (R\$)
1	R\$397,04	R\$33,09
2	R\$305,73	R\$25,48
3	R\$305,73	R\$25,48
4	R\$305,73	R\$25,48
5	R\$305,73	R\$25,48
6	R\$305,73	R\$25,48
7	R\$305,56	R\$25,46
8	R\$304,22	R\$25,35
9	R\$304,86	R\$25,40
10	R\$310,47	R\$25,87
11	R\$764,78	R\$63,73
12	R\$238,07	R\$19,84
13	R\$238,11	R\$19,84
14	R\$238,59	R\$19,88
15	R\$238,59	R\$19,88
16	R\$238,59	R\$19,88
17	R\$237,37	R\$19,78
18	R\$234,87	R\$19,57
26	R\$641,43	R\$53,45
27	R\$673,32	R\$56,11
28	R\$658,21	R\$54,85
29	R\$641,43	R\$53,45
30	R\$737,10	R\$61,43
31	R\$304,64	R\$25,39
32	R\$238,59	R\$19,88
33	R\$238,59	R\$19,88
34	R\$238,59	R\$19,88
35	R\$238,59	R\$19,88
36	R\$238,59	R\$19,88
37	R\$257,24	R\$21,44
38	R\$304,51	R\$25,38
39	R\$238,59	R\$19,88
40	R\$238,59	R\$19,88
41	R\$238,59	R\$19,88
42	R\$238,59	R\$19,88
43	R\$349,08	R\$29,09
44	R\$304,73	R\$25,39
45	R\$238,59	R\$19,88
46	R\$238,59	R\$19,88
47	R\$238,59	R\$19,88
48	R\$238,59	R\$19,88

Lote	Taxa anual do lote (R\$)	Taxa Mensal do lote (R\$)
49	R\$238,59	R\$19,88
50	R\$238,59	R\$19,88
51	R\$238,59	R\$19,88
52	R\$238,59	R\$19,88
53	R\$354,41	R\$29,53
54	R\$304,49	R\$25,37
55	R\$237,89	R\$19,82
56	R\$238,59	R\$19,88
57	R\$238,59	R\$19,88
58	R\$238,59	R\$19,88
59	R\$238,59	R\$19,88
60	R\$238,59	R\$19,88
61	R\$238,59	R\$19,88
62	R\$446,10	R\$37,18
63	R\$396,65	R\$33,05
64	R\$305,73	R\$25,48
65	R\$305,73	R\$25,48
66	R\$305,73	R\$25,48
67	R\$310,77	R\$25,90
68	R\$684,18	R\$57,01
69	R\$688,00	R\$57,33
70	R\$264,46	R\$22,04
71	R\$263,91	R\$21,99
72	R\$265,05	R\$22,09
73	R\$265,45	R\$22,12
74	R\$600,47	R\$50,04
75	R\$723,43	R\$60,29
76	R\$319,16	R\$26,60
77	R\$319,16	R\$26,60
78	R\$319,16	R\$26,60
79	R\$319,16	R\$26,60
80	R\$318,30	R\$26,53
81	R\$304,73	R\$25,39
82	R\$288,95	R\$24,08
83	R\$288,95	R\$24,08
84	R\$304,55	R\$25,38
85	R\$319,16	R\$26,60
86	R\$319,10	R\$26,59
87	R\$319,16	R\$26,60
88	R\$319,16	R\$26,60
89	R\$318,73	R\$26,56
90	R\$319,16	R\$26,60
91	R\$783,17	R\$65,26
7A	R\$525,60	R\$43,80
8A	R\$692,28	R\$57,69
Total	R\$ 29.359,30	R\$ 2.446,61
Média	R\$ 315,69	R\$ 26,31

Lote	Taxa anual do lote (R\$)		Taxa Mensal do lote (R\$)	
Recreação lote rateado	R\$	3.197,20	R\$	266,43

Fonte: Autor, 2021.

De acordo com os resultados obtidos nesta cobrança, a média mensal e a média anual encontradas são nos valores de R\$26,31 e R\$315,69 respectivamente. É importante recordar que o valor apresentado para o lote “Recreação” é apenas apresentado na tabela, tendo seu valor dividido dentre os lotes restantes.

Os valores de arrecadação anual com a implantação desta metodologia são de R\$29.359,30, demonstrando valores superiores aos valores de R\$ 24.398,49 exigidos para a manutenção e operação da rede, apresentando assim um superávit orçamentário de R\$4.960,81 anuais.

2.7.3. Metodologia de Cançado, Nascimento e Cabral

De acordo com Cançado, Nascimento e Cabral (2005), o custo médio de um sistema de drenagem urbana engloba os custos de implantação e manutenção da rede existente. O custo total aplicado nesta metodologia considera apenas os custos de manutenção e operação da rede.

O custo médio por metro quadrado de área impermeável é dado pela Equação 13, e diferentemente de Tucci (2002) e da metodologia UER, os autores desta metodologia consideram as áreas impermeabilizadas das vias, como calçadas e ruas, além dos lotes.

$$Cm = \frac{C_{total}}{A_{imp(vias)} + \sum A_{imp(lotes)}} = R\$0,955 \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

Cm = Custo médio do sistema por metro quadrado de área impermeável (R\$/m²);

C_{total} = Custo de operação e manutenção (R\$);

$A_{imp(vias)}$ = Área impermeável das vias (calçadas e ruas) em m² e

$A_{imp(lotes)}$ = Área impermeável dos lotes em m².

A individualização da taxa de acordo com o lote é realizada com base na área impermeável de cada lote (Equação 14 e Tabela 26). Além disso, é importante ressaltar que Cançado, Nascimento e Cabral (2005) adotam a impermeabilização da área, como um fator de fácil entendimento pela população, quanto ao fato da cobrança poder trazer ganhos ambientais, como exemplo, o aumento de áreas verdes que aumentam a permeabilidade do solo, e reduzem o escoamento superficial.

$$\text{Taxa por lote} = C_m \times A_{\text{imp}}(\text{lote}) \quad (\text{Equação 14})$$

Onde:

Taxa por lote = Taxa anual cobrada por cada lote (R\$);

C_m = Custo médio do sistema por metro quadrado de área impermeável (R\$) e

$A_{\text{imp}}(\text{lote})$ = Área impermeável do lote em estudo em m^2 .

Tabela 26: Taxas para os lotes pelo método elaborado por Cançado, Nascimento e Cabral (2005)

Lote	Taxa anual do lote (R\$)	Taxa Mensal do lote (R\$)
1	R\$213,36	R\$17,78
2	R\$161,40	R\$13,45
3	R\$161,40	R\$13,45
4	R\$161,40	R\$13,45
5	R\$161,40	R\$13,45
6	R\$161,40	R\$13,45
7	R\$156,81	R\$13,07
8	R\$121,66	R\$10,14
9	R\$138,47	R\$11,54
10	R\$156,48	R\$13,04
11	R\$357,59	R\$29,80
12	R\$109,44	R\$9,12
13	R\$110,58	R\$9,22
14	R\$123,19	R\$10,27
15	R\$123,19	R\$10,27
16	R\$123,19	R\$10,27
17	R\$91,10	R\$7,59
18	R\$25,77	R\$2,15
26	R\$352,43	R\$29,37
27	R\$370,58	R\$30,88
28	R\$361,98	R\$30,17
29	R\$352,43	R\$29,37
30	R\$406,87	R\$33,91

Lote	Taxa anual do lote (R\$)	Taxa Mensal do lote (R\$)
31	R\$158,54	R\$13,21
32	R\$123,19	R\$10,27
33	R\$123,19	R\$10,27
34	R\$123,19	R\$10,27
35	R\$123,19	R\$10,27
36	R\$123,19	R\$10,27
37	R\$95,57	R\$7,96
38	R\$155,04	R\$12,92
39	R\$123,19	R\$10,27
40	R\$123,19	R\$10,27
41	R\$123,19	R\$10,27
42	R\$123,19	R\$10,27
43	R\$178,42	R\$14,87
44	R\$160,83	R\$13,40
45	R\$123,19	R\$10,27
46	R\$123,19	R\$10,27
47	R\$123,19	R\$10,27
48	R\$123,19	R\$10,27
49	R\$123,19	R\$10,27
50	R\$123,19	R\$10,27
51	R\$123,19	R\$10,27
52	R\$123,19	R\$10,27
53	R\$189,10	R\$15,76
54	R\$154,74	R\$12,89
55	R\$104,85	R\$8,74
56	R\$123,19	R\$10,27
57	R\$123,19	R\$10,27
58	R\$123,19	R\$10,27
59	R\$123,19	R\$10,27
60	R\$123,19	R\$10,27
61	R\$123,19	R\$10,27
62	R\$225,32	R\$18,78
63	R\$203,12	R\$16,93
64	R\$161,40	R\$13,45
65	R\$161,40	R\$13,45
66	R\$161,40	R\$13,45
67	R\$164,26	R\$13,69
68	R\$267,99	R\$22,33
69	R\$368,06	R\$30,67
70	R\$112,49	R\$9,37
71	R\$98,21	R\$8,18
72	R\$128,08	R\$10,67
73	R\$138,47	R\$11,54
74	R\$311,85	R\$25,99
75	R\$306,93	R\$25,58

Lote	Taxa anual do lote (R\$)	Taxa Mensal do lote (R\$)
76	R\$169,04	R\$14,09
77	R\$169,04	R\$14,09
78	R\$169,04	R\$14,09
79	R\$169,04	R\$14,09
80	R\$146,57	R\$12,21
81	R\$160,83	R\$13,40
82	R\$151,85	R\$12,65
83	R\$151,85	R\$12,65
84	R\$156,26	R\$13,02
85	R\$169,04	R\$14,09
86	R\$167,44	R\$13,95
87	R\$169,04	R\$14,09
88	R\$169,04	R\$14,09
89	R\$157,81	R\$13,15
90	R\$169,04	R\$14,09
91	R\$366,41	R\$30,53
7A	R\$231,90	R\$19,32
8A	R\$297,07	R\$24,76
Total	R\$ 14.681,90	R\$ 1.223,49
Média	R\$ 157,87	R\$ 13,16
Recreação Lote Rateado	R\$ 737,38	R\$ 61,45

Fonte: Autor, 2021.

Os resultados apresentados demonstram, ao contrário da metodologia de Tucci (2002), uma arrecadação anual de R\$14.681,90 e assim inferior aos valores anuais de R\$24.398,49 necessários para a manutenção e operação do sistema de drenagem. Entretanto, é importante frisar que, da mesma forma, o lote denominado “Recreação” apenas apresenta valores na tabela, tendo seu custo dividido entre os demais lotes.

2.8. Impacto socioeconômico da taxa de drenagem

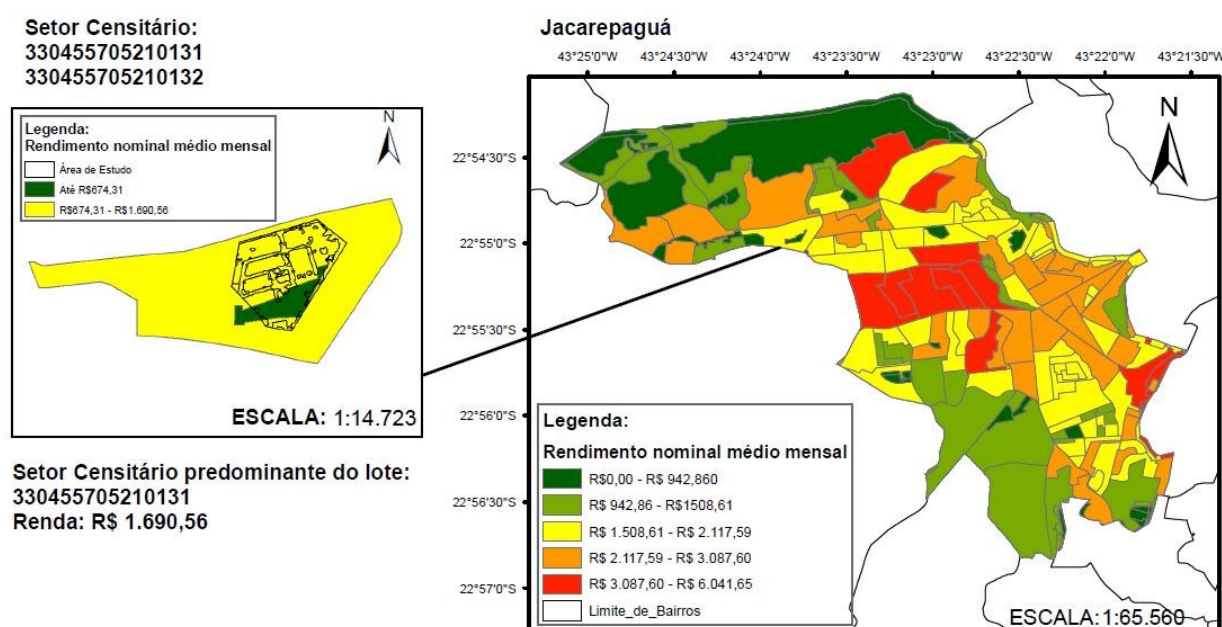
Das taxas de drenagem obtidas pelos 3 (três) métodos, foi selecionado o método UER como a taxa mais eficiente, uma vez que a metodologia de Tucci (2002) fornece valores inferiores ao orçamento de manutenção, enquanto os valores encontrados por Cançado, Nascimento e Cabral (2005) fornece valores superiores ao orçamento, que demonstra um impacto financeiro maior na população. Desse modo, foi avaliado o impacto que a aplicação desta taxa

causaria na população do local. A referência utilizada para o cálculo de renda foi o setor censitário da região de Jacarepaguá, de acordo com o Censo de 2010, disponível pelo IBGE (2010).

Os setores censitários são as menores unidades territoriais estabelecidas pelo IBGE, e desta forma, com os dados oficiais, considera-se como medida para determinação das condições de renda (IBGE, 2010a).

O loteamento em questão está localizado no setor censitário de número 330455705210131, e possui uma renda nominal média das pessoas responsáveis por residências de R\$ 1.690,56 (Figura 10).

Figura 10: Mapa socioeconômico do loteamento de Jacarepaguá-RJ



Fonte: Dados compilados a partir de IBGE (2010a).

A renda nominal média encontrada nos dados do IBGE (2010) demonstra uma defasagem com as datas dos dados encontradas neste estudo. É necessário, portanto, atualizar estes valores para valores atuais, e para isto foi utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), da Fundação Getúlio Vargas (BCB,2021).

A atualização da renda é obtida do aplicativo fornecido pelo Banco do Brasil, chamado "Calculadora do Cidadão" (Figura 11). A atualização é obtida quando se multiplica o valor a ser corrigido pelo fator acumulado do índice de referência, no caso o IPCA (BCB,2021).

Figura 11: Demonstrativo do aplicativo Calculadora do Cidadão

Os campos com * são de preenchimento obrigatório

Correção de valor por índices de preços

Selecione o índice para a correção: IPCA (IBGE) - a partir de 01/1980

* Data inicial (MM/AAAA)
(Inclui a taxa do mês inicial) 10/2010

* Data final (MM/AAAA) 06/2021

Valor a ser corrigido 1690,56

Metodologia

Corrigir valor Voltar

Fonte: BCB (2021).

Os valores, que antes eram de R\$ 1.690,56 reais mensais, por pessoas responsáveis por residências, dentro do setor censitário do loteamento em estudo, foram corrigidos para R\$ 3.120,15 mensais (Tabela 27). Estes valores podem ser corrigidos de outras formas, como por exemplo, com base no Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M), no entanto optou-se pelo IPCA, por se mostrar um índice mais atualizado, e com uma série histórica mais abrangente, desde 1980.

Tabela 27: Metodologia de atualização da renda por responsáveis de residências

Valor Inicial	R\$	1.690,56
Data Inicial		10/2010
Data Final		06/2021
Índice de correção no período		1,8456322
Valor percentual correspondente		84,563220%
Valor corrigido na data final	R\$	3.120,15

Fonte: Adaptado de BCB (2021).

O desafio na avaliação da renda média por responsável, refere-se a quantidade de residências dentro de cada lote do estudo. Não há uma fonte de dados que demonstre a quantidade de residências dentro de cada lote, e, portanto, o impacto da taxa foi considerado como cada lote contendo uma residência, e uma renda.

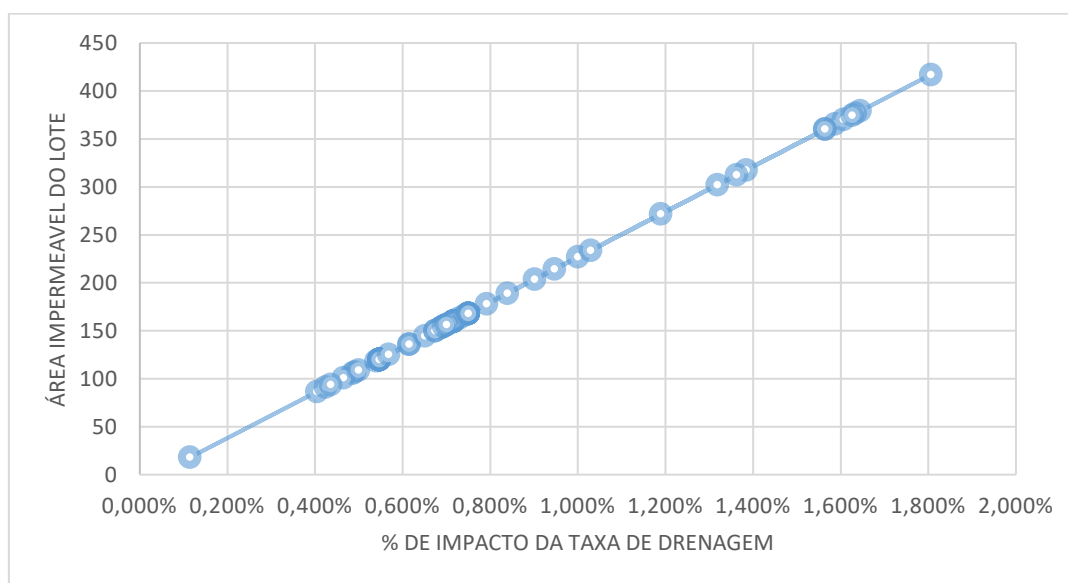
Segundo Tasca (2016), o impacto de uma taxa de drenagem pode ser considerado, como:

- alto: quando acima de 0,45%;

- médio: quando entre 0,22% e 0,45%, e
- Baixo: quando a taxa se encontra abaixo de 0,22%.

A taxa dos lotes encontradas no estudo representou uma média de 0,70% na renda dos lotes estudados, com valores máximos de 1,80%, e valores mínimos de 0,11%, e aumenta conforme o aumento da área impermeabilizada (Gráfico 4).

Gráfico 4: Comparativo área impermeável x impacto da taxa de drenagem



Fonte: Autor, 2021.

2.9. Definição de medidas compensatórias para a redução de vazão no lote

A medida encontrada para a redução na vazão dos lotes da área estudada foi a implantação de telhado verde em todas as residências. A implementação desta técnica com o intuito de reduzir o escoamento superficial na fonte, é adotada de forma generalizada nos lotes deste estudo, sendo necessário, em caso de implantação, um estudo profundo e de maneira individual para cada telhado a ser implantado.

Foram adotadas informações sobre o telhado, visando a redução de custos e praticidade de aplicação no estudo, como um telhado com formação modular, do tipo “Flat”, fornecido pela empresa Instituto Cidade Jardim. O

desempenho do sistema flat similar ao utilizado neste trabalho, foi demonstrado em estudo realizado por Nascimento (2015).

2.9.1. Implantação do telhado verde

O modelo de telhado verde do Instituto Cidade Jardim se caracteriza por ter, em sua composição, um sistema em camadas clássico, com a proposta de simular as condições de um jardim convencional, que se mostra ideal para o cultivo de jardins extensivos com uma variada gama de espécies (ICJ, 2021). É importante ressaltar que a definição da técnica compensatória do telhado verde ocorreu devido a fatores como localização e disponibilidade de espaço .

A implantação de outras técnicas compensatórias já mencionadas na revisão bibliográfica deste trabalho, foram consideradas inadequadas uma vez que a implantação de microreservatórios de amortecimento no âmbito da microdrenagem urbana, demandaria de espaços físicos disponíveis intralotes. A implantação do pavimento permeável, que contribui para a redução do escoamento superficial, seria possível apenas nas vias de acesso que apesar, de contribuírem para a redução do escoamento superficial são de responsabilidade do poder público, e, portanto, não disponível para mudança ao desejo do privado.

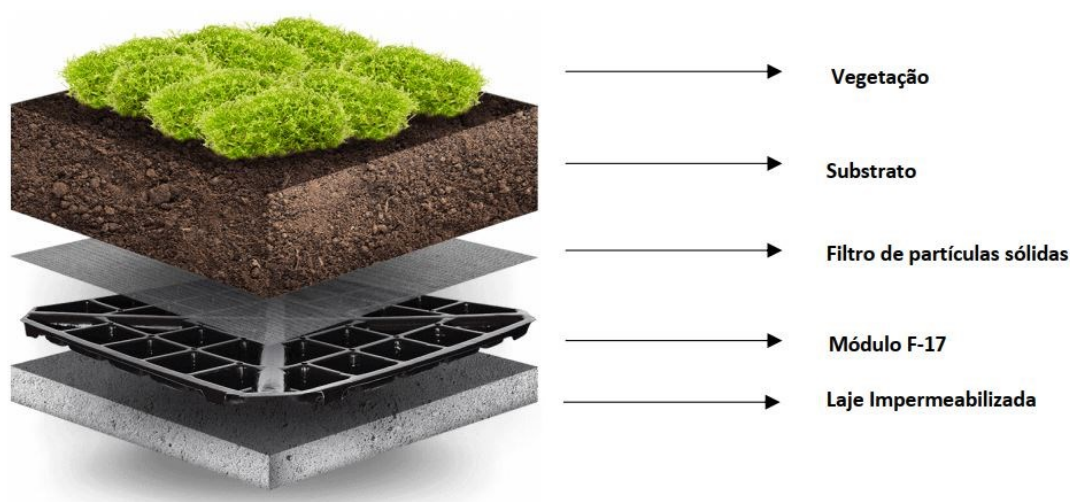
A composição do telhado em módulos, é determinada por (ICJ, 2021):

- Laje impermeabilizada adequadamente para apoio do módulo com a drenagem já existente, e com sua estrutura necessária para apoio dos módulos;
- Módulo Plástico Flat – 17 Litros por metro quadrado no fundo dos módulos, composto de material plástico reciclado, com dimensões de 0,5 m de largura, 0,5 m de comprimento e 0,075 m de altura, e permite a drenagem controlada retendo água para as raízes da vegetação;
- Filtro de partículas sólidas, composta de lâmina de polipropileno com entrelaçamento em ângulo reto;
- Substrato Leve, substrato composto bioestabilizado, rico em matéria orgânica, com 5 cm de espessura no telhado e

- Vegetação de mix de suculentas, contendo 15% de *Portulacca oleracea*, 15% de *Aptenia cordifolia* e 70% de *Callisia repen*, conforme estudo realizado por Nascimento (2015).

O sistema deve ser instalado em estrutura capaz de suportar o peso de 100 kg/m², e ter uma altura total, após instalado de até 40 cm, podendo variar de acordo com as características do telhado e vegetação utilizados (Figura 12) (ICJ,2021). A estrutura existente, ou possíveis reforços estruturais não foram estudados neste projeto, e, portanto, é necessário um estudo específico para cada lote, conforme a implantação do telhado.

Figura 12: Corte esquemático do modelo de telhado verde módulo F-17



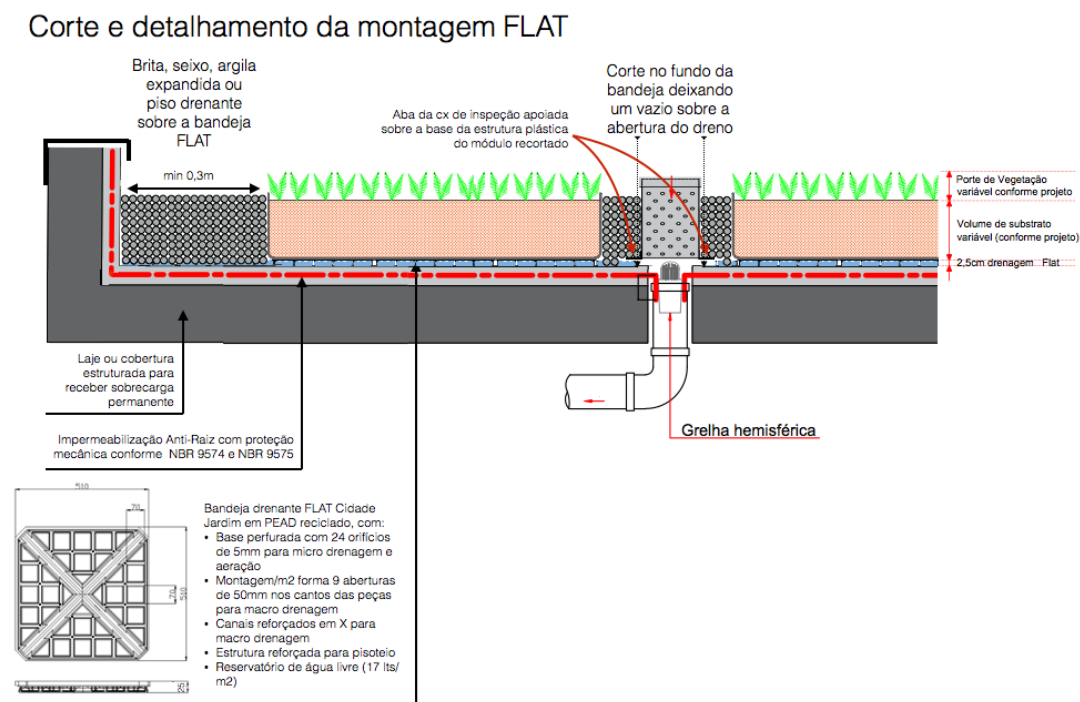
Fonte: Adaptado de ICJ (2021).

A retenção do módulo informado pelo fabricante é de 17 litros por metro quadrado, no fundo da bandeja (ICJ, 2021), enquanto a retenção utilizada como referência no trabalho realizado por Nascimento (2015) é na ordem de 17 litros por metro quadrado, confirmados pelo autor. O estudo realizado por Nascimento (2015) encontrou uma retenção média para os módulos vegetados, independente do estado do módulo (seco ou úmido), de 53,14% do volume total precipitado.

O módulo utilizado por Nascimento (2015), utilizado como referência neste projeto, é o modulo denominado F-17L, fornecido pelo Instituto Cidade Jardim, de acordo com o corte esquemático de montagem da Figura 13. Os valores encontrados pelo autor para os coeficientes de runoff, com vegetação

são 0,15 para módulo em estado “seco”, e 0,64 para módulo com estado “úmido”. Esses valores são similares aos apresentados pela literatura e revisão bibliográfica deste projeto, presentes no item 1.4-3, assim como na literatura do estudo realizado por Nascimento (2015).

Figura 13: Corte esquemático da instalação do telhado verde do módulo



Fonte: ICJ (2021).

Logo, a partir dos resultados obtidos por Nascimento (2015), foram utilizados os valores condicionados aos períodos secos, com um coeficiente de escoamento superficial de 0,15, e para períodos com o solo úmido, o coeficiente de escoamento superficial é de 0,64.

De acordo com Nascimento (2015) para temperaturas médias diárias, os módulos de telhado verde atingiram a condição “seca” com 7 ou 8 dias após o evento de precipitação.

O cálculo dos períodos secos e úmidos foi realizado a partir de metodologia de Souza *et al.* (2022). Esta dissertação utilizou a série histórica entre 1997 e 2021, e excluindo-se o ano de 2020 da estação Jacarepaguá/Tanque (ALERTA-RIO, 2022).

Em posse dos dados acumulados mensais da série histórica, calculou-se a média mensal ao longo dos anos (Tabela 28).

Tabela 28: Índice pluviométrico mensal (mm) da Estação de Jacarepaguá, Rio de Janeiro-RJ

Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1997	372	42	88	37	39	30	5	64	36	68	127	47
1998	256	213	88	72	97	47	54	18	71	140	86	119
1999	193	64	96	43	44	71	21	20	8	12	87	106
2000	129	73	89	16	31	6	68	66	93	41	199	87
2001	45	44	111	31	73	40	54	22	32	77	95	321
2002	59	147	48	29	97	78	23	21	91	27	131	137
2003	249	11	281	78	63	25	21	116	47	181	156	70
2004	133	148	47	93	47	40	115	16	7	58	168	116
2005	204	69	184	180	64	37	92	6	101	103	123	170
2006	300	134	55	67	99	93	24	43	63	99	100	74
2007	121	95	21	94	81	37	55	8	18	153	92	137
2008	163	184	160	106	54	47	67	66	69	65	127	156
2009	168	114	132	97	80	60	73	31	93	102	183	435
2010	133	71	392	297	64	44	69	17	37	116	64	193
2011	96	28	122	158	118	32	11	29	17	96	103	233
2012	160	16	161	84	70	95	33	10	102	53	88	53
2013	380	83	179	108	61	62	101	4	68	52	131	316
2014	77	50	99	137	21	69	52	43	46	18	34	78
2015	59	147	129	44	30	46	10	3	78	14	112	45
2016	194	167	94	10	49	62	2	50	31	37	136	148
2017	82	14	150	105	36	106	19	57	12	43	106	75
2018	240	149	80	67	18	46	16	54	48	61	234	40
2019	39	292	285	190	83	44	15	65	85	49	110	115
2021	55	107	68	106	110	19	16	52	14	115	83	295
Média	163	103	132	94	64	51	42	37	53	74	120	148

Fonte: Autor (2022).

Segundo Souza *et al*, (2022) com os valores de média mensal calculados, obtém-se a média anual e o desvio padrão relacionado às médias mensais encontradas. O cálculo da média anual foi encontrado a partir da Equação 15.

$$\text{Média Anual} = \frac{\sum \text{Média Mensal}}{12} = 90 \text{ mm} \quad (\text{Equação 15})$$

Onde:

Média Anual = Média pluviométrica anual em mm

Média Mensal = Média mês a mês dentro de toda a série histórica em mm

O valor encontrado para a média anual foi de 90,0 milímetros, e o valor do desvio padrão foi de 43,10 milímetros. Logo, segundo Souza *et al*, (2022), para encontrar o valor da precipitação média mensal corrigida, foi subtraído a média anual do valor do desvio padrão (Equação 16).

$$PCMC = \text{Média Anual} - \text{Desvio Padrão} = 46,90 \quad (\text{Equação 16})$$

Onde:

PCMC = Precipitação Média Mensal Corrigida

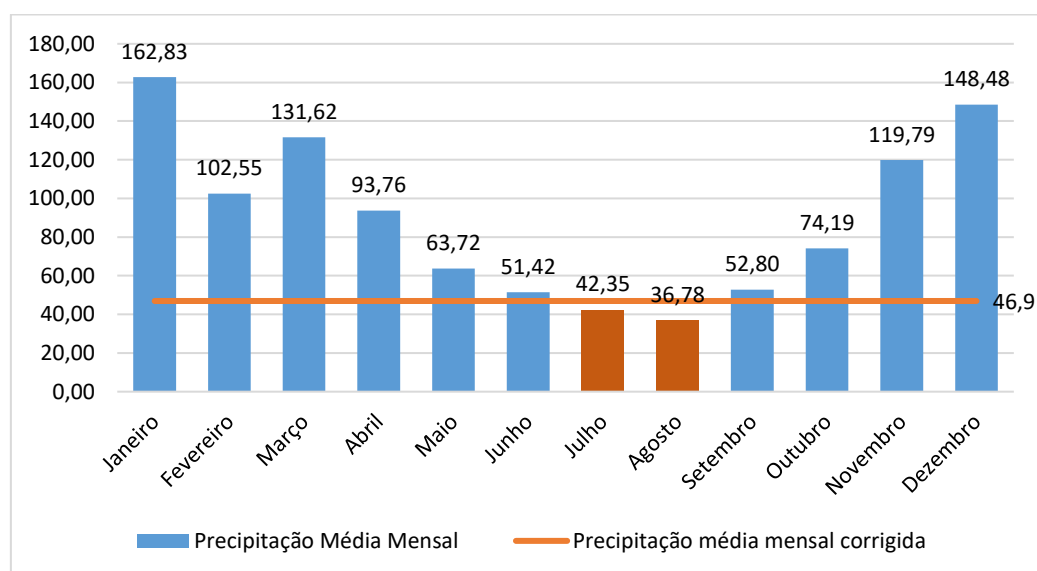
Média Anual = Média pluviométrica anual em mm

Desvio Padrão = Desvio padrão calculado em mm

Logo, o valor encontrado para a precipitação média mensal corrigida foi de 46,9 milímetros, e ainda segundo Souza *et al*, (2022), este valor serve como referência para encontrar os períodos secos e úmidos. Segundo os autores, para o mês ser considerado um mês seco, os valores das médias mensais deveriam estar abaixo da precipitação média mensal corrigida, e por outro lado, para ser considerado um mês chuvoso, os valores da precipitação devem ser maiores que os valores corrigidos.

De acordo com a metodologia adotada, foram obtidos 10 meses de período úmido e 2 meses de períodos secos (Figura 14).

Figura 14: Gráfico de médias mensais de precipitação da estação de Jacarepaguá/Tanque, de acordo com a série histórica entre 1997 e 2021



Fonte: Autor (2022).

2.10. Estimativa de vazão do cenário atual

A vazão estimada pelos telhados, com o cenário atual, levou em consideração a utilização do coeficiente de escoamento superficial referente as

Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos da Fundação Rio-Águas (RIO-ÁGUAS, 2019). Logo, de acordo com a tipologia da área de drenagem, o coeficiente adotado para os telhados no cenário atual foi de 0,8.

O método racional foi utilizado para a área do lote, conforme a média ponderada das áreas, de acordo com a tipologia do uso e ocupação do solo (Tabela 29). Posteriormente, o cálculo da vazão do lote e de todo o sistema é apresentado para demonstrar o potencial de redução com o uso da técnica compensatória do telhado verde.

Tabela 29: Coeficiente de escoamento superficial adotado por tipologia de solo

Descrição	Rio Águas (2010)	Adotado	Considerado
Arbórea	0,13-0,17	0,15	grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%
Área Construída Sem telhado	0,80-0,95	0,88	concreto
Gramínea	0,13-0,17	0,15	grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%
Rua / Calçada	0,70-0,95	0,80	asfalto
Solo Exposto	0,59-0,79	0,65	solo compactado
Telhado	0,75-0,95	0,80	telhado

Fonte: Autor (2022).

Como exemplo da metodologia utilizada, o lote de número 62 (Figura 15) ilustra o telhado de forma destacada, de modo que na visualização os dados foram extraídos do geoprocessamento, com a composição de áreas e coeficientes demonstrados na Tabela 30, bem como apresentado o resultado de cálculo coeficiente de escoamento pela média ponderada.

Figura 15: Exemplo de lote retirado do projeto original



Fonte: Autor, 2021.

Tabela 30: Metodologia para determinação do coeficiente de escoamento superficial do lote 62

Descrição	Área (m²)	Coeficiente da área
Área Arbórea	16,84	0,15
Área construída sem telhado	82,70	0,88
Área telhado	144,46	0,80
Área total do lote e coeficiente de escoamento do lote	244,00	0,78

Fonte: Autor, 2021.

A partir da metodologia de cálculo do coeficiente de escoamento da área do loteamento, foram extrapolados para todos os lotes as informações da tipologia do solo, com o objetivo de encontrar em cada lote seus respectivos coeficientes de escoamento superficial (Apêndice 3). Os resultados da implementação da metodologia de médias ponderadas dos lotes, assim como a aplicação do método racional em todos os lotes, estão demonstrados na Tabela 31 para visualizar a vazão no lote com o telhado convencional instaurado.

Tabela 31: Vazão dos lotes com telhado convencional

Lote	Área (m²)	Coeficiente de escoamento superficial(C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão (m³/s)	Vazão (l/s)
1	214,4	0,70	158,07	0,0077	7,75
2	160	0,68	158,07	0,0057	5,72
3	160	0,70	158,07	0,0057	5,79
4	160	0,76	158,07	0,0059	5,91
5	160	0,77	158,07	0,0059	5,95
6	160	0,79	158,07	0,0059	5,99
7	160	0,68	158,07	0,0056	5,62
8	160	0,62	158,07	0,0047	4,70
9	160	0,68	158,07	0,0052	5,20
10	163	0,73	158,07	0,0059	5,95
11	435	0,68	158,07	0,0141	14,18
12	120	0,67	158,07	0,0039	3,97
13	120	0,66	158,07	0,0040	4,00
14	120	0,79	158,07	0,0045	4,48
15	120	0,74	158,07	0,0044	4,40
16	120	0,69	158,07	0,0043	4,32
17	120	0,73	158,07	0,0039	3,89
18	120	0,25	158,07	0,0013	1,37
26	360	0,84	158,07	0,0137	13,74
27	379	0,85	158,07	0,0145	14,51

Lote	Área (m²)	Coefficiente de escoamento superficial(C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão (m³/s)	Vazão (l/s)
28	370	0,71	158,07	0,0134	13,41
29	360	0,82	158,07	0,0136	13,61
30	417	0,75	158,07	0,0153	15,36
31	159,4	0,80	158,07	0,0059	5,93
32	120	0,76	158,07	0,0044	4,44
33	120	0,83	158,07	0,0045	4,56
34	120	0,72	158,07	0,0043	4,37
35	120	0,72	158,07	0,0043	4,38
36	120	0,72	158,07	0,0043	4,37
37	132	0,58	158,07	0,0036	3,69
38	159,4	0,71	158,07	0,0056	5,64
39	120	0,73	158,07	0,0044	4,39
40	120	0,74	158,07	0,0044	4,40
41	120	0,75	158,07	0,0044	4,42
42	120	0,80	158,07	0,0045	4,51
43	186	0,69	158,07	0,0065	6,54
44	159,4	0,77	158,07	0,0059	5,92
45	120	0,71	158,07	0,0043	4,35
46	120	0,75	158,07	0,0044	4,42
47	120	0,78	158,07	0,0044	4,47
48	120	0,78	158,07	0,0044	4,48
49	120	0,75	158,07	0,0044	4,43
50	120	0,73	158,07	0,0043	4,39
51	120	0,76	158,07	0,0044	4,43
52	120	0,70	158,07	0,0043	4,34
53	189	0,72	158,07	0,0068	6,88
54	159,4	0,74	158,07	0,0057	5,74
55	120	0,59	158,07	0,0037	3,74
56	120	0,80	158,07	0,0045	4,52
57	120	0,70	158,07	0,0043	4,34
58	120	0,73	158,07	0,0043	4,39
59	120	0,71	158,07	0,0043	4,34
60	120	0,77	158,07	0,0044	4,44
61	120	0,75	158,07	0,0044	4,41
62	244	0,68	158,07	0,0083	8,39
63	214,4	0,62	158,07	0,0072	7,24
64	160	0,69	158,07	0,0057	5,74
65	160	0,76	158,07	0,0059	5,91
66	160	0,76	158,07	0,0059	5,92
67	163	0,77	158,07	0,0060	6,06
68	388	0,54	158,07	0,0106	10,60
69	388	0,72	158,07	0,0138	13,86
70	136	0,59	158,07	0,0041	4,12

Lote	Área (m²)	Coefficiente de escoamento superficial(C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão (m³/s)	Vazão (l/s)
71	136	0,51	158,07	0,0036	3,63
72	136	0,61	158,07	0,0045	4,50
73	136	0,74	158,07	0,0050	4,98
74	336	0,72	158,07	0,0117	11,78
75	411	0,61	158,07	0,0122	12,20
76	168	0,68	158,07	0,0060	6,01
77	168	0,72	158,07	0,0061	6,12
78	168	0,80	158,07	0,0063	6,30
79	168	0,75	158,07	0,0061	6,19
80	168	0,67	158,07	0,0054	5,49
81	159,4	0,66	158,07	0,0056	5,67
82	150	0,65	158,07	0,0053	5,31
83	150	0,72	158,07	0,0054	5,47
84	159,4	0,72	158,07	0,0057	5,70
85	168	0,75	158,07	0,0061	6,19
86	168	0,71	158,07	0,0060	6,05
87	168	0,77	158,07	0,0062	6,23
88	168	0,77	158,07	0,0062	6,24
89	168	0,70	158,07	0,0058	5,81
90	168	0,73	158,07	0,0061	6,14
91	446	0,75	158,07	0,0161	16,13
7A	292,26	0,64	158,07	0,0098	9,80
Recreação	1930	0,47	158,07	0,0400	40,01
8A	392,26	0,53	158,07	0,0112	11,23

Fonte: Autor, 2021.

O valor da vazão para o cenário atual conforme levantado pela tabela 32 , é em média de 6,35 apenas para a vazão dos lotes. A vazão do lote denominado “Recreação” é de 40 litros por segundo e não é contabilizada na média dos lotes.

2.11. Estimativa de vazão do cenário futuro

O valor da vazão para o cenário futuro é calculado após a instalação do telhado verde em todas as edificações, antes considerada como área de telhado convencional. A vazão do telhado verde foi calculada da mesma forma que para o telhado convencional, com a diferença do uso do coeficiente de escoamento.

Para o coeficiente de escoamento superficial para o cenário em que os telhados são providos da técnica compensatória (Capítulo 2.9.1) foram utilizados os valores de 0,15 para períodos secos, e 0,64 para períodos úmidos. Como

exemplo, os cálculos foram realizados para o mesmo lote 62, no entanto considerado para período úmido (Tabela 32) e período seco (Tabela 33).

Tabela 32: Metodologia para cálculo do coeficiente de escoamento com o telhado verde em período úmido implantado

Descrição	Área	Coeficiente da área
Área Arbórea	16,836	0,1500
Área construída sem telhado	82,704	0,8800
Área telhado verde - (Período úmido)	144,460	0,6400
Área total do lote e coeficiente de escoamento do lote	244,000	0,6875

Fonte:Autor,2021

Tabela 33:Metodologia para cálculo do coeficiente de escoamento com o telhado verde em período seco implantado.

Descrição	Área	Coeficiente da área
Área Arbórea	16,836	0,15
Área construída sem telhado	82,704	0,88
Área telhado verde - (Período seco)	144,46	0,15
Área total do lote e coeficiente de escoamento do lote	244	0,3974

Fonte:Autor,2021

Os dados encontrados a partir desta metodologia em cada lote, para os períodos secos e períodos úmidos, podem ser encontrados no Apêndice 05. Logo, com os dados de coeficiente de escoamento superficial modificados, para os períodos secos e úmidos, foi possível determinar a vazão esperada com a implantação do telhado verde, a partir do método racional, demonstrada na Tabelas 34 para o período seco, e Tabela 35 para o período úmido.

Tabela 34: Vazão dos lotes com telhado verde implantado, para períodos em condição "seco".

Vazão para lotes com telhado verde no período "seco"					
Lote	Area (m²)	Coeficiente de escoamento superficial (C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão(m³/s)	Vazão(l/s)
1	214,4	0,35	158,07	0,0033	3,32
2	160	0,27	158,07	0,0019	1,92
3	160	0,35	158,07	0,0025	2,52
4	160	0,51	158,07	0,0037	3,65
5	160	0,57	158,07	0,0040	4,01

Vazão para lotes com telhado verde no período "seco"					
Lote	Area (m²)	Coeficiente de escoamento superficial (C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão(m³/s)	Vazão(l/s)
6	160	0,62	158,07	0,0044	4,41
7	160	0,32	158,07	0,0023	2,29
8	160	0,49	158,07	0,0034	3,44
9	160	0,53	158,07	0,0037	3,73
10	163	0,43	158,07	0,0031	3,09
11	435	0,53	158,07	0,0101	10,14
12	120	0,43	158,07	0,0023	2,27
13	120	0,39	158,07	0,0021	2,07
14	120	0,61	158,07	0,0032	3,20
15	120	0,46	158,07	0,0024	2,41
16	120	0,33	158,07	0,0017	1,74
17	120	0,74	158,07	0,0039	3,89
18	120	0,26	158,07	0,0014	1,37
26	360	0,77	158,07	0,0123	12,26
27	379	0,80	158,07	0,0133	13,30
28	370	0,37	158,07	0,0061	6,09
29	360	0,70	158,07	0,0111	11,09
30	417	0,50	158,07	0,0091	9,13
31	159,4	0,67	158,07	0,0047	4,69
32	120	0,54	158,07	0,0028	2,82
33	120	0,74	158,07	0,0039	3,90
34	120	0,41	158,07	0,0022	2,15
35	120	0,42	158,07	0,0022	2,23
36	120	0,41	158,07	0,0022	2,16
37	132	0,43	158,07	0,0025	2,48
38	159,4	0,42	158,07	0,0030	2,98
39	120	0,45	158,07	0,0024	2,38
40	120	0,47	158,07	0,0025	2,47
41	120	0,49	158,07	0,0026	2,59
42	120	0,66	158,07	0,0035	3,46
43	186	0,39	158,07	0,0032	3,20
44	159,4	0,56	158,07	0,0040	3,95
45	120	0,38	158,07	0,0020	2,03
46	120	0,49	158,07	0,0026	2,60
47	120	0,59	158,07	0,0031	3,12
48	120	0,61	158,07	0,0032	3,19
49	120	0,51	158,07	0,0027	2,69
50	120	0,45	158,07	0,0024	2,38
51	120	0,52	158,07	0,0027	2,72
52	120	0,35	158,07	0,0019	1,86
53	189	0,41	158,07	0,0034	3,42
54	159,4	0,53	158,07	0,0037	3,68

Vazão para lotes com telhado verde no período "seco"					
Lote	Area (m²)	Coeficiente de escoamento superficial (C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão(m³/s)	Vazão(l/s)
55	120	0,26	158,07	0,0014	1,38
56	120	0,66	158,07	0,0035	3,50
57	120	0,36	158,07	0,0019	1,91
58	120	0,45	158,07	0,0024	2,36
59	120	0,36	158,07	0,0019	1,90
60	120	0,54	158,07	0,0029	2,85
61	120	0,48	158,07	0,0025	2,51
62	244	0,40	158,07	0,0043	4,26
63	214,4	0,16	158,07	0,0015	1,52
64	160	0,30	158,07	0,0021	2,10
65	160	0,52	158,07	0,0036	3,64
66	160	0,54	158,07	0,0038	3,79
67	163	0,57	158,07	0,0041	4,09
68	388	0,30	158,07	0,0052	5,16
69	388	0,45	158,07	0,0076	7,64
70	136	0,32	158,07	0,0019	1,93
71	136	0,23	158,07	0,0014	1,35
72	136	0,19	158,07	0,0011	1,14
73	136	0,46	158,07	0,0027	2,74
74	336	0,45	158,07	0,0066	6,64
75	411	0,44	158,07	0,0079	7,90
76	168	0,27	158,07	0,0020	2,02
77	168	0,41	158,07	0,0030	3,02
78	168	0,64	158,07	0,0047	4,69
79	168	0,50	158,07	0,0037	3,69
80	168	0,46	158,07	0,0034	3,41
81	159,4	0,24	158,07	0,0017	1,67
82	150	0,20	158,07	0,0013	1,32
83	150	0,42	158,07	0,0028	2,75
84	159,4	0,45	158,07	0,0032	3,17
85	168	0,50	158,07	0,0037	3,67
86	168	0,39	158,07	0,0029	2,85
87	168	0,56	158,07	0,0041	4,10
88	168	0,56	158,07	0,0042	4,16
89	168	0,45	158,07	0,0033	3,32
90	168	0,44	158,07	0,0033	3,26
91	446	0,56	158,07	0,0110	10,96
7A	292,26	0,29	158,07	0,0037	3,67
Recreação	1930	0,47	158,07	0,0400	40,01
8A	392,26	0,16	158,07	0,0027	2,71

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 35: Vazão dos lotes com telhado verde implantado, para períodos em condição “úmido”.

Vazão para lotes com telhado verde no período "úmido"					
Lote	Area (m²)	Coeficiente de escoamento superficial (C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão(m³/s)	Vazão(l/s)
1	214,4	0,71	158,07	0,0067	6,66
2	160	0,68	158,07	0,0048	4,78
3	160	0,71	158,07	0,0050	4,98
4	160	0,76	158,07	0,0054	5,35
5	160	0,78	158,07	0,0055	5,47
6	160	0,80	158,07	0,0056	5,60
7	160	0,68	158,07	0,0048	4,80
8	160	0,62	158,07	0,0044	4,39
9	160	0,69	158,07	0,0048	4,84
10	163	0,73	158,07	0,0053	5,25
11	435	0,69	158,07	0,0132	13,19
12	120	0,67	158,07	0,0036	3,55
13	120	0,67	158,07	0,0035	3,52
14	120	0,79	158,07	0,0042	4,17
15	120	0,74	158,07	0,0039	3,91
16	120	0,70	158,07	0,0037	3,69
17	120	0,74	158,07	0,0039	3,89
18	120	0,26	158,07	0,0014	1,37
26	360	0,85	158,07	0,0134	13,37
27	379	0,85	158,07	0,0142	14,21
28	370	0,71	158,07	0,0116	11,61
29	360	0,82	158,07	0,0130	12,99
30	417	0,75	158,07	0,0138	13,83
31	159,4	0,80	158,07	0,0056	5,63
32	120	0,77	158,07	0,0040	4,04
33	120	0,83	158,07	0,0044	4,40
34	120	0,72	158,07	0,0038	3,82
35	120	0,73	158,07	0,0039	3,85
36	120	0,73	158,07	0,0038	3,83
37	132	0,58	158,07	0,0034	3,39
38	159,4	0,71	158,07	0,0050	4,99
39	120	0,74	158,07	0,0039	3,90
40	120	0,74	158,07	0,0039	3,93
41	120	0,75	158,07	0,0040	3,97
42	120	0,81	158,07	0,0043	4,25
43	186	0,70	158,07	0,0057	5,72
44	159,4	0,78	158,07	0,0054	5,44
45	120	0,72	158,07	0,0038	3,78
46	120	0,75	158,07	0,0040	3,97
47	120	0,79	158,07	0,0041	4,14
48	120	0,79	158,07	0,0042	4,17

Vazão para lotes com telhado verde no período "úmido"					
Lote	Area (m²)	Coefficiente de escoamento superficial (C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão(m³/s)	Vazão(l/s)
49	120	0,76	158,07	0,0040	4,00
50	120	0,74	158,07	0,0039	3,90
51	120	0,76	158,07	0,0040	4,01
52	120	0,71	158,07	0,0037	3,73
53	189	0,73	158,07	0,0060	6,03
54	159,4	0,75	158,07	0,0052	5,24
55	120	0,60	158,07	0,0032	3,16
56	120	0,81	158,07	0,0043	4,27
57	120	0,71	158,07	0,0037	3,74
58	120	0,74	158,07	0,0039	3,89
59	120	0,71	158,07	0,0037	3,74
60	120	0,77	158,07	0,0041	4,05
61	120	0,75	158,07	0,0039	3,94
62	244	0,69	158,07	0,0074	7,37
63	214,4	0,62	158,07	0,0058	5,83
64	160	0,69	158,07	0,0048	4,84
65	160	0,76	158,07	0,0054	5,35
66	160	0,77	158,07	0,0054	5,40
67	163	0,78	158,07	0,0056	5,57
68	388	0,54	158,07	0,0093	9,26
69	388	0,72	158,07	0,0123	12,33
70	136	0,60	158,07	0,0036	3,58
71	136	0,51	158,07	0,0031	3,07
72	136	0,61	158,07	0,0037	3,67
73	136	0,74	158,07	0,0044	4,43
74	336	0,71	158,07	0,0105	10,51
75	411	0,62	158,07	0,0111	11,14
76	168	0,68	158,07	0,0050	5,03
77	168	0,73	158,07	0,0054	5,35
78	168	0,80	158,07	0,0059	5,90
79	168	0,76	158,07	0,0056	5,57
80	168	0,67	158,07	0,0050	4,98
81	159,4	0,67	158,07	0,0047	4,69
82	150	0,66	158,07	0,0043	4,33
83	150	0,73	158,07	0,0048	4,80
84	159,4	0,72	158,07	0,0051	5,08
85	168	0,75	158,07	0,0056	5,57
86	168	0,71	158,07	0,0053	5,26
87	168	0,77	158,07	0,0057	5,71
88	168	0,78	158,07	0,0057	5,73
89	168	0,70	158,07	0,0052	5,20
90	168	0,74	158,07	0,0054	5,43

Vazão para lotes com telhado verde no período "úmido"					
Lote	Area (m²)	Coeficiente de escoamento superficial (C)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão(m³/s)	Vazão(l/s)
91	446	0,76	158,07	0,0149	14,86
7A	292,26	0,65	158,07	0,0083	8,29
Recreação	1930	0,47	158,07	0,0400	40,01
8A	392,26	0,53	158,07	0,0091	9,13

Fonte: Autor, 2021.

Os principais resultados apresentados demonstram vazões médias para o período “seco” de 3,67 litros por segundo para os lotes de acordo com a tabela 35, e vazões médias de 5,69 litros por segundo considerando o período “úmido”, através da tabela 36. Porém é importante ressaltar que os valores de média mencionados não levam em consideração os valores de vazão do lote denominado “Recreação”.

3. RESULTADOS

3.1. Classificação de uso e ocupação do solo

Após a seleção dos pontos, as informações referentes aos pontos foram retiradas pelas ferramentas existentes denominadas “*Extract values*” no próprio *Software* ArcGis. Em posse dessas informações, foi realizada uma avaliação com as bases do arquivo retiradas do “raster” (Tabela 36).

Tabela 36: Avaliação do resultado de amostragem

Descrição Área	Classe	nº Pontos	Erro (%)
Área Construída	Impermeável	372	3,1%
Vias e calçadas	Impermeável	115	1,0%
Solo Exposto	Permeável	16	0,6%
Vegetação Herbácea / Gramínea	Permeável	14	0,9%
Vegetação Arbórea	Permeável	25	0,3%

Fonte: Autor, 2021.

A classificação demonstrada como “área construída” obteve um erro significativamente superior às demais, devido a necessidade de se utilizar a seleção manual. A margem de erro média se demonstrou em 1,2%, considerando que estes erros são devidos aos sobreamentos obtidos das imagens e áreas que não se apresentam de maneira clara no mapa.

Os dados coletados nesta etapa foram traduzidos em mapa para demonstrar a tipologia do solo. A Figura 16 ilustra o uso e a ocupação do solo considerado ao longo deste projeto.

Figura 16: Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo do loteamento em Jacarepaguá-RJ



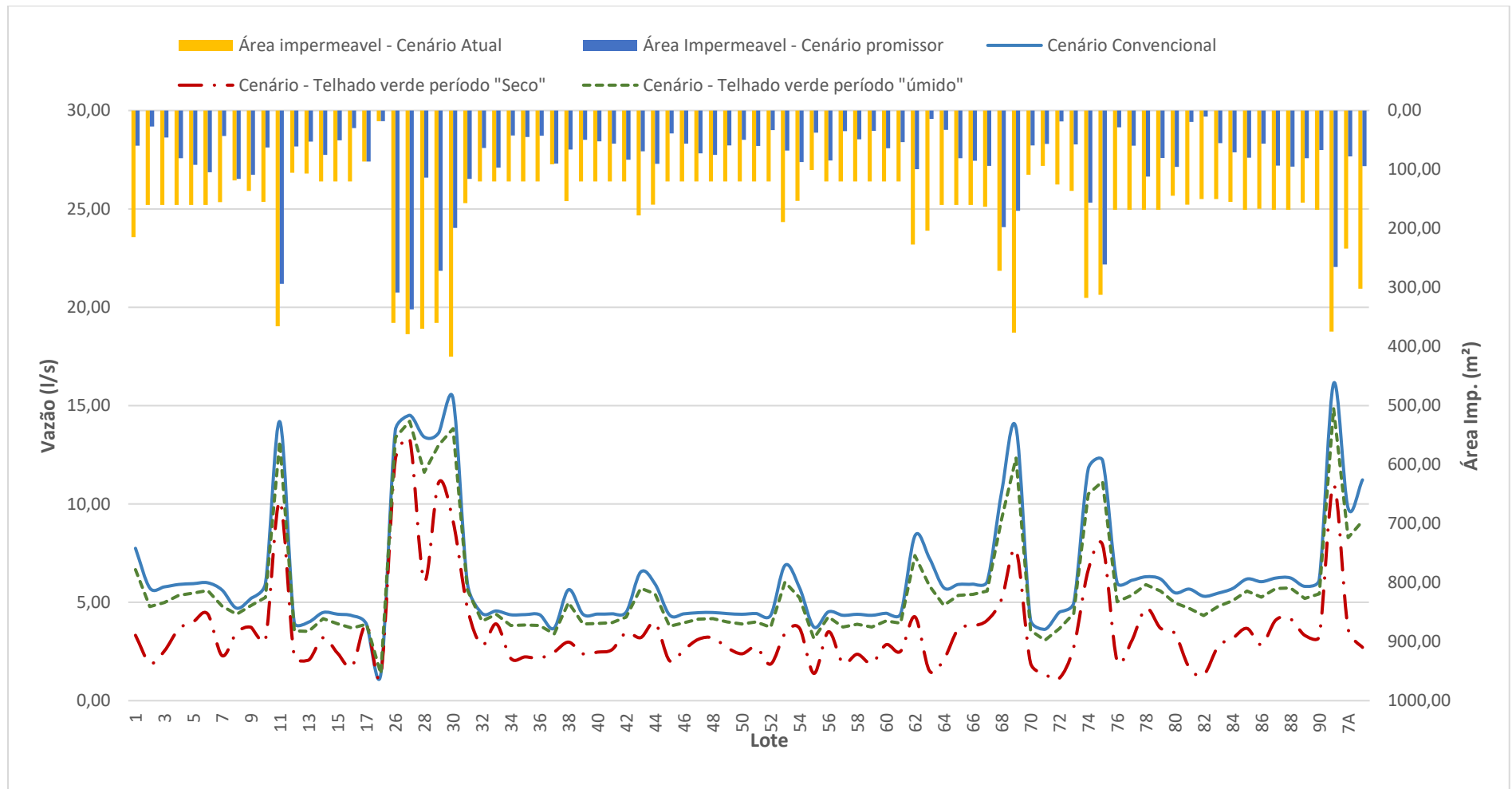
Fonte: Autor, 2021.

3.2. Avaliação de cenários atual e com aplicação de técnica compensatória de telhado verde

O cenário atual com telhados convencionais, e o cenário com o telhado verde implantado em todas as edificações nos lotes foram avaliados, de acordo com as vazões efluentes, bem como com relação às taxas para cada lote.

A avaliação foi realizada pela diferença de vazões calculadas lote a lote, demonstrada nos capítulos 2.10 e 2.11, respectivamente, para as vazões do lote com o telhado convencional, e para as vazões do lote com o telhado verde. Os resultados foram obtidos de forma percentual às reduções de volumes efluentes (Apêndice 6 e Figura 17).

Figura 17: Avaliação de cenários com telhado convencional, telhado verde seco e telhado verde úmido



Fonte: Autor, 2021

Em relação ao telhado convencional, a média da redução de vazões nos lotes, em geral, foi de 44,05%, para os telhados verdes com a condição do telhado verde no período “seco”, e de 10,84% para os telhados verdes, do período “úmido”.

Os lotes sem edificações, que são os lotes de número 17, 18 e o lote denominado “Recreação”, não obtiveram redução ou acréscimo de vazão, conforme era esperado, uma vez que não possuem telhados e, portanto, a medida compensatória não foi considerada. A vazão média dos lotes que era de 6,38 litros por segundo, transformou-se para uma média de 3,69 litros por segundo para o período seco, e de 5,75 litros por segundo para o período úmido.

A redução de vazões dos lotes tende a diminuir o valor da cobrança da taxa de drenagem aplicada para cada lote, bem como ameniza os serviços de descarga de vazão na rede de microdrenagem. A redução de vazão na rede de microdrenagem, devido ao uso de telhado verde foi obtido da metodologia descrita no capítulo 2.4.6 – Caracterização da rede de drenagem existente, de acordo com os menores valores dos coeficientes de escoamento obtidos dos lotes com a medida compensatória (Apêndice 5).

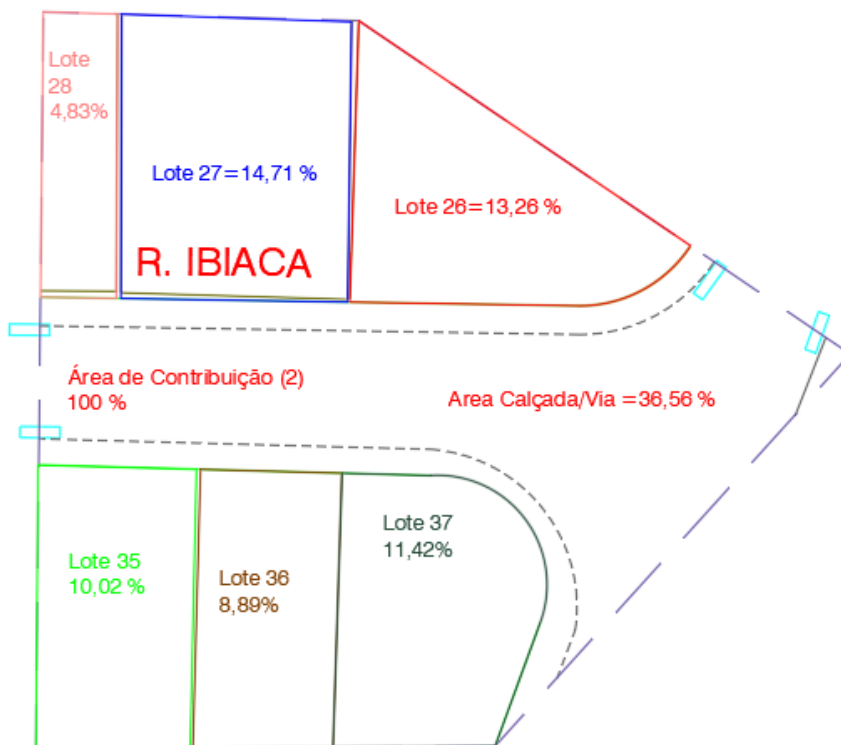
Os valores dos coeficientes de escoamento de cada lote foram calculados a partir da média ponderada das áreas de contribuição. Os coeficientes relativos aos cenários com telhado verde no período seco e período úmido são demonstrados para a área de contribuição C2 do projeto (Figura 18 e Tabela 37).

Tabela 37: Exemplo de cálculo da média ponderada da área de contribuição 2 (C2) com a medida compensatória de telhado verde no período seco e úmido

Descrição	Área de contribuição (C2)	"C" - Lote - Período seco	"C" - Lote - Período úmido
Área lote 27 (%)	14,71%	0,79	0,85
Área lote 26 (%)	13,58%	0,77	0,84
Área lote 28 (%)	4,83%	0,37	0,71
Área lote 35 (%)	10,02%	0,42	0,73
Área lote 36 (%)	8,89%	0,40	0,72
Área lote 37 (%)	11,42%	0,42	0,58
Área Calçadas e vias (%)	36,56%	0,80	0,80
Média ponderada "C" - Área de contribuição C2		0,66	0,77

Fonte: Autor, 2021.

Figura 18: Distribuição de áreas - Área de contribuição "C2"



Fonte: Autor, 2021.

Desse modo, os valores de área de contribuição de acordo com a média ponderada foram extrapolados a todos os demais lotes e áreas de contribuição a partir da metodologia da Rio-Águas, de modo se obter a vazão de toda a rede de drenagem. A vazão calculada para o cenário atual (Apêndice 8) foi calculada com uma vazão de deflúvio de 605,27 litros por segundo ao final da galeria.

Os valores dos coeficientes de escoamento superficiais, modificados conforme a implantação dos telhados verdes, foram inseridos e calculados a partir da média ponderada (Apêndice 8). De acordo com estes valores de coeficiente superficial de escoamento, foram inseridos os coeficientes referentes a cada área de contribuição, e assim calculada a suficiência hidráulica para os cenários com telhado verde no período úmido e no período seco.

A vazão calculada para a rede de drenagem, nos períodos seco e úmido, estão demonstradas nos Apêndices 10 e 11, respectivamente. Logo, os valores que antes eram demonstrados como aproximadamente 605 litros por segundo

no exutório da galeria, são calculados para o período seco, no valor de 448,56 litros por segundo, e para o período úmido como 573,57 litros por segundo, demonstrando assim uma vazão reduzida em 15,56% na média (Tabela 38).

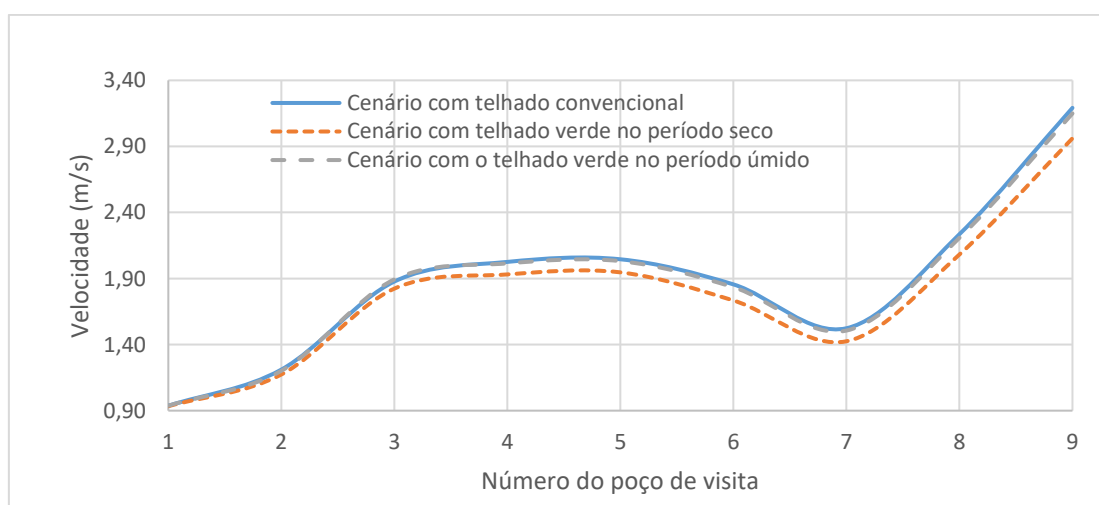
Tabela 38: Vazão ao final da rede de drenagem

Cenário	Vazão no final da rede de drenagem (l/s)	Velocidade máxima na rede (m/s)
Cenário atual sem a implantação da medida compensatória	605,28	3,19
Cenário atual com a implantação da medida compensatória no período "seco"	448,56	2,96
Cenário atual com a implantação da medida compensatória no período "úmido"	573,58	3,15
Redução para o período "seco"	156,72	0,23
Redução para o período "úmido"	31,70	0,04
Redução média (%)	15,56%	4,28%

Fonte: Autor, 2021.

A velocidade do escoamento e a vazão ao longo da rede de drenagem foram calculadas nos 3 (três) cenários (atual, com telhado verde seco, com telhado verde úmido) (Figura 19).

Figura 19: Variação da velocidade ao longo da rede de drenagem, em função dos poços de visitas (PV's)



Fonte: Autor, 2021.

A variação da velocidade ao longo da galeria, demonstrada na figura 18, apresenta comportamento satisfatório, tendo em vista que a velocidade aumenta conforme esperado conforme a rede vai se aproximando de seu exutório, atingindo a sua velocidade máxima na saída da rede. É importante apontar que, conforme esperado os valores absolutos das velocidades para os períodos “seco” e “úmidos”, com a implantação da medida compensatória, foram reduzidos perante o cenário atual, porém apresentam o mesmo comportamento.

3.3.Redução da taxa de cobrança na rede de drenagem

A cobrança da taxa de drenagem está diretamente relacionada ao impacto de vazões efluentes geradas pelo lote, bem como ao lançamento na rede de microdrenagem. Na implantação de uma medida compensatória, como o telhado verde, por exemplo, pode haver uma redução da vazão efluente das edificações, neste lote, de modo que o proprietário seja beneficiado com uma redução da taxa de cobrança na rede de maneira proporcional à redução da vazão gerada em seu lote.

A redução da vazão efluente do lote, conforme mencionado no item 3.1, apresenta sazonalidade, de acordo com os volumes totais precipitados em cada período, e pode chegar a 75,87% no período seco, e 18,68% no período úmido. O percentual de redução de vazões foi aplicado ao valor da cobrança da taxa de drenagem, ainda de acordo com a sazonalidade, conforme capítulo 2.9.2, constituem 10 meses de período úmido, e 2 meses de período seco.

Foram obtidas as reduções de vazões, de acordo com a sazonalidade a partir da média mensal (Tabela 39). Os lotes sem redução em sua cobrança, significa não haver possibilidade de instalação da medida compensatória.

Tabela 39: Redução da cobrança do valor da taxa de drenagem, em função da redução de vazões efluentes dos lotes

Lote	Taxa Anual - Cenário atual - Sem medida compensatória (R\$)		Taxa média mensal (R\$)		Redução da vazão e taxa no período "seco" (%)	Redução da vazão e taxa no período "úmido" (%)	Taxa mensal reduzida no período "seco"		Taxa mensal reduzida no período "úmido"	
1	R\$	354,56	R\$	29,55	57,09%	14,05%	R\$	12,68	R\$	25,39
2	R\$	268,21	R\$	22,35	66,46%	16,36%	R\$	7,50	R\$	18,69
3	R\$	268,21	R\$	22,35	56,37%	13,88%	R\$	9,75	R\$	19,25

Lote	Taxa Anual - Cenário atual - Sem medida compensatória (R\$)		Taxa média mensal (R\$)		Redução da vazão e taxa no período "seco" (%)	Redução da vazão e taxa no período "úmido" (%)	Taxa mensal reduzida no período "seco"		Taxa mensal reduzida no período "úmido"	
4	R\$	268,21	R\$	22,35	38,31%	9,43%	R\$	13,79	R\$	20,24
5	R\$	268,21	R\$	22,35	32,57%	8,02%	R\$	15,07	R\$	20,56
6	R\$	268,21	R\$	22,35	26,38%	6,49%	R\$	16,45	R\$	20,90
7	R\$	260,59	R\$	21,72	59,29%	14,59%	R\$	8,84	R\$	18,55
8	R\$	202,18	R\$	16,85	26,79%	6,60%	R\$	12,33	R\$	15,74
9	R\$	230,12	R\$	19,18	28,19%	6,94%	R\$	13,77	R\$	17,85
10	R\$	260,04	R\$	21,67	48,11%	11,84%	R\$	11,24	R\$	19,10
11	R\$	594,24	R\$	49,52	28,51%	7,02%	R\$	35,40	R\$	46,04
12	R\$	181,87	R\$	15,16	42,70%	10,51%	R\$	8,68	R\$	13,56
13	R\$	183,77	R\$	15,31	48,28%	11,88%	R\$	7,92	R\$	13,49
14	R\$	204,72	R\$	17,06	28,55%	7,03%	R\$	12,19	R\$	15,86
15	R\$	204,72	R\$	17,06	45,12%	11,11%	R\$	9,36	R\$	15,17
16	R\$	204,72	R\$	17,06	59,74%	14,71%	R\$	6,87	R\$	14,55
17	R\$	151,39	R\$	12,62	0,00%	0,00%	R\$	12,62	R\$	12,62
18	R\$	42,82	R\$	3,57	0,00%	0,00%	R\$	3,57	R\$	3,57
26	R\$	585,67	R\$	48,81	10,78%	2,65%	R\$	43,55	R\$	47,51
27	R\$	615,83	R\$	51,32	8,31%	2,05%	R\$	47,05	R\$	50,27
28	R\$	601,54	R\$	50,13	54,59%	13,44%	R\$	22,76	R\$	43,39
29	R\$	585,67	R\$	48,81	18,55%	4,56%	R\$	39,75	R\$	46,58
30	R\$	676,14	R\$	56,35	40,53%	9,98%	R\$	33,51	R\$	50,72
31	R\$	263,47	R\$	21,96	20,97%	5,16%	R\$	17,35	R\$	20,82
32	R\$	204,72	R\$	17,06	36,44%	8,97%	R\$	10,84	R\$	15,53
33	R\$	204,72	R\$	17,06	14,48%	3,57%	R\$	14,59	R\$	16,45
34	R\$	204,72	R\$	17,06	50,75%	12,49%	R\$	8,40	R\$	14,93
35	R\$	204,72	R\$	17,06	49,13%	12,09%	R\$	8,68	R\$	15,00
36	R\$	204,72	R\$	17,06	50,55%	12,44%	R\$	8,44	R\$	14,94
37	R\$	158,82	R\$	13,23	32,82%	8,08%	R\$	8,89	R\$	12,17
38	R\$	257,65	R\$	21,47	47,24%	11,63%	R\$	11,33	R\$	18,97
39	R\$	204,72	R\$	17,06	45,77%	11,27%	R\$	9,25	R\$	15,14
40	R\$	204,72	R\$	17,06	43,92%	10,81%	R\$	9,57	R\$	15,22
41	R\$	204,72	R\$	17,06	41,38%	10,19%	R\$	10,00	R\$	15,32
42	R\$	204,72	R\$	17,06	23,28%	5,73%	R\$	13,09	R\$	16,08
43	R\$	296,49	R\$	24,71	51,00%	12,55%	R\$	12,11	R\$	21,61
44	R\$	267,26	R\$	22,27	33,27%	8,19%	R\$	14,86	R\$	20,45
45	R\$	204,72	R\$	17,06	53,39%	13,14%	R\$	7,95	R\$	14,82
46	R\$	204,72	R\$	17,06	41,23%	10,15%	R\$	10,03	R\$	15,33
47	R\$	204,72	R\$	17,06	30,23%	7,44%	R\$	11,90	R\$	15,79
48	R\$	204,72	R\$	17,06	28,72%	7,07%	R\$	12,16	R\$	15,85
49	R\$	204,72	R\$	17,06	39,27%	9,67%	R\$	10,36	R\$	15,41
50	R\$	204,72	R\$	17,06	45,74%	11,26%	R\$	9,26	R\$	15,14
51	R\$	204,72	R\$	17,06	38,61%	9,50%	R\$	10,47	R\$	15,44
52	R\$	204,72	R\$	17,06	57,09%	14,05%	R\$	7,32	R\$	14,66

Lote	Taxa Anual - Cenário atual - Sem medida compensatória (R\$)		Taxa média mensal (R\$)		Redução da vazão e taxa no período "seco" (%)	Redução da vazão e taxa no período "úmido" (%)	Taxa mensal reduzida no período "seco"		Taxa mensal reduzida no período "úmido"	
53	R\$	314,24	R\$	26,19	50,30%	12,38%	R\$	13,02	R\$	22,94
54	R\$	257,14	R\$	21,43	35,84%	8,82%	R\$	13,75	R\$	19,54
55	R\$	174,25	R\$	14,52	63,02%	15,51%	R\$	5,37	R\$	12,27
56	R\$	204,72	R\$	17,06	22,43%	5,52%	R\$	13,23	R\$	16,12
57	R\$	204,72	R\$	17,06	55,96%	13,77%	R\$	7,51	R\$	14,71
58	R\$	204,72	R\$	17,06	46,25%	11,39%	R\$	9,17	R\$	15,12
59	R\$	204,72	R\$	17,06	56,28%	13,85%	R\$	7,46	R\$	14,70
60	R\$	204,72	R\$	17,06	35,95%	8,85%	R\$	10,93	R\$	15,55
61	R\$	204,72	R\$	17,06	43,06%	10,60%	R\$	9,71	R\$	15,25
62	R\$	374,43	R\$	31,20	49,19%	12,11%	R\$	15,85	R\$	27,42
63	R\$	337,55	R\$	28,13	78,99%	19,44%	R\$	5,91	R\$	22,66
64	R\$	268,21	R\$	22,35	63,39%	15,60%	R\$	8,18	R\$	18,86
65	R\$	268,21	R\$	22,35	38,36%	9,44%	R\$	13,78	R\$	20,24
66	R\$	268,21	R\$	22,35	36,06%	8,88%	R\$	14,29	R\$	20,37
67	R\$	272,98	R\$	22,75	32,58%	8,02%	R\$	15,34	R\$	20,92
68	R\$	445,35	R\$	37,11	51,31%	12,63%	R\$	18,07	R\$	32,43
69	R\$	611,64	R\$	50,97	44,90%	11,05%	R\$	28,08	R\$	45,34
70	R\$	186,94	R\$	15,58	53,21%	13,10%	R\$	7,29	R\$	13,54
71	R\$	163,20	R\$	13,60	62,72%	15,44%	R\$	5,07	R\$	11,50
72	R\$	212,85	R\$	17,74	74,63%	18,37%	R\$	4,50	R\$	14,48
73	R\$	230,12	R\$	19,18	45,07%	11,09%	R\$	10,53	R\$	17,05
74	R\$	518,24	R\$	43,19	43,66%	10,75%	R\$	24,33	R\$	38,55
75	R\$	510,05	R\$	42,50	35,22%	8,67%	R\$	27,54	R\$	38,82
76	R\$	280,91	R\$	23,41	66,33%	16,33%	R\$	7,88	R\$	19,59
77	R\$	280,91	R\$	23,41	50,59%	12,45%	R\$	11,57	R\$	20,49
78	R\$	280,91	R\$	23,41	25,50%	6,28%	R\$	17,44	R\$	21,94
79	R\$	280,91	R\$	23,41	40,38%	9,94%	R\$	13,96	R\$	21,08
80	R\$	243,58	R\$	20,30	37,85%	9,32%	R\$	12,61	R\$	18,41
81	R\$	267,26	R\$	22,27	70,49%	17,35%	R\$	6,57	R\$	18,41
82	R\$	252,34	R\$	21,03	75,14%	18,50%	R\$	5,23	R\$	17,14
83	R\$	252,34	R\$	21,03	49,63%	12,22%	R\$	10,59	R\$	18,46
84	R\$	259,67	R\$	21,64	44,46%	10,94%	R\$	12,02	R\$	19,27
85	R\$	280,91	R\$	23,41	40,63%	10,00%	R\$	13,90	R\$	21,07
86	R\$	278,24	R\$	23,19	52,91%	13,02%	R\$	10,92	R\$	20,17
87	R\$	280,91	R\$	23,41	34,19%	8,42%	R\$	15,41	R\$	21,44
88	R\$	280,91	R\$	23,41	33,31%	8,20%	R\$	15,61	R\$	21,49
89	R\$	262,25	R\$	21,85	42,86%	10,55%	R\$	12,49	R\$	19,55
90	R\$	280,91	R\$	23,41	46,92%	11,55%	R\$	12,42	R\$	20,71
91	R\$	608,91	R\$	50,74	32,04%	7,89%	R\$	34,48	R\$	46,74
7A	R\$	385,37	R\$	32,11	62,53%	15,39%	R\$	12,03	R\$	27,17
8A	R\$	493,67	R\$	41,14	75,87%	18,68%	R\$	9,93	R\$	33,46
Rec.	R\$	1.225,38	R\$	102,11	0,00%	0,00%	R\$	102,11	R\$	102,11

Lote	Taxa Anual - Cenário atual - Sem medida compensatória (R\$)		Taxa média mensal (R\$)		Redução da vazão e taxa no período "seco" (%)	Redução da vazão e taxa no período "úmido" (%)	Taxa mensal reduzida no período "seco"		Taxa mensal reduzida no período "úmido"	
Média	R\$	283,70	R\$	23,64	43,03%	10,59%	R\$	13,55	R\$	21,16
Desv. Padrão	R\$	128,27	R\$	10,69	16,07%	3,96%	R\$	8,37	R\$	9,88

Fonte: Autor, 2021.

A redução nos períodos seco e úmido foi multiplicada, respectivamente, por 10 para o período úmido e por 2 para o período seco, de modo a se obter assim a taxa anual com a implantação de telhado verde em cada lote, e sua redução média, referente à taxa inicial calculada em porcentagem (Tabela 40).

Tabela 40: Taxa reduzida por lote para a implantação da medida compensatória

Lote	Taxa mensal reduzida no período "seco"	Meses para o período "seco"	Taxa mensal reduzida no período "úmido"	Meses para o período "úmido"	Taxa total para o ano reduzida	Taxa total para o ano	Redução (%)
1	R\$ 12,68	2	R\$ 25,39	10	R\$ 279,30	R\$ 354,56	-21,23%
2	R\$ 7,50	2	R\$ 18,69	10	R\$ 201,94	R\$ 268,21	-24,71%
3	R\$ 9,75	2	R\$ 19,25	10	R\$ 212,00	R\$ 268,21	-20,96%
4	R\$ 13,79	2	R\$ 20,24	10	R\$ 230,01	R\$ 268,21	-14,24%
5	R\$ 15,07	2	R\$ 20,56	10	R\$ 235,74	R\$ 268,21	-12,11%
6	R\$ 16,45	2	R\$ 20,90	10	R\$ 241,91	R\$ 268,21	-9,81%
7	R\$ 8,84	2	R\$ 18,55	10	R\$ 203,15	R\$ 260,59	-22,04%
8	R\$ 12,33	2	R\$ 15,74	10	R\$ 182,04	R\$ 202,18	-9,96%
9	R\$ 13,77	2	R\$ 17,85	10	R\$ 206,00	R\$ 230,12	-10,48%
10	R\$ 11,24	2	R\$ 19,10	10	R\$ 213,53	R\$ 260,04	-17,89%
11	R\$ 35,40	2	R\$ 46,04	10	R\$ 531,25	R\$ 594,24	-10,60%
12	R\$ 8,68	2	R\$ 13,56	10	R\$ 152,99	R\$ 181,87	-15,88%
13	R\$ 7,92	2	R\$ 13,49	10	R\$ 150,79	R\$ 183,77	-17,95%
14	R\$ 12,19	2	R\$ 15,86	10	R\$ 182,99	R\$ 204,72	-10,62%
15	R\$ 9,36	2	R\$ 15,17	10	R\$ 170,38	R\$ 204,72	-16,77%
16	R\$ 6,87	2	R\$ 14,55	10	R\$ 159,25	R\$ 204,72	-22,21%
17	R\$ -	2	R\$ -	10	R\$ 151,39	R\$ 151,39	0,00%
18	R\$ -	2	R\$ -	10	R\$ 42,82	R\$ 42,82	0,00%
26	R\$ 43,55	2	R\$ 47,51	10	R\$ 562,20	R\$ 585,67	-4,01%
27	R\$ 47,05	2	R\$ 50,27	10	R\$ 596,80	R\$ 615,83	-3,09%
28	R\$ 22,76	2	R\$ 43,39	10	R\$ 479,45	R\$ 601,54	-20,30%
29	R\$ 39,75	2	R\$ 46,58	10	R\$ 545,29	R\$ 585,67	-6,89%
30	R\$ 33,51	2	R\$ 50,72	10	R\$ 574,25	R\$ 676,14	-15,07%
31	R\$ 17,35	2	R\$ 20,82	10	R\$ 242,92	R\$ 263,47	-7,80%
32	R\$ 10,84	2	R\$ 15,53	10	R\$ 176,99	R\$ 204,72	-13,55%

Lote	Taxa mensal reduzida no período "seco"	Meses para o período "seco"	Taxa mensal reduzida no período "úmido"	Meses para o período "úmido"	Taxa total para o ano reduzida	Taxa total para o ano	Redução (%)
33	R\$ 14,59	2	R\$ 16,45	10	R\$ 193,70	R\$ 204,72	-5,39%
34	R\$ 8,40	2	R\$ 14,93	10	R\$ 166,09	R\$ 204,72	-18,87%
35	R\$ 8,68	2	R\$ 15,00	10	R\$ 167,33	R\$ 204,72	-18,26%
36	R\$ 8,44	2	R\$ 14,94	10	R\$ 166,25	R\$ 204,72	-18,79%
37	R\$ 8,89	2	R\$ 12,17	10	R\$ 139,44	R\$ 158,82	-12,20%
38	R\$ 11,33	2	R\$ 18,97	10	R\$ 212,39	R\$ 257,65	-17,56%
39	R\$ 9,25	2	R\$ 15,14	10	R\$ 169,89	R\$ 204,72	-17,02%
40	R\$ 9,57	2	R\$ 15,22	10	R\$ 171,29	R\$ 204,72	-16,33%
41	R\$ 10,00	2	R\$ 15,32	10	R\$ 173,23	R\$ 204,72	-15,38%
42	R\$ 13,09	2	R\$ 16,08	10	R\$ 187,01	R\$ 204,72	-8,65%
43	R\$ 12,11	2	R\$ 21,61	10	R\$ 240,27	R\$ 296,49	-18,96%
44	R\$ 14,86	2	R\$ 20,45	10	R\$ 234,20	R\$ 267,26	-12,37%
45	R\$ 7,95	2	R\$ 14,82	10	R\$ 164,08	R\$ 204,72	-19,85%
46	R\$ 10,03	2	R\$ 15,33	10	R\$ 173,34	R\$ 204,72	-15,33%
47	R\$ 11,90	2	R\$ 15,79	10	R\$ 181,71	R\$ 204,72	-11,24%
48	R\$ 12,16	2	R\$ 15,85	10	R\$ 182,86	R\$ 204,72	-10,68%
49	R\$ 10,36	2	R\$ 15,41	10	R\$ 174,83	R\$ 204,72	-14,60%
50	R\$ 9,26	2	R\$ 15,14	10	R\$ 169,90	R\$ 204,72	-17,01%
51	R\$ 10,47	2	R\$ 15,44	10	R\$ 175,33	R\$ 204,72	-14,36%
52	R\$ 7,32	2	R\$ 14,66	10	R\$ 161,27	R\$ 204,72	-21,23%
53	R\$ 13,02	2	R\$ 22,94	10	R\$ 255,48	R\$ 314,24	-18,70%
54	R\$ 13,75	2	R\$ 19,54	10	R\$ 222,88	R\$ 257,14	-13,32%
55	R\$ 5,37	2	R\$ 12,27	10	R\$ 133,42	R\$ 174,25	-23,43%
56	R\$ 13,23	2	R\$ 16,12	10	R\$ 187,65	R\$ 204,72	-8,34%
57	R\$ 7,51	2	R\$ 14,71	10	R\$ 162,13	R\$ 204,72	-20,81%
58	R\$ 9,17	2	R\$ 15,12	10	R\$ 169,52	R\$ 204,72	-17,20%
59	R\$ 7,46	2	R\$ 14,70	10	R\$ 161,88	R\$ 204,72	-20,93%
60	R\$ 10,93	2	R\$ 15,55	10	R\$ 177,36	R\$ 204,72	-13,37%
61	R\$ 9,71	2	R\$ 15,25	10	R\$ 171,95	R\$ 204,72	-16,01%
62	R\$ 15,85	2	R\$ 27,42	10	R\$ 305,95	R\$ 374,43	-18,29%
63	R\$ 5,91	2	R\$ 22,66	10	R\$ 238,41	R\$ 337,55	-29,37%
64	R\$ 8,18	2	R\$ 18,86	10	R\$ 205,00	R\$ 268,21	-23,57%
65	R\$ 13,78	2	R\$ 20,24	10	R\$ 229,96	R\$ 268,21	-14,26%
66	R\$ 14,29	2	R\$ 20,37	10	R\$ 232,25	R\$ 268,21	-13,41%
67	R\$ 15,34	2	R\$ 20,92	10	R\$ 239,91	R\$ 272,98	-12,11%
68	R\$ 18,07	2	R\$ 32,43	10	R\$ 360,40	R\$ 445,35	-19,08%
69	R\$ 28,08	2	R\$ 45,34	10	R\$ 509,53	R\$ 611,64	-16,69%
70	R\$ 7,29	2	R\$ 13,54	10	R\$ 149,96	R\$ 186,94	-19,78%
71	R\$ 5,07	2	R\$ 11,50	10	R\$ 125,14	R\$ 163,20	-23,32%
72	R\$ 4,50	2	R\$ 14,48	10	R\$ 153,79	R\$ 212,85	-27,75%
73	R\$ 10,53	2	R\$ 17,05	10	R\$ 191,56	R\$ 230,12	-16,75%

Lote	Taxa mensal reduzida no período "seco"	Meses para o período "seco"	Taxa mensal reduzida no período "úmido"	Meses para o período "úmido"	Taxa total para o ano reduzida	Taxa total para o ano	Redução (%)
74	R\$ 24,33	2	R\$ 38,55	10	R\$ 434,13	R\$ 518,24	-16,23%
75	R\$ 27,54	2	R\$ 38,82	10	R\$ 443,27	R\$ 510,05	-13,09%
76	R\$ 7,88	2	R\$ 19,59	10	R\$ 211,63	R\$ 280,91	-24,66%
77	R\$ 11,57	2	R\$ 20,49	10	R\$ 228,07	R\$ 280,91	-18,81%
78	R\$ 17,44	2	R\$ 21,94	10	R\$ 254,28	R\$ 280,91	-9,48%
79	R\$ 13,96	2	R\$ 21,08	10	R\$ 238,74	R\$ 280,91	-15,01%
80	R\$ 12,61	2	R\$ 18,41	10	R\$ 209,30	R\$ 243,58	-14,07%
81	R\$ 6,57	2	R\$ 18,41	10	R\$ 197,22	R\$ 267,26	-26,21%
82	R\$ 5,23	2	R\$ 17,14	10	R\$ 181,84	R\$ 252,34	-27,94%
83	R\$ 10,59	2	R\$ 18,46	10	R\$ 205,78	R\$ 252,34	-18,45%
84	R\$ 12,02	2	R\$ 19,27	10	R\$ 216,75	R\$ 259,67	-16,53%
85	R\$ 13,90	2	R\$ 21,07	10	R\$ 238,48	R\$ 280,91	-15,11%
86	R\$ 10,92	2	R\$ 20,17	10	R\$ 223,51	R\$ 278,24	-19,67%
87	R\$ 15,41	2	R\$ 21,44	10	R\$ 245,20	R\$ 280,91	-12,71%
88	R\$ 15,61	2	R\$ 21,49	10	R\$ 246,12	R\$ 280,91	-12,38%
89	R\$ 12,49	2	R\$ 19,55	10	R\$ 220,46	R\$ 262,25	-15,93%
90	R\$ 12,42	2	R\$ 20,71	10	R\$ 231,90	R\$ 280,91	-17,45%
91	R\$ 34,48	2	R\$ 46,74	10	R\$ 536,37	R\$ 608,91	-11,91%
7A	R\$ 12,03	2	R\$ 27,17	10	R\$ 295,78	R\$ 385,37	-23,25%
8A	R\$ 9,93	2	R\$ 33,46	10	R\$ 354,41	R\$ 493,67	-28,21%
Rec.	R\$ -	2	R\$ -	10	R\$1.225,38	R\$ 1.225,38	0,00%
Média					238,69	294,53	-15,81%
Total:					20.527,14	24.398,49	

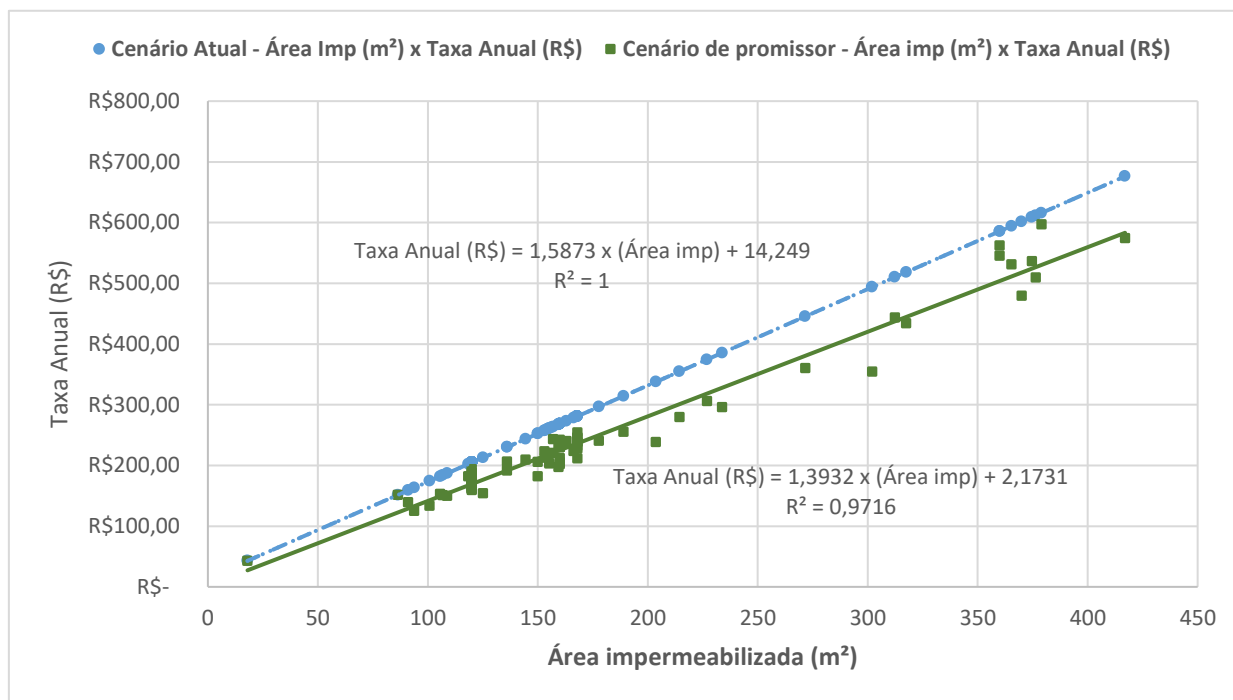
Fonte: Autor, 2021.

Os resultados indicam reduções totais de valores máximos por lotes de até 29,37% e mínimas de 3,09%, com uma média de 15,81% de reduções de taxas cobradas nos lotes, com a implantação de telhado verde. O valor arrecadado anualmente para este loteamento no cenário atual é de R\$ 24.398,49, correspondente ao valor necessário de manutenção e operação da rede de drenagem. Com a implantação do telhado verde em um cenário futuro, o valor anual é de R\$ 20.527,14, ou seja, uma redução total de cerca de 16% no valor arrecadado para todo o loteamento.

Um estudo relativo às taxas anuais e áreas impermeáveis relativos aos cenários estudados, podem ser vislumbrados na figura 20, em que também pode

ser demonstrado uma linha de tendência visando o melhor entendimento de um usuário.

Figura 20: Comparativo entre cenários através da taxa anual de drenagem e área impermeabilizada.



Fonte: Autor, 2021.

É importante demonstrar que com a redução da área impermeabilizada ocorre também a redução da taxa a ser cobrada, tendo em vista que a contribuição na rede de drenagem é menor. Porém é importante apontar que a inclinação da linha de tendencia do cenário futuro é reduzida significativamente, o que demonstra que a redução da taxa é potencializada com a redução da área impermeabilizada.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar as metodologias de cobrança de taxas de drenagem em um loteamento urbano no bairro de Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro, considerando a situação atual e a situação futura, com a possibilidade de instalação de telhado verde. Com a implantação de telhado verde – em cada lote edificado foi possível avaliar também cenários de ocupação do lote para fins de obtenção da cobrança de uma taxa de drenagem, a partir da redução do escoamento superficial em função da manutenção e operação do sistema de microdrenagem.

O estudo avaliou possíveis taxas de drenagem no local estudado aplicadas em um cenário com telhado convencional e um cenário com telhado verde nos períodos “seco” e “úmido”, uma vez que o Rio de Janeiro não possui mecanismo de financiamento direto para a operação/manutenção da rede de drenagem implantada.

A simulação de uma taxa de drenagem nos cenários utilizou três metodologias diferentes para alcançar os valores a serem cobrados, e encontrou na metodologia denominada Unidade equivalente residencial (UER) como a metodologia ideal para o estudo, método este que se baseia na área impermeável de cada lote do loteamento residencial, bem como no orçamento de manutenção e operação da rede de drenagem. Foram utilizadas imagens de satélite e conhecimentos de geoprocessamento para a análise de dados relativos às classes de uso e ocupação do solo.

A utilização da taxa pela metodologia da Unidade equivalente residencial se deve ao fato de uma eficiência do ponto de vista econômico. A simulação da taxa em questão atingiu o valor necessário para a manutenção, sem déficit ou superavit, demonstrando para a população que os valores seriam somente os necessários para a manutenção e operação da rede.

A rede de drenagem atual foi obtida pelo cadastro técnico da Fundação Rio Águas, do município do Rio de Janeiro, do projeto de loteamento número 30065, da Secretaria Municipal de Urbanismo. Com esses dados, obteve-se o cálculo da cobrança da taxa de drenagem de cada lote, de acordo com o

levantamento de áreas de telhado e implantação do telhado verde, bem como da obtenção da redução do volume escoado e do dimensionamento da rede de microdrenagem.

Os resultados indicaram suficiência hidráulica da rede atual do loteamento, de acordo com os cálculos de chuvas intensas da região de Jacarepaguá.

Pode-se concluir um custo total estimado médio de R\$ 927,00 por metro linear de galeria de águas pluviais da rede existente. Os custos anuais médios de manutenção e operação da rede, foi realizado conforme Cruz (2004), que demonstra uma porcentagem do valor investido, sendo convertido para a manutenção da rede, e desta forma, algumas peculiaridades podem ocorrer e não serem computadas neste orçamento. Entretanto, o valor encontrado de R\$24.398,49 (R\$1,39/m²) por ano, é proporcional as literaturas e eficiente no que se propõe para o estudo.

Para o cálculo da taxa de drenagem aplicada para cada lote utilizou-se como referência a renda média dos moradores, de acordo com o setor censitário do ano de 2010, com a correção do salário obtida pela “Calculadora do cidadão” do Banco Central do Brasil, a partir do IPCA. Os valores corrigidos resultaram uma taxa de drenagem aplicada, com um valor médio de 0,70% sobre a renda dos lotes.

Para o cálculo de vazões efluentes dos lotes, foram considerados coeficientes de escoamento superficial do telhado verde de 0,15 no período seco, e de 0,64 no período úmido. No intuito, e na necessidade de calcular uma periodicidade para a utilização dos dois coeficientes distintos, tendo em vista sua disparidade, a metodologia demonstrada por Souza *et al*, (2022) foi utilizada para dimensionar a quantidade de meses para um período “seco” e para um período “úmido”. Assim sendo, foram encontrados para o período “seco” apenas 2 meses no ano e os outros 10 meses como período “úmido”, o que tornou a periodicidade para a cobrança possível.

As vazões para os cenários atuais e cenário futuro foram calculadas pelo mesmo método, modificando apenas os coeficientes de escoamento superficial. Para o cenário atual, utilizou-se para o telhado convencional um coeficiente de

escoamento superficial de 0,8. As vazões médias dos lotes unitários dentro do loteamento obtidas pelo método racional resultaram, respectivamente, para o cenário convencional, telhado verde úmido e telhado verde seco: 6,74 L/s, 5,7 L/s e 3,67 L/s.

As vazões médias totais obtidas no exutório da rede de drenagem foram de 605 L/s, 573,57 L/s e 448,56 L/s, respectivamente para o: cenário convencional, telhado verde úmido e telhado verde seco. As velocidades de escoamento obtidas nesses cenários foram de: 3,19 m/s, 3,15 m/s e 2,96 m/s.

Houve uma redução do valor total da taxa anual de arrecadação de R\$ 24.398,49 (R\$1,39/m²) para R\$ 20.527,14 (R\$1,17/m²), com uma média de R\$ 238,69 por lotes, e uma redução média de 16,38% nos lotes em que foi aplicada a medida do telhado verde.

Em relação à avaliação das taxas, sobre a ocupação atual com o telhado convencional, conclui-se que houve uma redução do valor de cobrança da ordem de 10,84% no período úmido, e de 44,05% no período seco.

Este projeto pode ser replicado para áreas urbanas de características semelhantes, tendo em vista a viabilidade da aplicação de incentivos fiscais, a partir da implantação de medidas compensatórias intralotes para a melhoria dos serviços de infraestrutura urbana.

Desse modo, conclui-se que a implantação de telhados verdes no loteamento residencial pode ser considerada uma medida de incentivo fiscal de cobrança pelos serviços de manutenção e operação do sistema de microdrenagem.

4.1. Fatores limitantes e sugestões para futuros trabalhos

Tem-se como desafios ou oportunidades de melhorias no cálculo da cobrança de taxa de drenagem aplicada em loteamentos residenciais:

- (1) avaliação de parâmetros de cálculo utilizados das metodologias UER, Tucci e Cançado *et al.*,
- (2) visita técnica no local, para fins de validação quanto à classificação de uso e ocupação do solo do loteamento;

- (3) atualização no uso de imagens de satélite, de acordo com a ocupação atual do projeto de loteamento;
- (4) revisão dos valores de renda média familiar, em função da quantidade de residências por edificação no loteamento;
- (5) cálculo de custo de implantação da rede de microdrenagem existente bem como do telhado verde em cada lote, para fins de estimativa do tempo de recuperação do investimento da medida compensatória;
- (6) avaliação das condições de umidade no telhado verde, referente ao módulo comercial utilizado, em relação à sazonalidade pluviométrica da região e
- (7) Análise de outros sistemas modulares comerciais de telhados verdes, para fins de avaliação da redução de vazões e de taxas de cobrança de drenagem.
- (8) Implantação de sistema de informações a serem preenchidos pelos usuários, para fins de adequação da renda familiar, da atualização de tipologia do solo, e manutenção de sistema de incentivos fiscais.

REFERÊNCIAS

ADASA (2018). Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. ADASA é premiada por estudos na área de drenagem urbana. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/1160-adasa-e-premiada-por-estudos-na-area-de-drenagem-urbana>>. Acesso em: 18 maio 2021.

AECOM, T.C. (2013). Ontário Stormwater Financing Study: City of Mississauga. Kitchener. 354p.

AICH, V., LIERSCH, S., VETTER, T., ANDERSSON, J.C.M., MÜLLER, E.N., HATTERMANN, F.F. (2015). Climate or land use? Attribution of changes in river flooding in the Sahel zone. *Water Switz.* 7, 2796–2820. <https://doi.org/10.3390/w7062796>.

ALERTA-RIO (2022). Sistema Alerta Rio. Dados meteorológicos. Acumulados mensais. Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/2020-2/>> .

AMARAL, P. H. (2007). Direito Tributário Ambiental. São Paulo: Revista dos Tribunais, 240p.

AMOGU, O., ESTEVES, M., VANDERVAERE, J.-P., MALAM ABDU, M., PANTHOU, G., RAJOT, J.-L., SOULEY YÉRO, K., BOUBKRAOUI, S., LAPETITE, J.-M., DESSAY, N., ZIN, I., BACHIR, A., BOUZOU MOUSSA, I., FARAN MAÏGA, O., GAUTIER, E., MAMADOU, I., DESCROIX, L. (2015). Runoff evolution due to land-use change in a small Sahelian catchment. *Hydrological Sciences Journal*. 60,78–95. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.885654>.

ANA (2017). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: Relatório pleno. Agência Nacional de Águas. Brasília. 169p. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf> Acesso em 21 de junho de 2021.

ANA (2018). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: Informe anual. Agência Nacional de Águas. Brasília. 72p. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe_conjuntura_2018.pdf> Acesso em 21 de junho de 2021.

ANA (2020). Agência nacional de águas. Panorama das águas; Água no mundo; Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>; acesso em: 21/07/2020

ANA (2020b). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: Informe anual. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília. 118p. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.23309814.pdf>> Acesso em 21 de junho de 2021.

ANTENER, M. (1999). La Revalorisation des milieux naturels em sites périurbains et La gestion de risque d'inondation para dès actions à l'echelles privative – l'exemple de Laville de Zurich, Journée d'Information Aménagement et Eaux Pluviales, Lyon. P.24-25.

AUSTRALIA (2015). Stormwater Management in Australia, Report Commonwealth of Australia, Australian Environment and Communications References Committee, Canberra, Australia.

AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS (2013). Environmental Issues: Water and Conservation. Disponível em: <<https://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/mf/4602.0.55.003>> Acesso em 22 de junho de 2021.

BANCO MUNDIAL (2012). Avaliação de perdas e danos: Inundações e deslizamentos na região serrana do Rio de Janeiro – janeiro de 2011. Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Novembro de 2012. P.63.

BAPTISTA, M., NASCIMENTO N., BARRAUD, S. (2005). Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 266 p.

BAPTISTA, M.B.; NASCIMENTO, N.O. (2002) Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.7, n.1, p.29-49.

BCB (2021). Banco Central do Brasil. Calculadora do cidadão. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>> Acesso em 15 de setembro de 2021.

BEAN, E.Z., HUNT, W.F., BIDELOPACH, D.A., BURAK, R.J. (2004). Study on the surface infiltration rate of permeable pavements. 1st Water and Environment Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering. Saskatoon, Saskatchewan, Canada.

BERNDTSSON, J. C. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*, n. 36, p.351-360.

BIALEK M., CHOJNACKI D., GRABARCZYK T. (2018), *Oplaty za usługi wodne w nowym Praewiewodnym*, Warszawa.

BIDONE, F.; TUCCI, C.E.M. (1995). *Microdrenagem. Drenagem Urbana*, capítulo 3, Editora da Universidade ABRH.

BLACKMORE, J. M., PLANT, R. A. J. (2008). Risk and Resilience to Enhance Sustainability with Application to Urban Water Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134(3), 224-233.

BOGUNIEWICZ-ZABLOCKA, J; CAPODAGLIO, A.G. (2020). Analysis of Alternatives for Sustainable Stormwater Management in Small Developments of Polish Urban Catchments. *Sustainability*, 12(23), 10189. Doi: 10.3390/su122310189.

BRAMPTON (2020). Stormwater Management Financing Study: City of Brampton. Ontario. Disponível em: <
<https://www.brampton.ca/EN/residents/Stormwater/Documents/Stormwater-Infrastructure-Financing-Study.pdf> >. Acesso em 13 de abril de 2021.

BRASIL (2008). Lei nº 6.695, de 10 de dezembro de 2019. Institui o Fundo Municipal de Saneamento Básico – FMSP e dá outras providências. *Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro.

BRASIL (2013). *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012*, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2ª Ed. ver. Ampl. Florianópolis, CEPED, UFSC, 2013

BRASIL (2019). Lei nº 6.695, de 10 de dezembro de 2019. Institui o Fundo Municipal de Saneamento Básico – FMSP e dá outras providências. Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRASIL (2020). Decreto nº 48.009, de 15 de outubro de 2020. Regulamenta a Lei nº 6.695, de 26 de dezembro de 2019, que institui o Fundo Municipal de Saneamento Básico, e dá outras providências. Lex: Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, n. 154, p. 3-4.

BRYNDAL. T., FRANCAZAK. P., KROCZAK. R., WACLAW. C. KOŁODZIEJ. A. (2017). The impact of extreme rainfall and flash floods on the flood risk management process and geomorphological changes in small Carpathian catchments: a case study of the Kasiniczanka River (Outer Carpathians, Poland). *Natural Hazard*, 88(1), 95-120. doi:10.1007/s11069-017-2858-7.

BURSZTA-ADAMIAK (2010). Narzedzia motywacyjne dla poprawy gospodarki wodami opadowymi. *Przegląd Komunalny*, 4(223), pp. 79-81.

BURSZTA-ADAMIAK, E (2014). The financial mechanisms of urban stormwater management. In *Water in the City Sustainable Development Applications Series 5*; Sendzimir Foundation: Krakow, Poland; pp. 57–69. Disponível em: https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/11/ZRZ5_web.pdf. Acesso em 18 de abril de 2021.

CAMERON, J., CINCAR, C., TRUDEAU, M., MARSALEK, J., SCHAEFER, K. (1999). User pay financing of stormwater management: A case-study in Ottawa-Carleton, Ontario. *Journal of Environmental Management*, 57(4), 253–265. doi:10.1006/jema.1999.0298

CAMPBELL (2013). The Western Kentucky University Stormwater Utility Survey 2013. Bowling Green, Kentucky. 59 p. Disponível em: <https://www.wku.edu/engineering/civil/fpm/swusurvey/western_kentucky_university_swu_survey_2013.pdf>.

CAMPBELL (2018). The Western Kentucky University Stormwater Utility Survey 2018. Bowling Green, Kentucky. Disponível em: <<https://www.wku.edu/seas/undergradprogramdescription/swusurvey2018.pdf>>. Acesso em 12 de abril de 2021.

CAMPOS, M.M.; AZEVEDO, F.R. (2013). Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto. *Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Junior*. Juiz de Fora, maio de 2013. Edição I. p.23-42. Disponível em: <<https://www.jornaleletronicofivj.com.br/je/vj/article/view/501>>. Acesso em 18 de junho de 2021.

CANÇADO, V., NASCIMENTO, N. de O., CABRAL, J. R. (2006). Cobrança pela Drenagem Urbana de águas pluviais: bases conceituais e princípios microeconômicos. *RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v.11, n.2, p.15-25.

CANHOLI, A. P. (2005). *Drenagem urbana e controle de enchentes*, Oficina de Texto, São Paulo, SP, 2005.

CARRON, D.; GUENEGOU, S. (2013). État des lieux des modes de financement des eaux pluviales em France. *Techniques Sciences Méthodes (TSM)*, nº 5.

CARTER, T. L.; RASMUSSEN, T.C. Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 42, n. 5, p.1261-1274, 2006.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. (2010). A. Uso de Telhados Verdes no Controle Quantitativo do Escoamento Superficial Urbano. *Atitude, Construindo Oportunidades: revista de divulgação científica da Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre*, Porto Alegre, v. 4, n. 7, p. 75-81.

CASTRO, A.L.C. (2003). *Manual de Desastres: Desastres Naturais*. Brasília (DF): Ministério da integração.

CASTRO, M.A.H. (2021). Redes de Drenagem Urbana no Brasil: Como aumentar a precisão no planejamento e dimensionamento hidráulico de galerias. *Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade*. Florianópolis, v.1, n.3, p. 1-6.

CERTU (2012). *Taxe por la gestion des eaux pluviales urbaines*. Fiche Décryptage Grenelle, 4p.

CHARMECK (2020). Mecklenburg Stormwater Services. Storm Water Fees Disponível:<<https://charlottenc.gov/StormWater/Fees/Pages/CurrentFees.aspx>> . Acesso em 12/04/2021

CHOULI, E., AFTIAS, E., DEUTSCH, J.C. (2007). Applying storm water management in Greek cities: learning from the European experience. *Desalination*, 210(1-3), 61–68. doi:10.1016/j.desal.2006.05.033

COLLINS, K.A., HUNT, W.F., HATHAWAY, J.M. (2006). Evaluation of various types of permeable pavements with respect to water quality improvement and flood control. 8th International Conference on Concrete Block Paving, San Francisco, CA.

COOMBES, P.J. (2015). Transitioning drainage into urban water cycle management. In: *Proceedings of the International Water Sensitive Urban Design 9th*. Engineers Australia, Barton, ACT, Australia, p.79-88.

CRED (2015). The human cost of natural disasters: a global perspective. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. School of Public Health of the Université catholique de Louvain. Brussels. Disponível em: <<https://reliefweb.int/report/world/human-cost-natural-disasters-2015-global-perspective>>. Acesso em 21 de junho de 2021.

CRED (2016). The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995–2015. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Disponível em:<<https://reliefweb.int/report/world/human-cost-weather-related-disasters-1995-2015>>. Acesso em 21 de Junho de 2021.

CREUTIN, J.D., BORGA, M. (2003) Radar hydrology modifies the monitoring of flash-flood hazard. *Hydrological Processes*, 17(7), 1453-1456. doi:10.1002/hyp.5122

CRUZ, M. A. S. (2004). Otimização do Controle da Drenagem em Macro-bacias Urbanas. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre. BRRS, 217 p.

CRUZ, M. A. S., ARAÚJO, P. R., AGRA, S. G., SOUZA, V. C. B. de COLLISCHONN W. (2001). Valorização da água no meio urbano: um desafio possível. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*.

DARAIA, P.S, REDA, A.L.L. (2017). “Telhados verdes: estudo quantitativo de eficácia técnica e econômica”, In: XVII Safety, Health and Environment World Congress, pp. 35-39, Vila Real, Portugal.

DEBO, T., REESE, A. (1995). *Municipal stormwater management*. 2. ed. New York: Lewis Publishers, 1995. 1153 p.

DELGADO G.C. (2014). Ciudad, agua y cambio climático: una aproximación desde el metabolismo urbano. *Medio Ambiente y Urbanización* 80 (1), 95–123. (29).

DHAKAL, K. P., CHEVALIER, L. R. (2017). Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *Journal of Environmental Management*, 203, 171–181. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.07.065.

DOLL, A., SCODARI, P.F., LINDSEY, G. (1998). Credits as economic incentive for on-site stormwater management: issues and examples. In: *Proceedings of the US Environmental Protection Agency National Conference on Retrofit Opportunities for water Resource Protection in Urban Environments*, US EPA, Chicago, pp.113-117.

DUNCAN, R. (2001). Selecting the ‘Right’ Stormwater Utility Rate Model – An Adventure in Political and Contextual Sensitivity in: *Bridging the Gap: Meeting the World’s Water and Environmental Resources Challenges*, pp. 1-9.

EDMONTON (2021). Stormwater Utility FAQ for residential customers. Disponível em: < <https://www.epcor.com/products-services/drainage/rates-terms-and-conditions/Pages/faqs.aspx> >. Acesso em 13 de abril de 2021.

EM-DATA (2019). “2018 Review of Disaster Event”, in *The International Disaster Database*. Centre for research on the Epidemiology of Disasters - CRED, pp. 2. Disponível em: < <https://www.emdat.be/2018-review-disaster-events> >. Acesso em 31 de maio de 2021.

EPA (2008) - Environmental Protection Agency. Funding Stormwater Programs. United States, 2008, 5p. Disponível em: < <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=P1002Z3W.txt> >. Acesso em 22 de junho de 2021.

EU (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy, OK L 327, 22.12.2000, p. 1-73.

FCGOV. (2015). Fort Collins City Stormwater. Disponível em: < <http://www.fcgov.com/utilities/residential/rates/stormwater> > . Acesso em 22 de junho de 2021.

FERREIRA, A.M.R; MONTENEGRO, M.H.F; ALBUQUERQUE FUJIWARA, F.L. (2018). Utilização de geotecnologias em estudos de financiamento dos serviços públicos de drenagem urbana. 48º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE.

FIORILLO, C.A.P.; FERREIRA, R.M. (2010) Direito Ambiental Tributário. 3ª ed. São Paulo: Saraiva. 204p.

FISHER-JEFFES; ARMITAGE (2013). Charging for stormwater in South Africa. WSA, [s.l], v.39, n.3, p.429-436, 3 jul. 2013. African Journals Online (AJOL). DOI: 10.4314/wsa.v39i3.13.

FLETCHER, T.D., SHUSTER, W., HUNT, W.F., ASHLEY, R., BUTLER, D., ARTHUR, S., VIKLANDER, M. (2014). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal, 12(7), p.525-542. doi:10.1080/1573062x.2014.916314.

FRENI, G., MANINA, G., VIVIANI G. (2010). Urban Storm-water quality management: centralized versus source control. Journal Water Resource Plan Management. 136:2.

GHISI, E., BRESSAN, D.L., MARTINI, M. (2007). Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil? Build Environmental. 42(4), p.1654-1666.

GIDES (2018). Projeto de Fortalecimento da estratégia Nacional de gestão integrada de riscos de desastres. Manual Técnico para elaboração, transmissão e uso de alertas de risco de movimentos de massa. São José dos Campos – São Paulo. V.2. p.162.

GOFORTH, G. (1983). An advancement in hydraulic modeling of porous pavement facilities. Proceedings of Conference and Water Quality Model User Group Meeting, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, p.282.

GOMES, C.A.B.M., BAPTISTA, M.B., NASCIMENTO, N.O. (2008). Financiamento da Drenagem Urbana: Uma reflexão. ABRH. 13(3), p.93-104.

HAARHOF, T. (1996). Taxation of surface runoff from urban areas: a useful step towards sustainable urban drainage management. In 8th International Conference of Urban Storm Drainage, Hannover: 155 International Association for Hydraulic Research. Anais. Hannover, 1996, p.395-400.

HENEINE, M. C. A. S. Cobertura Verde. 2008. 49 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

HENRY (2021). Stormwater Management – FAQ. Disponível em: <<http://www.co.henry.ga.us/Departments/S-Z/Stormwater-Management#q3>>. Acesso em 13 de abril de 2021.

HYDROTEC (2007). Hydrotec Membrane Corporation. Garden Roof Planning Guide. Canadá, 2007. p.19.

IBGE (2010). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Despesas, rendimentos e condições de vida. Rio de Janeiro. p.222.

IBGE (2010a). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas. Downloads. Censos. Censo Demográfico 2010. Resultados do universo. Agregados por setores. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>>. Acesso em 15 de setembro de 2021.

ICJ (2021). Instituto Cidade Jardim. Flat & Modular. Sistema Flat. Disponível em :< <https://institutocidadejardim.com.br> >. Acesso em 10 de novembro de 2021.

IMTEAZ, M.A., TAYLOR, J., PATERAS, M., SHANABLEH, A. (2009). Effectiveness and Payback Period Analysis of Rainwater Tanks Constructed within Swinburne University of Technology. SSEE International Conference. Melbourne – Australia. 23-24 Novembro de 2009.

INPE (2016). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Manuais- Tutorial de geoprocessamento. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em 26 de julho de 2021.

IPCC. (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. AR5 – WGI. WMO / UNEP. Ginebra, Suíça.

JAWECKI B., SOBOTA M., BURSZTA-ADAMIAK E. (2019). The influence of new legal regulations on the method of determining the amount of fees for discharging rainwater and snow water to water. Wrocław. Fundacja Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych. <https://doi.org/10.34659/dc9e-jf91>.

JONES, J.A.A. (2010). Water Sustainability: A Global Perspective. Hodder Education, London 2010.

KARAMOUZ, M., ZAHMATKESH, Z. (2016). Quantifying Resilience and Uncertainty in Coastal Flooding Events: Framework for Assessing Urban Vulnerability. Journal of Water Resources Planning and Management, 143(1), 04016071. doi:10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000724.

KITCHENER (2021). Water and environment. Stormwater. Stormwater Utility. Disponível em: <<https://www.kitchener.ca/en/water-and-environment/stormwater-utility.aspx>>. Acesso em 26 de junho de 2021.

KUANG, X., SANSALONE, J., YING, G., RANIERI, V. (2011). Pore-structure models of hydraulic conductivity for permeable pavement. Journal of Hydrology. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.11.024.

LANNA, A. E. (2001). Instrumentos Econômicos de Gestão das Águas: Aplicações no Brasil. Relatório de Consultoria Contratada pelo Ministério do Meio Ambiente.

LCC (2021). Logan City Council 2021 Building and Development. Building and plumbing. Plumbing and drainage. Logan City. Australia. Disponível em: <<https://www.logan.qld.gov.au/building-and-plumbing/plumbing-and-drainage>>. Acesso em 22 de abril de 2021.

LEGIFRANCE (2016). Décret n° 2015-1039 du 20 août 2015 relatif au service public de gestion des eaux pluviales urbaines. Disponível em: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=426B576150D59C71719001631CC98BE1.tpdila16v_2?cidTexte=LEGITEXT000031081059&dateTexte=20150822&categorieLien=cid#LEGITEXT000031081059>. Acesso em 14 de abril de 2021.

LENGLER, C; MENDES, C.A.B. (2013). O financiamento da manutenção e operação do sistema de drenagem urbana de águas pluviais no Brasil. Revista Brasileira de estudos urbanos e regionais. v.15 n.1. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2013v15n1p201>.

LEOCADIO, J.F., RODRIGUES, C.G.R., NOGUEIRA, M.M., REIS, A.W.Q.R., OHNUMA JR, A.A. (2017). Avaliação da operação de um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais. I Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos. 25 a 27 de outubro de 2017.

LID CENTER (2005). Low impact development for big box retailers. Prepared By: The Low Impact Development Center, Inc. Disponível em: <www.lowimpactdevelopment.org>. Acesso em 21 de junho de 2021.

LISBOA, E.G.; BARP, A.R.B.; MONTENEGRO, A.D. (2012). A cobrança de taxa como alternativa de financiamento para um plano de drenagem no município de Belém/PA. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.17,p.53-67.

LOCATELLI, L. (2014). Modelling of green roof hydrological performance of urban drainage application. Jornal Hydrology, n. 519, p. 3237-3248.

MARCON, H.; VAZ JUNIOR, S. N. (1999). Proposta de remuneração dos custos de operação e manutenção do sistema de drenagem no município de Santo

André – A Taxa De Drenagem. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro. ABES.

MARSALEK, J. (2005). The current state of sustainable urban stormwater management: an international perspective. Japan and Taiwan International Workshop on Urban Regeneration 2005 - Air and Water.

MEDEIROS, V.S. (2013). Análise Estatística de Eventos Críticos de Precipitação Relacionados a Desastres Naturais em Diferentes Regiões do Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 207p.

MEDIONDO, E.M.; CUNHA, A.R. (2004). Experimento Hidrológico para aproveitamento de águas de chuva usando coberturas verdes leves. São Carlos. USP/SHS – Processo FAPESP 03/06580-7

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

MINNEAPOLIS (2021). Minneapolis Stormwater Utility Fee FAQ. Disponível em: <<https://www2.minneapolismn.gov/government/departments/publicworks/surface-water-sewers>> Acesso em 13 de abril de 2021.

MORAN, A. (2004). A North Carolina Field Study to Evaluate Greenroof Runoff Quantity, Runoff Quality, and Plant Growth. Dissertation (M.S.Thesis) – North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.

NASCIMENTO, C. M. L do. (2015). “Avaliação das relações chuva vazão em telhados verdes modulares sob chuva simulada induzida”. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

NASCIMENTO, N. de O.; CANÇADO, V; CABRAL, J. R. (2006). Estudo da Cobrança pela Drenagem Urbana de Águas Pluviais por meio da Simulação de uma Taxa de Drenagem. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.11, n.2, p.135-147.

NELSON, G., ROSEGRANT, M., PALAZZO, A., GRAY, I., (2010). Food Security, Farming, and Climate Change to 2050: Challenges to 2050 and Beyond 66

International Food Policy Research Institute (IFPRI) Retrieved from. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/33400>. NRCS, U., 2004. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall 630 National Engineering Handbook À Part.

NOUVEAU, N.LE; DEROUBAIX, J.F; DIOU, G.; TARDIVO, B. (2013). La taxe pour la gestion des eaux pluviales urbaines, um révélateur de l'action publique: Analyse des premières expèriences em France. Techniques Sciences Méthodes (TSM), nº 6.

OGIE, R.I.; HOLDERNESS T.; DUNN S.; TURPIN E. (2018). "Assessing the vulnerability of hydrological infrastructure to flood damage in coastal cities of developing nations". Comput. Environ. Urban System. V.68. pp 97-109.

OHNUMA JR. A. A.; ALMEIDA NETO, P; MEDIONDO, E. M. (2014). Análise da retenção hídrica em telhados verdes a partir da eficiência do Coeficiente de Escoamento. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 2, p. 41-52.

OHNUMA, Jr, A. A.; OBRACZKA, M.; SILVA Jr., L. C. S. (2018). Metodologia para seleção de microbacias de drenagem urbana para implantação de micro reservatórios: estudo de caso da bacia da Tijuca, RJ. Sistemas & Gestão, Vol. 13, No. 4, pp. 458-468, disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1393>> Acesso em 22 de junho de 2021.

OLIVEIRA, E. W. N. (2009). "Telhados Verdes Para Habitações de Interesse Social: retenção das águas pluviais e conforto térmico", Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ORLANDO., (2021). Stormwater utility fee. Disponível em:< <http://www.cityoforlando.net/streets-stormwater/wp-content/uploads/sites/44/2014/03/FLOWCHART-FOR-2014-BILLING-YEAR.pdf>>. Acesso em 12 de abril de 2021

PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L. G. (2010). Hydrologic Restoration in the Urban Environment Using Green Roofs. Genova, Italia. Water Jornal, n. 2, p. 140-154.

PANNEL, D., 2008. Public benefits, private benefits, and policy mechanism choice for land-use change for environmental benefits. *Land Econ.* 84 (2), 225–240.

PARTZSCH (2009). Smart regulation for water innovation – the case of decentralized rainwater technology. *Journal of Cleaner Production* v.17, p985-991. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.01.009>>

PECK, S. W. (1999). Greenbacks From Green Roofs: forging a new industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation. 1999. Disponível em: <<http://www.greenroofs.org>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

PMSB (2015). Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre, Volume 1 - Diagnóstico. Acesso em 01/11/2020. http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/01_pmsb_diagnostico_web.pdf.

POMPÊO, C.A. (2000). Drenagem Urbana Sustentável. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.5, n.1, p.15-23.

PORTLAND (2020). Stormwater Management Manual 2020. Portland. Disponível em: < <https://www.portland.gov/bes/stormwater/swmm> > Acesso em 22 de junho de 2021.

PR (2017). Prefeitura da Cidade do Recife. Plano de gestão da manutenção da rede de drenagem da cidade do recife. Nota Técnica da EMLURB.

PRINCE GEORGE'S COUNTY (1999). Department of Environmental Resources. Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach. Maryland. 150p.

RENTERGHEM, V. T.; BOTTELDOOREN, D. (2009). Reducing the Acoustical Façade Load From Road Traffic with Green Roofs. *Building and Environment*, v. 44, n. 5, p. 1081-1087.

RIGHETTO, A. M. (2009). Manejo de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 369p. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2021.

RIO-ÁGUAS (2019). Fundação Rio-Águas. Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana. Disponível em: <
http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4244719/InstrucaoTecnicaREVI_SAO1.pdf>. Acesso em 25 de agosto de 2021.

ROCKY MOUNT. (2015). Public Works – Stormwater Management. Disponível em: < <https://www.rockymountva.org/public-works> >. Acesso em 22 de junho de 2021.

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

ROY, A.H., WENGER, S.J., FLETCHER, T.D., WALSH, C.J., LADSON, A.R., SHUSTER, W.D., BROWN, R.R. (2008). Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: lessons from Australia and the United States. *Environmental Management* 42(2), p.344-359.

SANTOS, P. T. da S.; SANTOS, S. M. dos; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P.; MOURA, G. S. S. de; ANTONIO, A. C. D. (2013). Telhado Verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-174.

SARASOTA COUNTY. (2004). Department of Planning. Transfer of Development Rights Ordinance. Florida. In: Stormwater Management Resource's Center. (site) 2004. Disponível em:<<http://www.stormwatercenter.net>> Acesso em 12/09/2020.

SASKATOON (2021). Stormwater. Disponível em: <
<https://www.saskatoon.ca/services-residents/power-water-sewer/storm-water> >. Acesso em 13 de abril de 2021.

SCHOLZ, M., & GRABOWIECKI, P. (2007). Review of permeable pavement systems. *Building and Environment*, 42(11), 3830–3836. doi:10.1016/j.buildenv.2006.11.016

SEBASTIÃO, S. M. (2010). Tributo Ambiental: extrafiscalidade e função promocional do Direito. 1.ed. 2006. 5.reimp. Curitiba: Juruá. 352p.

SEMSWA (2021). Southeast Metro Stormwater Authority Board of Directors. Disponível em: < <http://www.semswa.org/>>. Acesso em 12 de abril de 2021.

SHUSTER, W. D., BONTA, J., THURSTON, H., WARNEMUENDE, E., SMITH, D. R. (2005). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: a review. Urban Water Journal, vol. 2, n° 4, 263-275.

SILVEIRA, A. L. L. (2002). Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão. Apostila do curso Gestores Regionais de Recursos Hídricos. 1ª Ed. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq) - UFRGS, Rio Grande do Sul.

SISCOB (2021). Catálogo do Sistema de Obras. Sistema de Acompanhamento de Obras e Serviços. Itens de Serviços. Disponível em: < <http://www2.rio.rj.gov.br/sco/>>. Acesso em 20 de Julho de 2021.

SNIS (2019). Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 4º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 185 p.: il.

SNSA (2005). Gestão do território e manejo integrado de águas urbanas: Cooperação Brasil-Itália em saneamento ambiental. Programa de modernização do setor de saneamento – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental- Brasília: Ministério das cidades, 270p.

SOUZA, C. F. (2005). Mecanismos técnico-institucionais para a sustentabilidade da Drenagem XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 20 Urbana. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre. BR-RS, 193 p.

SOUZA, C. M.; ALMEIDA, J. C. A.; ALVES, L. D.; DOMINGOS, R. R.; BILA, D. M.; OHNUMA JR, A. A. Avaliação da sazonalidade do fenômeno da primeira carga de lavagem em um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais. Engenharia Sanitaria e Ambiental, 2022.

SPILLER, D. (2008). Water for today, water for tomorrow: establishment and operation of the SEQ water grid. Australian Economic Review 41(4), p.420-427.

STORMWATERAUS (2021). Stormwater Australia. About us. Australia. Disponível em: < <https://www.stormwater.asn.au/aboutus/about-us> >. Acesso em 22 de abril de 2021.

SYDNEY WATER (2021). Accounts & billing. Understanding your bill. Our prices. Review of prices for Sidney Water Final Report. Disponível em: < <https://www.ipart.nsw.gov.au/files/sharedassets/website/shared-files/pricing-reviews-water-services-metro-water-prices-for-sydney-water-corporation-from-1-july-2020/legislative-requirements-prices-for-sydney-water-corporation-from-1-july-2020/final-report-review-of-prices-for-sydney-water-june-2020.pdf> >. Acesso em 22 de abril de 2021.

TAM, V.W.Y., TAM, L., ZENG, S.X., (2010). Cost effectiveness and tradeoff on the use of rainwater tank: an empirical study in Australian residential decision-making. *Resources, Conservation & Recycling*. 54 (3), 178–186.

TAMAGNONE, P., COMINO, E., ROSSO, M. (2020). Rainwater harvesting techniques as an adaptation strategy for flood mitigation. *Journal of Hydrology*. V. 586. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124880>.

TAPSUWAN, S., BURTON, M., MANKAD, A., TUCKER, D., GREENHILL, M., (2014). Adapting to less water: household willingness to pay for decentralised water systems in urban Australia. *Water Resources Manage* 28 (4), 1111–1125.

TASCA, F. A., ASSUNÇÃO, L. B., FINOTTI, A. R. (2017). International experiences in stormwater fee. *Water Science and Technology*, 2017(1), 287–299. doi:10.2166/wst.2018.112.

TASCA, F.A. (2016). Simulação de uma taxa para manutenção e operação de drenagem urbana para municípios de pequeno porte/ Fabiane Andressa Tasca; Orientadora, Alexandra Rodrigues Finotti; Coorientador, Cesar Augusto Pompêo. Florianópolis, SC, 163p.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154.

TORRES, H.T. (2006). Da relação entre competências constitucionais tributária e ambiental: os limites dos chamados “tributos ambientais”. p96-156 (Org.). Direito Tributário Ambiental. Malheiros, São Paulo.

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

TUCCI C.E.M. (1997). Água no Meio Urbano. 1ª Edição. Porto Alegre. ABRH.

UN (2019). Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423). Population size, growth, and age structure. New York, EUA 2019. Disponível em: < https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf>. Acesso em 18 de junho de 2021.

UNESCO (2003) Water for people Water for life. The United Nations World Water Development Report. 2003.

UNWATER (2018). Escasez de água. Hechos y cifras. Retrieved September 12, 2018. Disponível em:< <http://www.unwater.org/water-facts/scarcity/>>. Acesso em 18 de junho de 2021.

US EPA (2000). Low Impact Development – A Literature Review. EPA-841-B-00 005. Washington, DC: Office of Water, 2000.

VALIRON, F.; TABUCHI, J, P. (1992). Maitrise de la pollution urbaine par temps de pluie. Paris: Tec&Doc – Lavoisier, 564 p.

VECCHIA, F (2005). Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio experimental. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO MEIO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., Maceió, 2005, Maceió. Anais...Maceió: ANTAC,2005.

VELOSO N. da S.L., MENDES R.L.R (2013). Aspectos legais do uso da água de chuva no Brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 1-8.

VIANA, L.P.S., IKEMOTO, S., GIORI, J., FORMIGA JOHNSON, R., JUNIOR, J. (2011). Sistema de Alerta de Cheias do Estado do Rio de Janeiro: Situação atual e perspectivas. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

Associação Brasileira de Recursos Hídricos. XVIII SBRH. ABRH. Campo Grande. MS.

VICTORIA (2021). Stormwater Utility. Residents. Water Sewer Stormwater. Stormwater. Stormwater Utility. Disponível em: <
<https://www.victoria.ca/EN/main/residents/water-sewer-stormwater/stormwater/stormwater-utility.html>>. Acesso em 13 de abril de 2021.

WALSH, T.C., POMEROY, C.A., BURIAN, S.J. (2014) Hydrologic modeling analysis of a passive, residential rainwater harvesting program in an urbanized, semi-arid watershed. Journal of Hydrol. 508, p.240-253.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.10.038>.

WRG (2012). The Water Resources Group. Briefing report prepared for the World Economic Forum Annual Meeting 2012 in Davos-Klosters. Switzerland. The World Economic Fórum. Disponível em: <
http://www3.weforum.org/docs/WEF/WRG_Background_Impact_and_Way_Forward.pdf>.

YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. (2008). Quantifying Air Pollution Removal by Green Roofs in Chicago. Atmospheric Environment, v. 42, n. 31, p. 7266-7273.

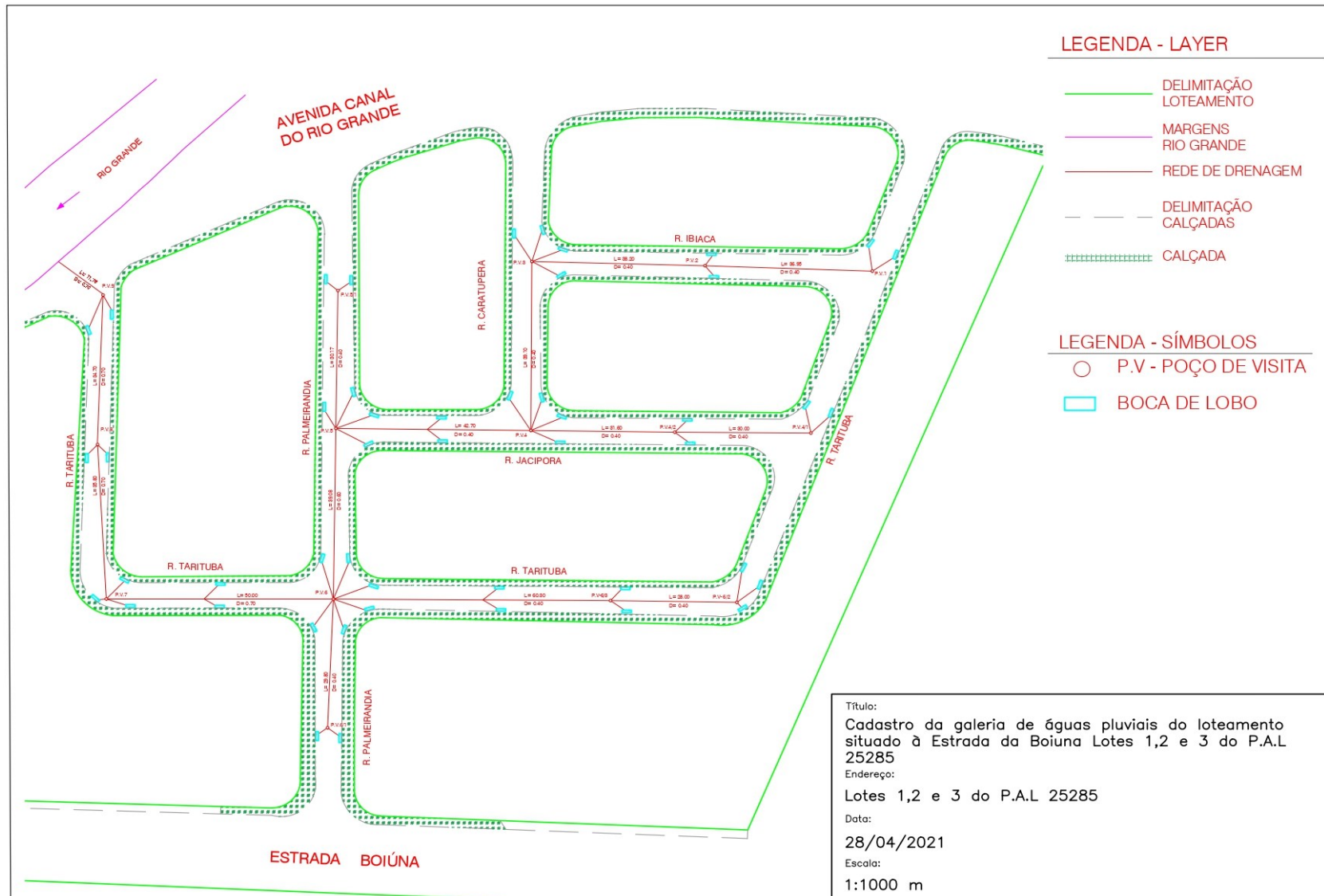
ZAHMATKESH, Z., (2014). An algorithm for assessment of flood adaptability and resiliency in coastal cities. Ph.D. Thesis, College of Engineering, University of Tehran.

ZHANG, F., POLYAKOV, M., FOGARTY, J., PANNELL, D.J. (2015). The capitalized value of rainwater tanks in the property market of Perth, Australia. Journal of Hydrology, 522, 317–325.

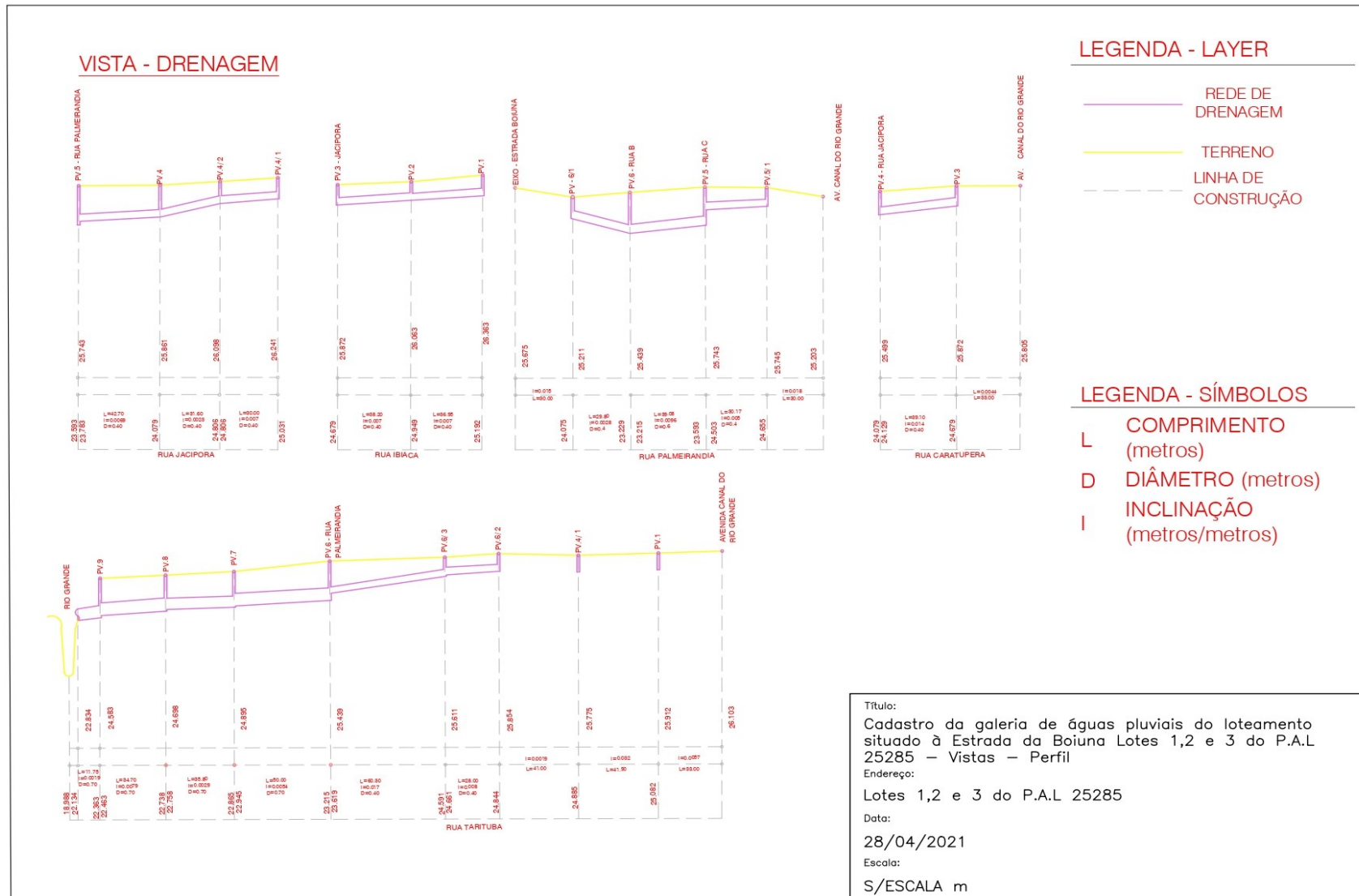
ZHANG, Y., GRANT, A., SHARMA, A., CHEN, D., CHEN, L., (2010). Alternative water resources for rural residential development in Western Australia. Water Resour. Manage 24 (1), 25–36.

ZOLEZI., (2015). Study Examines Feasibility of City's Stormwater Utility User Fee. Water World. Disponível em:<
<https://www.waterworld.com/international/article/16205549/study-examines-feasibility-of-city39s-stormwater-utility-user-fee>>. Acesso em 22 de junho de 2021.

Apêndice 1: Cadastro da galeria de águas pluviais - Rio Águas



Apêndice 2: Vistas do cadastro da galeria de águas pluviais



Apêndice 3: Áreas de uso e ocupação do solo por lotes

Lote	Área Total (m²)	Área Construída (m²)	Área Arbórea (m²)	Área Gramínea (m²)	Área Solo exposto (m²)	Impermeabilização (%)
1	214,4	214,4	0	0	0	100,00%
2	160	160	0	0	0	100,00%
3	160	160	0	0	0	100,00%
4	160	160	0	0	0	100,00%
5	160	160	0	0	0	100,00%
6	160	160	0	0	0	100,00%
7	160	155,248	4,752	0	0	97,00%
8	160	118,576	41,424	0	0	74,00%
9	160	134,784	25,216	0	0	85,00%
10	163	163	0	0	0	95,00%
11	435	368,2275	66,7725	0	0	84,00%
12	120	105,4692	14,5308	0	0	88,00%
13	120	107,316	12,684	0	0	89,00%
14	120	120	0	0	0	100,00%
15	120	120	0	0	0	100,00%
16	120	120	0	0	0	100,00%
17	120	86,496	18,696	0	14,808	72,00%
18	120	18	102	0	0	15,00%
26	360	360	0	0	0	100,00%
27	379	379	0	0	0	100,00%
28	370	370	0	0	0	100,00%
29	360	360	0	0	0	100,00%
30	417	417	0	0	0	100,00%
31	159,4	157,009	2,391	0	0	98,50%
32	120	120	0	0	0	100,00%
33	120	120	0	0	0	100,00%
34	120	120	0	0	0	100,00%
35	120	120	0	0	0	100,00%
36	120	120	0	0	0	100,00%
37	132	92,4	39,6	0	0	69,00%
38	159,4	153,3428	6,0572	0	0	96,20%
39	120	120	0	0	0	100,00%
40	120	120	0	0	0	100,00%
41	120	120	0	0	0	100,00%
42	120	120	0	0	0	100,00%
43	186	178,48	7,52	0	0	95,60%
44	159,4	159,4	0	0	0	100,00%
45	120	120	0	0	0	100,00%
46	120	120	0	0	0	100,00%
47	120	120	0	0	0	100,00%
48	120	120	0	0	0	100,00%
49	120	120	0	0	0	100,00%

Lote	Área Total (m²)	Área Construída (m²)	Área Arbórea (m²)	Área Gramínea (m²)	Área Solo exposto (m²)	Impermeabilização (%)
50	120	120	0	0	0	100,00%
51	120	120	0	0	0	100,00%
52	120	120	0	0	0	100,00%
53	189	189	0	0	0	100,00%
54	159,4	154,1398	5,2602	0	0	96,00%
55	120	100,98	19,02	0	0	84,00%
56	120	120	0	0	0	100,00%
57	120	120	0	0	0	100,00%
58	120	120	0	0	0	100,00%
59	120	120	0	0	0	100,00%
60	120	120	0	0	0	100,00%
61	120	120	0	0	0	100,00%
62	244	227,164	16,836	0	0	93,00%
63	214,4	203,68	10,72	0	0	95,00%
64	160	160	0	0	0	100,00%
65	160	160	0	0	0	100,00%
66	160	160	0	0	0	100,00%
67	163	163	0	0	0	100,00%
68	388	271,6	116,4	0	0	70,00%
69	388	376,36	11,64	0	0	97,00%
70	136	108,8	27,2	0	0	80,00%
71	136	93,84	42,16	0	0	69,00%
72	136	125,12	10,88	0	0	92,00%
73	136	136	0	0	0	100,00%
74	336	317,856	18,144	0	0	94,50%
75	411	312,36	98,64	0	0	76,00%
76	168	168	0	0	0	100,00%
77	168	168	0	0	0	100,00%
78	168	168	0	0	0	100,00%
79	168	168	0	0	0	100,00%
80	168	144,48	23,52	0	0	86,00%
81	159,4	159,4	0	0	0	100,00%
82	150	150	0	0	0	100,00%
83	150	150	0	0	0	100,00%
84	159,4	154,618	4,782	0	0	97,00%
85	168	168	0	0	0	100,00%
86	168	166,32	1,68	0	0	99,00%
87	168	168	0	0	0	100,00%
88	168	168	0	0	0	100,00%
89	168	156,24	11,76	0	0	93,00%
90	168	168	0	0	0	100,00%
91	446	430,985	0	15,015	0	84,00%
7A	292,26	268,8792	23,3808	0	0	80,00%

Lote	Área Total (m²)	Área Construída (m²)	Área Arbórea (m²)	Área Gramínea (m²)	Área Solo exposto (m²)	Impermeabilização (%)
Recreação	1930	784,545	849,2	199,755	96,5	40,00%
8A	392,26	302,0402	90,2198	0	0	77,00%

Apêndice 4: Descritivo de implantação da rede de drenagem - Valores Junho/2021

Orçamento - Custo de Implantação								
Código do serviço	Fase do serviço	Descrição do Serviço	Unidade	Quant.	Custo unitário Material e Mão de obra		Valor Total	% do projeto
1	Fase	Canteiro de Obras					R\$ 4.340,05	0,89%
1.1	Subfase	Container					R\$ 1.000,00	0,20%
1.1.1	Serviço	Container WC, modelo padrão, medindo: (6x2,4x2,55)m, em estrutura de aço, composto por piso de compensado naval revestido com plurigoma, paredes ao natural, teto com isolamento térmico, com 1 porta de (0,80x2,10)m, 2 basculantes de (1,20x1,20), com 5 chuveiros, 3 vasos sanitários, mictório e 3 lavatórios, 2 pontos de iluminação, distribuição interna das instalações elétricas e hidráulicas até o ponto de entrada/saída da unidade e peso aproximado de 2,3t, exclusive carga, descarga e transporte ida e volta ao canteiro. Aluguel mensal.	mês	2	R\$	500,00	R\$ 1.000,00	0,20%
1.2	Subfase	Transporte de Container					R\$ 205,90	0,04%
1.2.1	Serviço	Transporte de carga de qualquer natureza; exclusive as despesas de carga e descarga tanto d espera do caminhão como de servente ou equipamento auxiliar, em média velocidade (Vm=40Km/h), em Caminhão de Carroceria Fixa a óleo diesel, com capacidade útil de 7,5t.	t.Km	46	R\$	1,10	R\$ 50,60	0,01%
1.2.2	Serviço	Carga e descarga mecânica de tubos de concreto, com diâmetro de 20cm, inclusive o tempo de carga, descarga e manobra do caminhão de carroceria fixa, a óleo diesel, com capacidade útil de 7,5t ; inclusive os mesmos tempos de guindauto munck de 4t.	tonelada	2,3	R\$	67,52	R\$ 155,30	0,03%
1.3	Subfase	Instalações provisórias					R\$ 3.134,15	0,64%
1.3.1	Serviço	Instalação e ligação provisórias de alimentação de energia elétrica, em baixa tensão (BT), para canteiro de obras, exclusive o fornecimento do medidor.	unidade	1	R\$	1.584,73	R\$ 1.584,73	0,32%
1.3.2	Serviço	Instalação e ligação provisória de obra de água e esgoto a rede pública.	unidade	1	R\$	1.549,42	R\$ 1.549,42	0,32%
2	Fase	Escavação					R\$ 22.082,44	4,53%
2.1	Subfase	Escavação Mecanizada - Galerias e Poços de Visitas					R\$ 6.287,51	1,29%

Orçamento - Custo de Implantação									
Código do serviço	Fase do serviço	Descrição do Serviço	Unidade	Quant.	Custo unitário Material e Mão de obra		Valor Total		% do projeto
2.1.1	Serviço	Escavação mecânica, em material de 1ª categoria (areia, argila ou piçarra), utilizando Retro-Escavadeira.	m³	875,698	R\$	7,18	R\$	6.287,51	1,29%
2.1.2	Serviço	Transporte de carga de qualquer natureza; exclusive as despesas de carga e descarga tanto d espera do caminhão como de servente ou equipamento auxiliar, em média velocidade (Vm=40Km/h), em Caminhão de Carroceria Fixa a óleo diesel, com capacidade útil de 7,5t.	t.Km	2101,67	R\$	1,10	R\$	2.311,84	0,47%
2.1.3	Serviço	Carga manual e descarga mecânica de material à granel (agregados, pedra-de-mão, paralelos, terra e escombros), compreendendo os tempos para carga, descarga e manobras do Caminhão Basculante a óleo diesel, com capacidade útil de 8t, empregando 2 serventes na carga.	tonelada	105,084	R\$	22,36	R\$	2.349,67	0,48%
1.2	Subfase	Escavação Manual - Coletores e Ralos					R\$	10.120,34	2,07%
1.2.1	Serviço	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou piçarra), até 1,50m, exclusive escoramento e esgotamento.	m³	326,252	R\$	31,02	R\$	10.120,34	2,07%
1.2.2	Serviço	Transporte de carga de qualquer natureza; exclusive as despesas de carga e descarga tanto d espera do caminhão como de servente ou equipamento auxiliar, em média velocidade (Vm=40Km/h), em Caminhão de Carroceria Fixa a óleo diesel, com capacidade útil de 7,5t.	t.Km	783,005	R\$	1,10	R\$	861,31	0,18%
1.2.3	Serviço	Carga manual e descarga mecânica de material à granel (agregados, pedra-de-mão, paralelos, terra e escombros), compreendendo os tempos para carga, descarga e manobras do Caminhão Basculante a óleo diesel, com capacidade útil de 8t, empregando 2 serventes na carga.	tonelada	39,1502	R\$	22,36	R\$	875,40	0,18%
1.3	Subfase	Proteção de vala					R\$	5.674,59	1,16%
1.3.1	Serviço	Cerca protetora de borda de vala, construída com montantes de madeira serrada de (7,5 x 7,5)cm, com 1,50m de comprimento, ficando 0,50m enterrado, com intervalo de 5m e 3 linhas de fita plástica zebrada, horizontais, com 0,30m de separação, com reaproveitamento da madeira por 3 vezes.	m	1052,8	R\$	5,39	R\$	5.674,59	1,16%

Orçamento - Custo de Implantação								
Código do serviço	Fase do serviço	Descrição do Serviço	Unidade	Quant.	Custo unitário Material e Mão de obra		Valor Total	% do projeto
2	Fase	Escoramento					R\$ 30.025,86	6,15%
2.1	Serviço	Escoramento de formas de paramentos verticais de mais de 1,50m e ate 5m de altura, utilizando madeira serrada, com 30% do aproveitamento da madeira, inclusive retirada.	m²	526,4	R\$	57,04	R\$ 30.025,86	6,15%
3	Fase	Assentamento da Rede					R\$229.980,89	47,13%
3.1	Subfase	Galerias de águas pluviais					R\$103.170,78	21,14%
3.1.1	Serviço	Tubo de concreto armado, classe PA-1, para galerias de águas pluviais, com diâmetro de 0,40m, aterro e compactação até a geratriz superior do tubo; inclusive fornecimento do material para rejuntamento com argamassa de cimento e areia no traço 1:4. Fornecimento e assentamento.	m	366,82	R\$	160,26	R\$ 58.786,57	12,05%
3.1.2	Serviço	Tubo de concreto armado, classe PA-1, para galerias de águas pluviais, com diâmetro de 0,70m, aterro e compactação até a geratriz superior do tubo; inclusive fornecimento do material para rejuntamento com argamassa de cimento e areia no traço 1:4. Fornecimento e assentamento.	m	120,5	R\$	294,50	R\$ 35.487,25	7,27%
3.1.3	Serviço	Tubo de concreto armado, classe PA-1, para galerias de águas pluviais, com diâmetro de 0,60m, aterro e compactação até a geratriz superior do tubo; inclusive fornecimento do material para rejuntamento com argamassa de cimento e areia no traço 1:4. Fornecimento e assentamento.	m	39,08	R\$	227,66	R\$ 8.896,95	1,82%
3.2	Subfase	Poços de Visita					R\$ 44.072,40	9,03%

Orçamento - Custo de Implantação								
Código do serviço	Fase do serviço	Descrição do Serviço	Unidade	Quant.	Custo unitário Material e Mão de obra		Valor Total	% do projeto
3.2.1	Serviço	Poço de visita de blocos de concreto de (20x20x40)cm, com paredes de 0,20m de espessura, medindo internamente (1,20x1,20x1,40)m, utilizando no preenchimento dos vazios dos blocos, concreto para camada preparatória, revestimento interno das paredes com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em volume, com a base de 0,15m e almofadas em concreto fck=15MPa;degraus de ferro fundido para utilização em coletor de águas pluviais de 0,40m a 0,70m de diâmetro, exclusive a escavação e reaterro.	Unidade	15	R\$	2.376,77	R\$ 35.651,55	7,31%
3.2.2	Serviço	Tampão de ferro fundido completo, articulado, pesado, de 0,60m de diâmetro, tipo avenida, assentado com argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em volume. Fornecimento e assentamento.	Unidade	15	R\$	561,39	R\$ 8.420,85	1,73%
3.3	Subfase	Caixa de Ralo e Boca de Lobo					R\$ 53.837,76	11,03%
3.3.1	Serviço	Caixa de ralo, de blocos de concreto prensado (15x20x40)cm, com vazios preenchidos de concreto simples para camadas preparatórias (180kg de cimento/m³), em paredes de meia vez (0,15m), de (0,30x0,90x0,90)m, para águas pluviais, utilizando argamassa de cimento e areia no traço 1:4 em volume, sendo as paredes revestidas internamente com a mesma argamassa, com base de concreto simples (fck=11MPa), grelha de ferro fundido de 135Kg e Boca de Lobo de ferro fundido de 80Kg, exclusive escavação e reaterro.	Unidade	48	R\$	1.121,62	R\$ 53.837,76	11,03%
3.4	Subfase	Coletores de águas pluviais					R\$ 28.899,95	5,92%
3.4.1	Serviço	Tubo de concreto simples, classe PS-1, para coletor de águas pluviais, de 0,40m de diâmetro, aterro e compactação até a altura da geratriz superior do tubo; inclusive fornecimento do material para rejuntamento com argamassa de cimento e areia no traço 1:4. Fornecimento e assentamento.	m	248,645	R\$	116,23	R\$ 28.899,95	5,92%
4	Fase	Aterro					R\$ 13.157,22	2,70%

Orçamento - Custo de Implantação									
Código do serviço	Fase do serviço	Descrição do Serviço	Unidade	Quant.	Custo unitário Material e Mão de obra		Valor Total		% do projeto
4.1	Serviço	Aterro com material de 1ª categoria, espalhado com motoniveladora, em camadas de 20cm de material adensado, regado por Caminhão Tanque e compactado a 95% com Rolo Pé de Carneiro, auto propelido, intervindo 2 serventes, exclusive o fornecimento do material.	m³	1098,43	R\$	1,24	R\$	1.362,05	0,28%
4.2	Serviço	Transporte de carga de qualquer natureza; exclusive as despesas de carga e descarga tanto d espera do caminhão como de servente ou equipamento auxiliar, em média velocidade (Vm=40Km/h), em Caminhão de Carroceria Fixa a óleo diesel, com capacidade útil de 7,5t. Considerando 50% material reutilizado e 50% de material adquirido.	t.Km	2636,23	R\$	1,10	R\$	2.899,86	0,59%
4.3	Serviço	Carga manual e descarga mecânica de material à granel (agregados, pedra-de-mão, paralelos, terra e escombros), compreendendo os tempos para carga, descarga e manobras do Caminhão Basculante a óleo diesel, com capacidade útil de 8t, empregando 2 serventes na carga.Considerando 50% material reutilizado e 50% de material adquirido.	tonelada	131,812	R\$	22,36	R\$	2.947,31	0,60%
4.4	Serviço	Base ou sub base estabilizada granulometricamente, com mistura de 2 ou mais materiais, conforme Caderno de Encargos - PCRJ, exclusive escavacao e transporte dos materiais, inclusive o transporte de água.	m³	549,215	R\$	10,83	R\$	5.948,00	1,22%
5	Fase	Pavimentação / Sarjetas / Meio Fio						R\$181.985,19	37,29%
5.1	Serviço	Base ou sub base estabilizada granulometricamente, com mistura de 2 ou mais materiais, conforme Caderno de Encargos - PCRJ, exclusive escavacao e transporte dos materiais, inclusive o transporte de água. Altura de 0,07m	m³	53,6021	R\$	11,12	R\$	596,06	0,12%
5.2	Serviço	Camada de bloqueio (colchão) de pó-de-pedra, espalhado e comprimido mecanicamente, medida após compressão. Altura de 10 cm	m³	76,5744	R\$	84,37	R\$	6.460,58	1,32%

Orçamento - Custo de Implantação								
Código do serviço	Fase do serviço	Descrição do Serviço	Unidade	Quant.	Custo unitário Material e Mão de obra		Valor Total	% do projeto
5.3	Serviço	Revestimento de concreto betuminoso usinado a quente, com 8cm de espessura, executado em 2 camadas, sendo a inferior de ligação (Binder), com 4cm de espessura e a superior de rolamento, conforme Caderno de Encargos - PCRJ, exclusive transporte da usina para a pista.	m²	741,506	R\$	77,49	R\$ 57.459,30	11,78%
5.4	Serviço	Espalhamento com motonivelaora e compactação mecânica de qualquer tipo de revestimento asfáltico, executado de acordo com as especificações da PCRJ.	tonelada	177,961	R\$	5,54	R\$ 985,91	0,20%
5.5	Serviço	Transporte de carga de qualquer natureza; exclusive as despesas de carga e descarga tanto d espera do caminhão como de servente ou equipamento auxiliar, em média velocidade (Vm=40Km/h), em Caminhão de Carroceria Fixa a óleo diesel, com capacidade útil de 7,5t.	t.Km	3559,23	R\$	1,10	R\$ 3.915,15	0,80%
5.6	Serviço	Carga manual e descarga mecânica de material à granel (agregados, pedra-de-mão, paralelos, terra e escombros), compreendendo os tempos para carga, descarga e manobras do Caminhão Basculante a óleo diesel, com capacidade útil de 8t, empregando 2 serventes na carga.	tonelada	177,961	R\$	22,36	R\$ 3.979,22	0,82%
5.7	Serviço	Sarjeta e meio-fio conjugados, de concreto simples (fck=15MPa), moldado no local, conforme Caderno de Encargos - PCRJ, medindo 0,45m de base e com altura de 0,30m, rejuntamento de argamassa de cimento e areia no traco 1:4; inclusive o fornecimento de todos os materiais.	m	1234,53	R\$	87,96	R\$108.588,97	22,25%
Total							R\$487.969,86	100,00%

Apêndice 5: Médias ponderadas dos lotes com telhado verde nos períodos secos e úmidos

Lote	Área Total	Área Arbórea	"C" (Arbórea)	Área construída sem telhado	"C" (Área construída sem telhado)	Área Gramínea	"C" (Gramínea)	Área Solo Exposto	C (Solo Exposto)	Área telhado	Média Ponderada de "C" no Lote com Telhado Verde - Período seco (0,15)	Média Ponderada de "C" no Lote com Telhado Verde - Período Úmido (0,64)
1	214,40	0,00	0,15	59,57	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	154,83	0,352826959	0,706682836
2	160,00	0,00	0,15	26,92	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	133,08	0,2728225	0,68038
3	160,00	0,00	0,15	45,81	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	114,19	0,359008125	0,708715
4	160,00	0,00	0,15	80,758	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	79,242	0,518458375	0,761137
5	160,00	0,00	0,15	92,175	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	67,825	0,570548438	0,7782625
6	160,00	0,00	0,15	104,654	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	55,346	0,627483875	0,796981
7	160,00	4,75	0,15	38,498	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	116,75	0,325647125	0,683194
8	160,00	41,42	0,15	74,455	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	44,121	0,489700938	0,6248215
9	160,00	25,22	0,15	83,481	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	51,303	0,530882063	0,6879975
10	163,00	0,00	0,15	62,77	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	100,23	0,431117178	0,732422086
11	435,00	66,77	0,15	226,6675	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	141,56	0,53038454	0,689842931
12	120,00	14,53	0,15	46,1832	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	59,286	0,4309478	0,6730323
13	120,00	12,68	0,15	39,776	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	67,54	0,391970667	0,667759
14	120,00	0,00	0,15	75,189	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	44,811	0,60739975	0,790378
15	120,00	0,00	0,15	50,558	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	69,442	0,457561167	0,741116
16	120,00	0,00	0,15	29,592	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	90,408	0,330018	0,699184
17	120,00	18,70	0,15	86,496	0,88	0,00	0,15	14,808	0,65	0	0,737884	0,737884
18	120,00	102,00	0,15	18	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	0	0,2595	0,2595
26	360,00	0,00	0,15	308,159	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	51,841	0,774877972	0,845439333
27	379,00	0,00	0,15	336,796	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	42,204	0,798709974	0,853274512
28	370,00	0,00	0,15	113,76	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	256,24	0,374445405	0,71379027
29	360,00	0,00	0,15	271,631	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	88,369	0,700807306	0,821087333
30	417,00	0,00	0,15	199,05	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	217,95	0,498456835	0,754561151

Lote	Área Total	Área Arbórea	"C" (Arbórea)	Área construída sem telhado	"C" (Área construída sem telhado)	Área Gramínea	"C" (Gramínea)	Área Solo Exposto	C (Solo Exposto)	Área telhado	Média Ponderada de "C" no Lote com Telhado Verde - Período seco (0,15)	Média Ponderada de "C" no Lote com Telhado Verde - Período Úmido (0,64)
31	159,40	2,39	0,15	113,441	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	43,568	0,669522773	0,803452008
32	120,00	0,00	0,15	63,342	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	56,658	0,5353305	0,766684
33	120,00	0,00	0,15	96,88	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	23,12	0,739353333	0,83376
34	120,00	0,00	0,15	42,394	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	77,606	0,407896833	0,724788
35	120,00	0,00	0,15	44,74	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	75,26	0,422168333	0,72948
36	120,00	0,00	0,15	42,684	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	77,316	0,409661	0,725368
37	132,00	39,60	0,15	50,054	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	42,346	0,426813788	0,584007273
38	159,40	6,06	0,15	60,0338	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	93,309	0,42493522	0,711769661
39	120,00	0,00	0,15	49,613	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	70,387	0,451812417	0,739226
40	120,00	0,00	0,15	52,307	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	67,693	0,468200917	0,744614
41	120,00	0,00	0,15	56,036	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	63,964	0,490885667	0,752072
42	120,00	0,00	0,15	83,239	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	36,761	0,656370583	0,806478
43	186,00	7,52	0,15	61,69	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	116,79	0,392116667	0,699789247
44	159,40	0,00	0,15	90,417	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	68,983	0,564080364	0,77613601
45	120,00	0,00	0,15	38,61	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	81,39	0,3848775	0,71722
46	120,00	0,00	0,15	56,247	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	63,753	0,49216925	0,752494
47	120,00	0,00	0,15	72,654	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	47,346	0,5919785	0,785308
48	120,00	0,00	0,15	74,931	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	45,069	0,60583025	0,789862
49	120,00	0,00	0,15	59,146	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	60,854	0,509804833	0,758292
50	120,00	0,00	0,15	49,644	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	70,356	0,452001	0,739288
51	120,00	0,00	0,15	60,119	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	59,881	0,515723917	0,760238
52	120,00	0,00	0,15	33,339	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	86,661	0,35281225	0,706678
53	189,00	0,00	0,15	67,8	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	121,2	0,411873016	0,726095238
54	159,40	5,26	0,15	82,0958	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	72,044	0,525971982	0,747437227

Lote	Área Total	Área Arbórea	"C" (Arbórea)	Área construída sem telhado	"C" (Área construída sem telhado)	Área Gramínea	"C" (Gramínea)	Área Solo Exposto	C (Solo Exposto)	Área telhado	Média Ponderada de "C" no Lote com Telhado Verde - Período seco (0,15)	Média Ponderada de "C" no Lote com Telhado Verde - Período Úmido (0,64)
55	120,00	19,02	0,15	18,46	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	82,52	0,262298333	0,599255
56	120,00	0,00	0,15	84,534	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	35,466	0,6642485	0,809068
57	120,00	0,00	0,15	34,944	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	85,056	0,362576	0,709888
58	120,00	0,00	0,15	48,906	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	71,094	0,4475115	0,737812
59	120,00	0,00	0,15	34,483	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	85,517	0,359771583	0,708966
60	120,00	0,00	0,15	64,064	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	55,936	0,539722667	0,768128
61	120,00	0,00	0,15	53,571	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	66,429	0,47589025	0,747142
62	244,00	16,84	0,15	82,704	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	144,46	0,397434098	0,687538197
63	214,40	10,72	0,15	3,38	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	200,3	0,161508396	0,619283582
64	160,00	0,00	0,15	32,62	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	127,38	0,29882875	0,68893
65	160,00	0,00	0,15	80,653	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	79,347	0,517979313	0,7609795
66	160,00	0,00	0,15	85,198	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	74,802	0,538715875	0,767797
67	163,00	0,00	0,15	93,88	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	69,12	0,570444172	0,778228221
68	388,00	116,40	0,15	81,18	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	190,42	0,302735567	0,543214433
69	388,00	11,64	0,15	158,42	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	217,94	0,448058247	0,723291753
70	136,00	27,20	0,15	32,1	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	76,7	0,322301471	0,598647059
71	136,00	42,16	0,15	14,2	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	79,64	0,226220588	0,513158824
72	136,00	10,88	0,15	7,62	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	117,5	0,190901471	0,614247059
73	136,00	0,00	0,15	57,385	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	78,615	0,458022426	0,741267647
74	336,00	18,14	0,15	137,836	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	180,02	0,449465119	0,711994286
75	411,00	98,64	0,15	161,94	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	150,42	0,437630657	0,616963504
76	168,00	0,00	0,15	28,52	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	139,48	0,27392619	0,680742857
77	168,00	0,00	0,15	59,67	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	108,33	0,409280357	0,725242857
78	168,00	0,00	0,15	111,76	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	56,24	0,63562381	0,799657143

Lote	Área Total	Área Arbórea	"C" (Arbórea)	Área construída sem telhado	"C" (Área construída sem telhado)	Área Gramínea	"C" (Gramínea)	Área Solo Exposto	C (Solo Exposto)	Área telhado	Média Ponderada de "C" no Lote com Telhado Verde - Período seco (0,15)	Média Ponderada de "C" no Lote com Telhado Verde - Período Úmido (0,64)
79	168,00	0,00	0,15	80,513	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	87,487	0,499848155	0,755018571
80	168,00	23,52	0,15	71,773	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	72,707	0,461870774	0,673932857
81	159,40	0,00	0,15	19,43	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	139,97	0,238983061	0,669254705
82	150,00	0,00	0,15	10,32	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	139,68	0,200224	0,656512
83	150,00	0,00	0,15	55,015	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	94,985	0,417739667	0,728024
84	159,40	4,78	0,15	65,912	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	88,706	0,451855458	0,724540151
85	168,00	0,00	0,15	79,988	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	88,012	0,497566905	0,754268571
86	168,00	1,68	0,15	54,27	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	112,05	0,385816071	0,712628571
87	168,00	0,00	0,15	93,372	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	74,628	0,555723571	0,773388571
88	168,00	0,00	0,15	95,222	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	72,778	0,563762262	0,776031429
89	168,00	11,76	0,15	69,021	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	87,219	0,449912679	0,704301429
90	168,00	0,00	0,15	67,1	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	100,9	0,441565476	0,735857143
91	446,00	0,00	0,15	250,065	0,88	15,015	0,15	0,00	0,65	180,92	0,559299215	0,758067825
7A	292,26	23,38	0,15	54,3892	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	214,49	0,285852036	0,645463683
8A	392,26	90,22	0,15	3,8302	0,88	0,00	0,15	0,00	0,65	298,21	0,157128043	0,529643466

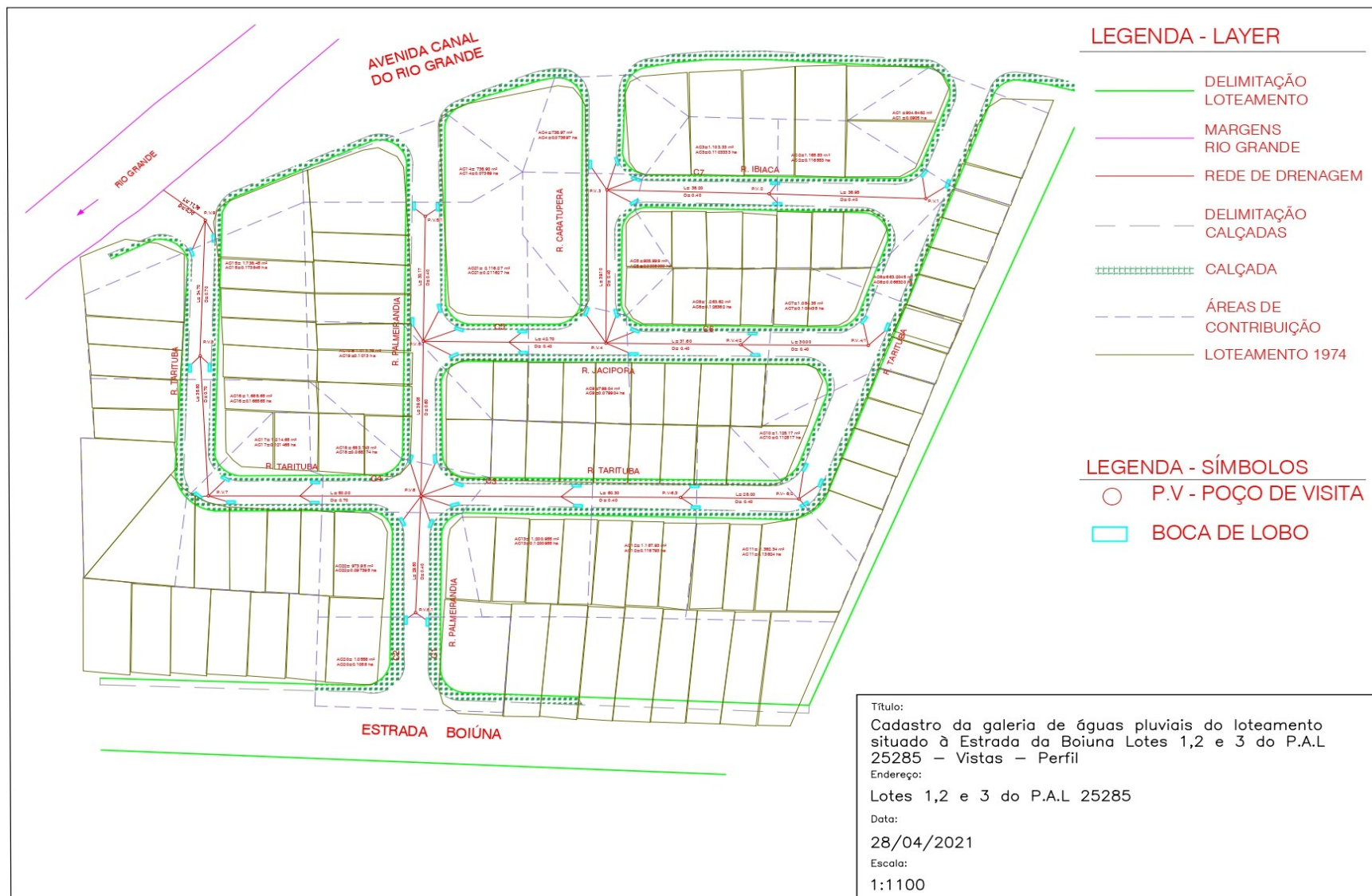
Apêndice 6: Comparativo entre vazões nos cenários atuais e futuro com a implantação do telhado verde.

Lote	Vazão do lote - Cenário com telhado convencional (l/s)	Vazão do lote - Cenário com telhado verde - Período seco (l/s)	Redução da vazão (%)	Vazão do lote - Cenário com telhado verde - Período úmido (l/s)	Redução da vazão (%)
1	7,7466	3,32	57,09%	6,658004286	14,05%
2	5,7194	1,92	66,46%	4,783725685	16,36%
3	5,7858	2,52	56,37%	4,982947984	13,88%
4	5,9087	3,65	38,31%	5,351525055	9,43%
5	5,9488	4,01	32,57%	5,471933789	8,02%
6	5,9927	4,41	26,38%	5,603542844	6,49%
7	5,6244	2,29	59,29%	4,803510811	14,59%
8	4,7033	3,44	26,79%	4,393096003	6,60%
9	5,1980	3,73	28,19%	4,837284036	6,94%
10	5,9509	3,09	48,11%	5,246187188	11,84%
11	14,1819	10,14	28,51%	13,18664217	7,02%
12	3,9659	2,27	42,70%	3,549048216	10,51%
13	3,9961	2,07	48,28%	3,521240939	11,88%
14	4,4829	3,20	28,55%	4,167838053	7,03%
15	4,3963	2,41	45,12%	3,908068629	11,11%
16	4,3226	1,74	59,74%	3,686951916	14,71%
17	3,8910	3,89	0,00%	3,891025578	0,00%
18	1,3684	1,37	0,00%	1,368400911	0,00%
26	13,7391	12,26	10,78%	13,37456594	2,65%
27	14,5077	13,30	8,31%	14,2109375	2,05%
28	13,4072	6,09	54,59%	11,60558653	13,44%
29	13,6106	11,09	18,55%	12,98932549	4,56%
30	15,3593	9,13	40,53%	13,8269134	9,98%
31	5,9342	4,69	20,97%	5,627856349	5,16%
32	4,4413	2,82	36,44%	4,04289435	8,97%
33	4,5592	3,90	14,48%	4,396600937	3,57%
34	4,3676	2,15	50,75%	3,821967473	12,49%
35	4,3759	2,23	49,13%	3,846709427	12,09%
36	4,3686	2,16	50,55%	3,825025941	12,44%
37	3,6853	2,48	32,82%	3,387559507	8,08%
38	5,6417	2,98	47,24%	4,985658595	11,63%
39	4,3930	2,38	45,77%	3,898102241	11,27%
40	4,4025	2,47	43,92%	3,926514357	10,81%
41	4,4156	2,59	41,38%	3,965842041	10,19%
42	4,5112	3,46	23,28%	4,252736915	5,73%
43	6,5409	3,20	51,00%	5,719722455	12,55%
44	5,9215	3,95	33,27%	5,436518835	8,19%
45	4,3543	2,03	53,39%	3,782059734	13,14%
46	4,4163	2,60	41,23%	3,96806734	10,15%
47	4,4740	3,12	30,23%	4,141102822	7,44%
48	4,4820	3,19	28,72%	4,165117071	7,07%

Lote	Vazão do lote - Cenário com telhado convencional (l/s)	Vazão do lote - Cenário com telhado verde - Período seco (l/s)	Redução da vazão (%)	Vazão do lote - Cenário com telhado verde - Período úmido (l/s)	Redução da vazão (%)
49	4,4265	2,69	39,27%	3,998641477	9,67%
50	4,3931	2,38	45,74%	3,898429181	11,26%
51	4,4299	2,72	38,61%	4,008903165	9,50%
52	4,3358	1,86	57,09%	3,726469436	14,05%
53	6,8826	3,42	50,30%	6,030455805	12,38%
54	5,7420	3,68	35,84%	5,235495468	8,82%
55	3,7402	1,38	63,02%	3,160004191	15,51%
56	4,5158	3,50	22,43%	4,266394558	5,52%
57	4,3414	1,91	55,96%	3,743396476	13,77%
58	4,3905	2,36	46,25%	3,890645906	11,39%
59	4,3398	1,90	56,28%	3,738534566	13,85%
60	4,4438	2,85	35,95%	4,050508881	8,85%
61	4,4069	2,51	43,06%	3,93984506	10,60%
62	8,3876	4,26	49,19%	7,371933405	12,11%
63	7,2429	1,52	78,99%	5,834573213	19,44%
64	5,7394	2,10	63,39%	4,843840407	15,60%
65	5,9083	3,64	38,36%	5,350417679	9,44%
66	5,9243	3,79	36,06%	5,39835126	8,88%
67	6,0603	4,09	32,58%	5,574287013	8,02%
68	10,6007	5,16	51,31%	9,261850623	12,63%
69	13,8645	7,64	44,90%	12,33218369	11,05%
70	4,1170	1,93	53,21%	3,577704834	13,10%
71	3,6267	1,35	62,72%	3,066800006	15,44%
72	4,4971	1,14	74,63%	3,670935386	18,37%
73	4,9828	2,74	45,07%	4,430050737	11,09%
74	11,7783	6,64	43,66%	10,51260948	10,75%
75	12,2004	7,90	35,22%	11,14284379	8,67%
76	6,0063	2,02	66,33%	5,025590766	16,33%
77	6,1158	3,02	50,59%	5,354112449	12,45%
78	6,2989	4,69	25,50%	5,903476637	6,28%
79	6,1890	3,69	40,38%	5,573931949	9,94%
80	5,4865	3,41	37,85%	4,975315875	9,32%
81	5,6720	1,67	70,49%	4,687858523	17,35%
82	5,3095	1,32	75,14%	4,327416275	18,50%
83	5,4666	2,75	49,63%	4,798789521	12,22%
84	5,6988	3,17	44,46%	5,075110708	10,94%
85	6,1872	3,67	40,63%	5,568395067	10,00%
86	6,0488	2,85	52,91%	5,260987362	13,02%
87	6,2343	4,10	34,19%	5,709548653	8,42%
88	6,2408	4,16	33,31%	5,729059572	8,20%
89	5,8127	3,32	42,86%	5,199512149	10,55%
90	6,1419	3,26	46,92%	5,432472517	11,55%

Lote	Vazão do lote - Cenário com telhado convencional (l/s)	Vazão do lote - Cenário com telhado verde - Período seco (l/s)	Redução da vazão (%)	Vazão do lote - Cenário com telhado verde - Período úmido (l/s)	Redução da vazão (%)
91	16,1293	10,96	32,04%	14,85722393	7,89%
7A	9,7977	3,67	62,53%	8,289645104	15,39%
8A	11,2263	2,708460278	75,87%	9,129613439	18,68%
Recreação	40,0092	40,00915334	0,00%	40,00915334	0,00%

Apêndice 7: Cadastro com áreas de contribuição e loteamento sobreposto



Apêndice 8: Médias ponderadas das áreas de contribuição.

Descrição/Lote	"C" - Telhado Convenc.	"C" - Telhado Verde - Cenário Seco	"C" - Telhado Verde - Cenário Úmido	% Área Total	Área de Contrib.	"C" - Média Ponderada - Telhado Convencional	"C" - Média Ponderada - Telhado Verde - Cenário Seco	"C" - Média Ponderada - Telhado Verde - Cenário Úmido
23	0,6	0,6	0,6	10,50%	1	0,69	0,68	0,69
24	0,6	0,6	0,6	27,78%				
25	0,6	0,6	0,6	19,08%				
26	0,86848	0,77487797	0,845439	13,61%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	29,03%				
26	0,86848	0,77487797	0,845439	12,62%	2	0,81	0,66	0,77
27	0,871092	0,79870997	0,853275	14,93%				
28	0,824597	0,37444541	0,71379	4,93%				
35	0,829827	0,42216833	0,72948	10,12%				
36	0,828456	0,409661	0,725368	8,97%				
37	0,635336	0,42681379	0,584007	11,14%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	37,30%				
28	0,824597	0,37444541	0,71379	10,56%	3	0,83	0,63	0,78
29	0,860362	0,70080731	0,821087	16,50%				
30	0,838187	0,49845683	0,754561	7,20%				
31	0,847184	0,66952277	0,803452	5,97%				
32	0,842228	0,5353305	0,766684	11,27%				
33	0,864587	0,73935333	0,83376	11,27%				
34	0,828263	0,40789683	0,724788	11,27%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	25,95%				
30	0,838187	0,49845683	0,754561	31,36%	4	0,70	0,60	0,68
Recreação	0,472	0,472	0,472	32,77%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	35,87%				
31	0,847184	0,66952277	0,803452	9,15%	5	0,68	0,63	0,66
38	0,80543	0,42493522	0,71177	9,15%				
Recreação	0,472	0,472	0,472	39,13%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	42,56%				
19	0,6	0,6	0,6	17,87%	6	0,67	0,64	0,66
20	0,6	0,6	0,6	15,88%				
21	0,6	0,6	0,6	15,88%				
22	0,6	0,6	0,6	15,88%				
43	0,800254	0,39211667	0,699789	6,61%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	27,86%	7	0,68	0,58	0,68
16	0,819728	0,330018	0,699184	9,78%				
17	0,737884	0,737884	0,737884	9,70%				
18	0,2595	0,2595	0,2595	9,70%				
42	0,855493	0,65637058	0,806478	10,26%				
43	0,800254	0,39211667	0,699789	12,62%				
53	0,828698	0,41187302	0,726095	13,19%				

Descrição/Lote	"C" - Telhado Convenc.	"C" - Telhado Verde - Cenário Seco	"C" - Telhado Verde - Cenário Úmido	% Área Total	Área de Contrib.	"C" - Média Ponderada - Telhado Convencional	"C" - Média Ponderada - Telhado Verde - Cenário Seco	"C" - Média Ponderada - Telhado Verde - Cenário Úmido
Via/Calçada	0,6	0,8	0,8	34,76%				
38	0,80543	0,42493522	0,71177	6,90%				
39	0,833075	0,45181242	0,739226	9,05%				
40	0,834871	0,46820092	0,744614	9,05%				
41	0,837357	0,49088567	0,752072	9,05%				
49	0,839431	0,50980483	0,758292	10,00%	8	0,82	0,55	0,76
50	0,833096	0,452001	0,739288	10,00%				
51	0,840079	0,51572392	0,760238	10,00%				
52	0,822226	0,35281225	0,706678	10,00%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	25,93%				
46	0,837498	0,49216925	0,752494	15,50%				
47	0,848436	0,5919785	0,785308	15,50%				
48	0,849954	0,60583025	0,789862	15,50%	9	0,76	0,63	0,73
Recreação	0,472	0,472	0,472	18,91%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	34,58%				
11	0,741911	0,53038454	0,689843	13,84%				
12	0,75208	0,4309478	0,673032	10,33%				
13	0,757812	0,39197067	0,667759	10,33%				
14	0,850126	0,60739975	0,790378	10,33%	10	0,79	0,56	0,73
15	0,833705	0,45756117	0,741116	10,33%				
53	0,828698	0,41187302	0,726095	4,38%				
62	0,782266	0,3974341	0,687538	13,44%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	27,03%				
8	0,668943	0,48970094	0,624822	15,43%				
9	0,739301	0,53088206	0,687998	15,43%				
10	0,830807	0,43111718	0,732422	15,43%				
11	0,741911	0,53038454	0,689843	23,37%	11	0,76	0,54	0,71
61	0,835714	0,47589025	0,747142	7,14%				
62	0,782266	0,3974341	0,687538	6,37%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	16,82%				
4	0,840379	0,51845838	0,761137	2,67%				
5	0,846088	0,57054844	0,778263	15,95%				
6	0,852327	0,62748388	0,796981	15,95%				
7	0,799944	0,32564713	0,683194	15,95%	12	0,83	0,55	0,76
58	0,832604	0,4475115	0,737812	9,70%				
59	0,822989	0,35977158	0,708966	9,70%				
60	0,842709	0,53972267	0,768128	9,70%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	20,37%				
1	0,822228	0,35282696	0,706683	10,04%	13	0,81	0,47	0,73
2	0,81346	0,2728225	0,68038	15,54%				

Descrição/Lote	"C" - Telhado Convenc.	"C" - Telhado Verde - Cenário Seco	"C" - Telhado Verde - Cenário Úmido	% Área Total	Área de Contrib.	"C" - Média Ponderada - Telhado Convencional	"C" - Média Ponderada - Telhado Verde - Cenário Seco	"C" - Média Ponderada - Telhado Verde - Cenário Úmido
3	0,822905	0,35900813	0,708715	15,54%				
4	0,840379	0,51845838	0,761137	13,11%				
55	0,709282	0,26229833	0,599255	8,93%				
56	0,856356	0,6642485	0,809068	8,93%				
57	0,823296	0,362576	0,709888	8,93%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	18,96%				
91	0,822972	0,55929922	0,758068	41,37%				
Recreação	0,472	0,472	0,472	31,59%	14	0,71	0,60	0,68
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	27,04%				
72	0,752482	0,19090147	0,614247	9,58%				
73	0,833756	0,45802243	0,741268	9,58%				
74	0,797718	0,44946512	0,711994	15,21%				
75	0,675521	0,43763066	0,616964	10,83%				
76	0,813581	0,27392619	0,680743	9,83%	15	0,80	0,48	0,72
77	0,828414	0,40928036	0,725243	9,83%				
78	0,853219	0,63562381	0,799657	9,83%				
79	0,83834	0,49984815	0,755019	9,83%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	15,46%				
68	0,621738	0,30273557	0,543214	21,56%				
69	0,813164	0,44805825	0,723292	28,33%				
70	0,688882	0,32230147	0,598647	9,47%				
71	0,606853	0,22622059	0,513159	9,47%	16	0,73	0,42	0,66
80	0,743178	0,46187077	0,673933	10,43%				
81	0,809752	0,23898306	0,669255	6,11%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	14,63%				
64	0,81631	0,29882875	0,68893	8,36%				
65	0,840327	0,51797931	0,76098	14,11%				
66	0,842599	0,53871588	0,767797	14,11%				
67	0,846076	0,57044417	0,778228	14,11%	17	0,81	0,50	0,73
68	0,621738	0,30273557	0,543214	6,03%				
81	0,809752	0,23898306	0,669255	9,45%				
82	0,805504	0,200224	0,656512	11,06%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	22,77%				
83	0,829341	0,41773967	0,728024	33,98%				
84	0,81358	0,45185546	0,72454	9,23%	18	0,81	0,64	0,77
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	56,78%				
44	0,845379	0,56408036	0,776136	7,05%				
54	0,819752	0,52597198	0,747437	13,68%	19	0,82	0,57	0,76
84	0,81358	0,45185546	0,72454	6,43%				
85	0,83809	0,4975669	0,754269	16,07%				

Descrição/Lote	"C" - Telhado Convenc.	"C" - Telhado Verde - Cenário Seco	"C" - Telhado Verde - Cenário Úmido	% Área Total	Área de Contrib.	"C" - Média Ponderada - Telhado Convencional	"C" - Média Ponderada - Telhado Verde - Cenário Seco	"C" - Média Ponderada - Telhado Verde - Cenário Úmido
86	0,819343	0,38581607	0,712629	16,07%				
87	0,844463	0,55572357	0,773389	16,07%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	24,63%				
7A	0,762888	0,28585204	0,645464	27,51%				
8A	0,651281	0,15712804	0,529643	28,00%	20	0,75	0,48	0,68
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	44,50%				
44	0,845379	0,56408036	0,776136	4,36%				
45	0,82574	0,3848775	0,71722	5,93%				
88	0,845344	0,56376226	0,776031	8,20%				
89	0,787367	0,44991268	0,704301	8,20%	21	0,71	0,57	0,68
90	0,831952	0,44156548	0,735857	8,20%				
91	0,822972	0,55929922	0,758068	9,06%				
Recreação	0,472	0,472	0,472	29,75%				
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	26,28%				
1	0,822228	0,35282696	0,706683	21,15%				
63	0,768761	0,1615084	0,619284	41,29%	22	0,79	0,44	0,71
Via/Calçada	0,8	0,8	0,8	37,56%				

Apêndice 9: Cálculos de suficiência hidráulica para o cenário atual

Poços de visita	Área de contribuição (ha)	Coef. Escoamento Superficial.	Área total (ha)	Tempo concentr. (min)	Int. Pluviom. (mm/h)	Deflúvio a escoar (l/s)	Declividade (m/m)	Diâmetro (m)	Lâmina d'água (%)	Velocidade (m/s)	Comprimento	Tempo total de perc. (min)
PV.1	0,0905	0,69	0,0905	10,00	157,0	22,961	0,00658	0,40	24	0,94	36,95	0,66
PV.2	0,1166	0,81	0,2071	10,66	153,6	57,405	0,00707	0,40	39	1,21	38,20	1,18
PV.3	0,1843	0,70	0,3914	11,18	151,0	104,159	0,01530	0,40	44	1,88	39,22	1,53
PV.4	0,3920	0,82	0,7833	11,53	149,3	220,107	0,01138	0,40	81	2,03	42,70	1,88
PV.5	0,2853	0,71	1,0686	11,88	147,7	292,115	0,00967	0,60	49	2,05	39,08	2,20
PV.6	0,6749	0,82	1,7435	12,20	146,2	474,115	0,00540	0,70	61	1,86	50,00	2,65
PV.7	0,1898	0,81	1,9333	12,65	144,2	523,588	0,00299	0,70	85	1,52	35,80	3,04
PV.8	0,1665	0,73	2,0998	13,04	142,5	562,004	0,00793	0,70	60	2,24	34,70	3,30
PV.9	0,1738	0,80	2,2736	13,30	141,5	605,276	0,01949	0,70	48	3,19	11,75	3,36
RAMAL 4												
PV.4.1	0,0663	0,67	0,0663	10,00	157,0	16,339	0,00750	0,40	20	0,90	30,00	0,55
PV.4.2	0,11	0,68	0,1748	10,55	154,1	43,275	0,02301	0,40	25	1,76	31,60	0,85
RAMAL 5												
PV.5.1	0,0737	0,60	0,0737	10,00	157,0	16,258	0,00504	0,40	22	0,78	30,17	0,65
RAMAL 6.1												
PV 6.1	0,1058	0,75	0,1058	10,00	157,0	29,177	0,02839	0,40	19	1,72	28,75	0,28
RAMAL 6.2												
PV 6.2	0,1125	0,79	0,1125	10,0	157,0	32,685	0,00654	0,40	29	1,02	28,00	0,46
PV 6.3	0,1382	0,76	0,2508	10,5	154,6	71,109	0,01612	0,40	35	1,74	60,30	0,58

Apêndice 10: Cálculos de suficiência hidráulica para o cenário com o telhado verde no período seco

Poços de visita	Área de contribuição (ha)	Coef. Escoamento Superficial.	Área total (ha)	Tempo concentr. (min)	Int. Pluviom. (mm/h)	Defluvio a escoar (l/s)	Declividade (m/m)	Diâmetro (m)	Lâmina d'água (%)	Velocidade (m/s)	Comprimento	Tempo total de perc. (min)
PV.1	0,0905	0,68	0,0905	10,00	157,0	22,629	0,00658	0,40	24	0,93	36,95	0,66
PV.2	0,1166	0,66	0,2071	10,66	153,6	50,693	0,00707	0,40	36	1,17	38,20	1,20
PV.3	0,1843	0,63	0,3914	11,20	150,9	92,761	0,01530	0,40	41	1,82	39,22	1,56
PV.4	0,3920	0,63	0,7833	11,56	149,2	181,808	0,01138	0,40	68	1,93	42,70	1,93
PV.5	0,2853	0,57	1,0686	11,93	147,5	239,581	0,00967	0,60	43	1,95	39,08	2,26
PV.6	0,6749	0,55	1,7435	12,26	146,0	361,548	0,00540	0,70	51	1,73	50,00	2,74
PV.7	0,1898	0,64	1,9333	12,74	143,8	400,586	0,00299	0,70	67	1,43	35,80	3,16
PV.8	0,1665	0,42	2,0998	13,16	142,0	422,649	0,00793	0,70	50	2,08	34,70	3,44
PV.9	0,1738	0,48	2,2736	13,44	140,9	448,560	0,01949	0,70	40	2,96	11,75	3,51
RAMAL 4												
PV.4.1	0,0663	0,64	0,0663	10,00	157,0	15,607	0,00750	0,40	19	0,89	30,00	0,56
PV.4.2	0,11	0,58	0,1748	10,56	154,1	38,580	0,02301	0,40	23	1,71	31,60	0,87
RAMAL 5												
PV.5.1	0,0737	0,60	0,0737	10,00	157,0	16,258	0,00504	0,40	22	0,78	30,17	0,65
RAMAL 6.1												
PV 6.1	0,1058	0,48	0,1058	10,00	157,0	18,674	0,02839	0,40	15	1,54	28,75	0,31
RAMAL 6.2												
PV 6.2	0,1125	0,56	0,1125	10,0	157,0	23,169	0,00654	0,40	25	0,94	28,00	0,50
PV 6.3	0,1382	0,57	0,2508	10,5	154,4	51,973	0,01612	0,40	30	1,61	60,30	0,62

Apêndice 11: Cálculos de suficiência hidráulica para o cenário com telhado verde no período úmido

Poços de visita	Área de contribuição (ha)	Coef. Escoamento Superficial.	Área total (ha)	Tempo concentr. (min)	Int. Pluviom. (mm/h)	Deflúvio a escoar (l/s)	Declividade (m/m)	Diâmetro (m)	Lâmina d'água (%)	Velocidade (m/s)	Comprimento	Tempo total de perc. (min)
PV.1	0,0905	0,69	0,0905	10,00	157,0	22,961	0,00658	0,40	24	0,94	36,95	0,66
PV.2	0,1166	0,77	0,2071	10,66	153,6	55,704	0,00707	0,40	38	1,20	38,20	1,19
PV.3	0,1843	0,78	0,3914	11,19	151,0	107,799	0,01530	0,40	45	1,89	39,22	1,53
PV.4	0,3920	0,76	0,7833	11,53	149,3	215,261	0,01138	0,40	79	2,01	42,70	1,89
PV.5	0,2853	0,68	1,0686	11,89	147,7	284,224	0,00967	0,60	48	2,03	39,08	2,21
PV.6	0,6749	0,76	1,7435	12,21	146,2	452,895	0,00540	0,70	59	1,83	50,00	2,66
PV.7	0,1898	0,77	1,9333	12,66	144,2	499,918	0,00299	0,70	80	1,51	35,80	3,06
PV.8	0,1665	0,66	2,0998	13,06	142,5	534,642	0,00793	0,70	58	2,21	34,70	3,32
PV.9	0,1738	0,72	2,2736	13,32	141,4	573,577	0,01949	0,70	46	3,15	11,75	3,38
RAMAL 4												
PV.4.1	0,0663	0,66	0,0663	10,00	157,0	16,095	0,00750	0,40	20	0,90	30,00	0,55
PV.4.2	0,11	0,68	0,1748	10,55	154,1	43,030	0,02301	0,40	24	1,75	31,60	0,86
RAMAL 5												
PV.5.1	0,0737	0,68	0,0737	10,00	157,0	18,425	0,00504	0,40	23	0,80	30,17	0,63
RAMAL 6.1												
PV 6.1	0,1058	0,68	0,1058	10,00	157,0	26,454	0,02839	0,40	18	1,68	28,75	0,29
RAMAL 6.2												
PV 6.2	0,1125	0,73	0,1125	10,0	157,0	30,202	0,00654	0,40	28	1,00	28,00	0,47
PV 6.3	0,1382	0,71	0,2508	10,5	154,6	66,095	0,01612	0,40	34	1,71	60,30	0,59