



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROPUR - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO
URBANO E REGIONAL**

MOEMA FELSKE LEUCK

**A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO E A GESTÃO URBANA
EM PORTO ALEGRE**

Porto Alegre, julho de 2022.

MOEMA FELSKÉ LEUCK

**A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO E A GESTÃO URBANA
EM PORTO ALEGRE**

Orientador: Prof. Carlos André Bulhões Mendes, Ph.D.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Lopes da Silveira (Examinador interno)
Programa de Planejamento Urbano e Regional / UFRGS

Prof. Dr. Guilherme Fernandes Marques (Examinador externo)
Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS

Prof^a. Dr^a. Bárbara Maria Giacom Ribeiro (Examinadora externa)
Universidade Federal de Santa Maria / UFSM

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PROPUR-UFRGS) como requisito para obtenção do título de doutor em Planejamento Urbano e Regional.
Área de concentração: Infraestrutura urbana e ambiental

Porto Alegre, julho de 2022.

CIP - Catalogação na Publicação

Leuck, Moema Felske
A universalização do saneamento e a gestão urbana em
Porto Alegre / Moema Felske Leuck. -- 2022.

273 f.

Orientador: Carlos André Bulhões Mendes.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande
do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-
Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto

“Mesmo a ignorância é preferível à erudição da cabeça sem a sabedoria da alma para a iluminar e guiar.”

Originário do Livro dos Preceitos de Ouro traduzido por H. P. Blavatsky

“A mais bela coisa que podemos vivenciar é o mistério. Ele é fonte de qualquer arte verdadeira e qualquer ciência. Aquele que desconhece esta emoção, aquele que não para mais para pensar e não se fascina, está como morto: seus olhos estão fechados.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer aos meus pais, o começo de tudo, ao meu amado esposo, companheiro de todas as horas, Ricardo, aos meus filhos, Frederico e Ágata, ao meu genro Carlos e a minha nora Lais, o apoio de todos vocês foi imprescindível para a realização deste trabalho. Agradeço especialmente ao meu professor orientador, Carlos André Bulhões Mendes, que sempre demonstrou entusiasmo e dedicação ao seu trabalho, fonte de inspiração e motivação aos seus alunos, ao professor Fábio Lúcio Lopes Zampieri, cujos ensinamentos sobre geoprocessamento foram a base de todo o trabalho de pesquisa e ao professor João Farias Rovati, por mostrar um mundo novo para mim, a epistemologia. Aos demais professores do PROPUR, agradeço pelo saber compartilhado e pelo exemplo profissional. À direção e à coordenação da pós-graduação do PROPUR minhas especiais saudações. Agradeço à equipe da secretaria, sempre prestativa e disposta ao atender os alunos. Agradeço também aos meus colegas do PROPUR e do DMAE, cujo convívio, troca de ideias, experiências e informações muito enriqueceram este trabalho. Ao DMAE, agradeço imensamente pelos amigos que fiz, pelas experiências gratificantes e por tudo que tenho aprendido sobre saneamento.

Aos autores referenciados e a todos aqueles que, durante a minha existência, me educaram, apoiaram, inspiraram e participaram de alguma forma deste caminho que me conduziu ao que sou e a conquistar valores para me tornar uma pessoa melhor, expresso a minha sincera gratidão.

RESUMO

A escolha do tema, universalização do saneamento e a gestão urbana, se deve à expectativa que, com o ingresso do setor privado na prestação dos serviços de saneamento promovida pela Lei Federal 14.026/2020 e o aporte de recursos financeiros, a simples expansão dos sistemas de coleta e tratamento seja suficiente para cumprir as metas de universalização estabelecidas no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e, assim, despoluir os rios urbanos. Entende-se que essa suposição é ilusória porque o desempenho de um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) está condicionado à gestão, às diretrizes e normas institucionais e ao modelo de urbanização. O problema central desta pesquisa é investigar os motivos de não se observar melhora da qualidade das águas dos rios urbanos nas cidades com bons indicadores de coleta e tratamento dos esgotos. Para isso, foi realizado um estudo de caso no SES Ponta da Cadeia (PC), em Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS) utilizando-se a abordagem quali-quantitativa. A coleta de dados se deu através de pesquisa documental, bibliográfica e de campo com foco na identificação e análise dos indicadores nas áreas críticas em infraestrutura. Os indicadores das unidades de análise, obtidos pelo recorte dos dados através de ferramentas de geoprocessamento, mostraram os efeitos negativos causados pela ocupação das áreas próximas aos arroios e canais de drenagem, áreas de preservação e de risco. Deste modo, a hipótese que um SES é impactado pelo modelo de uso e ocupação do solo urbano foi validada. Para propor metodologia para avaliar o desempenho do Sistema de Coleta e Condução dos Esgotos Sanitários (SCCES) e o monitoramento das águas urbanas, surge a necessidade de estruturar o processo de coleta com o uso de uma nova unidade de agregação, o Meso Setor Sanitário (MSS) e da criação de um índice de desempenho. A proposta do MSS demonstrou ter aplicabilidade para o monitoramento e a avaliação do SCCES na bacia e como suporte para o Gerenciamento Integrado das Águas Urbanas. Conclui-se que, os investimentos aplicados na universalização podem refletir na qualidade das águas urbanas, desde que se conheçam suas limitações e sejam adotadas metas de qualidade vinculadas às metas de enquadramento estabelecidas nos Planos de Bacia Hidrográfica (PBH), nos contratos de concessão, no licenciamento e na regulação. A pesquisa contribuiu para a estruturação e a definição da escala do processo de coleta e condução dos esgotos, para atuar de forma coincidente com os órgãos gestores de recursos hídricos, fornecendo uma base para a modelagem e simulação integrada das águas urbanas, o que permitirá avaliar a eficácia da universalização e melhorar o sistema de gestão das águas.

Palavras-chave: Sistema de esgotamento sanitário. Meso setor sanitário. Indicadores. Enquadramento. Gerenciamento integrado das águas urbanas.

ABSTRACT

The choice of theme, universal sanitation and urban management, is due to the expectation that with the entry of the private sector in the provision of sanitation services promoted by Federal Law 14.026/2020 and the contribution of financial resources, the simple expansion of the collection and treatment is sufficient to meet the universalization goals established in the National Basic Sanitation Plan (PLANSAB) and, thus, clean up urban rivers. It is understood that this assumption is illusory because the performance of a Sanitary Sewage System (SES) is conditioned to management, institutional guidelines and standards and the urbanization model. The central problem of this research is to investigate the reasons for not observing an improvement in the water quality of urban rivers in cities with good indicators of sewage collection and treatment. For this, a case study was carried out at SES Ponta da Cadeia (PC), in Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS) using a qualitative-quantitative approach. Data collection took place through documentary, bibliographic and field research focusing on the identification and analysis of indicators in critical areas in infrastructure. The indicators of the units of analysis, obtained by clipping the data through geoprocessing tools, showed the negative effects caused by the occupation of areas close to streams and drainage channels, preservation and risk areas. Thus, the hypothesis that a SES is impacted by the urban land use and occupation model was validated. To propose a methodology to evaluate the performance of the Sanitary Sewage Collection and Conduction System (SCCES) and the monitoring of urban waters, the need arises to structure the collection process with the use of a new aggregation unit, the Meso Setor Sanitário (MSS) and to create a performance index. The MSS proposal proved to have applicability for the monitoring and evaluation of SCCES in the basin and as a support for the Integrated Management of Urban Waters. It is concluded that the investments applied in universalization can reflect on the quality of urban waters, provided that their limitations are known and quality goals are adopted linked to the framework goals established in the Hydrographic Basin Plans (PBH), in the concession contracts, in licensing and regulation. The research contributed to the structuring and definition of the scale of the sewage collection and conduction process to act in a coordinated way with the water resources management bodies, providing a basis for the integrated modeling and simulation of urban waters, which will allow the evaluation of the effectiveness of universalization and improve the water management system.

Keywords: Sanitary sewage system. Meso sanitary sector. Indicators. Framework. Integrated urban water management.

RESUMEN

La elección del tema, universalización del saneamiento y gestión urbana, se debe a la expectativa de que, con la entrada del sector privado en la prestación de servicios de saneamiento promovida por la Ley Federal 14.026/2020 y la contribución de recursos financieros, la simple ampliación de los sistemas de recolección y tratamiento será suficiente para cumplir las metas de universalización establecidas en el Plan Nacional de Saneamiento Básico (PLANSAB) y, así, sanear los ríos urbanos. Se entiende que este supuesto es ilusorio porque el desempeño de un Sistema de Alcantarillado Sanitario (SES) está condicionado a la gestión, a las directrices y normas institucionales y al modelo de urbanización. El problema central de esta investigación es analizar las razones por las que no mejora la calidad del agua de los ríos urbanos en ciudades con buenos indicadores de recogida y tratamiento de aguas residuales. Para ello, se realizó un estudio de caso en el SES Ponta da Cadeia (PC), en Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), utilizando un enfoque cuali-cuantitativo. La recopilación de datos se realizó a través de una investigación documental, bibliográfica y de campo centrada en la identificación y el análisis de indicadores en áreas críticas de la infraestructura. Los indicadores de las unidades de análisis, obtenidos mediante el recorte de los datos a través de herramientas de geoprocésamiento, mostraron los efectos negativos causados por la ocupación de las zonas cercanas a los arroyos y canales de drenaje, áreas de preservación y de riesgo. Así, se validó la hipótesis de que el modelo de ocupación y uso del suelo urbano influye en el SES. Con el fin de proponer una metodología para evaluar el desempeño del Sistema de Recolección y Conducción de Aguas Residuales (SCCES) y el monitoreo de las aguas urbanas, surge la necesidad de estructurar el proceso de recolección con el uso de una nueva unidad de agregación, el Sector Meso Sanitario (SMS) y la creación de un índice de desempeño. La propuesta del SMS demostró tener aplicabilidad para el seguimiento y evaluación del SCCES en la cuenca y como apoyo a la Gestión Integrada de las Aguas Urbanas. Se concluye que las inversiones aplicadas en la universalización pueden repercutir en la calidad de las aguas urbanas, siempre que se conozcan sus limitaciones y se adopten objetivos de calidad, vinculados a los objetivos de encuadramiento establecidos en los Planes de Cuencas Hidrográficas (PBH), en los contratos de concesión, en el licenciamiento y en la regulación. La investigación contribuyó a la estructuración y definición de la escala del proceso de recogida y conducción de las aguas residuales, para actuar de forma coincidente con los organismos de gestión de los recursos hídricos, proporcionando una base para la modelización y simulación integrada de las

aguas urbanas, que permitirá evaluar la eficacia de la universalización y mejorar el sistema de gestión del agua

Palabras clave: Sistema de alcantarillado sanitario. Sector mesosanitario. Indicadores. Marco (en las clases de uso del agua). Gestión integrada del agua urbana.

LISTA DE ABREVIATURAS USADAS NO TEXTO

ABAR – Associação Brasileira de Agências de Regulação

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABEMA – Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente

AEIS – Área Especial de Interesse Social

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ANAMMA – Associação Nacional de Órgãos Municipais de Meio Ambiente

APP – Área de Preservação Permanente

APR – Área de Preservação e de Risco

Art – Artigo

BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

CCJC – Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania

CF – Constituição Federal

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CNRH – Conselho Nacional dos Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento

CRED – *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*

CRH – Conselho de Recursos Hídricos

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DOERS – Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul

DOU – Diário Oficial da União

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DTA – Documento Técnico de Apoio

EBAP – Estação de Bombeamento de Águas Pluviais

EBE – Estação de Bombeamento de Esgotos

EC – Emenda Constitucional

EM-DAT – *Emergency Disasters Data Base*

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuárias

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

EUREAU – *European Federation of National Associations of Water Service*

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

FREPAD – Frente Parlamentar em Defesa do Arroio Dilúvio

GIRH – Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IAD – Interceptor do Arroio Dilúvio

IQA– Índice de Qualidade da Água

ITB – Instituto Trata Brasil

MC – Ministério das Cidades

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

MDT – Modelo Digital do Terreno

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MP – Ministério do Orçamento, Planejamento e Gestão

MS – Ministério da Saúde

MSS – Meso Setor Sanitário

NSF – *National Sanitation Foundation*

NTK – Nitrogênio Total Kjeldhal

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OFWAT – *Water Services Regulation Authority*

OMC – Organização Mundial do Comércio

ONU – Organização das Nações Unidas

PB – Paraíba

PC – Ponta da Cadeia

PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat

PERH/RS – Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre

PDDrU Plano diretor de Drenagem Urbana

PDE – Plano Diretor de Esgotamento Sanitário

PL – Projeto de Lei

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PRODES – Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas

PUC – Pontifícia Universidade Católica

PULE – Programa Unificado de Ligações de Esgoto

PV – Poço de Visita

RC – Rede Coletora

RS – Rio Grande do Sul

SCCES – Sistema de Coleta e Condução dos Esgotos Sanitários

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura

SES – Sistema de Esgoto Sanitário

SINIMA – Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SINISA – Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SMF – Secretaria Municipal da Fazenda

SMOV – Secretaria Municipal de Obras e Viação

SNIC – Sistema Nacional de Informações e Indicadores Culturais

SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos

SNIS – Sistema Nacional de Informação de Saneamento

SPC – Sistema de Esgotamento Sanitário Ponta da Cadeia

SPM – Secretaria do Planejamento Municipal

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UN United Nations

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Fluxograma de identificação da situação do esgotamento.....	36
Figura 2.2 - Fluxograma do processo de implantação de rede de esgoto sanitário com CCTS. * o bombeamento compulsório é exigido para domicílios com mais de dois vasos sanitários...	38
Figura 2.3 - Fontes de poluição dos corpos receptores nas áreas urbanas.....	40
Figura 2.4 - Modelo de um sistema integrado de águas residuais urbanas.	41
Figura 2.5 - Extravasamento em um PV do CT do Arroio Moinho, às margens do arroio Moinho.	43
Figura 2.6 - Edificação sobre o Coletor Tronco do arroio Moinho para impedir o acesso de carros ao local.....	44
Figura 2.7 - Exemplos de mau uso da rede de coleta dos esgotos sanitários do tipo separador absoluto: a) PV quebrado para lançamento de água de pia; b) PV quebrado para escoar água de chuva; c) PV quebrado para escoar água de vertente; d) PV usado para apoiar um tanque, onde a água da torneira corria continuamente.....	45
Figura 2.8 - Cargas de DBO afluentes nas ETES de Posto Alegre para a população de 2015.	53
Figura 2.9 - Nível de agregação de dados de uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade.	57
Figura 2.10 - Áreas de preservação conforme o PDDUA 1997.	68
Figura 2.11 - Localização da cidade de Porto Alegre e municípios do entorno do Lago Guaíba.	76
Figura 2.12 - Localização dos SES de Porto Alegre.	78
Figura 2.13 - Os SES com tratamento na ETE Serraria e a hidrografia.	80
Figura 2.14 - Sub-bacias do SES PC e hidrografia.....	81
Figura 2.15 - Imagem de satélite da língua negra, na foz do Arroio Dilúvio, desaguando no Lago Guaíba.	82
Figura 2.16 - Arroios da área do SES Ponta da Cadeia e pontos de monitoramento 39 e 40. .	84
Figura 2.17 - Imagens da calha do Arroio Dilúvio em a) 2013, b) 2017; c) 2020 e d) 2020. .	85
Figura 2.18 - Esquema simplificado da simulação de bacia hidrográfica, programa Kallisto.	96
Figura 3.1 - Desenho esquemático do recorte espacial e das etapas da pesquisa: a) SES PC e o Sistema Serraria; b) Análise das sub-bacias D-16 e D-17; c) Obtenção dos indicadores pelas	

faixas equidistantes dos arroios e canais; d) Delimitação das novas sub-bacias; e) Estruturação do processo de coleta e definição dos pontos de monitoramento pelos MSS; f) Obtenção dos indicadores nas áreas de proteção e de risco hidrogeológico e demais unidades de análise. .	102
Figura 3.2 - Sobreposição dos setores censitários, ramais e sub-bacias no SES PC para a vinculação dos dados estatísticos do censo demográfico aos ramais.	107
Figura 3.3 - Planilha com as informações dos setores censitários demográficos do IBGE de 2010.	108
Figura 3.4 - Tela do QGIS com parte das informações do censo demográfico vinculadas aos ramais de água de 2008.	110
Figura 3.5 - Fluxograma para o cálculo da população de 2018 nas unidades de análise do SES.	111
Figura 3.6 - Cobertura e dados sobre os diâmetros de rede separadora no SES PC em 2018. Os trechos em vermelho não possuem informação do diâmetro.	113
Figura 3.7 - Rede separadora em 2008, segundo o destino dos esgotos no SES PC.....	114
Figura 3.8 - Rede separadora em 2018, pelo destino dos esgotos no SES.	115
Figura 3.9 - Fluxograma das etapas para a obtenção dos MSS e dos pontos de monitoramento a partir da camada da rede coletora.	117
Figura 3.10 - Bacia do Arroio Moinho, sub-bacias de esgotamento sanitário D-16 e D-17 pelo PDE/20013.	119
Figura 3.11 - Foz do Arroio Moinho na calha do Arroio Dilúvio.	119
Figura 3.12 - Ortofoto do Arroio Dilúvio na foz do Arroio Moinho.....	120
Figura 3.13 - Fotos da ocupação das margens do Arroio Moinho	121
Figura 3.14 - Infraestrutura de saneamento da bacia do Arroio Moinho.	122
Figura 3.15 - Identificação dos tramos principais da rede coletora de esgoto sanitário nas sub-bacias D-16 e D-17 do Arroio Dilúvio.	124
Figura 3.16 - Localização do PV-268, para onde convergem os esgotos de quatro setores sanitários desta bacia.	125
Figura 3.17 - Imagem da tela do monitor com as camadas utilizadas para verificar o fluxo dos esgotos na rede, com as CF dos PVs em vermelho.	126
Figura 3.18 - Os cinco setores sanitários e rede de esgoto sanitário da Bacia do Arroio Moinho.	128
Figura 3.19 - Primeira tentativa de definição dos pontos de coleta para o monitoramento integrado das águas urbanas na bacia do Arroio Moinho.....	129

Figura 3.20 - Etapas de sobreposição de áreas sensíveis para a obtenção das APR na bacia do Arroio Moinho. a) Áreas de preservação permanente; b) Áreas de risco; c) APR; d) AEIS em APR.	131
Figura 3.21 - Desenho esquemático do fluxo da carga orgânica dos esgotos sanitários nas águas urbanas.....	133
Figura 3.22 - Diagrama da metodologia para a análise das ligações nas faixas equidistantes dos arroios e canais.	136
Figura 3.23 - Base dos arroios e canais usados para a criação dos buffers das faixas no SES PC.	137
Figura 3.24 - Diagrama metodológico da análise dos indicadores de saneamento nas áreas de preservação e de risco.....	138
Figura 3.25 - Recortes formadores da APR: a) APP cursos d'água; b) APP topo de morro. .	140
Figura 3.26 - Recortes formadores da APR: a) área de risco hidrogeológico; b) APR.....	141
Figura 3.27 - Diagrama metodológico da aplicação dos indicadores de saneamento nas unidades de análise.	143
Figura 4.1 - Fluxograma da distribuição das ligações, economias e população no SPC por tarifa em 2018.	157
Figura 4.2 - Configuração proposta das sub-bacias de esgotamento sanitário sobre a divisão adotada pelo PDE/2013.	159
Figura 4.3 - Novas sub-bacias agrupadas pelos meso setores sanitários (MSS) e os pontos de monitoramento dos esgotos no SES PC.	160
Figura 4.4 - Pontos de monitoramento dos setores sanitário (MSS) na rede separadora, no SES PC.	161
Figura 4.5 - Fluxograma do trajeto dos esgotos nos MSS através dos pontos de monitoramento M1 a M9, no SES PC.	162
Figura 4.6 - Fluxograma da estimativa da carga orgânica acumulada nos pontos de monitoramento M1 a M9 do SES PC (tDBO/dia).....	163
Figura 4.7 - Pontos de monitoramento do sistema fluvial e de drenagem do SES PC.....	166
Figura 4.8 - Fluxograma do trajeto das águas de drenagem urbanas oriundas das sub-bacias de esgoto sanitário através dos pontos de monitoramento H1 a H8, no SES PC.....	167
Figura 4.9 - Fluxograma da carga orgânica acumulada nos pontos de monitoramento H1 a H8 dos arroios e sistema de drenagem do SES PC em 2018 (tDBO/dia).	169

Figura 4.10 - Espacialização dos ramais de água por tipo de ligação de esgoto em 2008, a e em 2018, b.	173
Figura 4.11 - Traçado dos arroios e canais e buffer das faixas até 120m no SES PC.....	175
Figura 4.12 - Localização dos ramais de água nas faixas equidistantes dos arroios em 2008 e 2018.	177
Figura 4.13 - Incidência das Áreas especiais de Interesse Social sobre as APR nos MSS do SES PC.	188
Figura 4.14 - Localização dos ramais de água por tarifa de esgoto 1 e 3 (a) e 2 (b) nas APR e no SES PC em 2018.	190
Figura 4.15 - Ligações ativas na APR em 2018.	191
Figura 4.16 - Ligações residenciais ativas na APR em 2008 e 2018.	193
Figura 4.17 - Tarifa das ligações ativas nas AEIS em 2018.....	194
Figura 4.18 - Rede separadora nas APR e nos setores sanitários.	195
Figura 4.19 - Unidades de análise dos indicadores.	203
Figura 4.20 - Indicador de atendimento de esgoto - IA1 (%), (IN056).....	205
Figura 4.21 - Indicador de coleta de esgotos - IA2 (%), (IN015).....	206
Figura 4.22 - Indicador de tratamento - IA3(%), (IN016).....	207
Figura 4.23 - Indicador de efetividade das ligações - IE1 (%), (IX02).	208
Figura 4.24 - Indicador de efetividade das ligações - IE2 (%), (IX03).	209
Figura 4.25 - Indicador de extravasamentos - ID1 (extr/km), (IN082).	210
Figura 4.26 - Indicador de extravasamento em lotes - ID2 (extrav/km), (IX05).	211
Figura 4.27 - Indicador de desobstruções - ID3 (desob/km), (IX03).	212
Figura 4.28 - Indicador de descargas em sistema pluvial - ID4 (PV/km), (IX09).	213
Figura 4.29 - Indicador de reclamações - ID5 (recl/ligação), (IX04).....	214
Figura 4.30 - Índice de desempenho e classificação do SES PC em 2018.....	218

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 - Rede implantada por destino (km) e cobertura da rede coletora (%) no SPC de 1990 a 2018.	154
Gráfico 4.2 - Economias residenciais ativas por ligação nas bacias e no SES PC entre 2008 e 2018.	172
Gráfico 4.3 - Composição das faixas por tipo de tarifa das ligações residenciais ativas em 2008.	181

Gráfico 4.4 - Composição das faixas por tipo de tarifa das ligações residenciais ativas em 2018.	181
Gráfico 4.5 - Variação das ligações residenciais ativas pelas faixas entre 2008 e 2018.	184

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 Extensão de rede separadora implantada entre 1990 e 2018 no SPC.....	154
Tabela 4.2 Cobertura da rede separadora no SES PC em 2008 e 2018.....	155
Tabela 4.3 População dos Meso Setores Sanitários no SES em 2018.....	158
Tabela 4.4 Áreas dos MSS do SES PC.....	161
Tabela 4.5 Distribuição da população nas faixas e no SPC em 2008 e 2018.....	171
Tabela 4.6 Distribuição da rede separadora nas faixas em 2008 e 2018.....	176
Tabela 4.7 Variação do número de economias, de ligações e da densidade nas faixas em 2008 e 2018.	178
Tabela 4.8 Distribuição dos ramais por tipo de tarifa nas faixas em 2008 e 2018.....	180
Tabela 4.9 Percentuais da efetividade das ligações por faixa em 2018.....	182
Tabela 4.10 Áreas de APR, APPs e de risco hidrogeológico no SES PC.....	186
Tabela 4.11 Áreas das partes formadoras da APR pelos setores do SES PC.....	187
Tabela 4.12 Área das AEIS e das sobreposições das AEIS no SES PC.....	189
Tabela 4.13 Distribuição das ligações ativas das APR por MSS em 2018.	192
Tabela 4.14 Informações de água e esgoto nas unidades de análise do SES PC em 2018....	196
Tabela 4.15 Indicadores de água e esgoto nas unidades de análise do SES PC em 2018....	201
Tabela 4.16 Indicadores das unidades de análise do SES PC.	204
Tabela 4.17 Indicadores normalizados.....	216
Tabela 4.18 Indicadores ponderados, índice de desempenho e classificação das unidades..	217
Tabela 4.19 Valores adotados para a normalização e ponderação dos dados dos indicadores dos MSS.....	220
Tabela 4.20 Classificação e índice de desempenho dos MSS com os indicadores normalizados e ponderados.....	221
Tabela A Informações de água nos meso setores sanitários e nas APR.....	251
Tabela B Informações de água nas áreas de risco hidrogeológico e AEIS..	252
Tabela C Informações de água nas AEIS em APR e AEIS fora das APR.	253
Tabela D Informações de esgoto nos meso setores sanitários e nas APR.....	254

Tabela E	Informações de esgoto nas áreas de risco e AEIS.	255
Tabela F	Informações de esgoto nas AEIS em APR e fora de APR.	256
Tabela G	Indicadores de água nos meso setores sanitários e APR.	257
Tabela H	Indicadores de água nas área de risco e AEIS.	258
Tabela I	Indicadores de água nas AEIS em APR e fora da APR.	259
Tabela J	Indicadores de esgoto nos meso setores e APR.	260
Tabela K	Indicadores de esgoto nas áreas de risco e AEIS.	261
Tabela L	Indicadores de esgoto nas AEIS em APR e fora da APR.	262

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	- Resumo dos indicadores do ITB.	60
Quadro 2.2	- Indicadores e ponderações do Ranking do Saneamento.	61
Quadro 2.3	- Árvore de possibilidades para a Nota Parcial do índice de atendimento de esgoto.	62
Quadro 2.4	- Resultados das análises de amostras coletadas nos pontos 39 e 40 do Arroio Dilúvio em 2008 e 2018.	87
Quadro 2.5	- Parâmetros do IQA e respectivos pesos relativos pelo CETESB e COMITESINOS	88
Quadro 2.6	- Faixas de qualidade da água para o IQA do NSF	89
Quadro 2.7	- Principais usos dos projetos de modelagem na Nova Zelândia.	94
Quadro 3.1	- Resumo das fases da pesquisa.	103
Quadro 3.2	- Grupos de indicadores propostos para o índice de desempenho.	147
Quadro 3.3	- Indicadores de desempenho para o Sistemas de Esgotamento Sanitário.	148
Quadro 3.4	- Valores adotados para a normalização e ponderação dos dados.	150
Quadro 3.5	- Valores para a classificação do índice de desempenho.	151

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
1.1	HIPÓTESE	24
1.2	OBJETIVOS.....	25
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	26
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
2.1	ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS DO SANEAMENTO	27
2.2	SUSTENTABILIDADE NO SISTEMA URBANO.....	31
2.3	OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO E AS METAS DE UNIVERSALIZAÇÃO.....	32
2.4	TIPOS DE SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTO.....	35
2.5	A GESTÃO URBANA E A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO	46
2.6	DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	51
2.7	OS INDICADORES DE DESEMPENHO DO SANEAMENTO	55
2.8	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP).....	64
2.9	ÁREAS DE RISCO HIDROGEOLÓGICO.....	69
2.10	A OCUPAÇÃO DAS ÁREAS SENSÍVEIS – CAUSAS E RISCOS SOCIAIS	69
2.11	ÁREAS ESPECIAIS DE INTERESSE SOCIAL (AEIS).....	73
2.12	O SES PONTA DA CADEIA	75
2.13	A BACIA DO ARROIO DILÚVIO E AS METAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO LAGO GUAÍBA	82
2.14	O SISTEMA DE ÁGUAS URBANAS E OS DESAFIOS PARA A SUSTENTABILIDADE.....	90
3	DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO	98
3.1	DELIMITAÇÃO DO OBJETO EMPÍRICO	98
3.2	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	99
3.3	METODOLOGIA	100
3.4	COLETA E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS.....	104
3.5	DELIMITAÇÃO DAS SUB-BACIAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DOS SETORES DE MONITORAMENTO.....	115
3.6	ESTUDO PRELIMINAR DA BACIA DO ARROIO MOINHO.....	118

3.7	ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO DE COLETA E TRANSPORTE DA CARGA ORGÂNICA NOS SETORES DE MONITORAMENTO	132
3.8	DETERMINAÇÃO DAS CARGAS ORGÂNICAS PRODUZIDAS E SUA ACUMULAÇÃO DURANTE O PROCESSO DE CONDUÇÃO DOS ESGOTOS NO SES E NOS SISTEMAS PLUVIAL E FLUVIAL.....	134
3.9	FAIXAS EQUIDISTANTES DOS ARROIOS.....	135
3.10	AS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE E DE RISCO HIDROGEOLÓGICO E AS AEIS.....	137
3.11	O ÍNDICE DE DESEMPENHO DO SES.....	142
4	RESULTADOS.....	153
4.1	A EXPANSÃO DA REDE COLETORA	153
4.2	A EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM 2016	156
4.3	A DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO PELOS TIPOS DE TARIFA DE ESGOTO	157
4.4	ATUALIZAÇÃO DAS SUB-BACIAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO SES PC	158
4.5	OS SETORES SANITÁRIOS E OS PONTOS DE MONITORAMENTO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS NO SES.....	159
4.6	O PROCESSO DE ACUMULAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA NO SES PC ATRAVÉS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NO SCCES.....	162
4.7	GESTÃO E MONITORAMENTO INTEGRADO DO SES PONTA DA CADEIA.....	164
4.8	OS PONTOS DE MONITORAMENTO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	165
4.9	O PROCESSO DE ACUMULAÇÃO DA CARGA ORGÂNICA NOS PONTOS DE MONITORAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM E NO LAGO GUAÍBA	166
4.10	A UNIVERSALIZAÇÃO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO VISTA A PARTIR DOS ARROIOS E CANAIS	170
4.11	A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO, DE RISCO E ESPECIAIS DE INTERESSE SOCIAL.....	186
4.12	INFORMAÇÕES E INDICADORES DE SANEAMENTO NAS UNIDADES DE ANÁLISE DO SES PC	195

4.13	ESPACIALIZAÇÃO DOS INDICADORES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS UNIDADES DE ANÁLISE	202
4.14	CLASSIFICAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO	215
5	CONCLUSÕES.....	224
6	RECOMENDAÇÕES	228
	REFERÊNCIAS	232
	APÊNDICE	249
	APÊNDICE A – TABELAS COM AS INFORMAÇÕES E OS INDICADORES DE ÁGUA E ESGOTO DAS UNIDADES DE ANÁLISE	250
	APÊNDICE B – SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	263
	ANEXOS	268
	LEI Nº12.651 DE 2012. (ARTS. 8, 9 E 25)	269
	INSTRUMENTOS DA LEI 10.257, ESTATUTO DA CIDADE, ART. 4.....	270
	CLASSIFICAÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA DOCE – RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005.....	272
	PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	272

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa aborda o tema da universalização e da efetiva prestação dos serviços de esgotamento sanitário buscando as causas do baixo rendimento de um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), aqui entendido como o conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços com o objetivo de coletar e tratar os esgotos domésticos.

A universalização do saneamento é o assunto mais discutido e importante para o setor, principalmente devido ao montante de recursos financeiros necessários para atingir as metas estabelecidas. A expectativa gerada com o ingresso do setor privado na prestação dos serviços de saneamento, promovida pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei Federal 14.026/2020, é de uma melhora substancial nos indicadores de coleta e tratamento dos esgotos sanitários. A revisão do PLANSAB prevê 92,0% dos domicílios atendidos com rede coletora¹ de esgotos até 2033, com um investimento de R\$ 215 bilhões (BRASIL, 2019c, p. 165). Em 2018, segundo o *Ranking* do Saneamento Básico baseado nos 100 maiores municípios do Brasil, divulgado pelo Instituto Trata Brasil (ITB), o indicador médio de coleta de esgotos foi 73,30%, metade da amostra (50 municípios) possui entre 81 e 100% de coleta, enquanto a média do Brasil foi de 53,2%, ITB (2020a, p. 53). Ainda assim, e mesmo nestas cidades, a poluição dos rios urbanos continua visível e sem alterações significativas. Tucci (2017, p. 3), observou que nenhum dos rios urbanos do país alcança a classe 2, contrariando a lógica de que a melhora dos indicadores de cobertura e de tratamento causaria a melhora da qualidade das águas dos rios urbanos. Nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), também se observa que a expansão e a integração do Sistema de Coleta e Condução dos Esgotos Sanitários² (SCCES) ao tratamento não estão causando o aumento esperado da carga orgânica afluente. Em 2018, Porto Alegre tinha 1.749.101 habitantes e 90,47% da população atendida com coleta de esgoto (IN056), 70,40% da população era atendida com sistema separador absoluto (DMAE, 2021b, p. 4), e o volume de esgoto tratado sobre o coletado (IN016), era de 49,10% segundo o Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS, 2020c). Em virtude de grandes investimentos

¹ Segundo a NBR 9.649/1986, é o conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgoto, e seus órgãos acessórios.

² O termo Sistema de Coleta e Condução dos Esgotos Sanitários (SCCES) será usado para se referir ao conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços, com o objetivo de coletar e conduzir os esgotos sanitários ao tratamento, excluído o tratamento.

em obras de saneamento na cidade, Dal Maso (2016, p. 160), atenta sobre expectativa da população de Porto Alegre em saber quando será utilizada a capacidade máxima das ETEs e as praias do Guaíba voltarão a ter balneabilidade.

Considerando, não os indicadores das cidades ou dos prestadores de serviço, mas os casos dos SES com bons indicadores de esgotamento sanitário onde, mesmo com o avanço substancial da cobertura com coleta e tratamento, não se observou melhora da qualidade das águas dos rios que os cortam, esta pesquisa procura responder à questão do porquê a melhora dos indicadores de cobertura e tratamento não está causando a melhora da qualidade das águas dos rios urbanos. E ainda, considerando o atual cenário da urbanização das cidades brasileiras e pressupondo que os recursos econômicos estejam disponíveis, quais são os fatores que estão influenciando o desempenho dos SES e o alcance das metas de universalização do saneamento. O que foi deixado para trás e por que foi deixado para trás?

Para responder a estas questões foi realizado um estudo de caso, que se aplica ao geral, no SES Ponta da Cadeia (PC), o mais urbanizado e com a maior cobertura de rede de esgoto dos dez sistemas da cidade de Porto Alegre, localizado em sua maior parte na bacia do Arroio Dilúvio, afluente do Lago Guaíba. Foi explorada a hipótese de que um SES sofre impactos negativos gerados pelo modelo de uso e ocupação do solo urbano, pela normatização restritiva e por um sistema de gestão deficiente ou inexistente. Este arranjo impacta o desempenho dos SES, o atingimento das metas de universalização e, por consequência, as metas de enquadramento dos rios urbanos.

Para validar a hipótese, foram definidas duas abordagens distintas para analisar as ineficiências do SCCES: uma relacionada aos impactos causados pela falta de gestão urbana no território e a outra, relacionada a falta de um sistema de gestão do SES. Na primeira abordagem foram obtidos os indicadores de saneamento nas áreas sensíveis do tecido urbano, especificamente as áreas próximas de arroios e canais de drenagem, as áreas de preservação permanente (APP) e de risco hidrogeológico, a área resultante da sobreposição das duas anteriores, denominada Área de Preservação e Risco (APR) e as Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS). Os resultados mostraram que as áreas sensíveis possuem os piores indicadores de coleta e tratamento de esgotos e que não respondem bem a implantação do sistema separador absoluto, apresentando os piores indicadores de desempenho operacional, validando a hipótese de que um SES é impactado pelo modelo de uso e ocupação do solo urbano.

Na segunda, desenvolveu-se uma metodologia para avaliar o desempenho de um SCCE e o monitoramento das águas urbanas. Não foram encontradas referências nacionais com exemplos de avaliação do desempenho dos SES e seus efeitos nas águas urbanas e, tampouco, metodologia para estruturar o gerenciamento integrado das águas urbanas destes sistemas, numa escala espacial adequada. O monitoramento do SCCE nos três meios de transporte dos esgotos: rede de esgoto sanitário, rede de drenagem pluvial e fluvial, é essencial para verificar seu impacto na bacia hidrográfica e o seu desempenho. Para responder à questão da vinculação dos indicadores ao SES e estruturar o processo de coleta e condução dos esgotos, foi criado um recorte para a agregação dos dados, denominado Meso Setor Sanitário (MSS), área constituída por um conjunto de sub-bacias de esgotamento sanitário, onde a rede coletora converge para um único ponto. Os 8 MSS resultantes, demonstraram suprir a necessidade de uma escala de agregação compatível com o gerenciamento das ações operacionais e do monitoramento através dos seus exutórios. A área de contribuição da drenagem e seus pontos de monitoramento também foram vinculadas aos MSS. Como resultado, obteve-se o *layout* do fluxo dos esgotos no SCCE e foi possível demonstrar o processo de acumulação das cargas orgânicas estáticas lançadas no SCCE e nos sistemas pluvial e fluvial.

O índice de desempenho para as unidades de análise do SES, foi composto pelos indicadores do Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS), do ITB, da *Water Services Regulation Authority* (OFWAT) e dos propostos na pesquisa. A base de dados foram o cadastro georreferenciado da prefeitura de Porto Alegre e as planilhas dos serviços operacionais da concessionária do ano de 2016. Os indicadores foram analisados nos 8 MSS, nas 27 tipologias das áreas sensíveis e no SES. Os indicadores foram calculados, normalizados e ponderados conforme a metodologia proposta por Lopes (2016), a fim de obter a classificação do Índice de Desempenho. As APR obtiveram os piores indicadores de saneamento em comparação às áreas sem restrição de ocupação. O índice de desempenho resultante da combinação de 10 indicadores foi classificado e transportado para um mapa, para visualizar as transferências das ineficiências causadas pelo modelo de uso e ocupação do solo de montante, onde estão as piores classificações, para jusante da bacia. Do que se conclui que o modelo de uso e ocupação do solo gerou um cenário hostil para o atendimento das metas de universalização, agravado pela restrição ao uso definitivo de sistemas de coleta combinados ou de tempo seco.

A vinculação espacial entre os indicadores de gestão da infraestrutura e os indicadores de qualidade das águas urbanas, contribui como uma ferramenta para que os órgãos licenciadores e as agências reguladoras fiscalizem o desempenho das concessionárias quanto ao atendimento das metas de enquadramento das águas urbanas e o aumento das cargas orgânicas nas ETEs. Ou seja, fornece os elementos necessários para concretizar a vinculação dos Planos de Bacia Hidrográfica (PBH) aos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), ou dos contratos de concessão às metas de enquadramento das águas superficiais.

A principal contribuição da pesquisa foi mostrar onde e como avaliar o desempenho do SES. O que foi possível com a estruturação do **processo de coleta e condução dos esgotos e com definição da escala de agregação das áreas de contribuição**, através da criação dos MSS. A partir daí, desenvolveu-se a metodologia para **monitorar o desempenho do MSS, considerando sua interface com os corpos hídricos da bacia**. Com isso, a pesquisa fornece uma base para a modelagem e simulação integrada das águas urbanas, para avaliar a eficácia da universalização e para estruturar o sistema de gestão das águas. As informações geradas contribuem com as políticas municipais de gestão e planejamento urbano e saneamento, para a melhoria dos serviços de saneamento, assim como para o licenciamento e regulação dos SES.

1.1 Hipótese

Considerando o atual cenário da urbanização das maiores cidades brasileiras e pressupondo que os recursos econômicos estejam disponíveis surgem as seguintes indagações: quais são os fatores que estão influenciando o atendimento das metas de universalização do saneamento? O que está dificultando a melhoria de nossos indicadores de salubridade e de poluição das águas? De que maneira os indicadores poderiam melhor representar as condições da coleta e dos serviços dos SES? Como obter melhor aproveitamento dos recursos destinados ao setor?

A **hipótese** a ser testada nesta pesquisa é que: “o setor de saneamento, por estar condicionado a um modelo do uso e ocupação do solo que gera restrições à universalização e impacta o desempenho do sistema, bem como a um sistema de gestão e normatização que limitam a sua atuação, não será capaz de atingir a meta da universalização do atendimento como, também, não serão atingidas as metas de enquadramento das águas superficiais urbanas”.

1.2 Objetivos

O **objetivo geral** desta pesquisa é identificar quais são os aspectos críticos relacionados ao tecido urbano e à falta de gestão que influenciam no desempenho de um SES com bons índices de atendimento de coleta e tratamento. Foram formulados três objetivos a serem perseguidos que, por sua vez, se desdobram em objetivos específicos:

OBJETIVO 1: Identificar os aspectos críticos relacionados ao tecido urbano e sua influência nos indicadores de saneamento.

Objetivos específicos: Analisar, em buffers de 30 m a partir dos eixos dos arroios e canais de drenagem do SES PC, os efeitos da ocupação urbana nos indicadores de saneamento nos anos 2008 e 2018; analisar os efeitos produzidos pela ocupação urbana das áreas de preservação permanente (APP), de risco hidrogeológico e a área resultante da sobreposição das áreas de proteção permanente e de risco, denominada nesta pesquisa de Área de Proteção e de Risco (APR), nos indicadores de saneamento em 2018.

OBJETIVO 2: propor metodologia para a estruturação do processo de coleta e condução dos esgotos, através de uma configuração de áreas de contribuição e seus pontos de monitoramento no SCCE e nas águas superficiais, com vistas ao monitoramento integrado das águas urbanas.

Objetivos específicos: atualizar a divisão das sub-bacias de esgotamento sanitário do SES PC; identificar o fluxo dos esgotos no sistema a partir da origem (ligação de água) até a Estação de Bombeamento de Esgotos (EBE) Ponta da Cadeia; criar uma unidade setorial (MSS), a partir da agregação das sub-bacias, adequada para monitorar e avaliar o desempenho do SCCE; escolher os pontos de monitoramento das unidades setoriais e dos sistemas pluvial e fluvial, considerando as interfaces entre eles; elaborar o balanço da carga orgânica estática gerada nos pontos de acumulação durante o processo de transporte dos esgotos, de montante para jusante, no SES e nas águas urbanas.

OBJETIVO 3: propor um índice de desempenho para as unidades de análise e para o SES.

Objetivos específicos: obter os indicadores e o índice de desempenho de cada unidade analisada para caracterizar seus pontos fracos e definir estratégias de ação localizadas; obter o mapa temático com o índice e os indicadores das unidades de análise.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho foi dividido em 7 capítulos. O **capítulo 1** introduz o assunto e o tema da pesquisa, aborda os objetivos gerais e específicos, a relevância e a justificativa do trabalho. O **capítulo 2** traz a revisão geral dos aspectos conceituais, legais, institucionais, de gestão e de qualidade, técnicos e institucionais relacionados ao tema central da pesquisa, a universalização do saneamento. O **capítulo 3** aborda o desenvolvimento metodológico, que foi dividido em onze etapas, que inicia com a preparação dos dados e da análise preliminar em uma sub-bacia, que serviu para definir a metodologia a ser aplicada e os recortes do sistema, passando pela estruturação do SES, onde se propõe uma nova configuração, focada em obter dados agrupados pelos MSS e da inserção de pontos de monitoramento no exutório destas áreas; no processo de acumulação das cargas orgânicas na bacia e no SES; na análise do desempenho do SES com foco nos efeitos da ocupação das áreas próximas aos arroios e canais abertos; na análise do sistema de coleta de esgoto sanitário setorizado com foco nos efeitos do processo de ocupação nas áreas de risco hidrogeológico, de preservação, na área resultante da sobreposição das anteriores (APR) e nas áreas especiais de interesse social (AEIS). Por fim, aborda-se a gestão do saneamento e dos recursos hídricos através da análise e proposição de indicadores relacionados à eficiência e eficácia do SCCES nas unidades de análise e a composição do índice de desempenho. O **capítulo 4** apresenta os resultados das análises da rede coletora e dos ramais de água de maneira genérica e específica, os indicadores e índices pelas unidades de análise e os mapas temáticos. O **capítulo 5** apresenta as conclusões e as limitações encontradas. O **capítulo 6** apresenta as recomendações. O **apêndice** contém informações detalhadas sobre os resultados e as tabelas das informações e dos indicadores de saneamento de cada recorte utilizado na pesquisa. Os Anexos contêm complementações sobre a legislação e a síntese dos resultados dos indicadores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica busca construir conhecimento sobre os temas importantes para o desenvolvimento do trabalho: o saneamento, a legislação relacionada ao saneamento, o uso e ocupação do solo e a gestão dos recursos hídricos e do saneamento.

2.1 Aspectos legais e institucionais do saneamento

O **saneamento básico** é um direito assegurado pela Constituição de 1988 e definido pela Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007) como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. A Lei 11.445/2007 é conhecida como Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico (LDNSB), é a norma que estabelece as diretrizes para os serviços de saneamento básico e define sua política no país.

A universalização do acesso e a efetiva prestação do serviço de saneamento é um dos princípios fundamentais da Lei 11.445/2007. A **universalização** é definida no artigo 3, inciso III como **“a ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico, em todos os serviços previstos no inciso XIV, incluídos o tratamento e a disposição final adequados dos esgotos sanitários”**, (BRASIL, 2007). O acesso aos serviços de saneamento básico está vinculado ao **princípio da integralidade**, art. 2º, II, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento que propicie à população o acesso a eles em conformidade com suas necessidades e **maximize a eficácia das ações e resultados**. Além disto, o Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010 (BRASIL, 2010), que regulamentou aquela lei, diz no art. 3º, III, que os serviços públicos de saneamento deverão ser **“realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente”**.

O novo marco do saneamento, Lei 14.026 de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020), alterou a Lei 11.445/2007, onde se estabeleceu a responsabilidade da prestação dos serviços de saneamento básico à competência dos municípios nos casos de interesse local e ao Estado, em conjunto com os municípios de regiões metropolitanas, no caso de interesse comum. Os entes têm a opção de delegar a terceiros a prestação dos serviços e, também, a sua regulação e

fiscalização, mas não o seu planejamento, o que inspira cautela, considerando que há falta de recursos e de interesse para formar, qualificar e manter um corpo técnico de excelência.

Dentre os princípios fundamentais para a prestação dos serviços públicos de saneamento os municípios têm o dever de se articular com as políticas de habitação, proteção ambiental, de recursos hídricos e integrar as infraestruturas e os serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos, (BRASIL, 2007). Porém, até o momento, os investimentos em saneamento não estão se refletindo na qualidade das águas dos arroios, rios e balneários, o que evidencia a falta de articulação entre os PMSB e os PBH. A vinculação do atingimento da meta do enquadramento do corpo hídrico ao PMSB poderia promover a gestão mais eficiente e eficaz do saneamento. A Lei 14.026/2020 atribuiu à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a responsabilidade pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico.

Interface com os Planos de recursos hídricos

A gestão integrada dos recursos hídricos com a gestão ambiental e do uso do solo faz parte das diretrizes gerais para a implementação do **Plano Nacional dos Recursos Hídricos** (PNRH), art. 3º, II e V da Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), assim como a articulação do planejamento dos recursos hídricos com os dos setores usuários e com o planejamento regional, estadual e nacional, art. 3, IV. Deste modo, a prestação dos serviços de saneamento não está restrita as diretrizes de legislação exclusiva, mas pela Política Nacional de Recursos Hídricos e, também, pelas políticas de proteção ambiental, (CARVALHO e ADAS, 2012, p. 46-47). Previstos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, os **Planos de Recursos Hídricos** são documentos que definem a agenda dos recursos hídricos de uma região, incluindo informações sobre ações de gestão, projetos, obras e investimentos prioritários.

Um dos obstáculos identificados por Carvalho e Adas, (2012, p. 54) para a implementação do marco regulatório, Lei 11.445/07 anterior à alteração de 2020, que foi a ausência ou, **deficiência na integração da prestação dos serviços com a gestão dos recursos hídricos**, continua sendo um grande desafio. Esta integração é um aspecto fundamental para a gestão do saneamento, pois é nos rios, lagos e arroios que se concretiza a ação de sanear.

A gestão integrada dos serviços de águas urbanas com o objetivo de atender a sustentabilidade da população e do ambiente é chamado de **Gestão Integrada de Águas Urbanas** (GIAU). O principal problema relacionado à cidade e seus elementos, segundo Tucci,

(2009, p.9), têm sido a forma fragmentada como o gerenciamento é desenvolvido. O plano diretor urbano geralmente não leva em consideração todas as infraestruturas, como as águas urbanas. As instalações hídricas urbanas também são fragmentadas, pois geralmente não há uma instituição que abranja todos os serviços ou a integração dos serviços. Os resultados são ruins e não há indicadores de eficiência.

O enquadramento das águas

A poluição dos corpos da água por esgotos sanitários é um grande problema nas cidades brasileiras. Para promover a sua despoluição foram definidos padrões de classificação e estabelecidas metas de **enquadramento** das águas dos rios e lagos baseados nas classes de uso, conforme as resoluções CONAMA 357 (BRASIL, 2005), de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo, (vide anexos), e definidas as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores pela CONAMA 430 (BRASIL, 2011).

O **enquadramento** é um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos que visa ao estabelecimento do nível de qualidade (classe de uso) a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, ao longo do tempo. Seu objetivo é assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de controle da poluição hídrica, através de ações preventivas. Quanto maior a classe, maior restrição ao uso e, por conseguinte, menor o nível de qualidade. (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA, 2017, p. 20).

Esse instrumento da Lei 9.433/97 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) favorece a ligação entre a gestão da quantidade e da qualidade da água e é a referência para os programas de despoluição das águas superficiais.

O processo de enquadramento é dividido em quatro etapas principais: diagnóstico da bacia; prognóstico da bacia; elaboração da proposta de enquadramento; análise e deliberações do Comitê da Bacia e do Conselho de Recursos Hídricos. Após a deliberação do Conselho inicia-se a implementação do Programa de Efetivação e o monitoramento das metas. (ANA, 2009, p. 23).

A Lei 14.026/2020, atribuiu à ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) a responsabilidade pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico, art. 4º-A, § 1º, dentre elas:

III – padronização dos instrumentos negociais de prestação de serviços públicos de saneamento básico firmados entre o titular do serviço público e o delegatário, os quais contemplarão **metas de qualidade, eficiência e ampliação da cobertura dos serviços**, bem como especificação da matriz de riscos e dos mecanismos de manutenção do equilíbrio econômico–financeiro das atividades; art. 4º–A, § 1º, III da Lei 14.026/2020 (BRASIL, 2020).

A LDNSB define que a gestão dos serviços de saneamento básico deve envolver planejamento, prestação dos serviços, regulação e fiscalização.

O Enquadramento do Plano da Bacia do Lago Guaíba foi aprovado através da Resolução estadual (RS) CRH Nº 50/2008, retificada e complementada pela Resolução CRH Nº 207/2016³. Este enquadramento serve como referência para as ações de gestão dos órgãos de recursos hídricos e meio ambiente, como a outorga e o licenciamento ambiental.

A Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do RS deu um passo importante para alavancar o processo de enquadramento com a Resolução CRH 207/2016, pois o estabelecimento das metas intermediárias para o enquadramento das águas superficiais da bacia hidrográfica do Lago Guaíba, onde o corpo hídrico do lago Guaíba foi dividido em 13 segmentos e ainda, foram enquadrados 13 arroios afluentes ao lago, divididos em 24 segmentos. Pelo Plano de Bacia do Lago Guaíba divulgado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba (2017, p. 21), a meta enquadramento da margem esquerda do lago, no trecho de montante de Porto Alegre, que está atualmente na classe 4, deve atingir a classe 3 em 10 anos. A foz do Arroio Dilúvio, principal arroio da cidade de Porto Alegre, se encontra neste trecho do lago. O Arroio Dilúvio está dividido em dois segmentos, o alto, que deve alcançar a classe 2 e o baixo, classe 3, no prazo de 10 anos, (RIO GRANDE DO SUL, 2016a, p. 40). Para isso foi prevista uma rede de monitoramento de qualidade das águas da bacia, conforme os artigos 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA) 357/2005 e tendo como referência os pontos de amostragem e os parâmetros definidos no Plano de Ações, fase C do Plano de Bacia. Aqui, se antevê a vantagem que um plano de monitoramento dos segmentos do corpo receptor teria, caso se saiba onde e como monitorar um SES, o que seria o elo para vincular as metas dos PBH aos PMSB.

³ Resolução estadual (RS) nº 207 de 09/11/2016. Publicação no DOERS, em 28/11/2016.

2.2 Sustentabilidade no sistema urbano

Baseado nos conceitos ecológicos, políticos e econômicos de sustentabilidade um sistema urbano será sustentável se a forma de ocupação do espaço urbano promover o bem-estar e garantir o acesso aos recursos naturais no presente e no futuro, com eficiência e equidade.

Segundo Grostein (2001) o avanço da urbanização, sua escala e velocidade não constituem problema em si, não fosse o modo como ocorreu. A sustentabilidade do aglomerado urbano/metropolitano, em sua componente físico-urbanística, relaciona-se a forma de ocupar o território; a disponibilidade de insumos para seu funcionamento (disponibilidade de água); a descarga de resíduos (destino e tratamento de esgoto e lixo); o grau de mobilidade da população no espaço urbano (qualidade do transporte público de massa); a oferta e o atendimento às necessidades da população por moradia, equipamentos sociais e serviços; e a qualidade dos espaços públicos. Dessa forma, as políticas que sustentam o parcelamento, uso e ocupação do solo e as práticas urbanísticas que viabilizam estas ações têm papel efetivo na meta de conduzir as cidades no percurso do desenvolvimento sustentado.

Para Freitas (2012) assim se define sustentabilidade:

Trata-se de um princípio constitucional que determina, com eficácia direta e imediata, a responsabilidade do Estado e da sociedade pela concretização solidária do desenvolvimento material e imaterial, socialmente incluso, durável e equânime, ambientalmente limpo, inovador, ético e eficiente, no intuito de assegurar preferencialmente de **modo preventivo e precavido, no presente e no futuro, o direito ao bem-estar**. (FREITAS, 2012, p. 41) apud (CAMPOS, QUINTERO e OLIVEIRA, 2013, p. 53)

O conceito de Milaré insere a política como elemento que tem o papel de disciplinar o uso dos recursos naturais, a fim de garantir seu acesso e benefícios às gerações futuras:

a sustentabilidade pode ser entendida como um conceito ecológico – isto é, como a capacidade que tem um ecossistema de atender às necessidades das populações que nele vivem – ou como um conceito político que limita o crescimento em função da dotação de recursos naturais, da tecnologia aplicada no uso desses recursos e do nível efetivo de bem-estar da coletividade. (MILARÉ, 2007, p. 68)

Campos *et al.* (2013) observam que as consequências da dimensão econômica requerem uma observação a longo prazo, portanto, seus resultados não podem ser vistos no curto prazo. Freitas (2012, p. 41) apud Campos *et al.* (2013, p. 57) define a dimensão econômica da sustentabilidade como:

a dimensão econômica da sustentabilidade evoca, aqui, uma pertinente ponderação, o adequado “trade off” entre a eficiência e equidade, isto é, o sopesamento fundamentado, em todos os empreendimentos (públicos ou privados), **dos benefícios e dos custos diretos e indiretos** (externalidades).

Freitas (2012) *apud* Campos *et al.* (2013, p. 57) reforçam que:

a sustentabilidade, gera uma nova economia, reformulando categorias e procedimentos, para os quais podem surgir excepcionais oportunidades, como a realização de um planejamento de longo prazo e incentivos à eficiência baseadas no seu bom desempenho.

(...)

a visão de uma economia sustentável, especialmente amparada nos progressos atuais da economia de um modo geral, revela-se decisivo para que a sustentabilidade atue de maneira adequada, equilibrando os custos e benefícios, diretos e indiretos, economicidade como combate ao desperdício; e que a regulação do mercado possa acontecer permitindo que a eficácia supere a eficiência.

Panayotopoulos (2015) examinou as relações de causalidade entre a forma urbana e a recorrência de eventos de inundação e a deterioração da qualidade das águas superficiais em Atenas, especificamente nos vazios urbanos de Eleonas, Grécia, definidos como grandes áreas que possuem uma textura distinta da configuração média urbana. O autor analisou até que ponto estas zonas urbanas, caracterizadas pelo alto grau de abandono causado por crises econômicas, migrações e descaso políticos, afetam localmente o ciclo da água urbana e expõe o potencial que as intervenções em pequena escala podem ter na transformação da cidade como um todo. Ele conclui que **as questões relacionadas à água não somente afetam o ambiente urbano, como são induzidas e exacerbadas por sua forma e pela qualidade da infraestrutura** e sugere uma mudança de paradigma em direção a uma gestão mais integrada e flexível das águas superficiais, a fim de se obter cidades mais adaptadas.

2.3 Os sistemas de informação do saneamento básico e as metas de universalização

As metas relacionadas com a melhoria da cobertura e da gestão do saneamento abrangem a escala mundial através dos **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)**, estabelecidas pela ONU. O Brasil é signatário do acordo para o cumprimento das ODS através dos programas lançados pelo governo federal, como o **Plano Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH)** e o **Plano Nacional de Saneamento (PLANSAB)**, passando pelos **Planos Estaduais de Recursos Hídricos (PERH)** até as unidades federativas, através dos **Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB)**.

O ODS 6.3 pretende, até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura global. O ODS 6.6 estabeleceu como meta até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos (ONU, 2015).

O PLANSAB estabeleceu metas nacionais de curto, médio e longo prazo, 2018, 2023 e 2033, respectivamente, referentes à universalização dos serviços de saneamento básico, considerando que os indicadores vinculados ao conceito do direito humano à água e ao esgotamento sanitário, deveriam ser construídos, possibilitando dar visibilidade ao esforço do PLANSAB. A revisão do PLANSAB prevê 80,5% dos domicílios totais atendidos com rede coletora de esgotos (seguido de tratamento) ou com fossa séptica até 2023 e 92,0% até 2033, com um investimento de R\$ 215 bilhões (BRASIL, 2019c, p. 165). Para os domicílios urbanos, as metas são de 84,8% até 2023 e 93,0% até 2033, (SNIS, 2022, p. 13) e os recursos necessários são de R\$ 195.714 bilhões.

Criado em 1996 e vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), o **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)** reúne informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico–financeiro, contábil e de qualidade da prestação de serviços de saneamento básico em áreas urbanas das quatro componentes do saneamento básico. Também é responsável pela avaliação do desempenho dos serviços de saneamento. As informações são coletadas por município ou pelos prestadores de serviços.

O **Sistema Nacional de informações sobre o Saneamento Básico (SINISA)** constitui a evolução do SNIS, com as ampliações de escala e de escopo, complementações de informações e indicadores, coletando informações junto aos titulares, prestadores e entes reguladores e fiscalizadores dos serviços públicos de saneamento básico (SNIS, 2020b). Os objetivos do SINISA por meio do art. 66, § 2º do Decreto 7.217/10 (BRASIL, 2010), são:

1. Coletar e sistematizar dados relativos às condições da prestação dos serviços públicos de saneamento básico;
2. Disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para a caracterização da demanda e da oferta de serviços públicos de saneamento básico;

3. Permitir e facilitar o monitoramento e avaliação da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico.

O SINISA deverá, de forma articulada com o SNIRH, o Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) e outros, gerar um expressivo conjunto de indicadores de natureza operacional e gerencial, de monitoramento, de resultado e de impacto para os quatro componentes do saneamento básico com o potencial de gerar um conjunto auxiliar e complementar de elementos de monitoramento, oferecendo um importante poder explicativo sobre possíveis desconformidades do alcance de metas, conforme estabelece o Decreto 7.217/2010 (BRASIL, 2010).

Para a implementação do SINISA foram constituídos três sistemas:

Subsistema 1 – Gestão dos serviços de saneamento básico;

Subsistema 2 – Situação da oferta e da demanda, avaliação da efetividade dos investimentos;

Subsistema 3 – Informações e indicadores selecionados.

Uma ação para qualificar o processo de informação foi o Projeto Acertar, que visa o desenvolvimento de Metodologias de Certificação de informações do SNIS. O propósito, segundo o SNIS (2020a), foi aprimorar os processos de gestão das informações dos prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para que os prestadores possam mitigar riscos voltados à geração de suas informações, atuando de forma preventiva ou detectiva na identificação de potenciais erros e desvios.

Ao enfatizar a maior sintonia dos prestadores municipais em relação às reais necessidades de melhoria no saneamento básico, Santos *et al.* (2012) observam que:

Em congruência com o Plano Diretor do Município, o planejamento do saneamento básico deve observar as particularidades do município, bem como sua legislação. Deve ainda considerar o Plano da Bacia Hidrográfica em que o município está inserido, complementando ações para a melhoria dos recursos hídricos.

[...]

O **diagnóstico situacional dos serviços** é importante para a elaboração das diretrizes que nortearão as ações futuras para suprir as necessidades do município.

[...]

Ademais, o município deve criar seu **sistema de informações em saneamento**, no sentido de dar transparência aos indicadores de gestão, devendo ainda estar articulado com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SINISA). (SANTOS et al. 2012, p. 113-114).

2.4 Tipos de sistemas de coleta de esgoto

O **Sistema de Esgotamento Sanitário (SES)** é aquele destinado à coleta, ao tratamento e à disposição final dos efluentes sanitários, constituído por redes coletoras, coletores-tronco, interceptores, emissários, estações de bombeamento (EBE) e estação de tratamento (ETE). O componente **Sistema de Esgotamento Sanitário (SES)**, segundo a definição do SNIS (2019b), pode ser entendido como conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços, nesse caso, com o objetivo de coletar e tratar os esgotos domésticos e com isso evitar a proliferação de doenças e a poluição de corpos hídricos após seu lançamento na natureza.

Segundo a NBR 9.648 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), o **sistema de coleta de esgoto sanitário tipo separador** é o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro.

“O sucesso de tal sistema depende de fiscalização efetiva e controle eficiente para se evitar que ligações clandestinas encaminhem águas pluviais, principalmente, as provenientes de telhados e pátios dos domicílios atendidos”, (MACHADO *et al.* 2013, p. 236).

O **sistema unitário ou combinado** consiste na coleta e transporte de águas pluviais, de infiltração e águas residuárias (domésticas e industriais) em um único coletor. Segundo Qiao *et al.* (2018, p. 944), o lançamento, tanto das águas residuais combinadas como das águas pluviais, polui os corpos d'água e prejudica a qualidade das águas. Assim, as soluções convencionais de gestão de águas pluviais baseadas em sistemas combinados têm sido criticadas e consideradas insustentáveis por não resolverem os problemas ambientais contemporâneos, levando a prejuízos econômicos e sociais.

O **Sistema Misto** é uma combinação dos dois sistemas. É o que ocorre na maioria das grandes cidades do país. Segundo Machado *et al.* (2013, p. 238), apesar do Sistema Separador Absoluto ser o sistema utilizado no Brasil, muitos sistemas planejados para funcionarem como sistema separador acabam por funcionar como sistema misto, devido as ligações clandestinas e a interconexão entre os sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial, conforme Dias e Rosso (2011, p. 180) *apud* Machado *et al.* (2013, p. 238):

Diversas circunstâncias podem ser classificadas como causa ou efeito destas interconexões, inclusive alternando-se ciclicamente nesta relação, de forma cumulativa e sinérgica. As principais estão identificadas a seguir: a) regiões sem

sistema público de esgotamento sanitário; b) reminiscências de sistemas antigos: separador parcial ou unitário; c) defasagem na implantação e ampliação das etapas dos componentes do sistema; d) prorrogação da utilização de componentes obsoletos do sistema; e) falta de prioridade aos serviços de operação, manutenção e conservação; f) modelo de urbanização e falta de planejamento urbano; g) dificuldades na fiscalização de obras; h) descontrole sobre as ligações prediais irregulares; i) custos na implantação das ligações prediais; j) instalações prediais inadequadas; k) tratamento ineficaz; l) aspectos culturais e educativos; m) adoção de estruturas atípicas do sistema separador absoluto (DIAS e ROSSO, 2011, p.180).

A Figura 2.1 apresenta as configurações formais de um sistema de esgotamento sanitário onde ocorrem as quatro situações distintas: a total ausência de infraestrutura sanitária; as soluções individuais e o sistema misto; o sistema unitário ou o separador com aporte de águas pluviais; e a condição ideal, o sistema separador absoluto.

Para atender a um dos requisitos da Política de Saneamento Básico do Estado da Bahia para atingir a universalização através de um sistema de transição foram propostas, no Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário (PEMAPES), ações conjuntas do sistema de esgotamento sanitário e manejo de águas pluviais composto pela solução de sistema combinado e captação em tempo seco.

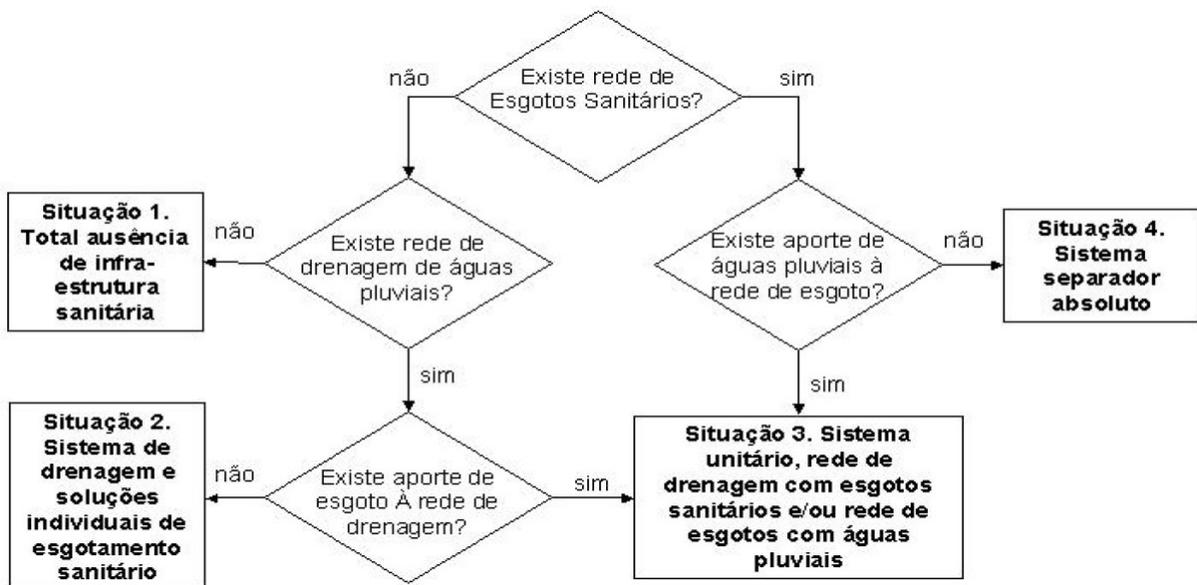


Figura 2.1 - Fluxograma de identificação da situação do esgotamento.

Fonte: Machado *et al.*(2013, p.236).

O sistema de transição consiste em um sistema de captação em tempo seco e sistema combinado, aproveitando as redes de drenagem pluviais existentes para o transporte de esgotos sanitários e de águas pluviais.

Os desafios da prestação integrada destes serviços apontados no artigo de Machado *et al.* (2013), seriam a separação da gestão entre os sistemas de esgoto sanitário e drenagem, que em algumas cidades são operados por entes distintos, a questão dos sistemas diferenciados de cobrança, onde a drenagem é cobrada sob a forma de tributo e os esgotos sanitários por tarifa. Uma das mais importantes seria a impossibilidade de obter recursos federais através de financiamentos onerosos ou não onerosos e, em relação aos aspectos legais, a proposta está em desacordo com algumas políticas públicas, apesar da Lei 11.445/2007 abrandar a atuação das políticas ambientais ao considerar etapas de eficiência. Com relação aos aspectos técnicos há de se considerar maior complexidade operacional, aumento da manutenção, ausência de normas técnicas e os encaminhamentos dados as estruturas construídas após o encerramento do sistema de transição. Os autores concluem que os desafios impostos para a adoção desta tecnologia impossibilitam a sua utilização.

Em Porto Alegre, quando as ligações de esgoto estão conectadas ou com destino à rede pluvial, as tarifas são cobradas sobre o percentual de 60% do volume da água consumida, o que favorece a aplicação de recursos próprios no sistema. Neste caso são adotadas soluções individuais de tratamento, em conformidade com as normas técnicas NBR 7.229/93⁴ e NBR 13.969⁵.

Os sistemas de esgotos podem apresentar outras configurações quando se insere elementos como os extravasores, PVs de coleta em tempo seco e reservatórios para modular as descargas de pico.

A Figura 2.2 ilustra o processo de implantação da rede coletora durante a fase de projeto onde as condições da topografia, de espaço para a implantação da rede e a presença de rede pluvial determinam o tipo de coleta. Nos terrenos inclinados para o fundo, a implantação da rede pode ser inviabilizada pela presença de construções, o que é comum nas ocupações próximas dos cursos d'água. Nesta situação, temos exemplos da aplicação de soluções não

⁴ NBR 7229/1993. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. ABNT. RJ.

⁵ NBR 13969/1997. Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. ABNT. RJ.

usuais como a coleta por redes colocadas dentro dos arroios, por exemplo o Programa Córrego Limpo, que usou este método em São Paulo. Esta alternativa envolve obras de alto custo, alta complexidade e nem sempre a sua execução é possível.

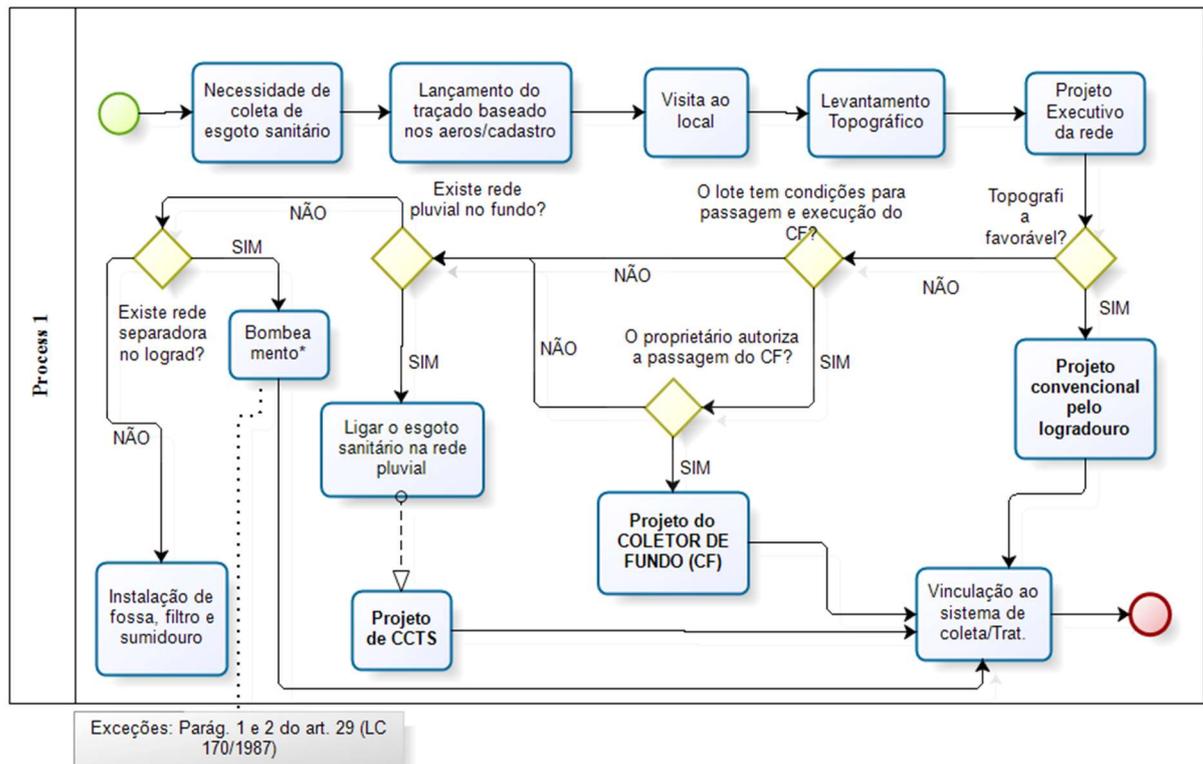


Figura 2.2 - Fluxograma do processo de implantação de rede de esgoto sanitário com CCTS. * o bombeamento compulsório é exigido para domicílios com mais de dois vasos sanitários.

Fonte: elaborado pela autora no Software Bizagi.

Nos casos das quadras com caimento para o centro, onde a coleta se dá através da rede pluvial e não há condições de implantar a rede separadora chamada de **coletor de fundo (CF)**, pode se coletar os esgotos sanitários através de um dispositivo de uma **caixa de coleta em tempo seco**, a CCTS. Este dispositivo consiste em uma câmara que recebe os esgotos da rede pluvial e os deriva para a rede separadora. Quando a vazão aumenta muito devido à chuva, ele passa a encaminhar a vazão excedente para a rede pluvial. Nestes casos, o sistema não apresenta condições de ser transitório.

Se não existir ou não houver condições de executar nem mesmo a rede pluvial nos fundos dos lotes, os esgotos podem ser bombeados para a rede na frente do lote. Em Porto

Alegre, a Lei Complementar 170 de 31 de dezembro de 1987, define no art. 9º os casos de obrigatoriedade e as exceções nos parágrafos 1º e 2º:

Art. 29 As instalações sanitárias situadas abaixo do nível do logradouro público que não dispuserem de coletor cloacal de fundos, ou não puderem ser ligados através de propriedade de terceiros para coletor público de perfil mais baixo, deverão ter seus despejos elevados, mecanicamente, por meio de bombas de recalque, para serem descarregados no coletor do logradouro.

§ 1º Nos casos de residências unifamiliares poderá ser ligada somente a parcela do esgoto que descarregue por gravidade no coletor do logradouro.

§ 2º Será dispensado o bombeamento, nos demais casos, se a parcela de esgoto, abaixo do nível do logradouro, contiver despejos de até dois vasos sanitários, ou se estes provierem de outros aparelhos, em qualquer quantidade.

Os sistemas de coleta de tempo seco no contexto das cidades brasileiras

Em geral a implantação da rede coletora nas cidades brasileiras se dá na fase pós ocupação, em inglês chamado de projeto *brownfield*, onde o espaço é disputado com as demais instalações de infraestrutura, arborização, avanços de terrenos no passeio, posteamento e etc. Esta característica limita ou condiciona a implantação e a eficiência da coleta.

Diversas fontes de informação apontam baixos índices de coleta e tratamento de esgotos, e parte reflete o afastamento dos esgotos feitos por redes de drenagem pluviais. Os Planos de Saneamento até aqui elaborados consideram exclusivamente o uso redes separativas, deixando de lado o papel dos sistemas de drenagens, e por consequência, a possibilidade de interceptação dos esgotos domésticos que nelas correm. (PEREIRA *et al.*, 2020, p. 1) .

Diante de inúmeras situações em que não é possível a implantação da rede separadora, a rede unitária com sistema de coleta em tempo seco é uma opção que precisa ser explorada e desenvolvida. Existem boas perspectivas do uso desta alternativa como demonstra o estudo de Fadel e Dorneles (2015), que estima a possibilidade de remoção de 85% da carga orgânica dos efluentes sanitários lançados no corpo receptor através da coleta em tempo seco na bacia do Arroio Capivara, em Porto Alegre.

O exemplo prático das cidades de Lisboa e Estoril, em Portugal, que tratam grandes áreas consolidadas e se utilizam dos sistemas de drenagem existentes para coleta dos esgotos citados por Pereira, Matos e Ferreira (2020), tem mostrado excelentes resultado na melhoria das águas do estuário do rio Tejo.

Segundo Machado *et al.* (2013, p. 238), a alta capilaridade dos sistemas de drenagem urbana nas regiões tropicais e subtropicais como o Brasil, a sobreposição entre as redes de drenagem e a rede separadora também impõem dificuldades na tarefa de separação destes dois efluentes. O que a realidade nos mostra é que a separação dos esgotos sanitários e das águas de drenagem não funciona na prática, pois sempre haverá uma galeria pluvial ou uma rede sanitária no caminho e nem sempre a transposição entre elas será efetuada. O esquema da Figura 2.3 ilustra a espacialização das fontes de poluição nos sistemas de águas servidas e de drenagem, apresentado por Orsini (2021) em um webinar promovido pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).

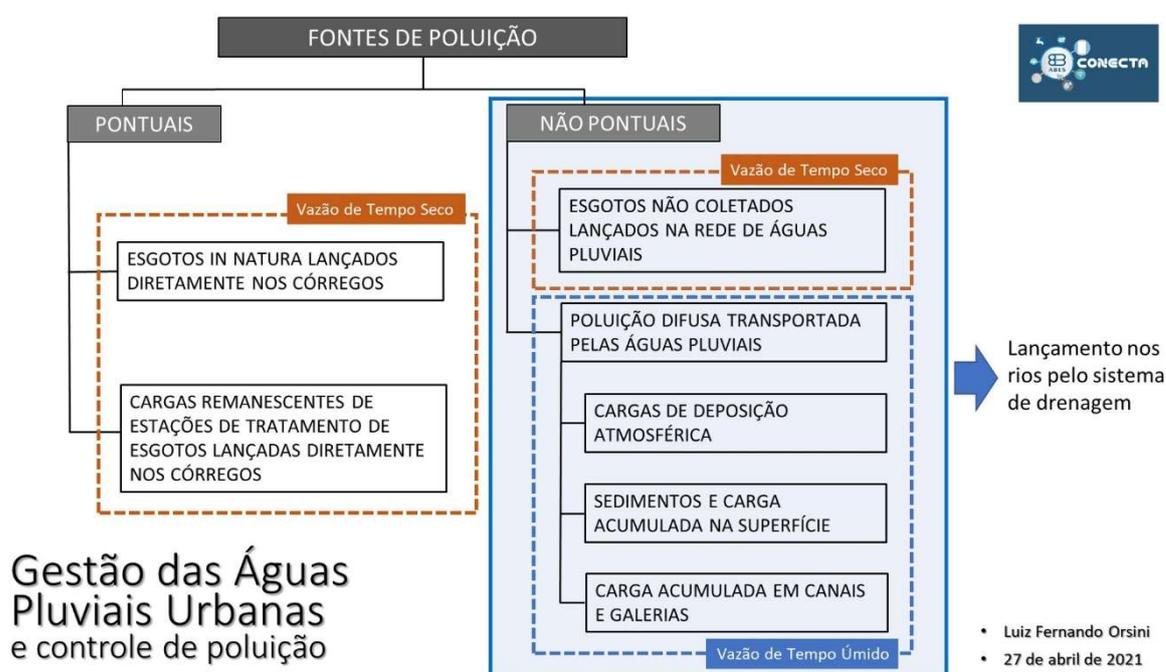


Figura 2.3 - Fontes de poluição dos corpos receptores nas áreas urbanas.
 Fonte: webinar ABES Conecta (Mancuso *et al.*, 2021 *apud* ORSINI, 2021).

A Figura 2.3 mostra a natureza multifacetada da poluição nos sistemas urbanos e as fontes de poluição pontuais e difusas que compõem a vazão de tempo seco. A existência de inúmeras situações que requerem soluções não convencionais indica a necessidade da adoção de uma postura menos ortodoxa em relação aos sistemas de coleta.

O modelo da Figura 2.4 ilustra o ciclo das águas urbanas entre os sistemas de água, esgotos sanitários e esgotos pluviais e o corpo hídrico considerando a integração entre os esgotos sanitários e as águas de drenagem, que passam a ser chamadas de águas residuais.

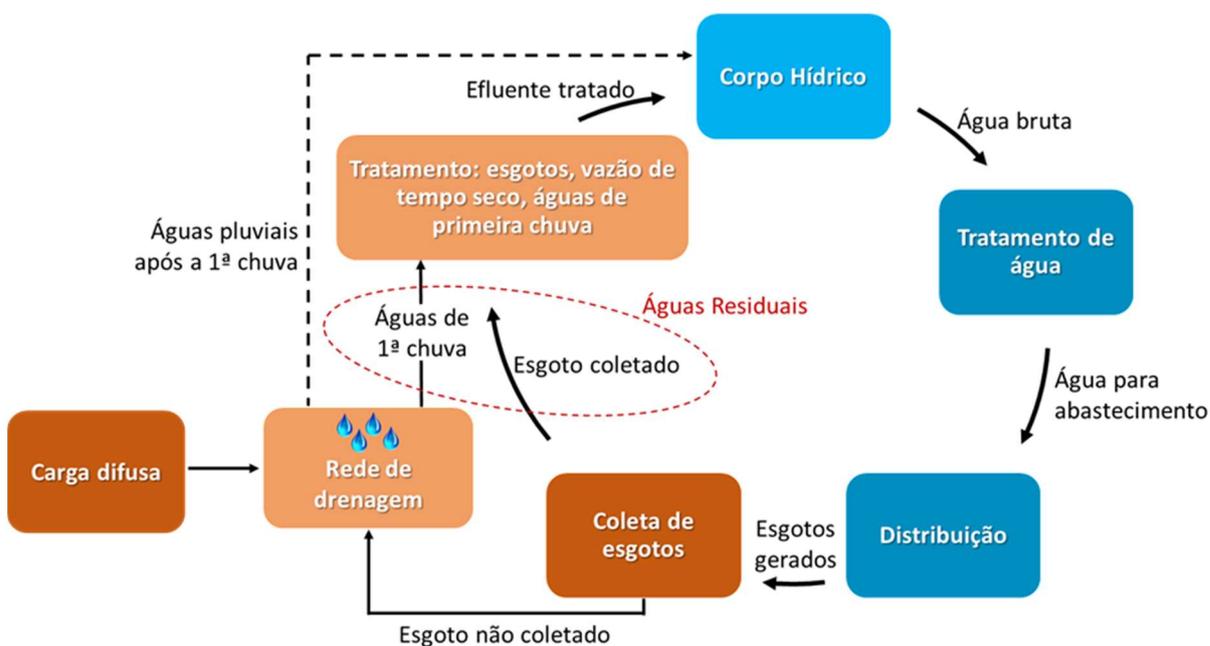


Figura 2.4 - Modelo de um sistema integrado de águas residuais urbanas.

Fonte: *webinário* ABES Conecta (ORSINI, 2021).

Conforme o artigo 4º-A, § 1º, XI da Lei 9.984/00, a Agência Nacional de Águas (ANA) deve estabelecer normas de referência e metas de substituição do sistema unitário pelo sistema separador absoluto de tratamento de efluentes (BRASIL, 2000). Esta é uma medida controversa pois, face ao modelo de ocupação do solo urbano, o sistema de coleta em separador unitário e o tratamento em tempo seco talvez seja a única solução possível para melhorar as condições de saneamento de áreas sensíveis do tecido urbano. Esta solução se configura como uma ferramenta necessária não só para ampliar a coleta, como para melhorar sua eficiência, conforme diz o artigo 44, § 2º da Lei 11.445/2007, incluído pela Lei 14.026/2020:

A autoridade ambiental competente estabelecerá metas progressivas para que a qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários atenda aos padrões das classes dos corpos hídricos em que forem lançados, a partir dos níveis presentes de tratamento e considerando a capacidade de pagamento das populações e usuários envolvidos. (BRASIL, 2007).

O artigo de Pereira *et al.* (2020), sobre a viabilidade e a admissibilidade da inserção do sistema de drenagem na concepção dos projetos de esgotamento sanitário expõe, em face da dinâmica comportamental das cidades já consolidadas, a importância do uso do sistema de drenagem na coleta dos esgotos. Os autores consideram a importância de ajustar as normas técnicas sobre o tema e de prever nos Planos de Saneamento, que serão a base dos editais de concessão dos serviços, não só as metas e ações para universalização do atendimento via separador absoluto, mas também que considerem, do ponto de vista prático, os sistemas de drenagem existentes e as possibilidades de implantação de ações de tempo seco dos esgotos que aí já correm. Os autores concluem que, para que ocorram avanços no saneamento e na despoluição dos rios, lagos e praias em cidades consolidadas, será necessário a utilização das redes de drenagem como sistemas unitários.

Alguns exemplos de como a cidade real não admite solução única para o problema dos esgotos vêm de países como Portugal, Dinamarca e Holanda, que têm avançado na aplicação, otimização e integração dos sistemas de águas urbanas como descritos por Van Daal–Rombouts *et al.* (2017), Saagi (2017) e Pereira *et al.* (2020).

No Brasil, cidades como Cabo Frio e Florianópolis adotaram o uso de sistemas de tempo seco e estão observando bons resultados segundo Pereira *et al.*, (2020) e Volschan, (2020).

Os sistemas de coleta dos esgotos e os exemplos que não deram certo

Durante alguns anos de observação dos SES na cidade de Porto Alegre, verificou-se que as obras de implantação das redes coletoras nas áreas com incidência de área de proteção e de risco apresentavam uma série de dificuldades para a execução e interligação ao sistema integrado e, que o desempenho e a manutenção destas redes também eram problemáticos.

Os **extravasamentos** são vazamentos dos esgotos para as ruas, córregos e, até mesmo residências, ocasionados pelo subdimensionamento da rede, quebra da rede ou por entupimentos. No sistema unitário (esgoto misto), os extravasamentos ocorrem geralmente durante fortes chuvas, quando a capacidade dos elementos do sistema de águas residuais urbanas (sistema de esgoto, tanques de retenção e estações de tratamento de águas residuais) é sobrecarregado, resultando em descargas descontroladas de águas residuais no meio ambiente, o que segundo Murla *et al.* (2016, p. 257, tradução nossa), pode danificar seriamente a qualidade da água dos corpos receptores.

O assoreamento das redes é uma das causas dos extravasamentos, sua ocorrência é comum, principalmente nas áreas mais baixas. Pode ser causado pelo armazenamento de materiais de construção como areia e brita nos passeios e logradouros e que é levado para a rede separadora durante chuvas intensas, quando a rede sofre alagamentos ou quando a população abre as tampas dos PVs para drenar as águas da chuva pela rede separadora. Também pode ser causado pela tensão trativa menor que 1 Pascal (Pa), o que favorece a deposição de material sólido na rede. O item 5.1.4 da NBR 9.649/86 diz que “cada trecho da rede deve ser verificado pelo critério de tensão trativa média de valor mínimo $\sigma_t = 1,0$ Pa, calculada para vazão inicial (Q_i) para garantir sua auto limpeza”, mas este valor dificilmente é alcançado nas vazões de início de plano, nas áreas não adensadas e nas regiões planas.

A foto da Figura 2.5, mostra o extravasamento dos esgotos, através do Poço de Visita (PV) de um CT, de toda a área com coleta à montante para o Arroio Moinho.

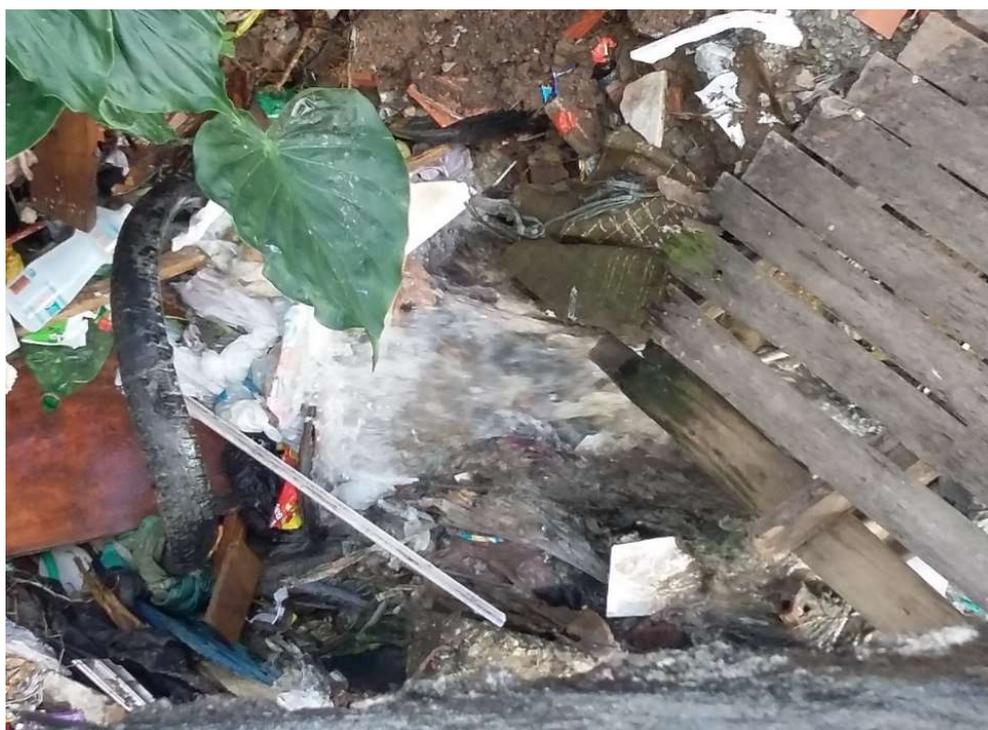


Figura 2.5 - Extravasamento em um PV do CT do Arroio Moinho, às margens do arroio Moinho.

Fonte: fotografado pela autora em 21/03/2018.

Neste local a ocupação foi regularizada e foram investidos recursos para promover a coleta dos esgotos por rede do tipo separador absoluto. Havia acesso para a manutenção deste

CT até que foi construída uma casa sobre a rede para bloquear o acesso por carros ao local. (Figura 2.6), algo comum nestas áreas, onde há disputa de território pelos traficantes. O PV da Figura 2.5 extravasa todo o esgoto a montante para o arroio Moinho, não há mais espaço para reconduzir este esgoto para o SES a não ser por bombeamento, mas esta solução não pode ser adotada por causa dos roubos e vandalismo.



Figura 2.6 - Edificação sobre o Coletor Tronco do arroio Moinho para impedir o acesso de carros ao local.

Fonte: fotografado pela autora em 21/03/18.

O mau uso do sistema é muito comum nos SES, ele se caracteriza por roubos das instalações, dos equipamentos de bombeamentos e das tampas dos PVs, pela introdução de resíduos sólidos na rede e pelo assoreamento, provocado pela ocupação de áreas de declividade elevada, que geram grande volume de sedimentos quando desmatadas.

A Figura 2.7 mostra redes executadas em áreas alagadiças, sem pavimentação e sem drenagem. Neste caso, vê-se que os usuários não zelam pela integridade da rede, quebram e destinam os PVs para outros usos. Estes exemplos ilustram que o mau uso de rede separadora reduz a sua vida útil e a sua funcionalidade, além de sobrecarregar o sistema com sedimentos, resíduos e águas pluviais.

Investir em saneamento nestas condições não seria um desperdício de recursos? Qual o impacto dos custos de manutenção e de operação de um sistema que transporta quantidades excessivas de areia, de resíduos sólidos e de águas pluviais para os equipamentos como motores, peneiras rotativas e bombas? E nas Estações de Tratamento dos Esgotos (ETEs), qual o impacto da baixa concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da grande variação de vazão no custo e na eficiência do tratamento de esgotos?



Figura 2.7 - Exemplos de mau uso da rede de coleta dos esgotos sanitários do tipo separador absoluto: a) PV quebrado para lançamento de água de pia; b) PV quebrado para escoar água de chuva; c) PV quebrado para escoar água de vertente; d) PV usado para apoiar um tanque, onde a água da torneira corria continuamente.

Fonte: fotografado pela autora em 05/12/17.

Considerando que seja possível alcançar a universalização de acesso neste contexto, surgem os seguintes questionamentos: por quanto tempo e em quais patamares de eficiência e eficácia? Com esta diversidade de situações, não seria vantajoso adotar sistemas alternativos de coleta de esgotos? E ainda, as interfaces entre o saneamento e as políticas de uso e ocupação do

solo, ambiente e recursos hídricos estão sendo consideradas? São perguntas que precisam ser respondidas para que o termo “universalização do saneamento” passe da retórica para a realidade na paisagem urbana.

2.5 A gestão urbana e a universalização do saneamento

Segundo Tucci (2008), os principais componentes da estrutura da gestão da cidade são:

- Planejamento e gestão do uso do solo: trata da definição, por meio do Plano Diretor Urbano, de como a cidade é prevista para ser ocupada e suas correções com relação ao cenário do passado e do presente;
- Infraestrutura viária, água, energia, comunicação e transporte: planejamento e gestão desses componentes da infraestrutura que podem ser de atribuição de implantação pública ou privada, mas devem estar regulados pelo município;
- Gestão socioambiental: a gestão do meio ambiente urbano é realizada por entidades municipais, estaduais ou federais de acordo com a estrutura institucional. A gestão envolve a avaliação e aprovação de projetos, monitoramento, fiscalização e pesquisa para que o desenvolvimento urbano seja socioambiental sustentável. (TUCCI, 2008, p. 97).

Para cumprir das metas de ampliação e universalização da cobertura dos serviços públicos de saneamento, conforme preconiza o inciso XII do art. 4º, da Lei 9.984/2000 (BRASIL, 2000) será necessário mais do que recursos econômicos e a simples expansão do sistema de coleta dos esgotos. A forma como se dá a ocupação urbana no país gera dificuldades de expansão, integração e de eficiência dos sistemas de coleta e transporte dos esgotos que, por fim, não produzem os benefícios ambientais esperados como contrapartida dos investimentos.

Para Rosseto e Lerípio (2012, p. 24-27), o déficit do setor também não será resolvido através de recursos financeiros, problemas como obras não concluídas, **sistemas sem condições de funcionalidade**, projetos sub ou superdimensionados e/ou não operados dificultam a busca pela universalização.

A preocupação em melhorar a prestação dos serviços públicos de saneamento básico destaca o importante papel da regulação para a melhora do desempenho do setor de saneamento. O art. 2º, II, do decreto 7.217/2010 define a **regulação** como todo e qualquer ato que discipline ou organize determinado serviço público, incluindo suas características, padrões de qualidade, impacto socioambiental, direitos e obrigações dos usuários e dos responsáveis por sua oferta ou prestação e fixação e revisão do valor de tarifas e outros preços públicos, para atingir os seguintes objetivos:

- I – estabelecer padrões e normas para a adequada prestação dos serviços e para a satisfação dos usuários;
- II – garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas;
- (...)
- IV – definir tarifas e outros preços públicos que assegurem tanto o equilíbrio econômico–financeiro dos contratos, quanto a modicidade tarifária e de outros preços públicos, **mediante mecanismos que induzam a eficiência e eficácia dos serviços** e que permitam a apropriação social dos ganhos de produtividade. (art. 27 decreto 7.217/2010).

Uma das condições para que os contratos de concessão e de programa cujo objeto seja a prestação dos serviços de saneamento básico tenham validade é que as normas de regulação prevejam a inclusão das metas progressivas e graduais de expansão dos serviços, **de qualidade, de eficiência** e de uso racional da água, da energia e de outros recursos naturais, em conformidade com os serviços a serem prestados, art. 39, IV, § 2º do decreto 7.217/2010.

O uso do solo e seus impactos no saneamento e nos recursos hídricos

No país, a situação de baixo atendimento com esgotamento sanitário é agravada pela falta de políticas públicas efetivas para a redução do déficit habitacional e a prática recorrente de ocupação do solo ou de produção do espaço urbano de modo predatório.

O modelo de desenvolvimento produziu cidades marcadas pela presença de assentamentos precários, caracterizados pela informalidade e ilegalidade fundiária; precárias condições de habitabilidade; precariedade de acesso à infraestrutura, equipamentos e serviços urbanos; riscos de vida associados a escorregamentos, inundações, contaminação do subsolo etc. (BRASIL, 2016, p. 3).

Neste cenário adverso, a implantação e a prestação de serviços urbanos encontram grandes desafios. O passivo ambiental se reflete na poluição das águas, no risco da perda dos mananciais de abastecimento de água, nos transtornos provocados pelos alagamentos, nas perdas decorrentes de enxurradas e nas epidemias de doenças desconhecidas ou do retorno daquelas já erradicadas.

Observa-se que os **sistemas de abastecimento de água e de esgoto são ineficientes** e os indicadores usados não retratam a real situação dos mesmos no país. Analisando os dois sistemas de forma integrada, observa-se que a ineficiência no tratamento de esgoto faz com que uma parcela da vazão para abastecimento é reduzida devido a contaminação da fonte, ou seja, superficial ou subterrânea, (CURTARELLI *et al.*, p. 3).

Em relação aos impactos sobre as águas urbanas, Tucci (2008, p. 99 - 100) diz que existe uma visão limitada do que é a **gestão integrada do solo urbano e da sua infraestrutura**, e que, dentre os aspectos geradores dos problemas da falta de tratamento de esgoto, da ocupação do leito de inundação ribeirinha, impermeabilização e **canalização dos rios urbanos** e da deterioração da qualidade da água por falta de tratamento dos efluentes estão: a) a falta de capacidade gerencial: os municípios não possuem estrutura para o planejamento e gerenciamento adequado dos diferentes aspectos da água no meio urbano; b) uma visão setorializada do planejamento urbano: o planejamento e o desenvolvimento das áreas urbanas são realizados sem incorporar aspectos relacionados com os diferentes componentes da infraestrutura de água; e c) concepção inadequada dos profissionais de engenharia para o planejamento e controle dos sistema.

Estes impactos combinados com a ausência de políticas de habitação eficientes destinadas à população de baixa renda e com política do *laissez faire* em relação ao uso do solo levaram à ocupação do solo urbano sem controle dos impactos que esta configuração produz sobre o sistema hídrico e sobre o saneamento. Esta configuração urbana desfavorável compromete o desempenho dos sistemas de esgotamento sanitário. Segundo Abramo (2007, p. 26):

[...] o mercado de loteamentos informais na busca de glebas cada vez mais distantes dos centros promove o distanciamento recorrente de extensificação da mancha urbana, promovendo uma estrutura de cidade **difusa**. Esta estrutura prioriza o transporte individual, mesmo porque não oferece infraestrutura adequada de transporte coletivo e de vias de acesso.

A infraestrutura adequada para uma cidade **compacta** é diametralmente oposta à de uma cidade difusa. O efeito de crescimento da demanda impacta os preços desse mercado, provoca o deslocamento das famílias e crescimento do mercado de aluguéis. Os dois mercados informais se alimentam mutuamente em relação à oferta e a demanda e promovem a reprodução da cidade informal COM-FUSA. Esta configuração que demanda processos opostos de gestão e planejamento é um verdadeiro problema para o planejamento urbano.

Os impactos gerados pela configuração da cidade informal COM-FUSA nas ações de coleta e condução dos esgotos sanitários ainda não tem relações de causa e efeito estabelecidas. Será durante o processo de universalização que estas relações ficarão evidenciadas. Mas, o fato de a grande maioria das cidades ter avançado pouco nos indicadores de coleta e tratamento dos esgotos sanitários, segundo dados do *ranking* nacional do saneamento básico de 2017,

divulgados pelo ITB (ITB, 2017), são um indício de que a configuração urbana seja parte do problema e um grande desafio para o cumprimento destas metas.

O ITB relaciona a baixa eficácia dos investimentos em esgotamento sanitário à falta da ligação das moradias, chamada **ociosidade das redes**, uma vez que as estações de tratamento não recebem o volume de esgotos para os quais foram construídas e não há o completo retorno financeiro do investimento feito, além de contribuir para o lançamento inadequado dos esgotos no meio ambiente, por impactos na saúde e qualidade de vida, bem como pela lentidão na universalização (ITB, 2015a, p. 1).

O diagnóstico “Ociosidade das redes de esgoto”, realizado em 2015 nas 47 maiores cidades do país, pela Reinfra Consultoria para o ITB, relacionou a redução de 42% no volume de esgotos tratados à ociosidade das redes. As causas da ociosidade apontadas pelas operadoras foram a topografia ou declividade do imóvel em relação à rede de esgoto, a desconfiança no tratamento de esgoto e anormalidades nas redes causando descrédito no serviço prestado. A presença de curso d’água nos fundos do lote também influencia negativamente na adesão ao sistema de esgotos (ITB, 2015b, p. 33).

Ao inverter a sentença acima, sob a perspectiva ambiental, pode se afirmar que a presença de lote nas proximidades do curso d’água influencia negativamente a coleta e a eficiência dos sistemas de esgotos. Ou seja, as causas apontadas no diagnóstico indicam que a **funcionalidade das redes está relacionada ao desenho urbano ou à sua falta, causando ineficiências na promoção da sustentabilidade urbana.**

Tucci (2017, p. 3), relaciona as ineficiências do saneamento à poluição das águas urbanas ao constatar a contaminação permanente de todos os rios urbanos por: falta de investimentos em coleta e tratamento de esgoto doméstico, falta de objetivos de atendimento dos prestadores de serviços e falta de fiscalização, mostrando **indicadores deficientes e serviços inadequados**. Segundo Curtarelli *et al.*, (2018, p. 13), se todos os rios urbanos do país estão poluídos, então o setor de saneamento fracassou e a ineficiência no tratamento de esgoto cobra um preço muito alto na insegurança da saúde e no impacto ambiental. A boa gestão dos recursos hídricos, segundo os autores, depende da construção de um gerenciamento adequado e que outros mecanismos devam ser desenvolvidos para melhorar o desempenho dos sistemas de esgotamento na bacia.

O enquadramento dos arroios urbanos é o elemento chave para que ocorra a compatibilização dos PMSB com os PBH, o problema é como viabilizar essa compatibilização no plano físico. Uma maneira das concessionárias atenderem às metas de enquadramento estabelecidas nos PBH, seria através da redução da carga orgânica perdida pelo SCCES. No caso, as cargas dos esgotos que teoricamente deveriam chegar na ETE, mas que são despejadas no sistema de drenagem, nos arroios urbanos ou ainda, no solo, quando é usado o sistema fossa, filtro e sumidouro, e que poderiam ser consideradas como perdas. Aqui, o termo “perda” foi usado para estabelecer um paralelo com o termo perdas de água usado para as redes de água, que possuem indicadores e metas de eficiência para a redução das perdas de água tratada no sistema de distribuição.

O Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre (DMAE) é uma autarquia e busca, conforme consta no documento interno DQ. 90.007 Planejamento Estratégico – 2022-2025⁶, o pleno atendimento da população conforme a missão do departamento, que é prestar serviços públicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana com qualidade, tendo sustentabilidade ambiental, econômica e social. Sua visão é ser referência no abastecimento de água potável, garantindo a universalização do saneamento público e devolvendo, de forma sustentável, os recursos hídricos à população porto-alegrense, segundo o mapa estratégico (DMAE, 2021a). Assim, quanto aos indicadores estratégicos, a meta principal é a universalização do atendimento até 2035, segundo o volume 2 do PMSB 2015 (2015, p. 71).

Para melhorar o seu processo de gestão, o DMAE deve cumprir as diretrizes estipuladas pelo Sistema de Gestão, no escopo de certificação pela NBR/ISO 9001: “Coleta, condução e manutenção das redes de esgoto” e “Tratamento de Esgoto e expansão do Sistema de Esgotamento Sanitário”. Conforme o manual de gestão MG001/DMAE, (DMAE, 2018, p. 90), o macroprocesso “Operação do Sistema de Esgotamento Sanitário” tem como objetivo assegurar o perfeito funcionamento do sistema de esgoto sanitário incluindo coleta, condução, bombeamento, tratamento e destinação final dos efluentes, bem como o impacto destes através do monitoramento ambiental. Contudo, o estado atual da avaliação da eficácia de um SES é

⁶ <https://sesuite.procempa.com.br/se/v70785/document/webviewer/webviewer.php>

incipiente e ainda não existe uma metodologia de avaliação do processo de coleta e condução dos esgotos sanitários.

2.6 Desempenho dos sistemas de esgotamento sanitário

O bom desempenho da infraestrutura e dos serviços de saneamento básico é essencial para a melhoria das condições de vida da população tendo consequências diretas na melhoria dos indicadores de saúde, sociais, ambientais e de desenvolvimento econômico das cidades. Por este motivo sua eficácia deve ser maximizada e de forma a proteger o meio ambiente.

O decreto 7.217/10 estabelece, no art. 22, que o licenciamento ambiental de unidades de tratamento de esgoto e de efluentes gerados nos processos de tratamento de água considerará etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões definidos pela legislação ambiental e os das classes dos corpos hídricos receptores. Para isso, o art. 22 define no § 3º que a autoridade ambiental competente estabelecerá metas progressivas para que a qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários atendam aos padrões das classes dos corpos hídricos receptores, a partir dos níveis presentes de tratamento, da tecnologia disponível e considerando a capacidade de pagamento dos usuários envolvidos (BRASIL, 2010).

No estado do Rio Grande Sul (RS), a resolução do Conselho estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) nº 245 (RIO GRANDE DO SUL, 2010) fixa os procedimentos para o licenciamento de SES considerando etapas de eficiência, em conformidade com os Planos de Saneamento e de Recursos Hídricos. No seu art. 5º considera que os SES existentes poderão ser enquadrados nesta Resolução desde que apresentem o cronograma de atendimento às metas progressivas, visando ao atendimento dos padrões da legislação vigente e de acordo com o Plano de Saneamento. No entanto, em relação ao controle do uso do solo em áreas de mananciais, observa Loge (2018):

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul (PERH) é instrumento de planejamento estratégico da Política Estadual de Recursos Hídricos que prevê a gestão descentralizada através da divisão do Estado em Bacias Hidrográficas, no entanto, o Estado do Rio Grande do Sul não dispõe de uma Lei específica de controle do uso do solo nas áreas de mananciais, semelhante da existente no estado de São Paulo, sendo o monitoramento das questões territoriais tratadas no âmbito dos Comitês de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas, (LOGE, 2018, p. 48).

A ocupação de áreas de mananciais causa grande prejuízos para as concessionárias dos serviços de saneamento e para a população. Um exemplo é a ocupação da área da barragem do Parque Saint Hillaire na divisa entre Porto Alegre e Viamão, que causou a perda do manancial para o abastecimento e da Estação de Tratamento de água pela contaminação causada pelo lançamento dos esgotos.

Diante de tantas ameaças é esperado que os índices de saneamento, principalmente nas maiores cidades do país, não atinjam boa eficiência. Em geral, a gestão dos sistemas de coleta e tratamento carecem de metodologia e de monitoramento, resultando em baixa eficácia de remoção de carga orgânica na bacia e baixo aporte de carga orgânica afluyente nas estações de tratamento. “O fato de existir coleta e tratamento, não garante que a carga foi eliminada ou reduzida, já que é significativo o número de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) funcionando de forma precária e com sistemas operacionais ineficientes”, (CURTARELLI *et al.*, 2018, p. 3).

Os dados do SNIS mostram que não apenas **o alcance das moradias com rede coletora não foi atingido**, como também **a qualidade esperada do esgoto afluyente à ETE não corresponde aos padrões necessários para que o tratamento destes esgotos seja eficiente**. E é justamente quando a cobertura do sistema de esgotamento sanitário tende a universalização sem que as metas de enquadramento dos corpos d'água sejam atingidas que emergem as fragilidades do processo de urbanização e as deficiências dos SCCES.

Segundo o parecer nº 2, feito pela Gerência Ambiental e de Tratamento de Esgoto (GATE) em 2017, mostrado na Figura 2.8, a carga de esgoto tratada nas ETEs de Porto Alegre equivaleu a tratar os esgotos de 33% da população em 2017 e a 30% em 2018. Segundo as medições feitas pela concessionária, a carga afluyente à ETE Serraria, vem sofrendo redução: em 2018 era de 8.439,50 t DBO, em 2019 era de 7.276,63 t DBO, em 2020 era de 6.564,57 t BOO e em 2021 era de 5.196,28 t DBO, o que equivale a uma redução de 38,42% da carga de 2018 para 2021. Em volume, a redução foi de 15,25% entre 2018 e 2021.

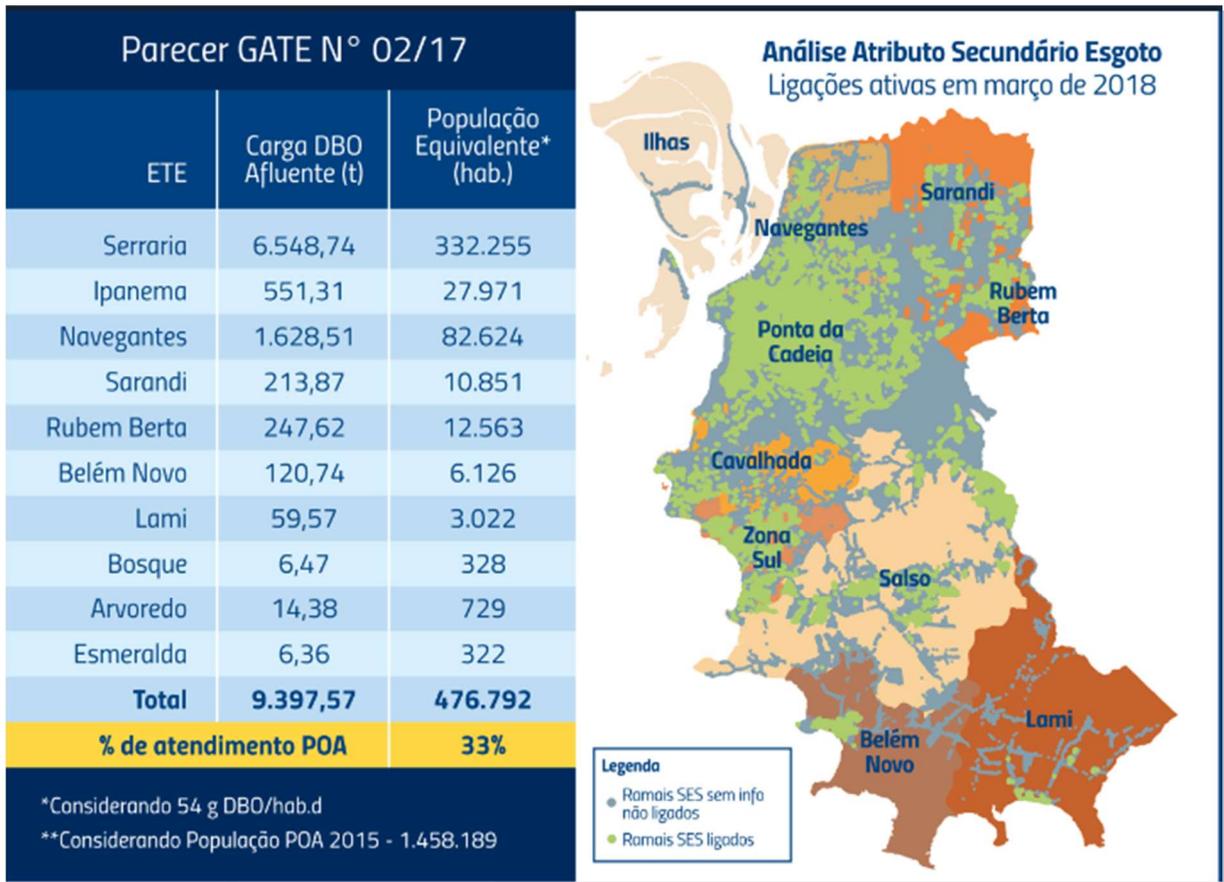


Figura 2.8 - Cargas de DBO afluentes nas ETES de Posto Alegre para a população de 2015.
 Fonte: DMAE, 2017.

A situação de máxima eficiência do sistema ocorre quando a rede coletora atende ao maior número de lotes, apresenta a menor contribuição parasitária pluvial e de ligações clandestinas, a mínima ocorrência de extravasamentos e de pontos de infiltração. Esta condição proporciona que o máximo da carga⁷ orgânica produzida chegue à estação de tratamento com a consequente redução da carga poluidora lançada nas águas superficiais da bacia.

O estágio atual de informação sobre os SES não ultrapassa a barreira da verificação ao atendimento das metas de expansão de rede e da eficiência do tratamento na remoção da carga na ETE, ou seja, não existem indicadores para avaliar o desempenho dos SES pela sua função principal, entregar a carga orgânica compatível com a sua abrangência para o tratamento.

⁷ Carga é o produto da vazão pela concentração do poluente. Pode ser obtido em unidades de kg/dia ou t./dia.

Tampouco, metodologia para estruturar o gerenciamento destes sistemas que, por sua vez, necessita estar fundamentada no conhecimento do processo de coleta e condução dos esgotos. Este é um motivo que impede que a gestão dos serviços de coleta e condução dos esgotos avance nos SES.

Tucci (2017) apresentou dois indicadores de resultados para analisar a eficiência dos serviços de água e esgotamento sanitário: a) a **vazão de subsídio (Q)**, que é a vazão necessária para diluir o esgoto não tratado. Somado ao valor consumido, a vazão de subsídio chega a valores maiores que 200 vezes a vazão consumida para grande parte das cidades brasileiras; e b) o **Indicador de Sustentabilidade Hídrica (ISh)** - relaciona a demanda pela disponibilidade hídrica. Este indicador mostra que numa área urbana são necessários várias vezes a sua área em recursos naturais para atender a demanda devido à falta de tratamento de esgoto. Ainda que estes indicadores avaliem a ineficiência do SES em relação à demanda hídrica, eles partem de uma visão ampla do corpo hídrico para o SES. Para inserir a visão do SES para o corpo hídrico, este estudo observou o problema da eficácia da coleta e não da falta de coleta, com foco em indicadores vinculados a um processo e numa escala apropriada à gestão por processo.

Caracterizar a situação dos SES é fundamental para promover ações de despoluição das águas. Ao identificar os aspectos críticos pode-se agir com eficiência, evitando o desperdício de tempo e recursos.

As condições necessárias para que a implantação e o desempenho de um SES sejam bem-sucedidos devem ser tais que:

- A coleta dos esgotos das moradias seja viável pelo passeio ou pela via;
- As condições topográficas aliadas ao desenho urbano favoreçam a condução dos esgotos por gravidade na maior parte do percurso;
- As interferências com as redes de drenagem pluvial, água, gás, energia, infovias e vegetação sejam de baixa complexidade;
- Exista espaço disponível nos logradouros;
- O solo seja estável e com boa capacidade de suporte;
- O nível do lençol freático esteja abaixo da rede de esgoto;
- A população colabore com a preservação da rede;

Volschan (2020), ao afirmar que as habitações informais e as deficiências de gestão e operação influenciam o desempenho dos sistemas de esgotamento sanitário no Brasil, remete

ao grande desafio que o saneamento deve enfrentar para atender as metas de universalização. A questão de como coletar esgotos no ambiente complexo das ocupações das áreas sensíveis se traduz na precariedade da disponibilidade de áreas para o assentamento das redes e de seu manutenção. Mesmo nas áreas regularizadas, a área de passagem das redes de infraestrutura e do traçado viário não são respeitados, comprometendo os benefícios da salubridade e aumentando o risco da perda dos investimentos. Outro agravante é o fato de o cenário não admitir, na maioria dos casos, a solução através da rede separadora.

Neste sentido, segundo Pereira *et al.* (2020), a universalização do saneamento ainda não foi entendida em sua verdadeira dimensão, onde a dicotomia que foi criada, ao longo dos anos, entre sistema unitário versus separador, desconsiderando a realidade fática de que implantar somente separador absoluto em cidades já existentes, além de caro, dificilmente conseguiria contemplar a totalidade dos domicílios.

2.7 Os indicadores de desempenho do saneamento

Como a maioria das métricas adotadas nas estruturas de indicadores baseiam-se em informações, é importante definir a diferença nos conceitos de dados, informações e indicadores:

DADOS - é a menor instância de uma estrutura de indicadores e o componente sem o qual nada mais existirá. Os dados ficam armazenados em bancos de dados estruturados e parametrizados conforme certa lógica e interesse temporal (ou “bando” de dados. Em seu estágio primário não fornecem necessariamente parâmetros para tomada de decisão e para a gestão.

INFORMAÇÕES - é a instância intermediária de uma estrutura de indicadores, uma vez que se caracteriza como sendo o primeiro grau de manipulação dos dados disponíveis. As informações são, em última análise, a soma de determinados dados perante um certo interesse temporal, além de melhorar, em algum grau, a qualidade da tomada de decisão. [...]

INDICADORES - é a última instância de uma estrutura de indicadores propriamente dita. Sua característica principal é a existência de fórmulas mais complexas para seu cálculo que preconizam, no mínimo, uma razão entre duas informações. Se não houver uma divisão entre duas informações, então ainda não existe um indicador genuíno, apenas uma informação (ou um ‘número puro’). O indicador é aquele que mais auxilia na tomada de decisão e com maior qualidade do que as informações ou os dados. (FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE, 2018, p. 5).

A definição de Ferreira, Cassiolato e Gonzalez (2009, p 24) *apud* Uchoa, 2013 p 8), é mais abrangente e complementa a definição anterior:

“O indicador é uma medida, de ordem quantitativa ou qualitativa, dotada de significado particular e utilizada para organizar e captar as informações relevantes dos

elementos que compõem o objeto da observação. É um recurso metodológico que informa empiricamente sobre a evolução do aspecto observado”.

A principal característica de um indicador segundo a Fundação Nacional da Qualidade (2018, p. 4), é permitir a comparação em relação:

- ao passado (série histórica);
- ao referencial de desempenho;
- ao compromisso assumido;
- à meta de desempenho.

Os indicadores são essenciais ao planejamento e controle dos processos das organizações, possibilitando o estabelecimento de metas e o seu desdobramento, já que os resultados são fundamentais para a análise crítica dos desempenhos, para a tomada de decisões e para o novo ciclo de planejamento. Os indicadores de gestão podem ser classificados em duas categorias principais: estratégia e processos.

Uchoa (2013, p. 10), diz que uma das formas mais importantes de avaliação de processos é quanto ao atendimento dos requisitos para a sua execução (avaliação de eficácia). Processos também são normalmente mensurados quanto à sua eficiência e em relação à sua adaptabilidade, isto é, sua capacidade de adaptação a requisitos dinâmicos. O autor salienta que os indicadores para políticas públicas necessitam de um atributo adicional em relação aos indicadores institucionais, a desagregabilidade, ou seja, a capacidade de representação regionalizada de grupos sociodemográficos, já que a dimensão territorial é um componente essencial para a implementação de políticas públicas. No caso do saneamento, a desagregabilidade significa se adaptar às diferentes dimensões territoriais e escalas dos processos que envolvem os SES, os sistemas de abastecimento e distribuição de água e os sistemas de drenagem pluvial, ou seja, a componente espacial é fundamental para a avaliação do processo. No caso dos esgotos sanitários, o referencial espacial natural é a bacia hidrográfica e o SES.

Para Siche *et al.* (2007, p. 139), um **índice** é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem. Um índice também pode ser considerado “um indicador de alta categoria” (KHANNA, 2000 *apud* SICHE, 2007, p. 139).

Na Figura 2.9, utilizada para a avaliação de sustentabilidade, o topo da pirâmide corresponde ao grau máximo de agregação de dados, enquanto a base representa os dados primários desagregados. Cada ferramenta de avaliação possui suas particularidades. É importante salientar que um índice pode se transformar num componente de outro índice.

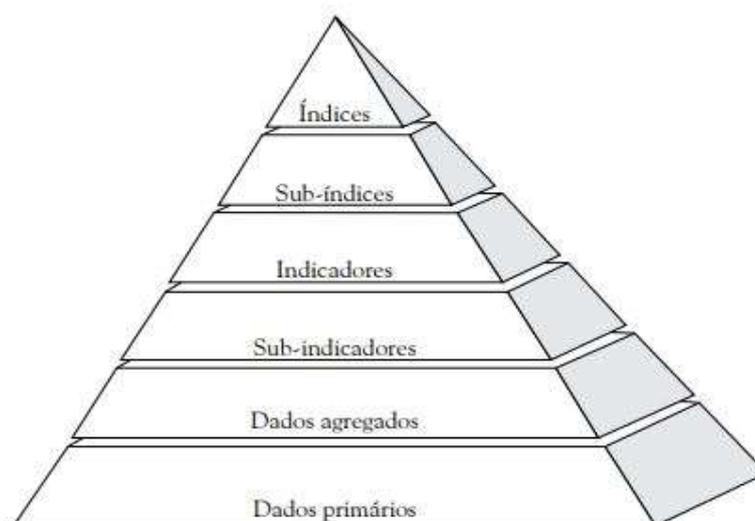


Figura 2.9 - Nível de agregação de dados de uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade.

Fonte: adaptado de Shields *et al.* (2002) *apud* Siche *et al.* (2007, p.144).

Lopes *et al.* (2016, p. 2), afirmam que “os indicadores escolhidos para compor um índice de desempenho devem retratar as características da área estudada e os problemas a ela relacionados”. Desenvolver indicadores locais pelos atores locais vai de encontro às expectativas do Ministério do Meio Ambiente (MMA) para que o município crie seu sistema de informações em saneamento, para dar transparência aos indicadores de gestão.

O estudo de Nirazawa e Oliveira (2018), sobre as variáveis de saneamento para a elaboração de indicadores municipais, evidenciou a necessidade de dados necessários para avaliar de forma completa o saneamento, considerando o conceito de saneamento básico adequado. Enquanto Curtarelli *et al.* (2018, p.13), concluem que o saneamento tem utilizado indicadores de abastecimento de água e tratamento de esgoto que não retratam a realidade das condições hídricas das fontes de abastecimento e a capacidade de as mesmas atenderem a população dentro de uma visão sustentável e de longo prazo. Para que se atinja um bom nível de eficiência na prestação, manutenção e operação dos serviços é necessário um processo de

aprendizado, que se desenvolve na medida em que a cobertura da rede coletora se expande e se integra. É nesse processo que os atores envolvidos aprimoram a sua capacidade de gestão e de avaliação.

Os indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

Os dados do SNIS são coletados anualmente junto aos municípios e aos prestadores de serviços de saneamento básico seguindo o cronograma de coleta de cada componente. O SNIS coleta informações primárias e, com base nelas, calcula os indicadores. Ou seja, não são coletados indicadores já calculados pelos prestadores de serviços. Esta escala de avaliação possui foco na gestão estratégica, ela não avalia o desempenho dos prestadores por processo e pelos resultados ambientais. Os dados do SNIS permitem obter uma **visão geral** da prestação de serviços em cada ano pesquisado ou uma avaliação da **evolução dos serviços** desde o primeiro ano de referência, ou seja, de 1995 até o último ano de coleta dos dados, (SNIS, 2018, p. 1-4).

Os indicadores de esgotamento sanitário foram classificados em 4 grupos, (SNIS, 2020c): cobertura e atendimento; operacional; infraestrutura; qualidade dos serviços. O Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056), elaborado pelo Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) indica a parcela da população total efetivamente atendida por rede coletora de esgoto em relação à população total residente. Em 2018, este índice atingiu 53,2%⁸ no Brasil, enquanto no RS chegou a 32,1% e em Porto Alegre a 90,5%. Já o Índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046) expressa o percentual do volume de esgoto que foi submetido a tratamento em relação ao volume de esgoto gerado. Em 2018, o IN046 atingiu 46,3% no Brasil, apenas 26,2% no RS e em Porto Alegre chegou a 49,10%, segundo dados do Painel Saneamento Brasil⁹. Porto Alegre está numa posição razoável em comparação às médias do país e estado, pois, segundo o *ranking* 2020 do ITB, ocupa a 40^a posição entre as cem maiores cidades brasileiras, (ITB, 2020b, p. 105). Estes

⁸ Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. Quadro 16.1 - Evolução global dos prestadores de serviços participantes do SNIS entre 2008 e 2018, segundo algumas informações e indicadores selecionados. p. 174. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf. Acesso em 19 dez. 2020.

⁹ Painel Saneamento Brasil. Explore os indicadores por localidade. Site do Trata Brasil. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/explore/localidade?SE%5BI%5D=43>. Acesso em 05 set. 2022.

indicadores demonstram que, no que se refere à coleta e ao tratamento de esgotos no Brasil, o foco está na expansão e não no desempenho.

O *ranking* do saneamento do Instituto Trata Brasil

Na seleção amostral são consideradas os 100 maiores municípios do Brasil. No *Ranking* de 2018, considera-se a estimativa populacional de 2017. Para compor o *Ranking*, o Instituto Trata Brasil considera várias informações fornecidas pelas operadoras de saneamento presentes em cada um dos municípios brasileiros. Os dados são retirados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). As informações compiladas pelo SNIS possuem cerca de dois anos de defasagem, de maneira que os dados são referentes a dois anos atrás. Entre as variáveis estudadas estão população, fornecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, investimentos e perdas de água. A etapa 1 envolve a coleta e tabulação dos dados do SNIS. A etapa 2 é a preparação do *Ranking*. Cada município foi, então, classificado de acordo com seus indicadores e ordenado da maior para a menor nota.

O Quadro 2.1 é o resumo dos indicadores por grupo e fornece uma breve explicação do seu significado.

Quadro 2.1 - Resumo dos indicadores do ITB.

Grupo	Indicador	Indicadores/ Informações SNIS	Breve Explicação
Nível de cobertura	Água Total	IN055	População urbana e rural atendida por abastecimento de água
	Água Urbano	IN023	População urbana atendida por água
	Coleta Total	IN056	População urbana e rural atendida por coleta de esgoto
	Coleta Urbano	IN024	População urbana atendida por coleta de esgoto
	Tratamento	IN046/IN056	Volume de esgoto tratado em relação ao volume de água consumido controlado pelos índices de coleta
Melhora da cobertura	Investimentos/Arrecadação	FN006/FN033/FN048/FN058	Porcentagem da arrecadação do município investida no sistema
	Novas Ligações de Água/Ligações Faltantes	AG021/IN055	Porcentagem realizada do número de ligações faltantes para universalização do serviço de água
	Novas Ligações de Esgoto/Ligações Faltantes	ES009/IN056	Porcentagem realizada do número de ligações faltantes para universalização do serviço de esgoto
Nível de Eficiência	Perdas na Distribuição	IN049	Água consumida medida em porcentagem da água produzida
	Perdas de Faturamento	AG006/AG011/AG018	Água faturada medida em porcentagem da água produzida
	Evolução Perdas de Faturamento	AG006/AG011/AG018	Evolução das perdas de faturamento dos municípios
	Evolução Perdas de Distribuição	IN049	Evolução das perdas na distribuição dos municípios

Fonte: SNIS elaborado por ITB (2020a, p. 16).

O *Ranking* é composto pela soma das Notas Finais (NF) de cada um dos indicadores, que consiste na ponderação das Notas Parciais (NP) pelas participações definidas no Quadro 2.2, que mostra os indicadores e as ponderações utilizadas para a composição do Ranking do Saneamento. As notas podem ir de zero a dez e são denominadas Notas Parciais (NP).

Segundo o ITB (2020a, p. 18), as notas são calculadas em função da maior nota existente (nota diretamente proporcional) para a maioria dos indicadores. Para alguns indicadores específicos, pode ocorrer uma variação muito grande nos dados dos municípios, fazendo com

que haja apenas notas muito altas ou muito baixas. Estes casos, são identificados por meio da observação da média e desvio padrão do indicador. Se o desvio padrão for maior do que a média (coeficiente de variação maior do que um) para determinado indicador, utiliza-se o critério seguinte: se um município possuir um indicador duas vezes melhor do que a média, recebe nota 10; caso contrário, a nota é calculada dividindo-se o indicador pela média e multiplicando o resultado por 5. Isso evita distorções nas notas dos municípios.

Quadro 2.2 - Indicadores e ponderações do Ranking do Saneamento.

Grupo	Indicador		Ponderação (%)	
Nível de cobertura	Água		10	60
		Total	5	
		Urbano	5	
	Coleta		25	
		Total	12,5	
		Urbano	12,5	
Melhora da cobertura	Investimentos/Arrecadação (média 5 anos)		10	25
	Novas Ligações de Água/Ligações Faltantes		5	
	Novas Ligações de Esgoto/Ligações Faltantes		10	
Nível de eficiência	Perdas		10	15
		Distribuição	5	
		Faturamento	5	
	Evolução Perdas		5	
		Distribuição	2,5	
		Faturamento	2,5	
Total			100	100

Fonte: ITB (2020a, p. 17).

*Por ligações faltantes, entende-se ligações faltantes para a universalização do serviço.

O Nível de Cobertura corresponde a 60% do total da nota do *Ranking*, sendo 10% para água, 25% para coleta e 25% para tratamento de esgoto.

Utilizou-se o exemplo do indicador IN056 para mostrar o cálculo do Índice de atendimento Total de Esgoto pelo ITB. O SNIS define “População Total Atendida com Esgoto” como: valor da soma das populações urbana e rural – sedes municipais e localidades atendidas com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência. Corresponde à população que é efetivamente atendida com os serviços, ou seja, está associada

à quantidade de economias residenciais ativas de esgoto. No âmbito do *Ranking*, a Nota Parcial para o Índice de Atendimento Total de Esgoto (ITE), (Quadro 2.3), é definida da seguinte maneira, ITB (2020a, p. 22-23):

$$\text{Índice de atendimento total de Esgoto} = \frac{\text{População atendida com Esgoto}}{\text{População total}} \quad (2.1)$$

Quadro 2.3 - Árvore de possibilidades para a Nota Parcial do índice de atendimento de esgoto.

Árvore de possibilidades	Nota parcial (NP)
Se IN056 >=98	$NP_{ITE} = 10$ Eq. (2.2)
Se IN056 <98	$NP_{ITE} = (IN056 \div 98) \times 10$ Eq. (2.3)

Nesse caso, considerou-se um indicador de coleta de esgoto maior ou igual a 98% como adequado. Ou seja, se um município possui coleta de esgoto de 98% ou mais, considera-se esse município “universalizado” em coleta de esgoto, merecendo conceito 10 para fins de cálculo no *Ranking*; os municípios com coleta inferior a 98% recebem nota diretamente proporcional. Como esse indicador corresponde a 12,5% do Ranking, a nota ponderada do município pode variar entre 0 e 1,25. Assim, a Nota Final é calculada pela Equação 2.4:

$$NF_{ITE} = NP_{ITE} \times 12,5\% \quad (2.4)$$

Os indicadores da Water Services Regulation Authority (OFWAT)

A OFWAT publica anualmente, no *Annual Information Performance*, os níveis de serviços das prestadoras, que são classificados em *bom*, *aceitável* e *ruim*. A classificação condiciona os limites das revisões dos preços que podem ser aplicados na cobrança das tarifas. Segundo Ashley e Hopkinson (2002, p. 124), os indicadores da OFWAT são classificados em quatro categorias, abastecimento de água (2,5), serviços de esgoto e alagamentos por esgotos (1,5), serviços para clientes (1,5) e impactos ambientais (2,5). Existem oito níveis de indicadores de serviço: DG2 a DG9, o único diretamente relacionado ao esgoto é o DG5, que abrange os eventos de alagamentos de propriedades provocados por extravasamentos de esgotos (uma ou duas vezes em 10 anos) ou extravasamentos em geral.

A OFWAT avalia políticas de incentivo de serviços, através de um escore que mede o nível de reclamações do usuário e como a companhia lida com as queixas. E de outro, que avalia a tendência histórica recente de manutenção, medida pela movimentação nos indicadores de serviço e de desempenho de ativos.

Para medir a eficiência entre as operadoras, a OFWAT adota como limites máximos e mínimos, o maior e menor valor reportados pelas concessionárias para os casos de extravasamentos e serviços.

Os Padrões de Qualidade Ambiental (EQS) relacionados à redução dos extravasamentos são estabelecidos pela Comissão Europeia por meio da diretiva 2006/0129¹⁰ de 17 de julho de 2006. Segundo Murla *et al.* (2016), os **extravasamentos** ainda são um dos principais desafios atuais e futuros no gerenciamento do SES. Embora os elementos do sistema de esgotamento sejam tradicionalmente gerenciados separadamente, sem considerá-lo como um todo, há um interesse crescente em implementar abordagens de **“bacias hidrográficas” onde os diferentes elementos incluindo sistemas de esgoto, estações de tratamento de águas residuais (ETEs) e águas receptoras são gerenciados de maneira integrada.**

Relacionado aos impactos ambientais, o indicador *“Pollution incidents”* da OFWAT mede os incidentes de categoria 1 a 3 por 10.000km de rede de esgotos definido como o total anual de incidentes resultantes de descargas ou vazamentos de esgotos e o indicador *“Serious pollution incidents (sewerage)”*, que mede o número de incidentes de maior gravidade (categorias 1 e 2 por 10.000km de redes) relacionados as descargas ou extravasamentos de esgotos.

A OFWAT utiliza o indicador denominado *“Internal sewer flooding”* que mede o número de incidentes de extravasamentos ou retorno por esgotos nas propriedades nos últimos dez anos.

A *European Federation of National Associations of Water Service* (EurEau) apela para uma série de ações de política e legislação, inovação e planejamento urbano locais e específicos para garantir que os extravasamentos dos SES sejam geridos de forma sustentável. Eles se

¹⁰ DIRECTIVA DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO relativa a normas de qualidade ambiental no domínio da política da água e que altera a Directiva 2000/60/CE. COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006PC0397&qid=1617980115006&from=EN>

opõem a que os valores de desempenho pelos extravasamentos sejam definidos pela União Europeia (EU), seu posicionamento foi manifestado através de uma publicação em seu *site* (EUROPEAN FEDERATION OF NATIONAL ASSOCIATIONS OF WATER SERVICES, 2020) sustentando que, devido à complexidade da gestão da poluição urbana, cada Estado-Membro deve decidir sobre sua abordagem para gerenciar sistemas de coleta, com base nas condições locais e prioridades.

2.8 Áreas de Preservação Permanente (APP)

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são espaços territoriais especialmente protegidos de acordo com o disposto no inciso III, § 1º, do art. 225 da Constituição Federal e nos termos dos arts. 2º e 3º do Código Florestal, (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012). O conceito legal de APP relaciona tais áreas, independente da cobertura vegetal, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Neste estudo foram consideradas as seguintes tipologias de Área de Preservação Permanente constantes do art. 4º da Lei 12.651:

I – as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;

IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012), (Vide ADIN Nº 4.903).

V – as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

IX – no **topo de morros**, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base;

O art. 8 da Lei 12.651, diz em seu caput que: “A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.”. Com a prevalência do interesse social sobre o interesse ambiental, que permitiu a supressão de vegetação nativa e ocupação de APPs na hipótese de interesse social, incentivou-se a ocupação das áreas verdes

urbanas, o que resultou na perda da maioria dos remanescentes de florestas naturais e mananciais de reposição nas áreas urbanas.

Segundo o artigo 25 da Lei 12.651/12, o poder público municipal contará, para o estabelecimento de áreas verdes urbanas, com os seguintes instrumentos:

- I – o exercício do direito de preempção para aquisição de remanescentes florestais relevantes, conforme dispõe a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001;
- II – a transformação das Reservas Legais em áreas verdes nas expansões urbanas
- III – o estabelecimento de exigência de áreas verdes nos loteamentos, empreendimentos comerciais e na implantação de infraestrutura; e
- IV – aplicação em áreas verdes de recursos oriundos da compensação ambiental.

Um estudo de Busch e Amorim (2011) sobre a tragédia ocorrida na região serrana do Rio de Janeiro em 2011, com mais de 900 mortes oficializadas e 300 mil pessoas afetadas, demonstra que, se a faixa de 30 metros em cada margem (60 metros no total) considerada Área de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água estivesse livre para a passagem da água, bem como, se as áreas com elevada inclinação e os topos de morros, montes, montanhas e serras estivessem livres da ocupação e intervenções inadequadas, como determina o Código Florestal, os efeitos da chuva teriam sido significativamente menores, tanto em suas consequências ambientais, quanto econômicas e sociais.

Apesar do poder público municipal contar com os instrumentos do Art. 25 da Lei 12.651/12 para o estabelecimento de áreas verdes urbanas (AVU), por elas serem uma opção atraente para o mercado de terras informal e carecerem de proteção efetiva dos entes públicos, a maioria delas não resistiu à pressão das invasões. Segundo o MMA (2016), os efeitos indesejáveis do processo de urbanização sem planejamento, como a ocupação irregular e o uso indevido das APP, tende a reduzi-las e degradá-las, causando graves problemas nas cidades. Reverter esta situação exige um forte empenho no incremento e aperfeiçoamento de políticas ambientais urbanas voltadas à recuperação, manutenção, monitoramento e fiscalização das APP nas cidades, tais como:

- Articulação de estados e municípios para a criação de um sistema integrado de gestão de Áreas de Preservação Permanente urbanas, incluindo seu mapeamento, fiscalização, recuperação e monitoramento;
- Apoio a novos modelos de gestão de APP urbanas, com participação das comunidades e parcerias com entidades da sociedade civil;

- Definição de normas para a instalação de atividades de esporte, lazer, cultura e convívio da população, compatíveis com a função ambiental dessas áreas;

O MMA realizou, em 2016, o levantamento, em 732 municípios brasileiros, do percentual de áreas verdes e dos corpos d'água existentes nas áreas efetivamente urbanizadas e no seu entorno imediato, onde são exercidas as maiores pressões do processo de expansão urbana. Foram levantadas com detalhes algumas classes de uso do solo, como áreas antropizadas e áreas com vegetação herbácea, arbustiva e arbórea. O projeto *Global Forest Change* (GFC), Hansen/UMD/Google/USGS/NASA 2010, conduzido pela Universidade de Maryland mapeou a cobertura florestal global, incluindo o Brasil, considerando toda vegetação com mais de 5 metros e que fecham um dossel. Esses dados, quando devidamente trabalhados, fornecem uma qualificação (cobertura arbórea) das áreas urbanas, (BRASIL, 2021).

A partir desse conhecimento será possível subsidiar: a formulação de normas e parâmetros legais sobre o tema; o monitoramento e a definição de ações e estratégias da política ambiental urbana; os processos de decisão a fim de preservar as APP e evitar a sua ocupação inadequada; o apoio aos programas de prevenção de desastres; a avaliação de potencialidades e necessidades na recuperação e preservação das APP situadas em áreas efetivamente urbanizadas e de expansão urbana. (MMA, 2017). A intenção do MMA é promover a formulação de normas e parâmetros legais sobre as APPs em meio urbano que fornecerão uma base sólida para os municípios direcionarem, de modo racional e sustentável, as ações de saneamento.

O Programa: Cidades+Verdes foi instituído pela Portaria nº 504/2020, juntamente com o Cadastro Ambiental Urbano (CAU), que é uma ferramenta para identificação, mapeamento, qualificação e divulgação de áreas verdes urbanas, disponível por meio do endereço eletrônico. O programa é um dos eixos da Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana, seus objetivos são descritos no art. 2º da Portaria nº 504/2020:

- I - criar, ampliar, recuperar e integrar áreas verdes urbanas;
- II - aprimorar a gestão ambiental urbana por meio de ferramentas de mapeamento e monitoramento das áreas verdes urbanas;
- III - estabelecer diretrizes, indicadores, categorias e tipologias para o planejamento, implantação e monitoramento de áreas verdes urbanas; e
- IV - melhorar a qualidade de vida nas cidades, valorizando a prestação de serviços ecossistêmicos dessas áreas. (BRASIL, 2020).

Em Porto Alegre, a pressão sobre os remanescentes de áreas de preservação é a mesma que em outras grandes metrópoles. O mapa ambiental Integrado de Porto Alegre, elaborado em 1997, tinha o objetivo de uma proposta cartográfica específica de inter-relações entre o homem e seu ambiente aplicada ao município de Porto Alegre (Figura 2.10), contudo ela não se concretizou até hoje, permanecendo a pressão sobre as áreas verdes remanescentes. Conforme constata Loge (2018, p. 116):

“A estratégia de qualificação ambiental do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental atua no campo “intencional”, entretanto, não dispõe de zoneamento que possibilite a proteção de zonas úmidas, recuperação das Áreas de Preservação Permanente ou corredores de biodiversidade. “

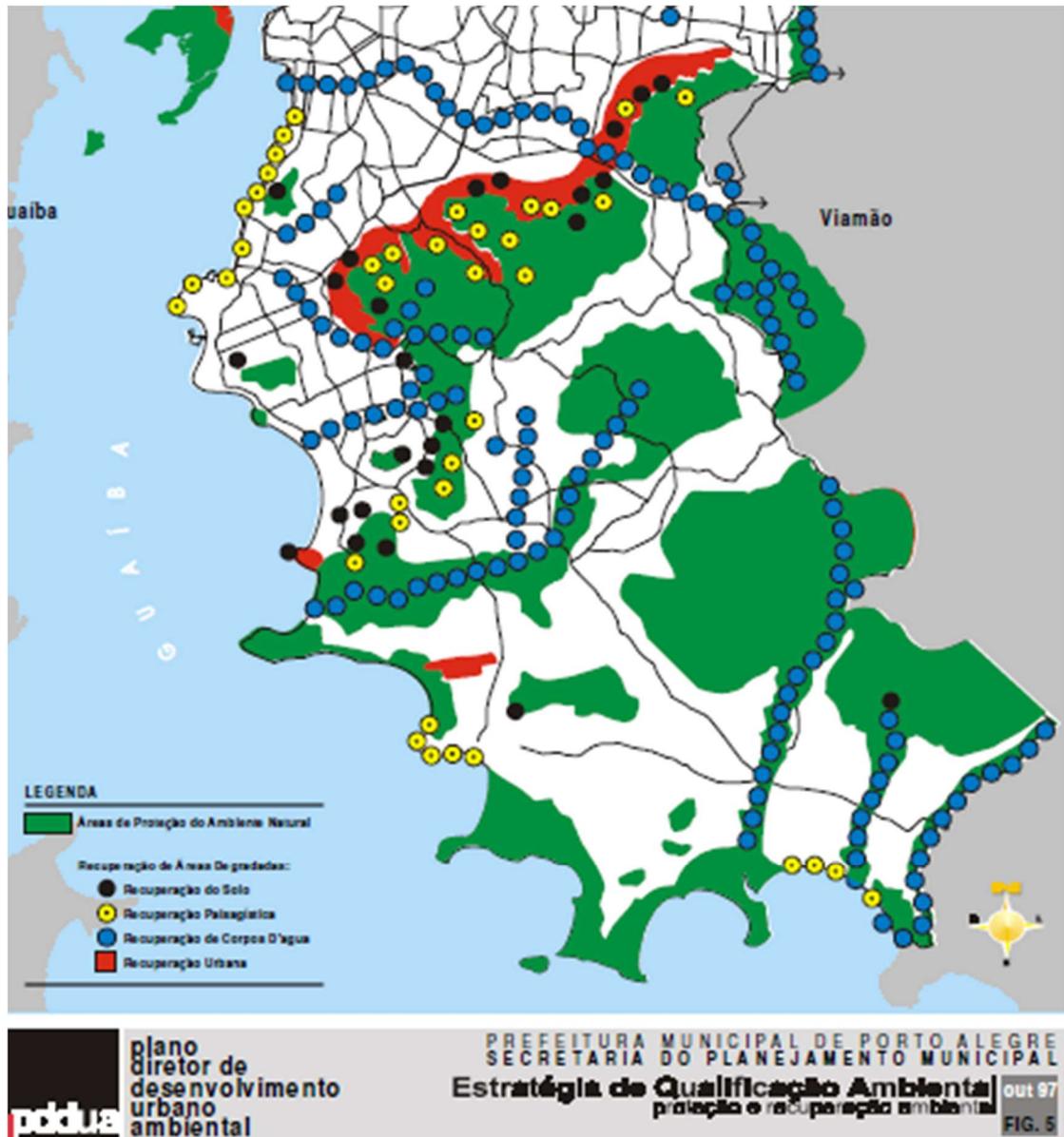


Figura 2.10 - Áreas de preservação conforme o PDDUA 1997.

Fonte: PDDUA, 1997.

Ao comparar o ordenamento de uso e ocupação do solo no estado de São Paulo com o do Rio Grande do Sul (RS) para avaliar a implantação da trama Verde-azul na sub-bacia do arroio Cascata, Loge (2018) destaca que “o Plano Diretor de Porto Alegre (PDDUA) tem a valorização do ambiente natural como uma das estratégias para qualificação do espaço urbano, mas não dispõe de ferramentas de recuperação das APP e mapeamento dos corredores de biodiversidade” (LOGE, 2018, p. 52).

2.9 Áreas de risco hidrogeológico

O **risco ambiental** é a possibilidade da ocorrência de danos ao meio ambiente que, segundo Lyra (1997, p. 49) *apud* Guimarães (2008), pode ser entendido como “toda e qualquer forma de degradação que afete o equilíbrio do meio ambiente”. A caracterização do desequilíbrio ambiental, prossegue o autor, não necessita de um padrão pré-estabelecido para ser reconhecida, porém, deve ser suficiente para “causar mal-estar à comunidade”.

Sayago e Guido (1990) *apud* Rosa Filho e Cortez, (2010) empregam os seguintes termos:

[...] risco geológico associado a processos sísmicos, de inundação pluvial (alagamentos por deficiência de drenagem superficial) e de inundação fluvial; risco geomorfológico quando há processos de remoção de massa (incluindo escorregamentos) e de erosão (inclusive erosão eólica); e risco geotécnico quando associado a obras de engenharia (ROSA FILHO e CORTEZ, 2010, p. 35).

O **risco social**, conforme apresentado por Egler (1996) *apud* Guimarães (2008), resulta das carências socioeconômicas que se traduzem em más condições de habitação e saneamento e, em longo prazo, atinge as questões de desemprego ou empregos marginais e distribuição de renda, tornando-se um entrave ao desenvolvimento sustentável. Exemplos: a irracional urbanização e a crescente ocupação legal ou ilegal de áreas que têm proteção permanente pela legislação específica que, por sua vez, quase nunca é seguida, às vezes, com o beneplácito governamental, em todos os seus níveis (GUIMARÃES, 2008). Como aponta Nunes (2015) quanto à vulnerabilidade à que esta população fica exposta:

A expansão dos centros urbanos, determinada pela demanda de áreas e pelas restrições políticas que direcionam o uso da terra, está fortemente associada à vulnerabilidade da população, pois em muitos casos esse avanço se dá em direção a ambientes frágeis como florestas, encostas e mananciais (NUNES, 2015, p. 1.4).

2.10 A ocupação das áreas sensíveis – causas e riscos sociais

Para Héту (2008, p. 87), a má gestão do espaço é a causa social primeira das catástrofes naturais, é a localização, e não a fatalidade: as pessoas e/ou a infraestrutura se encontravam em local e momento inadequado. Portanto, é a capacidade de **gerenciar bem o espaço** que é questionada. Segundo Santos e de Souza (2014), os primeiros estudos sobre a exposição social a fenômenos naturais que podem gerar perigo ou dano datam da década de 80. Neles já se

indicava a absoluta necessidade da inserção de planejamentos e gestão política na relação homem-ambiente dentro do espaço urbano. Desde então, este processo de ocupação continua e, apesar dos recursos dispendidos em infraestrutura, contenção, remoções e reconstruções, os eventos tendem a se repetir, até que o aprendizado seja cognizado.

“No Brasil, a ocupação de morros com habitações, seja através de processos formais, seja através de processos com diversos graus de informalidade, tem-se dado, principalmente, em padrões que variam entre o inadequado e o perigoso.” (FARAH, 2003, p. 12). Segundo Maricato (2001) *apud* Santos e de Souza (2014, p. 216), a ocupação ilegal ocorre geralmente nos ambientes protegidos, pela precariedade do controle ambiental e pela ausência de fiscalização.

Santos e de Souza (2014, p. 205) chamam este processo de Urbanização de Risco. Quase sempre, ele está relacionado a um **conhecimento insuficiente dos processos ambientais** integradores das dimensões físicas, político-sociais, socioculturais e espaciais, e que está associado à **incapacidade administrativa governamental em promover segurança e ordenamento** ao crescimento das cidades. É um processo ligado às dinâmicas de uso do solo de áreas inaptas à ocupação urbana, por uma população sem condições de resposta a situações de risco e desastre. Oliveira *et al.* (2015, p. 204) denomina a população suscetível a enfrentar essas situações como vulneráveis. Vedovello e Macedo (2007) *apud* Oliveira *et al.* (2014, p. 204) definem vulnerabilidade como: “conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais determinam quanto uma comunidade ou elemento em risco estão suscetíveis ao impacto de eventos perigosos.”

De acordo com o EM-DAT (*Emergency Events Database*) o Brasil encontra-se entre os países do mundo mais atingidos por inundações e enchentes, tendo registrado 94 desastres cadastrados no período de 1960 a 2008, 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas afetadas (desabrigados/desalojados), segundo Tominaga *et al.* (2009, p. 18).

Considerando somente os desastres hidrológicos que englobam inundações, enchentes e movimentos de massa, em 2008 o Brasil esteve em 10º lugar entre os países do mundo em número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas segundo o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (OFDA/CRED, 2009) *apud* TOMINAGA *et al.*, 2009, p. 18).

Wijkman e Timberlake (1985, p. 31-32), ao analisarem dados estatísticos referentes aos desastres naturais de diversos países, concluem que há uma relação geoeconômica entre

ocorrências e seus efeitos. Destacam que o número de mortes por desastre, é inversamente proporcional à renda nacional de cada país: menor a renda, maior o número de mortes. Apontam ainda um dado de interesse para o Brasil: a maioria dos desastres com muitas vítimas ocorre em países de renda nacional média. Os autores atribuem esta situação ao fato de que os países de renda média em desenvolvimento tendem a apresentar formas mais agressivas, do ponto de vista ambiental, de uso e ocupação do solo, o que exponencia os riscos.

A ocupação desordenada, principalmente quando atinge um adensamento médio, onde trechos de encostas já ocupados convivem com trechos de terreno desmatados e expostos, consegue reunir todos os fatores que induzem a instabilização. Nas favelas observam-se, com grande frequência, cortes e aterros indiscriminados, ocupação de aterros não contidos, retirada indiscriminada de vegetação, **modificação inadequada do regime de escoamento das águas pluviais, ocupação de drenagens naturais, infiltrações de águas pluviais, de abastecimento e de esgotos**, lançamento de lixo em vertentes etc., (FARAH, 2003, p. 31).

Smolka (2003) teve uma visão mais ampla do fenômeno da favelização nas cidades em que atribui seu crescimento à falta de programas de habitação social, investimentos públicos em infraestrutura urbana inadequados e, por último, mas não menos importante, devido à crua realidade de que os mecanismos informais são rentáveis para aqueles que os promovem. Para o autor, a falta de políticas de produção de habitações de interesse social ao longo dos anos propiciou o surgimento de “soluções espontâneas” e o mercado informal propaga este modelo.

Embora o mapa da ilegalidade urbana se assemelhe ao da pobreza, a extensão e a persistência da informalidade não podem ser explicadas apenas pela pobreza. Nem todos os ocupantes de assentamentos informais são pobres, como muitos estudos empíricos na América Latina têm demonstrado nos últimos anos. A taxa de ocupação irregular da terra é muito superior ao aumento do número de novas famílias pobres. No Brasil, por exemplo, o número total de moradores de favelas aumentou cinco vezes mais rápido do que o de moradores pobres, e uma tendência semelhante é observada nas maiores cidades latino-americanas.

Este crescimento intensivo dos assentamentos informais nas periferias e a densificação das áreas consolidadas irregulares urbanas, ocorreram apesar da queda substancial dos índices de natalidade e da migração campo-cidade e ainda, que o percentual de cidadãos pobres tenha permanecido relativamente estável (SMOLKA, 2003, p. 1, tradução nossa).

Para Fernandes (2007), o processo de produção informal do espaço urbano na América Latina não se trata de um mero sintoma de um modelo de desenvolvimento econômico e crescimento urbano ou de uma distorção deste modelo, senão de um modelo em si mesmo, da forma latino-americana de produzir espaço urbano, ou seja, uma produção de cidade cada vez

mais a margem da lei, descumprindo os padrões e critérios legais e urbanísticos. Considerando este o modelo de produção da cidade, os resultados ambientais e de saneamento estarão sujeitos às restrições que este modelo impõe. Sendo que, a própria infraestrutura do saneamento pode ser considerada em condições de vulnerabilidade.

A facilidade de acesso e de ocupação das áreas preservação e de risco das cidades, com o beneplácito do Estado, aumentaram a pressão sobre as áreas de mananciais e nascentes e, ainda, a falta de ações para evitar estas ocupações mantém a população exposta aos riscos.

Ainda que o Estado esboçasse ações no sentido de resolver o problema habitacional, as iniciativas sempre estiveram num patamar bastante aquém das reais necessidades. A incapacidade do Estado em equacionar a questão da ocupação do solo urbano (e a questão habitacional) e o aumento da pobreza, com a crise econômica e social das décadas de 1980 e 1990, intensificou as ocupações desordenadas e perigosas em morros. (FARAH, 2003, p.26).

Segundo Farah (2003), além do patrimônio diretamente destruído em acidentes, as instabilizações em encostas podem determinar transtornos sociais, assim como a necessidade de ações corretivas, por parte do Estado, cujos custos tendem a ser elevados e incluem, entre outras:

- Necessidade de mobilização de organizações de defesa civil e paralisação parcial ou total das atividades normais nas áreas atingidas;
- Remoção, em caráter provisório ou definitivo, de habitantes dos locais afetados, o que exige alojamentos provisórios e/ou a obtenção ou construção de unidades habitacionais em local seguro, para relocações definitivas;
- Implantação, nas áreas afetadas, de obras emergenciais para refrear novos escorregamentos;
- Implantação, nas áreas afetadas, de obras definitivas que tendem a incluir: obras de drenagem e contenção; urbanização ou reurbanização das áreas afetadas; novas remoções provisórias ou definitivas de unidades habitacionais, (FARAH, 2003, p. 37).

A regularização e reurbanização das ocupações em áreas de risco são uma alternativa prática do ponto de vista da governança, pois não implicam em disponibilizar locais mais adequados à ocupação e à recuperação da função ambiental da área. Mas será que a redução dos riscos e da geração dos impactos seria suficiente para evitar danos e externalidades cujos custos atinjam valores muito acima dos custos de relocação?

Smolka (2003) alerta que os programas de reurbanização, de natureza corretiva, têm um custo de oportunidade alto comparado ao de proporcionar terra urbanizada preventivamente.

Aristizabal e Ortiz (2001) *apud* Smolka (2003), estimaram que o **custo de urbanização de um assentamento irregular é 2,7 vezes o custo de áreas planejadas**.

Freitas (2015) evidencia o papel das políticas públicas em promover a sustentabilidade e evitar o comprometimento dos recursos naturais, não através da racionalização dos meios, mas da **gestão sustentável dos processos** e com o monitoramento finalístico de qualidade:

[...] importa assimilar que as políticas públicas, sem exceção, têm de estar preordenadas para promover, de modo diligente e em tempo útil, a harmonização efetiva dos vetores ambientais, sociais e econômicos, contribuindo, assim, à superação da chamada tragédia dos comuns (FREITAS, 2015, p. 93).

2.11 Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS)

Como tipo especial de zoneamento que é, a chamada Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) tem como principal objetivo a inclusão da população de menor renda no direito à cidade e à terra urbana servida de equipamentos e infraestrutura, tanto por meio da delimitação de áreas previamente ocupadas por assentamentos precários, quanto por meio da delimitação de vazios urbanos e de imóveis subutilizados, destinados à produção de novas moradias populares.

Conforme definição do Guia do Estatuto da Cidade:

a concepção básica do instrumento das ZEIS é incluir no zoneamento da cidade uma categoria que permita, mediante um plano específico de urbanização, o estabelecimento de um padrão urbanístico próprio para o assentamento. A possibilidade legal de se estabelecer um plano próprio, adequado às especificidades locais, reforça a ideia de que as ZEIS compõem um universo diversificado de assentamentos urbanos, passíveis de tratamentos diferenciados. Tal interpretação agrega uma referência de qualidade ambiental para a requalificação do espaço habitado das favelas, argumento distinto da antiga postura de homogeneização, baseada rigidamente em índices reguladores. (BRASIL, 2002, p. 156).

A previsão legal para instituição de ZEIS consta do art. 4º, V, “f”, do Estatuto da Cidade. Em Porto Alegre elas são denominadas Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS).

A lei instituidora de uma ZEIS pode prever este regime urbanístico para áreas vazias, destinadas à produção de novos núcleos habitacionais populares, ou para áreas já ocupadas por favelas, a serem reurbanizadas. As ZEIS devem ser criadas por lei de igual hierarquia das leis que instituem o zoneamento ou disciplina de uso do solo do município.

A incidência das AEIS em áreas de risco e de preservação permanente é comum no país, pois as ocupações irregulares urbanas ocorreram nestas áreas que, desprotegidas, se tornaram atraentes para o mercado de terras informal.

Diante da dimensão em que estas ocupações ocorreram e pela impossibilidade de reverter esta situação, foi necessário adaptar o código florestal à realidade. Para isso, nos termos do art. 64 do Código Florestal, combinado com os arts. 46 e seguintes da Lei 11.977/2009, que institui o Programa Minha Casa, Minha Vida, em tese é possível a regularização fundiária em área de preservação permanente consolidada para ocupações de interesse social. Todavia, é impositivo que o projeto de regularização fundiária garanta a sustentabilidade ambiental, eliminando, por meio de intervenções na área, os riscos para a população. Confira-se a redação do art. 64:

Art. 64. Na regularização fundiária de interesse social dos assentamentos inseridos em área urbana de ocupação consolidada e que ocupam Áreas de Preservação Permanente, a regularização ambiental será admitida por meio da aprovação do projeto de regularização fundiária, na forma da Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009.

§ 1º O projeto de regularização fundiária de interesse social **deverá incluir estudo técnico que demonstre a melhoria das condições ambientais** em relação à situação anterior com a adoção das medidas nele preconizadas.

§ 2º O estudo técnico mencionado no § 1º deverá conter, no mínimo, os seguintes elementos:

I – caracterização da situação ambiental da área a ser regularizada;

II – especificação dos sistemas de saneamento básico;

III – proposição de intervenções para a prevenção e o controle de riscos geotécnicos e de inundações;

IV – recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização;

V – comprovação da melhoria das condições de sustentabilidade urbano-ambiental, considerados o uso adequado dos recursos hídricos, **a não ocupação das áreas de risco** e a proteção das unidades de conservação, quando for o caso;

VI – comprovação da melhoria da habitabilidade dos moradores propiciada pela regularização proposta; e

VII – garantia de acesso público às praias e aos corpos d'água. (BRASIL, 2012)

Por sua vez, a Lei 11.977/09, também impõe que se assegure a melhoria das condições ambientais e de habitabilidade das áreas e que se afastem os riscos para a população¹¹,

¹¹Art. 48. Respeitadas as diretrizes gerais da política urbana estabelecidas na Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, a regularização fundiária observará os seguintes princípios:

estipulando, no art. 54, §1º, que o Município poderá, por decisão motivada, admitir a regularização fundiária de interesse social em Áreas de Preservação Permanente, ocupadas até 31 de dezembro de 2007 e inseridas em área urbana consolidada, desde que estudo técnico comprove que esta intervenção implica a melhoria das condições ambientais em relação à situação de ocupação irregular anterior.

O processo de regularização fundiária segue preceitos que visam a permanência da maior parte dos moradores na área para manter os vínculos locais. Os riscos presentes nas áreas sensíveis têm seus efeitos subdimensionados e seus riscos minimizados em função do apelo emocional e da pressão política presentes no processo. Deste modo, são geradas externalidades difíceis de dimensionar, mas, se corretamente avaliadas, poderiam influenciar o processo de planejamento, evitar situações dramáticas e perdas irreparáveis.

Consolidado este imenso passivo ambiental, que continua sendo um ativo gerador de impactos, resta aos gestores remediar o que for possível, tendo ciência que muito foi perdido em resiliência das cidades com este modelo de ocupação.

2.12 O SES Ponta da Cadeia

O município de Porto Alegre, RS, Figura 2.11, possui dez sistemas de esgotamento sanitário (SES) que convergem para duas grandes bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Gravataí e a Bacia do Lago Guaíba. Segundo o PMSB (PORTO ALEGRE, 2015a), foram construídas novas ETEs, que elevaram de 27% para 80% a capacidade para tratar os efluentes gerados no final de 2012. O Lago Guaíba é o corpo receptor dos efluentes e o manancial de água da cidade.

Em 2018, Porto Alegre tinha 1.749.101 habitantes, com 90,47% da população atendida com coleta de esgoto (IN056), com 70,40% da população atendida com sistema separador

I – ampliação do acesso à terra urbanizada pela população de baixa renda, com prioridade para sua permanência na área ocupada, assegurados o nível adequado de habitabilidade e a melhoria das condições de sustentabilidade urbanística, social e ambiental;

II – articulação com as políticas setoriais de habitação, de meio ambiente, de saneamento básico e de mobilidade urbana, nos diferentes níveis de governo e com as iniciativas públicas e privadas, voltadas à integração social e à geração de emprego e renda;

III – participação dos interessados em todas as etapas do processo de regularização;

IV – estímulo à resolução extrajudicial de conflitos; e

V – concessão do título preferencialmente para a mulher.

absoluto (DMAE, 2021b, p. 4), e 49,10% do volume de esgoto tratado sobre o coletado (IN016), (SNIS, 2020c).

O DMAE é a autarquia responsável por fornecer água tratada, coletar e tratar os esgotos do município. Criada pela Lei 2.312/61 (PORTO ALEGRE, 1961) tem previsto, entre as suas competências, defender os cursos da água contra a poluição.

A população estimada no SES PC em 2010 era de 534.192 habitantes, (PORTO ALEGRE, 2015b, p. 92), o que representava 37,90%% da população total, 1.409.351 hab. (IBGE, 2010).

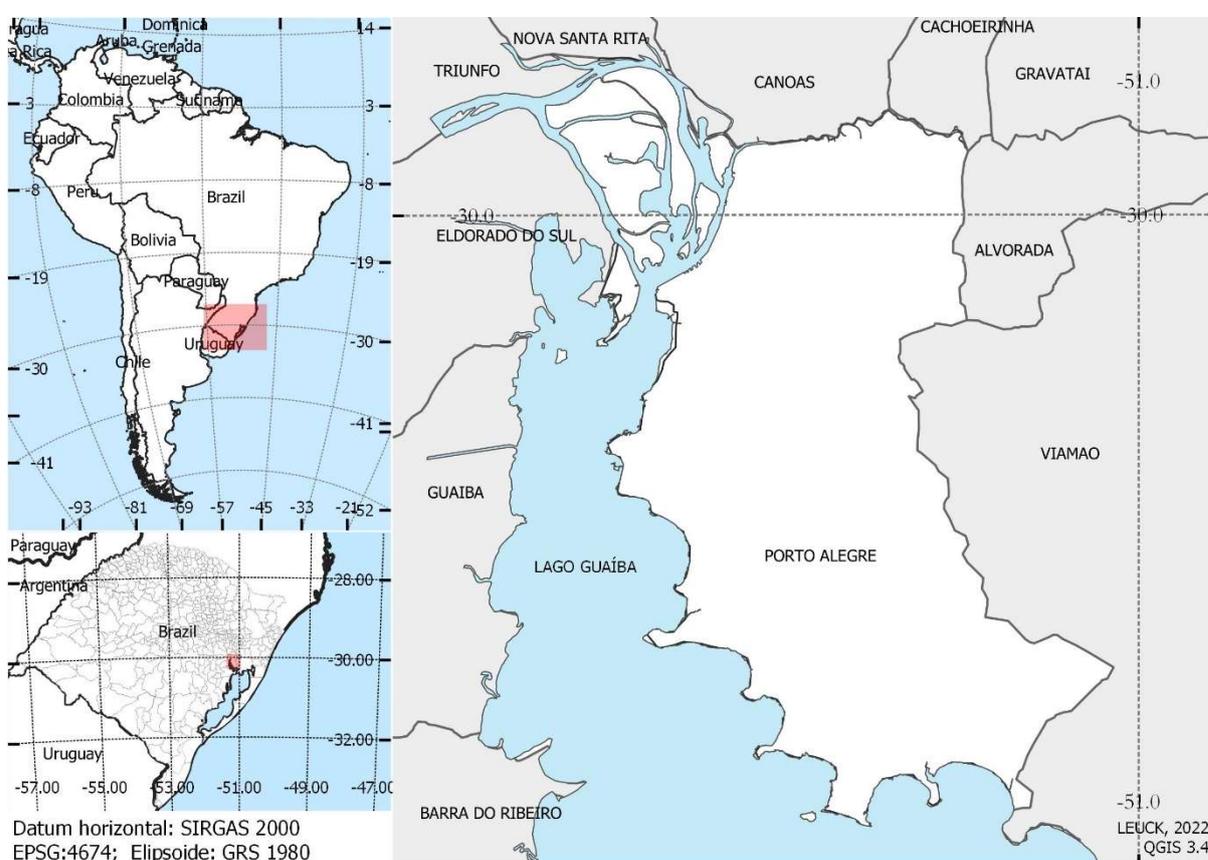


Figura 2.11 - Localização da cidade de Porto Alegre e municípios do entorno do Lago Guaíba.
Fonte: elaborado pela autora.

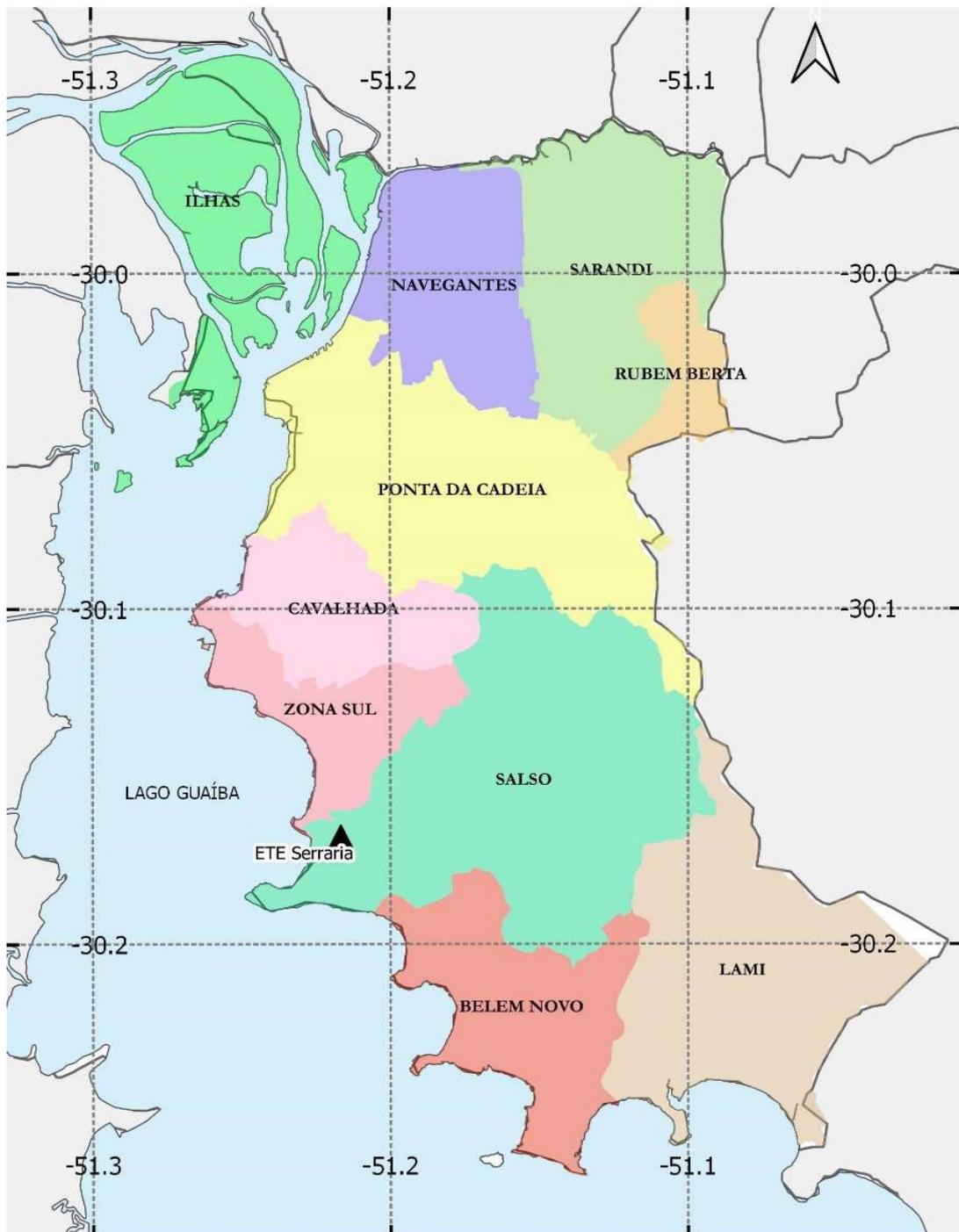
Em 2015, a cobertura por rede de esgotos sobre o total de logradouros na cidade de Porto Alegre era de 47,9 % segundo o PMSB (PORTO ALEGRE, 2015a, p. 96). O SES PC tem a maior cobertura por rede de esgotos sobre o total de logradouros, 70,14 % em 2015, PMSB (2015a, p.113). Segundo as diretrizes do PMSB, 2015, o horizonte para a universalização do

atendimento da população com sistema de coleta **separador absoluto** e tratamento de forma centralizada ou integrada é o ano de 2035. O **sistema unitário** (misto) é admitido em casos especiais e de forma provisória.

O tratamento dos efluentes sanitários foi estruturado para operar, de forma centralizada, nos SES Navegantes, Belém Novo, Lami e Ilhas, e operar, de forma integrada, nos SES Ponta da Cadeia, Cavalhada, Zona Sul e Salso (DAL MASO, 2016, p. 154), Figura 2.12. O tratamento dos esgotos dos SES Ponta da Cadeia, Cavalhada, Zona Sul e Salso Restinga é feito na ETE Serraria. Até 2014, os esgotos do SES PC iam para o canal de navegação do lago Guaíba.

O alcance populacional previsto no projeto da ETE Serraria foi de 1.080.000 habitantes, com vazão média de esgotos a serem tratados de 3.562 l/s, e vazão máxima afluyente de projeto de 4.115 l/s. para o ano de 2035. Face a elevação da capacidade de tratamento instalada na cidade, o PMSB/2015, aponta que: “o alto índice de capacidade de tratamento de esgoto não se configura, no cenário contemporâneo, em esgoto efetivamente coletado e tratado” e faz um alerta acerca do desafio em coletar os esgotos, para que haja melhoria da qualidade dos cursos d’água e, principalmente, do manancial de abastecimento, o Lago Guaíba. (PORTO ALEGRE, 2015a, p. 96).

O SES Ponta da Cadeia possuía 773,19 km rede separadora implantada e em operação em 2015, (ES04 – extensão da rede de esgoto) atendida por Rede Coletora (RC) do tipo separador absoluto em 2015. Essa malha coletora implantada possui como ponto de convergência o Centro Histórico do município, por gravidade e/ ou por recalque, na EBE Ponta da Cadeia (PC), (PORTO ALEGRE, 2015a, p. 116).



Datum horizontal: SIRGAS 2000
 EPSG: 4674
 Elipsoide: GRS 1980

LEUCK, 2022
 QGIS 3.4

Figura 2.12 - Localização dos SES de Porto Alegre.
 Fonte: elaborado pela autora c/as camadas do Cadastro/ da PMPA..

Os esgotos são conduzidos por coletores tronco e interceptores, localizados na maior parte próximo às margens direita e esquerda do Arroio Dilúvio, para as estações de bombeamento de esgotos (EBEs). Na Figura 2.13, a área de contribuição do SES PC está hachurada em amarelo, os esgotos são enviados à ETE Serraria através do emissário subfluvial representado pela linha vermelha. A camada da hidrografia mostrada neste mapa não corresponde a situação atual dos arroios destes SES, mas era a camada disponível banco de dados na ocasião.

A ETE Serraria foi contemplada com recursos da ordem de R\$ 39.178.810,21¹² no Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES em 2012. O objetivo do programa é estimular financeiramente a eficiência dos resultados pelo tratamento dos esgotos, (ANA, 2012).

¹² Fonte: Relação dos Empreendimentos Contratados no PRODES em 2012 Disponível em: <https://www.ana.gov.br/prodes/contratados2012.asp#>

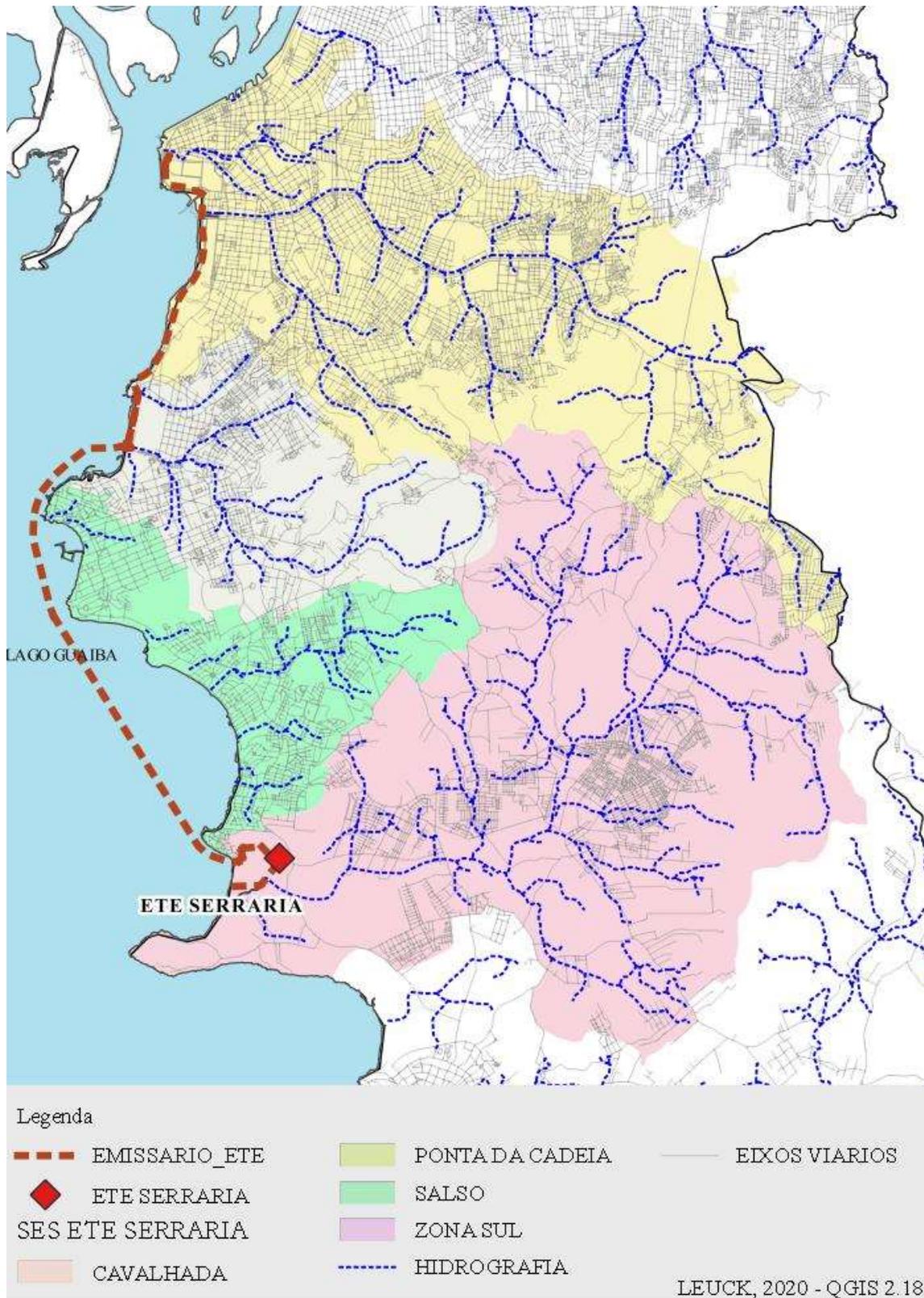


Figura 2.13 - Os SES com tratamento na ETE Serraria e a hidrografia.
 Fonte: elaborado pela autora com base no cadastro da PMPA.

Pela configuração atual, o SES PC é formado por 31 sub-bacias, Figura 2.14. São 26 sub-bacias do Arroio Dilúvio - AD (D-1 a D-3 e D-5 a D-27), a bacia Santa Teresa (ST), Ponta do Melo (PM) e 3 sub-bacias da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré (AT). As bacias do centro histórico, AT-6 e AT-7, são agregadas ao SES através de bombeamentos. As linhas em cinza representam os arroios e principais tributários do Arroio Dilúvio.

O município de Viamão contribui com lançamento de esgotos nas sub-bacias D-27, através da barragem Lomba do Sabão, e na D-26 pela barragem Mãe D'Água. As águas destas barragens são bastante impactadas pelo lançamento de esgotos domésticos e apresentam alto nível de eutrofização.



Figura 2.14 - Sub-bacias do SES PC e hidrografia.
Fonte: elaborado pela autora com base no cadastro da PMPA.

2.13 A bacia do Arroio Dilúvio e as metas de qualidade da água do Lago Guaíba

A bacia do Arroio Dilúvio tem área total de 83,74 km², sendo que 69,5 km² na cidade de Porto Alegre e 14,24 em Viamão. No seu percurso desde Viamão até a foz, no Lago Guaíba, esse arroio passa por vários bairros com elevada taxa de ocupação, sendo o receptor natural das águas servidas de mais de 35% da população total de Porto Alegre. É na Bacia do Arroio Dilúvio que se encontra o percentual mais significativo de redes coletoras (RC) do tipo separador absoluto da cidade, segundo informações do PMSB, (PORTO ALEGRE, 2015a, p. 114).

Por ocupar um lugar de destaque na paisagem urbana, este arroio é um retrato vivo das condições do saneamento na cidade e, apesar da significativa cobertura de rede, a língua negra formada na sua foz e que avança nas águas do Lago Guaíba, é avistada nas imagens de satélite, como a imagem de 2018 do Google Earth, na Figura 2.15.



Figura 2.15 - Imagem de satélite da língua negra, na foz do Arroio Dilúvio, desaguando no Lago Guaíba.

Fonte: Google Earth, 2018.

O Arroio Dilúvio é o principal arroio que corta o SES PC, suas águas escoam numa extensão de 17,6 km das nascentes até a foz, sendo que 13,8 km ficam em Porto Alegre, atravessando a cidade de leste a oeste e dividindo-a em zonas Norte e Sul, Figura 2.16.

Existem 28 pontos de monitoramento de qualidade do lago Guaíba. A estação amostral 40, Figura 2.16, está localizada no Lago Guaíba, no segmento Margem Esquerda Montante, em frente à foz do arroio Dilúvio, ela passou a integrar o programa de monitoramento do DMAE em 1998. Os segmentos Delta do Jacuí e o da Margem Esquerda Montante, que compreendem a região que vai desde a Ponta da Cadeia até a Ponta dos Cachimbos, sofrem maior impacto dos arroios Dilúvio e Cavalhada, eles foram classificados em classe 4, e são os que apresentam a pior qualidade da água na bacia, segundo o Relatório Executivo – Revisão 2 do plano da bacia do Lago Guaíba (RIO GRANDE DO SUL, 2016c, p. 21). Com base nos dados de 2011 a 2013, o monitoramento da qualidade de água do lago teve pouca alteração em relação ao período 2008-2010.

O ponto 40, situado a 100m da foz do Arroio Dilúvio, obteve o pior resultado observado de todos os 28 pontos monitorados no lago: Os parâmetros de coliformes termotolerantes, OD, DBO e fósforo foram classificados na maior parte das coletas como classe 4. O OD esteve classificado 71% em classe 4, DBO 80% em classe 4, nitrogênio amoniacal 64% em classe 3 e 100% das amostras do fósforo em classe 4. No ponto 40 observa-se que em 100% das análises, o parâmetro coliformes termotolerantes foi classificado em classe 4, com valores superiores a 4000 NMP/100mL, (RIO GRANDE DO SUL, 2016b, p. 242).

O DMAE desenvolveu um projeto de monitoramento das águas do arroio Dilúvio, que ocorreu no período de 1996 a 2013 em oito estações de amostragem (D1, D6A, D9A, D9B, D11A, D12, D14, 39). Com a finalização do programa de monitoramento em 2013, não se obteve informações atualizadas da qualidade ambiental do arroio. A estação 39 está localizada na foz do Arroio dilúvio, a jusante da ponte da Av. Borges de Medeiros, Figura 2.16.

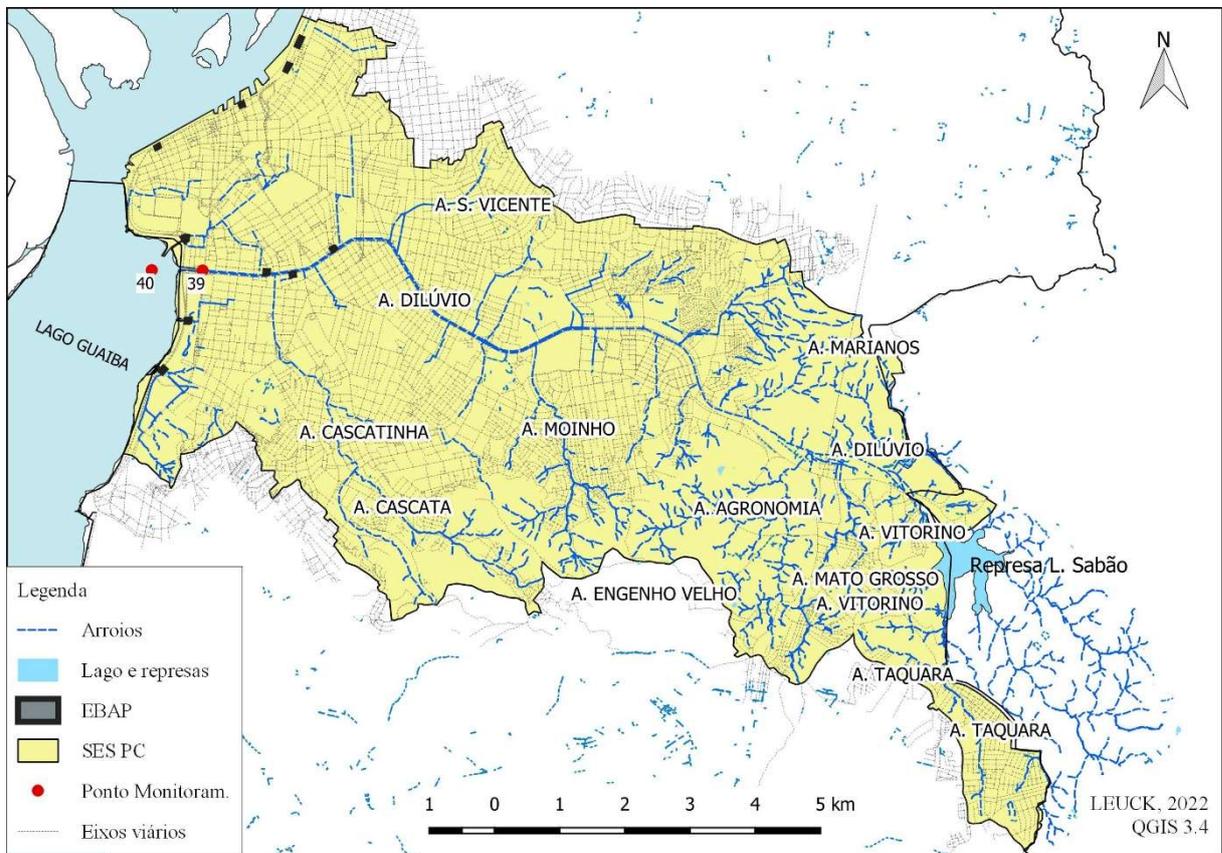


Figura 2.16 - Arroyos da área do SES Ponta da Cadeia e pontos de monitoramento 39 e 40.
Fonte: elaborado pela autora.

As imagens da Figura 2.17 ilustram a calha do Arroio Dilúvio na sua parte central após a ocorrência de fortes chuvas **a** e **b**, e após descarga de surfactantes **d** e **e**. Observa-se a presença de turbidez pela presença de sólidos em suspensão nas imagens **a** e **b**, após as chuvas.

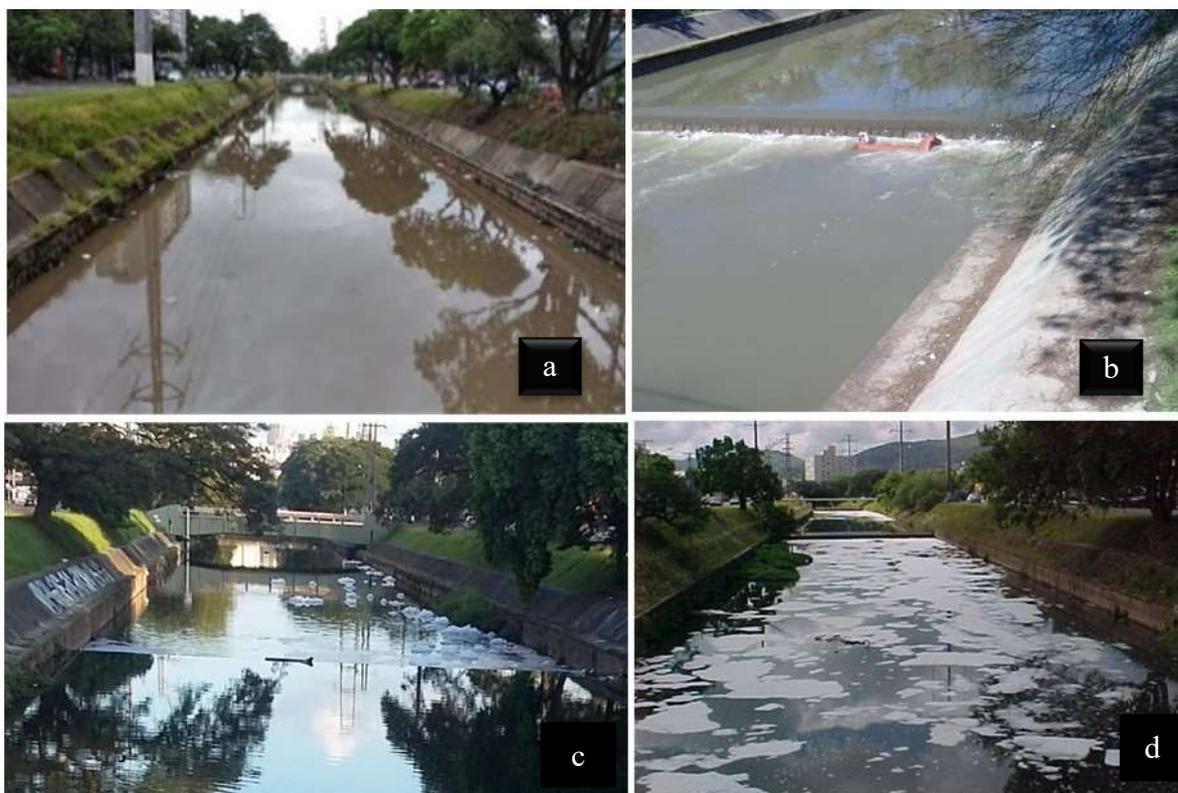


Figura 2.17 - Imagens da calha do Arroio Dilúvio em a) 2013, b) 2017; c) 2020 e d) 2020.

Fonte: fotografado pela autora.

Ao longo dos anos e apesar dos investimentos para atender a 70,14% da área de abrangência com redes separadoras, a qualidade das águas do Arroio Dilúvio permanece visivelmente comprometida.

Vários autores ressaltaram as péssimas condições da qualidade da água do Arroio Dilúvio como Morandi e Faria, (2000), Bollmann. e Marques (2006) e Rodrigues (2015). Do centro em direção à foz Bollmann e Marques (2006) obtiveram concentrações de DBO_5 enquadradas na Classe 4 da Resolução nº 357/05 CONAMA. Quanto aos demais arroios, Costa (2004) *apud* Canal e Verdum (2011), constataram que grande parte das nascentes do Arroio Taquara e Dilúvio já estão impactadas pelo processo acelerado de ocupação das áreas adjacentes.

A série dos dados coletados acerca das condições da água do arroio Dilúvio de 1995 até 2011 foi analisada por Dal Forno e Matos (2016, p. 130), que concluíram que, “à luz do que

prevê a Resolução CONAMA 357/2005, os parâmetros de qualidade responsáveis pela má classificação são aqueles relacionados aos despejos de esgoto doméstico”. Os autores afirmam que a poluição proveniente dos esgotos domésticos, tornou-se um problema crônico nas últimas décadas e sugerem:

a necessidade de intervenção governamental, através de políticas públicas e ações de gestão e planejamento, [...], sob pena do aprofundamento do processo de degradação ambiental que o crescimento da urbanização implica à sua própria população, (DAL FORNO e MATOS, 2016, p. 133).

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), os parâmetros poluidores da água podem ser classificados nas categorias a seguir:

- matéria orgânica biodegradável: ocasiona o consumo de Oxigênio Dissolvido (OD), tem como origem mais comum o esgoto doméstico;
- nutrientes (ex.: fósforo e nitrogênio): causam a eutrofização do corpo d’água;
- organismos patogênicos: causam as doenças de veiculação hídrica;
- substâncias orgânicas (ex.: agrotóxicos): provocam o efeito tóxico nos organismos aquáticos e podem se acumular em seus tecidos;
- substâncias inorgânicas (ex.: metais): provocam o efeito tóxico nos organismos aquáticos e podem se acumular em seus tecidos;
- sólidos em suspensão: aumentam a turbidez da água afetando a biota aquática e causando assoreamento do corpo d’água.

[...]

Nos casos em que a principal fonte de poluição é o esgoto doméstico, os parâmetros a serem analisados deverão ser os seguintes: turbidez, oxigênio dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), série nitrogenada (amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio total), série fosfatada (fosfato total, ortofosfato), óleos e graxas, coliformes termotolerantes, clorofila a, fitoplâncton (estes dois últimos em ambientes lenticos). (ANA, 2009, p. 33).

Observando os dados das análises realizadas com as amostras coletadas nos pontos 39 e 40 do Arroio Dilúvio, em 2008 e 2018, mostrados no Quadro 2.4, não se percebe uma melhora consistente dos parâmetros. Foram analisados: Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio. Demanda Química de Oxigênio (DQO), Escherichia coli, Fósforo e Nitrogênio amoniacal.

Quadro 2.4 - Resultados das análises de amostras coletadas nos pontos 39 e 40 do Arroio Dilúvio em 2008 e 2018.

Amostra	ENDERECO	Data	CT NMP/100mL	DBO5	DQO	Ecoli NMP/100mL	NNH3	P
				mg O2/L	mg O2/L		mg N/L	mg/L
358/2008	40 Foz AD	12/02/2008	1700000	6,8	26,5	330000	4,37	0,47
567/2008	39 Av IPIR.	04/03/2008	920000	31	58	340000	11,78	4,09
1184/2008	40 Foz AD	12/05/2008	1200000	23,2	43,3	160000	9,66	0,95
1245/2008	39 Av IPIR.	15/05/2008	31000000	54	106	7300000	7,53	1,2
1949/2008	40 Foz AD	20/08/2008	1300000	9,4	18,2	230000	3,76	0,45
2037/2008	39 Av IPIR.	02/09/2008	650000	35	40	99000	11,76	1,83
2470/2008	40 Foz AD	04/11/2008	1800000	6,2	24,2	290000	6,9	1,06
2660/2008	39 Av IPIR.	28/11/2008	1200000	56	73	290000	18,18	2,86
3234/2018	40 Foz AD	31/01/2018	240000	5	23	56000	9,71	0,975
176/2018	40 Foz AD	31/01/2018	240000	5,2	23	57000	9,71	0,975
709/2018	40 Foz AD	26/04/2018	820000		31	140000		1,358
3862/2018	40 Foz AD	26/04/2018	820000	31	31	140000	9,65	
831/2018	40 Foz AD	09/05/2018	1400000	32		440000	12,11	1,641
3948/2018	40 Foz AD	09/05/2018	1400000	32		440000	12,11	
834/2018	40 Foz AD	09/05/2018	1400000			390000		
3951/2018	40 Foz AD	09/05/2018	1400000			390000		
1278/2018	40 Foz AD	12/07/2018	230000	8,2	45	53000	10,41	0,551
2090/2018	40 Foz AD	19/09/2018	>240000	7,2		33000	0,18	
2795/2018	40 Foz AD	21/11/2018	20000	<0,8		3000	0,62	

Fonte: Gerência Ambiental e de Tratamento de Esgotos - GATE/DMAE (2022).

O Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. (ANA, [s.d.]). Ele foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) a partir de um estudo realizado pela *National Sanitation Foundation* (NSF). A FEPAM e o DMAE utilizam o IQA-NSF, adaptado para o RS pelo Comitê da Bacia do Rio dos Sinos - COMITESINOS (1990; 1993) *apud* RIO GRANDE DO SUL (2016b, p. 234), para visualizar o comportamento da qualidade da água da região hidrográfica do Guaíba. Os parâmetros utilizados pela CETESB e pelo RS, são mostrados no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 - Parâmetros do IQA e respectivos pesos relativos pelo CETESB e COMITESINOS

Parâmetros de qualidade da água	CETESB	RS
	Peso (wi)	Peso (wi)
Oxigênio dissolvido (OD)	0,17	0,19
Coliformes termotolerantes	0,15	0,17
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12	0,13
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO _{5,20}	0,1	0,11
Temperatura da água	0,1	ND.
Fósforo total - PT	0,1	0,11
Turbidez	0,08	0,09
Resíduo total	0,08	0,09
Nitrogênio total	0,10	ND.
Nitrato	ND*.	0,11

Fonte: adaptado de ANA, ([s.d.]).

*ND - não definido.

O IQA varia de 0 a 100, conforme o Quadro 2.6, ele é calculado a partir do produtório ponderado da qualidade da água correspondente aos oito parâmetros selecionados, segundo a fórmula multiplicativa (2.5):

$$IQA = \pi. qi^{wi} \quad (2.5)$$

Onde: π : símbolo de produtório; qi : qualidade relativa do i -ésimo parâmetro; wi : peso relativo do i -ésimo parâmetro; i : número de ordem do parâmetro (1 a 8).

Quadro 2.6 - Faixas de qualidade da água para o IQA do NSF

Faixa do IQA	Classificação da qualidade da água
0-25	Muito ruim
26-50	Ruim
51-70	Regular
71-90	Bom
91-100	Excelente

Fonte: Bendati *et al.* apud RIO GRANDE DO SUL (2016, p. 235).

Segundo o decreto 7.217 (BRASIL, 2010), o titular deve propor, conforme o art. 25, V, mecanismos e procedimentos para **avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações** programadas para atingir a meta do enquadramento dos corpos hídricos.

Em 2018, foi firmado um termo de cooperação técnica entre o Instituto Federal do RS (IFRS) – Campus Porto Alegre e o DMAE para avaliar o Índice de Qualidade da Água (IQA), analisando os dados do banco de dados do DMAE de 1996 a 2013 e iniciando um programa com coletas sazonais em pelo menos três estações amostrais. Segundo o relatório técnico - anexo VI (FAPERGS, 2021, p. 4-13), os resultados do IQA calculado pelo método utilizado no RS, considerando 332 das 402 amostras coletadas de 1996 a 2013 e todas as estações amostrais, concluiu que 38,9% foram classificados como de categoria Muito Ruim, 59,9% como categoria Ruim e 1,9% como Regular. Efetuou-se, também, a análise dos resultados, sem a presença da estação 40, onde se verificou que 37,4% dos resultados foram classificados como de categoria **Muito Ruim**, 62,3% como **Ruim**, e 0,3% como **Regular**. Ao longo daquele período, não houve alteração para melhor no IQA nas estações 39 e 40.

Dentre os resultados esperados com a realização da Ação Setorial do Saneamento quanto ao Enquadramento – alcance do Enquadramento, por meio da efetivação das ações previstas no Plano da Bacia, estão “o monitoramento da qualidade das águas pelas entidades competentes (DMAE, CORSAN, FEPAM entre outras) da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, e a implementação das ações com impacto vinculado à qualidade das águas”, (RIO GRANDE DO SUL, 2016b, p. 522).

Nesse sentido, foram implementadas ações como o Programa Unificado de Ligações de Esgoto (PULE) pelo DMAE, que teve por objetivo avançar no serviço de esgotamento sanitário

(interligações de micro bacias, remanejamentos de redes, extensões de rede, desvinculações da rede pluvial, e respectivas ligações domiciliares. Segundo o PMSB, 2015, a meta inicial era a realização de dez mil (10.000) ligações de esgoto domiciliar até o final do ano de 2016, ligando-as ao sistema separador absoluto, de modo a impactar positivamente nos índices de tratamento de esgoto atual, em volume e concentração do esgoto recebido nas ETEs (PORTO ALEGRE, 2015b, p. 68). O programa encerrou com a execução de 3.111 ligações, 901 no SES PC, resgatando os esgotos de 2.228 economias.

A bacia tem sido alvo de sucessivos programas de despoluição e revitalização. Foi durante a vigência do Programa para a Despoluição da Bacia do Arroio Dilúvio – PRÓ-DILÚVIO, sob coordenação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SMAM, que as ligações de esgotos domiciliares das sub-bacias D-11, D-12 e D-13 foram vistoriadas e regularizadas pela concessionária, através do “Programa Esgoto Certo, e em 2008 foi executado um novo coletor tronco para conduzir estes esgotos ao interceptor. Esta ação resultou na retirada de 80 L/s de esgotos que eram lançados no Arroio Dilúvio através do canal do Arroio São Vicente, os resultados da mudança na qualidade da água neste ponto de lançamento foram publicados por Andrade *et al.* (2010).

O Programa de Revitalização da Bacia do Arroio Dilúvio, firmado através de um protocolo de cooperação institucional entre as prefeituras de Porto Alegre e Viamão e as universidades UFRGS e PUC, (2012, p. 15), ainda não teve efetivada a fase de implementação das ações. A comissão denominada Frente Parlamentar em Defesa do Arroio Dilúvio FREPAD discutiu soluções para a despoluição do arroio, uma delas culminou na utilização de eco barreiras para coletar os resíduos lançados no arroio.

2.14 O sistema de águas urbanas e os desafios para a sustentabilidade

É amplamente reconhecido que os desafios das águas urbanas do século XXI exigem soluções onde a abordagem dos problemas seja feita de forma integrada. Segundo Pahl-Wostl *et al.*, (2011) as limitações da nossa habilidade para prever e controlar sistemas hídricos se tornou evidente e passar da fase da argumentação de como se deveria inquirir e intervir para a fase de apoiar e implementar políticas baseadas em evidências e ferramentas de gestão não será uma tarefa trivial.

As mudanças de paradigma ocorrem quando os métodos e modelos existentes falham consistentemente em descrever ou explicar nossas experiências, ou quando as intervenções que neles baseamos **deixam de gerar os benefícios previstos**. Um **paradigma de gerenciamento** refere-se a um conjunto de suposições básicas sobre a natureza do sistema a ser gerenciado, os objetivos de gerenciamento do sistema e as maneiras pelas quais esses objetivos podem ser alcançados. O paradigma é compartilhado por uma comunidade epistêmica de atores envolvidos na geração e no uso de conhecimentos relevantes. O paradigma se manifesta em artefatos como a infraestrutura técnica, as abordagens de planejamento, regulamentos, práticas de engenharia, modelos, etc. (PAHL–WOSTL *et al.*, 2011, p. 840).

O foco da gestão da água urbana tradicional, segundo Wong e Brown, (2009 *apud* Nieuwenhuis *et al.*, 2021) é fornecer serviços de água com segurança, confiabilidade e economia, o que resultou em sistemas de água urbanos com abastecimento de água centralizado, redes de esgoto e instalações de tratamento em grande escala.

O sistema de águas urbanas é um dos principais sistemas no ambiente urbano que demanda novas soluções para os desafios de sustentabilidade (NIEUWENHUIS *et al.*, 2021, p. 1). Butler *et al.* (2016, p. 64–65), ao definirem e conceituarem os problemas relacionados à água dentro de uma abordagem holística observam que, as mudanças climáticas, o aumento da área impermeável, a degradação da qualidade ambiental, a degradação da infraestrutura existente e as regulamentações cada vez mais rígidas estão aumentando o estresse sobre o desempenho e a gestão dos sistemas de água urbanos, desafiando a estrutura da gestão tradicional das águas urbanas.

A integração dos sistemas de águas urbanas

A **integração dos sistemas de água urbanos**, é definida por Nieuwenhuis *et al.*, (2021 p. 3-6) como "a interligação física, social e institucional do (ou parte do) sistema de água urbano com outros sistemas urbanos". Para obter um conceito mais abrangente os autores identificaram cinco objetos de integração: espaço, recursos, infraestruturas, dados e planejamento. O que levou a uma tipologia da integração de sistemas de água urbanos que se distingue em: geográficos, físicos, informativos e baseados em projetos. Também destacaram cinco abordagens principais para a integração dos sistemas de águas: (1) águas pluviais; (2) recuperação de recursos de águas residuais; (3) a reabilitação da infraestrutura hídrica; (4) o ciclo urbano da água; e (5) a **otimização dos sistemas de esgoto urbano**.

Segundo Nieuwenhuis *et al.* (2021 p. 2) a integração é considerada um conceito ‘não estruturado’, ou seja, não há uma visão inequívoca do que ela acarreta, nem de como lidar com a complexidade que ela traz. Isso implica que não existe conhecimento completamente determinístico sobre o sistema de integração.

O sistema de água urbano é muito complexo e, embora a integração possa combinar pacotes de modelos individuais, alcançar uma descrição geral do sistema requer não apenas o conhecimento dos submodelos, mas também de suas interações. A teoria fundamental da complexidade o descreveria em termos do 'quadro geral' que não pode ser visto simplesmente como a soma de suas partes, (BACH *et al.*, 2014, p.89).

A complexidade que vem com a integração resulta em muitas incertezas relacionadas aos sistemas técnicos e a fatores sociais e institucionais. A definição de incerteza utilizada por Nieuwenhuis *et al.*, (2021, p.2) é: "qualquer desvio do ideal inatingível de conhecimento completamente determinístico do sistema relevante". Os autores citam três fatores que contribuem para a incerteza adicional: as interfaces que surgem onde sistemas anteriormente desconectados tornam-se interconectados, a complexidade de vários atores e a natureza dinâmica do ambiente em que a integração ocorre.

A complexidade multi-ator associada à integração envolve muitas incertezas socioinstitucionais. A mudança para soluções hídricas urbanas integradas, portanto, exige que não apenas as incertezas técnicas sejam abordadas, mas também as incertezas sociais e institucionais que se manifestam nas interfaces. A partir de um processo de interação, Nieuwenhuis *et al.* (2021, p. 9) sugerem que as diferentes partes envolvidas, com diferentes áreas de especialização, devam chegar de forma colaborativa a uma visão negociada sobre a integração. Apesar disso, Hajer (2003 *apud* NIEUWENHUIS *et al.*, 2021, p. 9) diz que, como as instituições se desenvolvem apenas lentamente enquanto a tecnologia o faz continuamente, as instituições nunca se adaptam aos sistemas de última geração, o que faz com que a integração nem sempre seja apoiada nas instituições.

É evidente que a integração dos sistemas de água urbanos tem o potencial de aumentar a eficiência dos sistemas de infraestrutura urbana, ajudando assim as sociedades a se tornarem mais sustentáveis. Na prática, entretanto, esta implementação tem se mostrado desafiadora devido ao alto grau de incerteza envolvido. Para apoiar a tomada de decisão e, assim, realizar o potencial da integração na gestão das águas urbanas, é, portanto, essencial ter uma perspectiva

abrangente sobre a integração: isso permite a articulação e, assim, apoia a antecipação de interdependências, compensações e conflitos entre diferentes tipos de integração.

Modelagem dos sistemas de águas urbanas

Segundo Bach et al. (2014), as práticas de modelagem surgiram em paralelo com conceitos de gestão. A partir da década de 1990 foi dada maior atenção para a análise integrada e a modelagem de sistemas de águas residuais urbanas; ou seja, avaliações que levam em consideração as interações entre sistemas de drenagem urbana, estações de tratamento de águas residuais e corpos receptores, com a inversão da lógica do sistema onde o controle é feito a partir do corpo receptor:

No contexto europeu, a maioria dos estudos da modelagem integrada têm se preocupado com a otimização da qualidade das águas superficiais, à medida em que os cientistas reconheceram que ela é determinada tanto pelo efluente quanto pelo escoamento urbano (Schmitt e Huber, 2006). Isso tem sido assim desde a implementação da Diretiva-Quadro da Água da União Europeia (EU) (WFD) (CE UE, 2000), que define requisitos estritos para a qualidade ecológica do rio. (BACH, et al., 2014, p. 5)

A modelagem do sistema permite a simulação por cenários, para uso como uma ferramenta de suporte à decisão de planejamento estratégico, gestão operacional, atendimento de licenças ambientais e para reduzir a incerteza nos projetos de expansão e melhoria do sistema de operação das EBEs, das ETEs, tanques de retenção e etc.

Identificar e compreender os principais usos dos projetos de modelagem ajuda o escopo e a definição do projeto e das saídas esperadas. Os projetos mais usados na Nova Zelândia estão resumidos no Quadro 2.7. A *Water New Zealand* usa dois níveis de modelagem: o nível estratégico, que pode envolver toda ou grande parte da cidade, ou bacias significativas; e o nível de bacia que envolve a gestão de bacias, pequenas ou grandes bacias, junção de bacias ou pequenas partes da cidade. As diretrizes estão detalhadas no documento *National Modelling Guidelines – Wastewater Network Modelling* (NEW ZEALAND, 2017).

Quadro 2.7 - Principais usos dos projetos de modelagem na Nova Zelândia.

Principais usos	Componentes
<ul style="list-style-type: none"> • Plano diretor consultivo de longo prazo • Avaliações hidráulicas e sanitárias • Alterações nos níveis de serviço • Planos de gestão das atividades 	<ul style="list-style-type: none"> • Consultas públicas – preferências e prioridades da população. • Status atual • Planejamento de crescimento • Planejamento de soluções: <ul style="list-style-type: none"> – opções (inclusive não engenharia); – custos; • implementação
<ul style="list-style-type: none"> • Permissões de lançamento/captação • Avaliação de impactos ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> • Extravasamentos • Descargas de redes de esgotos • Disposição de lodos • Descargas de EBEs • Impactos ambientais
<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento/população • Desenvolvimentos de novas áreas • Identificação de impactos na infraestrutura existente 	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de crescimento • Desempenho do sistema existente • Desempenho do sistema – expansões • Identificação de gargalos – sistema de distribuição e troncos
<ul style="list-style-type: none"> • Análise de falhas • Análises de resiliência e criticidade • Planejamento de mitigação de riscos 	Probabilidade/ análise de consequências

Fonte: National Modelling Guidelines: Wastewater Network Modelling (NEW ZEALAND, 2017)

Segundo Bach *et al.* (2014), o grau de detalhamento espacial na modelagem é crítico e depende das interações consideradas (entre a escolha das variáveis e o modelo existente). O fluxo de informações envolve duas opções, ramificado (interações em uma via como impactos do escoamento superficial nos esgotos, os impactos no tratamento da ETE e no corpo receptor) ou circular (interações em duas vias, ex. fontes de abastecimento alternativas). O último é mais usado para o controle em tempo real. Dois aspectos são importantes para administrar a complexidade ao escolher submodelos: a compatibilidade das interfaces e o equilíbrio da complexidade entre os submodelos. A integração é uma questão de simulação e de software.

Segundo Saagi (2017), o desempenho do sistema pode ser melhorado com o planejamento de estratégias de controle alcançados por meio de: i) compreensão detalhada da dinâmica do processo por meio de experimentos ou conhecimento existente (por exemplo, dos operadores); e ii) desenvolvimento de estratégias de controle por meio de várias execuções de tentativa e erro antes de chegar ao conjunto final de regras e pontos de ajuste para o algoritmo de controle. Um exemplo de controle da rede de esgoto e da ETAR considerando as interações

entre elas foi desenvolvido e implementado em Wilhelmshaven, Alemanha (Seggelke *et al.*, 2013 *apud* Saagi, 2017). Ele descreve: i) uma estratégia de controle em tempo real de esgoto (RTC) que visa reduzir a frequência e o volume do transbordamento combinado de esgoto (CSO); e ii) uma estratégia de controle integrado, que manipula a operação da estação elevatória (na rede de esgoto) para limitar a vazão máxima para a ETAR. A decisão de controle foi baseada no estado de operação atual da ETAR (por exemplo, sólidos suspensos nos tanques de aeração, volume de lodo nos decantadores, etc.).

Existem alguns exemplos da utilização da modelagem integrada na Europa e que serão apresentados a seguir. Eles têm demonstrado bons resultados em termos de redução de custos e otimização dos resultados ambientais.

A Holanda desenvolveu o projeto integrado de sistemas hídricos Kallisto, que envolveu o Conselho de Água Do Rio Dommel e dez autoridades locais na região de Eindhoven. Na modelagem integrada a bacia hidrográfica, a rede de esgotos, a ETE e as águas superficiais são simuladas ao mesmo tempo, se comportando como um sistema unificado utilizando o software WEST. Foi aplicado um modelo de controle em tempo real (RTC) das águas residuais urbanas baseado em impactos, utilizando a infraestrutura existente, em oposição à opção de construção de uma nova estrutura. No esquema da Figura 2.18 pode se visualizar que o sistema todo é operado em função da qualidade da água do rio, onde a operação dos reservatórios e bombas atuam para reter, encaminhar para a ETAR, ou extravasar as águas dos primeiros 10mm de chuva, de modo a minimizar a queda da qualidade da água nos trechos do rio. O foco é a proteção do ambiente aquático das quedas de oxigênio e dos picos de amônia causados pelas descargas combinadas do efluente da ETAR tratado biologicamente, do tanque de decantação do buffer de água da chuva (RBT) na ETAR e das mais de 200 descargas de esgotos mistos, (WEIJERS *et al.*, 2012) e (BENEDETTI *et al.*, 2013).

O resultado foi a redução de 19% no número de picos e de 20% na carga de amônia (NH₄) lançada no corpo receptor, o rio Dommel. Estes foram os melhores resultados dos

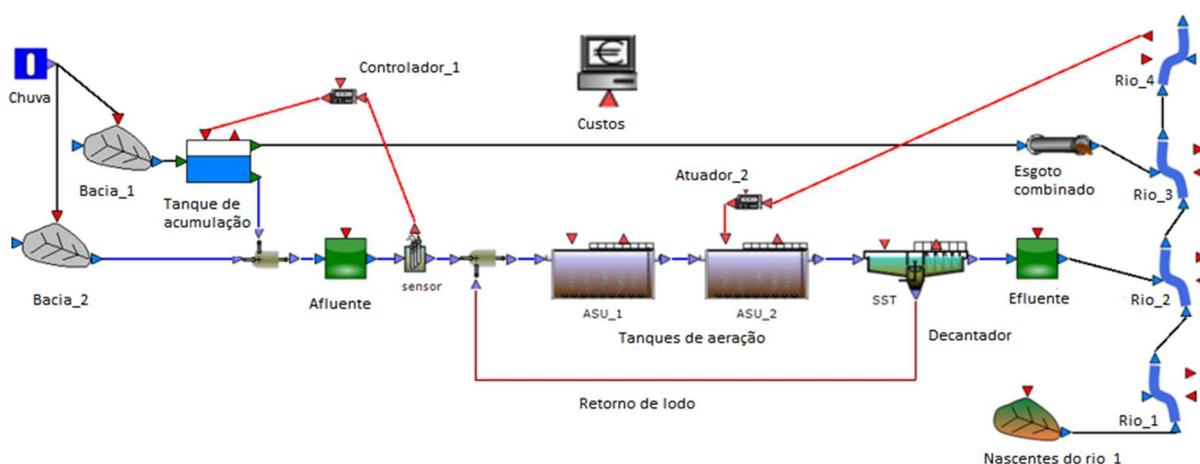


Figura 2.18 - Esquema simplificado da simulação de bacia hidrográfica, programa Kallisto.
 Fonte: Apresentação em reunião, Benedetti, (2021).

indicadores de qualidade das águas superficiais, em relação às demais alternativas. Outra vantagem que esta abordagem propiciou foi a economia, pois foi utilizado apenas 25% do investimento orçado para a abordagem tradicional, (VAN DAAL–ROMBOUTS *et al.* 2017), (LANGEVELD *et al.*, 2013) e (BENEDETTI *et al.*, 2013).

Note-se que a melhoria da qualidade da água de recebimento por meio do RTC requer a instalação de uma rede física de monitoramento, o que significa que os atores envolvidos devem desenvolver um plano de monitoramento. Tal plano inclui os objetivos de monitoramento, mas também da qualidade e o intervalo de tempo dos dados, bem como o formato e a estrutura usados para armazenar os dados conforme observado por Schmitt e Huber, (2006) *apud* NIEUWENHUIS *et al.*, (2021).

Na Dinamarca, o trabalho de Gill *et al.* (2018) baseou-se no desenvolvimento e uso de um simulador de bacia hidrográfica urbana em tempo úmido para otimizar investimentos e proteger a qualidade da água em um trecho de 80 km do rio Odense, na cidade de Odense, Dinamarca. O sistema possui 80 emissários pluviais, 3 estações de tratamento de águas residuárias (ETAR) (ex ETEs), 150 pontos de extravasamentos com uma população de 200.000 habitantes. A responsável pelos serviços é a empresa local de saneamento, *Vandcenter Syd – VCS Denmark*. A VCs, conhecida pela inovação nas ETARs pretendeu implantar o mesmo nível de inovação ao planejamento e operação do sistema de coleta, considerando o sistema de coleta e a ETAR como um sistema único. Os dois cenários propostos foram simulados no modelo integrado que permitiu lidar com a complexidade, permitindo a tomada de decisão baseada em

números. O modelo foi validado em 2020, no quarto ano de coleta de dados, e serviu para embasar a negociação com os municípios e com a agência reguladora e para o plano de investimentos, (BENEDETTI *et al.*, 2013).

Na Bélgica, a agência nacional de água de Luxemburgo, *l'Administration de la Gestion de l'Eau* ou AGE, em parceria com a empresa RTC4Water¹³ avaliou como os planos de engenharia desenvolvidos de forma clássica poderiam ser melhorados se a rede de esgoto utilizasse um *software* de otimização de rede em tempo real – neste caso, o *Predictive Global RTC4Water Controlador* (ou GPC). A rede de esgoto que usa este *software* foi denominada **rede gerenciada dinamicamente** (DM). O objetivo foi determinar se as empresas de engenharia poderiam reduzir certos custos - financeiros e ecológicos - mantendo o atendimento às normas e padrões. No Cenário 4.2 foi feita a comparação entre uma rede gerida dinamicamente (DM) e uma rede estática clássica (CSM), em que a vazão da bacia foi aumentada, mantendo constante a vazão de entrada para a ETAR. (KROLL *et al.*, 2018).

Enquanto a modelagem da rede em tempo seco é relativamente fácil de modelar, a modelagem em tempo chuvoso é mais difícil devido ao acúmulo e a ressuspensão de sedimentos nas redes e tanques, a acumulação e lavagem de sedimentos na bacia e aos extravasamentos nas redes coletoras.

¹³ *More Flexibility in Wastewater Network Design: How Dynamic Network Management Software Changes the Standard Approach.* Site: https://www.rtc4water.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=7:more-flexibility-in-wastewater-network-design-how-dynamic-network-management-software-changes-the-standard-approach&Itemid=162&lang=fr.

3 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

3.1 Delimitação do objeto empírico

Do **saneamento básico** previstos na Lei do Saneamento Básico, Lei nº 11.445 de 2007, (BRASIL, 2007), tratar-se-á apenas do **esgotamento sanitário**, restrito às atividades necessárias à coleta e ao transporte, desde as ligações prediais até sua destinação ao tratamento.

Dos **recursos ambientais** previstos na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Lei de Política Nacional de Meio Ambiente, (BRASIL, 1981) tratar-se-á apenas das **águas superficiais** e do **solo**, este último cada vez mais escasso no perímetro urbano das cidades.

O método de estudo aplica-se a um determinado espaço urbano, pois as características de cada bacia de esgotamento sanitário que o contém (uso, ocupação e tipo de solo, declividade, situação econômica etc.) definem o grau de cobertura e integração a um sistema e as características dos esgotos. Como consequência, a infraestrutura de saneamento tem particularidades relativas à gestão, ao planejamento e à operação para alcançar o pleno atendimento de coleta e a redução dos despejos na rede de drenagem e nas águas superficiais.

Apesar deste trabalho se situar na área de pesquisa do Planejamento Urbano, optou-se por não abordar aspectos da ocupação das áreas sensíveis através de conjecturas sobre o uso de instrumentos do planejamento urbano e das políticas habitacionais, das medidas de controle das inundações e da drenagem urbanas e das ações e projetos destinados às áreas de risco.

O estudo tem foco no desempenho dos SCCES, nos problemas das redes e não da sua falta, motivo da escolha do SES com a maior cobertura da cidade.

No início da pesquisa, foi feita uma análise das sub-bacias D-16 e D-17, que fazem parte da bacia do Arroio Moinho, onde foi desenvolvida uma proposta de setorização para o monitoramento integrado das águas urbanas em cinco setores sanitários e nove pontos para o monitoramento nas redes separadora, pluvial e no arroio Moinho. A proposta de monitoramento, feita através do processo SEI nº 18.10.000004936-5, não foi atendida pela Diretoria de Tratamento do DMAE. O motivo foi esta escala de setorização ser inviável para o monitoramento, com muitos pontos em relação ao tamanho da bacia, o que elevaria muito os custos das coletas e das análises pela área analisada. Ela é apresentada no subcapítulo 3.6.

3.2 Delimitações da pesquisa

- Localização: Sistema de Esgotamento Sanitário no município de Porto Alegre, RS.
- Infraestrutura: rede de esgoto sanitário.
- Recursos ambientais: áreas de preservação, corpos hídricos e solo urbano.
- Agente interventor: entes federados (políticas de saneamento, uso do solo, meio ambiente e recursos hídricos).
- Instrumentos: plano municipal de saneamento básico, plano diretor de esgotos sanitários, plano de bacia e plano de recursos hídricos.

A PMPA adota o Sistema Cartográfico de Referência definido pelo sistema geodésico de referência SIRGAS2000 e projeção cartográfica TM-POA (SCR-POA), materializado através de sua Rede de Referência Cadastral Municipal e instituído pelo Decreto 18.315 de 11/06/2013¹⁴.

A Rede de Referência Cadastral Municipal é composta por 94 marcos geodésicos distribuídos homogeneamente na área do município. Estes marcos foram implantados em 2010 pelo Consórcio Guaíba, executor do Projeto Aerolevantamento. Destes 94 marcos, 50 são pilares com dispositivo de centragem forçada e 44 são marcos azimutais. Cada um dos marcos possui coordenadas referenciadas ao *datum* SIRGAS2000 e altitude referenciada à Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Pode-se acessar as monografias destes marcos através do seguinte endereço: <http://tinyurl.com/pnxyvx8>.

A projeção TM-POA é uma projeção Transversa de Mercator mais bem ajustada para a região do município de Porto Alegre. Na projeção TM-POA as distorções lineares possuem variações menores que 1mm/km nas áreas próximas ao meridiano central de Porto Alegre e até 3mm/km nas extremidades Leste ou Oeste. Os parâmetros da projeção TM-POA são:

- Meridiano Central: 51 graus oeste (W);
- Falso Leste: 3000.000 metro;
- Latitude de origem: 0 graus (Equador);
- Falso Norte: 5.000.000 metros;
- Fator de escala: 0,999995.

¹⁴ Link de acesso: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/spm/default.php?p_secao=345

Segundo o Relatório Final do Perfilamento Laser Aerotransportado, para obter os Modelos Digital de Superfície (MDS) e do Terreno (MDT) foi realizado, em 2014, um perfilamento a laser, onde foram gerados conjuntos de dados plani-altimétricos, utilizados para a geração das ortofotos digitais. Os modelos foram gerados por programas específicos, voltados para o tratamento e geração de superfícies em 3D, que deram origem a nuvem de pontos do MDS (formatos LAS e TXT) e as imagens de elevação do MDS e do MDT. A nuvem de pontos pertencente ao MDS (*all points*) foi submetida a filtros para depuração e geração dos demais produtos solicitados, dentre eles o MDT, ou seja, o conjunto de pontos que caracterizam o solo. A partir do MDT, foram geradas as curvas de nível e as ortofotos pelo programa Terra Scan, baseado em parâmetros de classificação, conforme a declividade da região trabalhada. Os pontos não pertencentes ao terreno foram separados levando-se em consideração a distribuição geométrica, altitude e a intensidade do retorno do pulso LASER. A verificação visual do MDT foi realizada juntamente com o modelo estereoscópico, formado na estação digital, a partir dos dados da aerotriangulação. A média das diferenças em módulo foi de 10cm.

3.3 Metodologia

A pesquisa é um **estudo de caso** que se aplica ao geral, com foco no SES Ponta da Cadeia, em Porto Alegre. É classificada como aplicada, utiliza o método hipotético–dedutivo através do procedimento bibliográfico e documental. O processo de desenvolvimento inclui a revisão da literatura, a fim de que os estudos sobre o tema promovam uma base teórica necessária à compreensão da questão proposta e das conclusões finais do trabalho.

A metodologia utilizada na tese deve responder à questão da eficiência dos sistemas de coleta de esgotos sanitários em mitigar ou não, as externalidades produzidas pela ocupação e uso do solo numa metrópole e como associar, de forma quantitativa e não somente descritiva, os efeitos ambientais. Em relação à abordagem classifica-se como **mista ou quali–quantitativa** porque procura compreender o cenário para selecionar as tipologias e escalas em que serão medidas as variáveis e desenvolver e aplicar indicadores mensuráveis nestas escalas. A frase “Pensar globalmente, agir localmente” atribuída a Ulrich Beck (1944–2015) se encaixa aos objetivos da exploração metodológica do estudo.

A avaliação qualitativa é caracterizada pela descrição, compreensão e interpretação de fatos e fenômenos cuja estratégia é apropriada para a primeira etapa do Estudo de Caso, visto

que seu objetivo é a análise profunda e intensa de fenômenos no seu contexto real, onde não há controle sobre eventos e variáveis, buscando apreender sobre a totalidade de uma situação (MARTINS, *et al.*, 2007 *apud* LOGE, 2018).

Na fase exploratória da pesquisa as unidades de análise foram identificadas e delimitadas através do uso de ferramentas de geoprocessamento, onde foram utilizados os *softwares* de geoprocessamento Quantum GIS (QGIS) 2.18 e 3.4 e ARCMAP 10.4.1. A principal fonte de dados foi o cadastro da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA) e do DMAE, que juntos, possuem um vasto banco de dados com informações georreferenciadas da infraestrutura de saneamento, viária, ambiental, fiscal, geográfica, hidrográfica e etcetera.

A Figura 3.1 ilustra a sequência das etapas que estruturaram a pesquisa, cujas características foram resumidas no Quadro 3.1. A Figura 3.1a mostra a localização do SES Ponta da Cadeia e dos demais SES que contribuem para a ETE Serraria. O traço vermelho é o emissário que leva os esgotos para a ETE. Na etapa 1, a análise das sub-bacias D-16 e D-17 (Fig. 3.1.b), conduziu a avaliação dos indicadores por faixas equidistantes dos arroios e canais (Fig. 3.1.c), etapa 2. Na etapa 3, foi feita a análise da rede existente para atualizar os limites das sub-bacias (Fig. 3.1.d). Na etapa 4, foi feita a estruturação do SCCES, a criação dos Meso Setores Sanitários e definição dos pontos de monitoramento (Fig. 3.1e). Na etapa 5 foram obtidos os indicadores de saneamento nas áreas de preservação, de risco hidrogeológico e na área de sobreposição destas áreas (Fig. 3.1.f). As áreas de AEIS foram analisadas pelos MSS e sobre os recortes das áreas sensíveis da etapa 5.

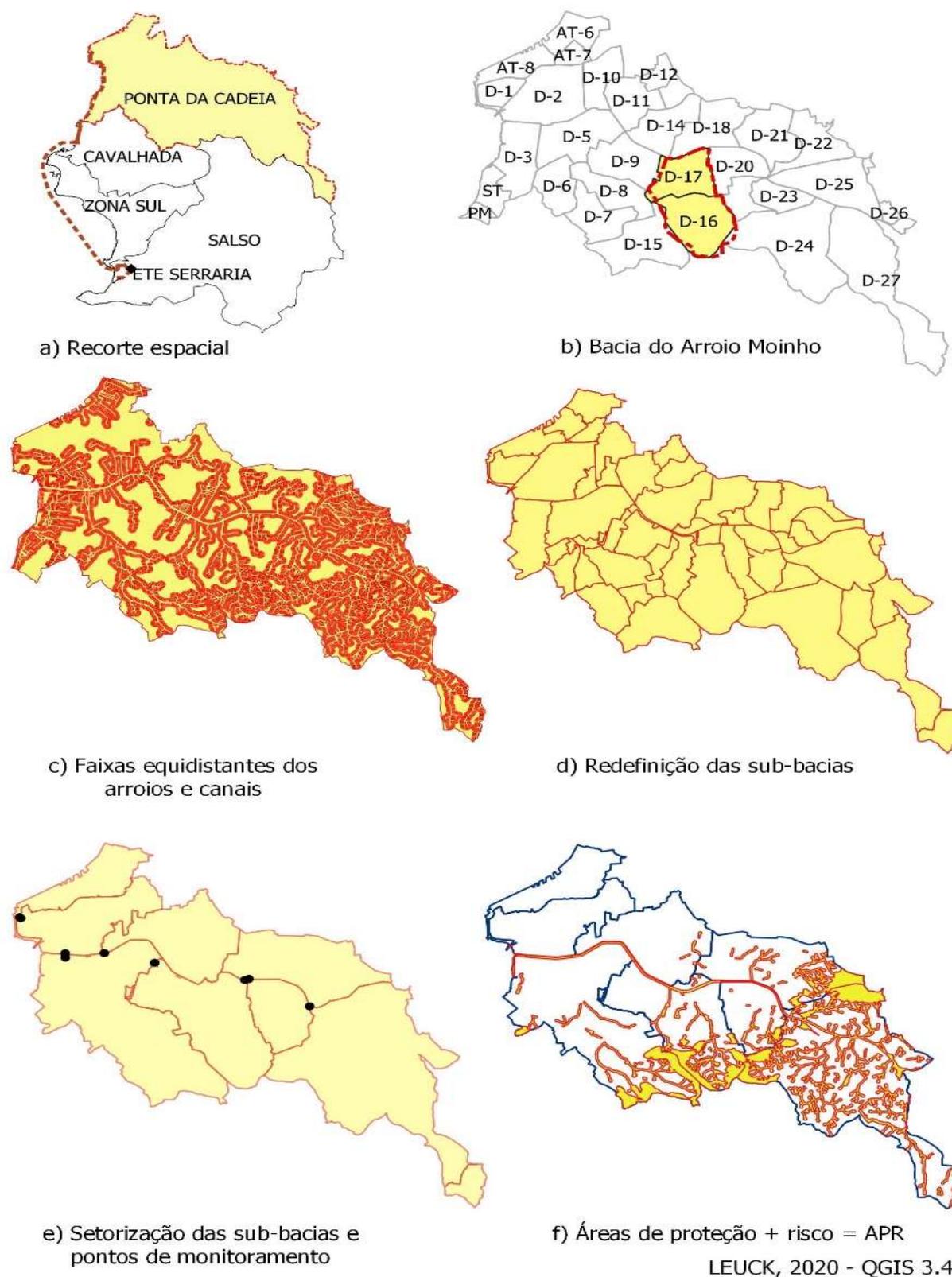


Figura 3.1 - Desenho esquemático do recorte espacial e das etapas da pesquisa: a) SES PC e o Sistema Serraria; b) Análise das sub-bacias D-16 e D-17; c) Obtenção dos indicadores pelas faixas equidistantes dos arroios e canais; d) Delimitação das novas sub-bacias; e) Estruturação do processo de coleta e definição dos pontos de monitoramento pelos MSS; f) Obtenção dos indicadores nas áreas de proteção e de risco hidrogeológico e demais unidades de análise.

Fonte: elaborado pela autora.

A análise quantitativa baseou-se nos dados extraídos das camadas da rede coletora existente, dos ramais de água e dos setores censitários do censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010). Também foram utilizados os dados do censo demográfico do IBGE/2010 e do setor de saneamento através do SNIS/2015, 2018 e 2020 e do PMSB, 2013 (DMAE, 2013) e PMSB, 2015 (PORTO ALEGRE, 2015a).

O recorte temporal abrangeu dois períodos diferentes em um intervalo de dez anos, 2008 e 2018 para as análises das faixas equidistantes dos arroios, conforme o objetivo da análise em questão e dados de serviços operacionais do ano de 2016.

Quadro 3.1 - Resumo das fases da pesquisa.

Étapas	1	2	3	4	5
Localização	Bacia do Arroio Moinho	<i>Buffers</i> a partir do eixo dos arroios e canais	Sub-bacias e SES	APP e áreas de risco hidrogeológico	MSS e áreas sensíveis
Recorte temporal	2008 e 2018	2008 e 2018	2018	2008, 2016 e 2018	2016 e 2018
Abordagem	Exploratória	Qualitativa e quantitativa	Qualitativa e quantitativa	Qualitativa e quantitativa	Quantitativa
Principal fonte de dados	Hidrografia, risco hidrogeológico, rede, ramais	Rede de esgoto sanitário e rede de drenagem, hidrografia, ligações	Rede de esgoto sanitário e drenagem, curvas de nível, hidrografia	Hidrografia, área de risco, ligações, pop.	Indicadores de saneamento Meso Setores e
Resultados	Unidades de análise e escala de abordagem	Cobertura e integração da rede	Pontos de monitoramento e MSS	Indicadores de saneamento	Índice de eficiência

Fonte: elaborado pela autora.

Para atingir os objetivos foram executadas as ações listadas a seguir:

1. Identificar as áreas sem atendimento, os trechos de rede com atendimento parcial de coleta de esgoto sanitário e os trechos não integrados ao SES;
2. Revisar e atualizar os limites das sub-bacias de esgotamento sanitário;
3. Identificar e separar as camadas da hidrografia e da rede de drenagem acima de 800mm de diâmetro;
4. Descarregar as áreas sujeitas a riscos geológicos e hidrodinâmicos (CPRM0) e de proteção ambiental no SES;
5. Identificar a área resultante da sobreposição das áreas do item 4;
6. Recortar as camadas dos setores censitários do censo demográfico de 2010 para a cidade de Porto Alegre e de Viamão;
7. Vincular a cada ponto das camadas do ramal de água, dos anos de 2008 e 2018 e de toda a cidade, o código do setor censitário;
8. Ajustar as densidades do censo (V003) para a população dos anos de 2008 e 2018 e unir aos arquivos dos ramais;
9. Refinar o ajuste na planilha eletrônica, calcular a população de cada ramal e importar a coluna população para os arquivos dos ramais;
10. Recortar os ramais e as redes do SES pelas áreas sensíveis e pelas demais unidades de análise;
11. Obter as informações da camada de ramais dos recortes: população, tipo de tarifa, economias residenciais, consumo mensal, economias sem medição, economias vistoriadas; ligações de esgoto efetivadas, etc.;
12. Obter as informações da camada de redes: diâmetro, destino, tipo e ano;
13. Calcular os indicadores de atendimento, desempenho e efetividade;
14. Transportar os resultados dos indicadores da planilha eletrônica para as camadas das áreas de análise;
15. Avaliar os indicadores de saneamento gerados nas áreas de agregação e compará-los entre si e com os valores do SES.

3.4 Coleta e organização dos dados

Primeiramente, foi feito o recorte das camadas do cadastro georreferenciado pela área do SES Ponta Cadeia e pela área da bacia do Arroio Dilúvio, incluindo a parte pertencente ao

município de Viamão. As camadas do cadastro são agrupadas pela área da cidade, ou seja, elas formam um arquivo único que, conforme a camada, pode ser muito grande, como no caso das camadas dos ramais de água, redes de água e de esgotos e curvas de nível. Assim, o processo de recortar estas camadas se torna lento. Com a área de estudo isolada, foi feita uma verificação das camadas de rede de esgotos e de água e dos ramais de água, utilizando como apoio as imagens de satélite e fotos aéreas. Através da análise espacial foram marcadas as áreas em que estavam os ramais de água sem rede coletora e com rede sem interligação ao sistema.

A camada das ligações de água e esgoto

Cada ponto da camada denominada **ramais de água** representa a localização aproximada do consumidor, ele está posicionado sobre a área de projeção da economia no lote. É importante diferenciar o ramal cadastral georreferenciado do ramal de ligação físico, que é o trecho da rede entre a rede de distribuição e o cavalete. Cada ramal possui atributos referentes ao consumidor, como endereço, tipo de consumidor, tipo de tarifa, número de economias atendidas pelo ramal, consumos mensais etc., que a tornam uma farta fonte de informações. Os pontos que representam os ramais foram georreferenciados pelo setor comercial do DMAE a partir de 2004 para modernizar o sistema e facilitar a cobrança das tarifas de água e esgoto. As tarifas são classificadas pelo tipo de consumidor: residencial, comercial/industrial e órgãos públicos.

Os **ramais de água** são categorizados pelo tipo de tarifa: sem rede de esgoto – **ramal com tarifa 1**, com rede de esgoto sanitário – **ramal com tarifa 2** e com rede pluvial – **ramal com tarifa 3**. Os lotes considerados conectados ao sistema separador absoluto são os caracterizados pela tarifa 2, conectados ao sistema de drenagem pluvial pela tarifa 3 e, se não existir rede pluvial nem separadora no logradouro, pela tarifa 1.

É importante salientar que no **ramal com tarifa 2** incide a cobrança de tarifa de esgoto sanitário contudo, **não quer dizer que os esgotos sanitários deste lote estejam conectados na rede** e sim, que existe rede separadora na frente do imóvel (ou fundos) e que foi instalada a CAC - Caixa Adicional de Coleta. O critério utilizado pelo setor comercial foi considerar como Tarifa 2 os ramais inseridos na área de um *buffer*, distantes até 20 m dos eixos viários, nos logradouros onde passa a rede de esgoto sanitário.

Para analisar a situação real das ligações de esgoto, foi preciso analisar minuciosamente o cadastro e alterar a classificação tarifária dos ramais situados onde não existia a possibilidade

de coleta ou de integração ao sistema. As áreas sem conexão ao sistema foram delimitadas pela observação dos pontos de descontinuidade no traçado das redes e pela direção das setas de escoamento. Para isso foram analisadas as camadas das redes de esgoto sanitário e pluvial, dos ramais, dos poços de visita (PVs) e das curvas de nível.

Os ramais situados nos trechos onde o atributo “*diâmetro*” da rede é maior que 300mm, o atributo “*destino final*” da rede é diferente de ETE, e o atributo “Tipo de lançamento” dos PVs, é um PV de pluvial ou uma ala, foram separados e incluídos numa camada das áreas para trocar a tarifa, demarcadas por polígonos. Depois disto, os ramais localizados dentro destes polígonos tiveram as tarifas do tipo 2 alteradas para tarifa tipo 3 ou 1 no QGIS. Este método não consegue identificar os casos pontuais, onde não existem condições de cota para a ligação, onde haja inversão da declividade do trecho ou nos casos das quadras com caimento para o interior das quadras, mas consegue identificar os grupos de ramais não atendidos pelas características de rede.

As redes com destino a ETE Esmeralda foram consideradas sem tratamento a partir de 2016 porque a unidade, que utiliza um reator anaeróbio de fluxo ascendente, está sendo descomissionada. Assim, os ramais desta área foram reclassificados da tarifa 2 para tarifa 3.

Os dados de ligações e consumos referentes à Viamão administrados pela concessionária estadual não foram considerados na pesquisa, mas como a área próxima à divisa dos municípios é abastecida pelo DMAE, os dados destes ramais foram considerados.

A estimativa da população pela vinculação ao ramal de água

A pesquisa analisou os indicadores de 2008 e 2018 e, para obter a população destes anos nas unidades de análise propostas, a estratégia utilizada foi inserir o código do Setor censitário do censo demográfico (GEOCODI) como um elemento de cada ramal para então, usar este código como chave para fazer as vinculações das tabelas de dados com os arquivos *shapefile* (.shp) no QGIS.

A base de dados dos setores censitários foi obtida da Malha Setorial Censitária¹⁵ do censo demográfico 2010, (IBGE, 2010), ela foi transformada da projeção SIRGAS 2000 para a projeção SCR TM-POA, para que os setores censitários fossem vinculados aos ramais de água.

A Figura 3.2 mostra a estrutura espacial do SES, os polígonos coloridos são os setores censitários que formam cada grupo de GEOCODB, a subdivisão destes setores denominada GEOCODI é que contém os dados de população. Os pontos pretos representam os ramais de água e as linhas brancas as sub-bacias de esgotamento sanitário do SES. O GEOCODI e as sub-bacias foram incluídos como elementos da feição dos ramais.

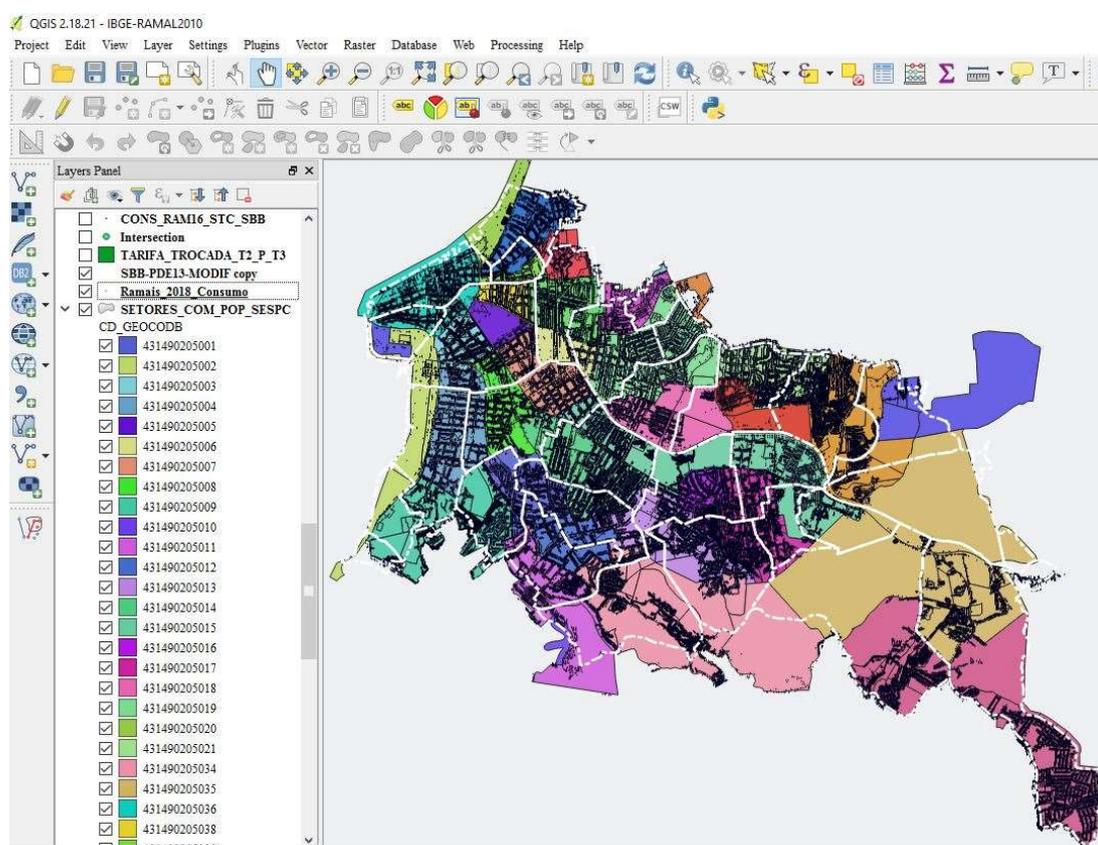


Figura 3.2 - Sobreposição dos setores censitários, ramais e sub-bacias no SES PC para a vinculação dos dados estatísticos do censo demográfico aos ramais.

Fonte: elaborado pela autora.

¹⁵ No site <https://www.ibge.gov.br/#> na aba: Geociências, Downloads, Organização do Território, Malhas Territoriais, malhas_de_setores_censitarios_divisoes_intramunicipais, censo_2010.

Os dados estatísticos¹⁶ dos setores censitários demográficos do IBGE contêm informações sobre a cada setor censitário, como, os Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (V001); os Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes (V002) e a Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes, obtida pela divisão de Var2 por Var1, (V003), a qual será chamada de densidade. A aba da planilha eletrônica da Figura 3.3 mostra as informações dos setores censitários utilizadas na pesquisa. Assim, para obter a população atendida em cada um dos ramais de água, deve-se multiplicar o número de economias do ramal residencial pela densidade do setor censitário (V003).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	1	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
2	Cod_setor	V001	V002	V003	V004	V005	V006	V007	V008	V009	V010	V011	V012
3	431490205000001	138	279	2,02	1,26	3604,99	25809102,72	3712,6	26182792,66	2573,54	17124991	3026,39	18774970
4	431490205000002	77	138	1,79	0,9	2173,7	10256415,32	2425,72	10842722,91	1731,09	6974975,8	2135,55	7748122,51
2400	431490205002429	35	95	2,71	1,27	1342,86	865256,3	1424,24	799800,19	1059,4	934586,39	1390,47	763639,46
2401	431490205002430	52	148	2,85	1,19	3155,1	6540534,79	3418,02	6179373,13	2200,24	7318870,2	2972,66	7595047,15
2402	431490205002431	45	122	2,71	1,62	2122,44	7193373,43	2329,51	7418284,76	1551,29	4518354,1	2113,64	4973353,7
2403	431490205002432	408	1018	2,5	1,12	1314,75	471371,57	1334,38	452174,44	979,36	564723,12	1178,14	444987,47
2404	431490205002433	281	943	3,36	3,46	761,03	731684,68	891,04	740876,2	493,14	432953,02	759,62	464550,59

Figura 3.3 - Planilha com as informações dos setores censitários demográficos do IBGE de 2010.

Para obter os valores de densidade para os anos de 2008 e 2018, foi necessário usar o arquivo georreferenciado (.shp) dos ramais de toda a cidade, vincular cada ramal a um setor censitário, agregar os dados de densidade de 2010 (V003) via arquivo .csv com a ferramenta “Uniões” do QGIS, salvar o arquivo de dados resultante (.dbf) como arquivo excel (.xlsx). Na

¹⁶ No site: <https://www.ibge.gov.br/#> na aba: Estatísticas, Downloads, Censos, Censo_Demográfico_2010, Resultados do Universo, Agregados_por_Setores_Censitários.

planilha eletrônica calcula-se a população (POP1) multiplicando-se o número de economias do ramal residencial pela densidade do setor censitário (V003).

Cada cidade tem a estimativa da população total divulgada anualmente pelo IBGE. A estimativa da população da cidade é baseada no método de Tendência de crescimento ou AiBi, em que a população da área menor pode ser estimada por uma função linear da população da área maior, segundo (CORRÊA, MYRRHA e FIGOLI, 2011, p. 2). Em 2008, a população estimada para Porto Alegre foi de 1.430.220 habitantes¹⁷ e em 2018 foi de 1.479.101 habitantes. A população de 1.409.351 hab., obtida no censo de 2010, está vinculada aos dados estatísticos dos setores censitários nas tabelas do IBGE.

Para ajustar o valor de densidade (V003) para os anos de 2008 e 2018, foi necessário obter a soma da população total de cada ano calculada pelo ramal e verificar a diferença entre a população calculada (PO2) e a população divulgada pelo IBGE. Para 2008, o fator de multiplicação inicial de V003 foi de 1,058 e, para 2018, foi de 0,898. Depois, foi sendo feito o ajuste fino do fator de correção para o valor V003 na planilha eletrônica, até que a população divulgada pelo IBGE e a POP2 convergissem. O valor final do V003 ajustado foi levado para o arquivo (.shp), como elementos de cada ramal, como pode ser observado na tabela da Figura 3.4.

Para calcular o consumo de água utilizou-se o consumo mensal de cada ramal medido. Para estimar o consumo dos ramais não medidos, foi obtida a média do consumo das economias dos ramais medidos por tipo de tarifa (1, 2 e 3) e categoria (residencial, comercial/industrial e repartição pública). Depois, a média do consumo medido de cada tipo e categoria foi transportada para as tabelas dos ramais não medidos e multiplicada pelo número de economia. Assim, obteve-se o consumo de cada unidade de análise e por habitante.

¹⁷ No site: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/poprs.def>

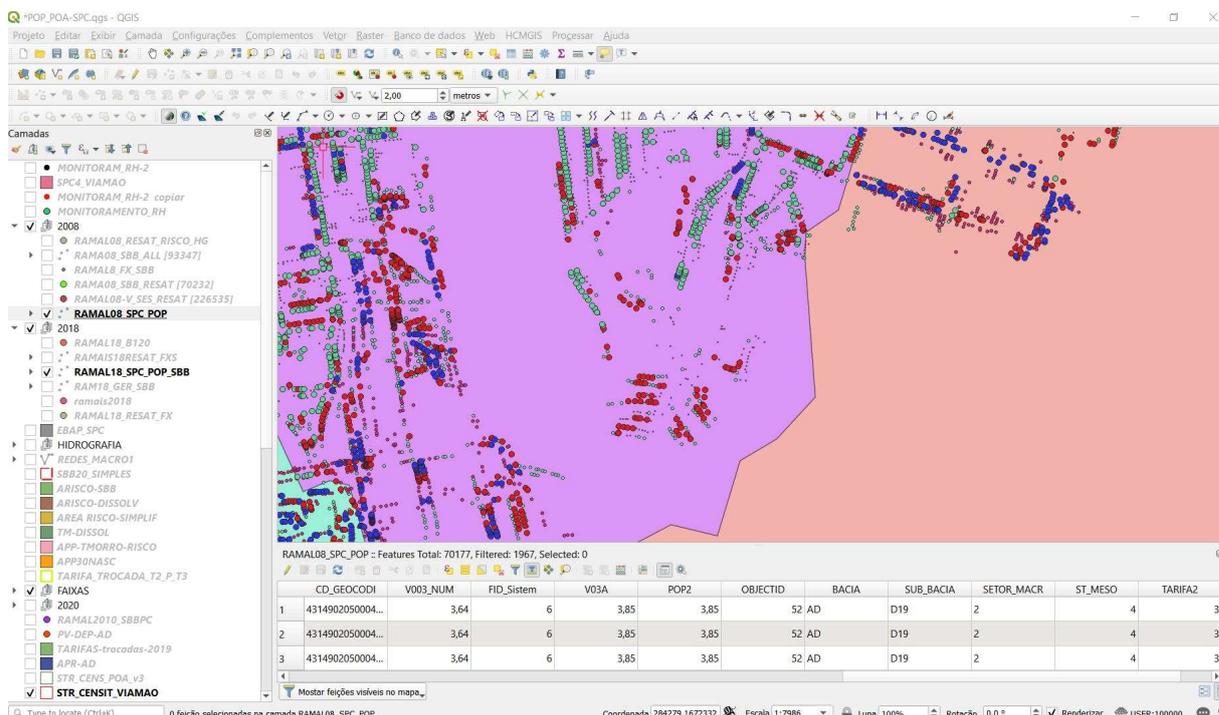


Figura 3.4 - Tela do QGIS com parte das informações do censo demográfico vinculadas aos ramais de água de 2008.

Fonte: elaborada pela autora.

Para obter a população de cada recorte, segundo metodologia proposta pelo SNIS, número de economias residenciais ativas multiplicadas pela densidade de habitantes por economia dos setores censitários, bastou usar o arquivo geral dos ramais residenciais ativos de cada ano, com as informações de população, como base para os demais recortes. O Fluxograma da Figura 3.5 mostra a sequência das ações executadas, alternadas entre o QGIS e a planilha eletrônica, para obter a população nas unidades de análise.

Como não havia informação dos ramais das duas bacias de Viamão que contribuem para a Bacia do Arroio Dilúvio, a população de 2018 foi obtida pelo aumento percentual da população dos setores censitários de 2010, que está vinculada aos dados estatísticos dos setores censitários na tabelas do IBGE. De 2010 para 2018 a população de Viamão passou de 239.384 para 254.101 habitantes, um aumento de 6,14786%. Então foi necessário multiplicar os valores da população de cada setor censitário - Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes (V002), por 1,0614786.

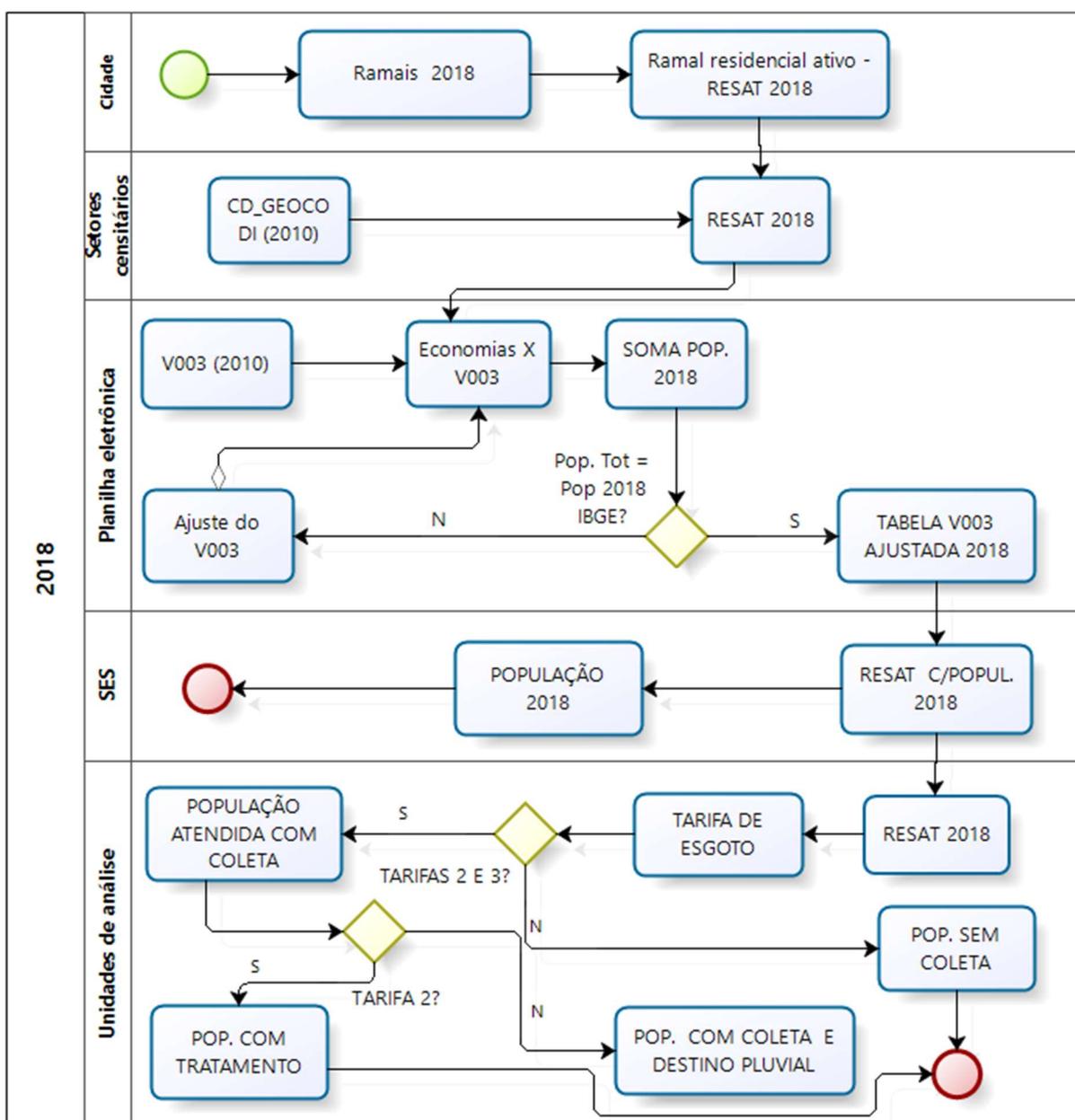


Figura 3.5 - Fluxograma para o cálculo da população de 2018 nas unidades de análise do SES.
Fonte: elaborado pela autora no programa Bizagi.

A camada da rede separadora

No início da pesquisa, os dados referentes ao comprimento das redes de esgoto sanitário obtidos no banco de dados cadastrais do DMAE foram agrupados utilizando o critério adotado pela concessionária, ou seja, pelas sub-bacias do PDE 2013. Para obter o índice de cobertura,

utilizou-se o critério adotado pela concessionária e SNIS, excluindo os 8,1 km de emissários em 2015. Os valores adotados para o comprimento das vias foram mantidos constantes, tendo como referência o ano de 2018. Assim, os valores de cobertura dos anos anteriores serão menores em comparação aos dados relacionados ao mesmo período da PMPA. A vantagem é que se pode observar a evolução da cobertura até 2018 em relação a um referencial fixo. Os trechos das vias classificados como parques, praças, bulevares, cais, largos, lagoas, túneis, viadutos e esplanadas, onde não existia possibilidade de haver lotes com abastecimento, foram desconsiderados do cálculo do somatório do comprimento das vias.

Os 6.727 trechos de rede na cor vermelha, na Figura 3.6, que correspondem a 34,05% do comprimento total da rede, não possuíam valores no campo diâmetro. Para complementar estes dados, os campos nulos entre os trechos dos coletores com diâmetros maiores que 200 foram preenchidos com o mesmo valor dos trechos adjacentes. Ao restante foi atribuído o valor de 150 mm ao diâmetro. O campo destino, das redes da área da ETE Esmeralda, foi alterado para sem tratamento em 2018, tarifa 3, estas redes estão representadas pelas linhas azuis na Figura 3.7, de 2008, e pelas linhas vermelhas na Figura 3.8 de 2018.

A concessionária estima o déficit de rede separadora aplicando um fator de multiplicação de 1,2 sobre a extensão das vias para suprir a necessidade de coletores de fundo ou redes nos dois lados das ruas, PMSB (PORTO ALEGRE, 2015b, p. 72). O **Índice de Cobertura de Redes** é obtido pelo percentual da extensão rede implantada sobre a extensão da via vezes 1,20, mostrado na equação (3.1):

L_v = extensão do eixo da via (km)

L_r = extensão da rede separadora (km)

I_{cr} = índice de cobertura de rede

$$I_{cr} = (L_r \times 100) \div (L_v \times 1,2) \quad (3.1)$$

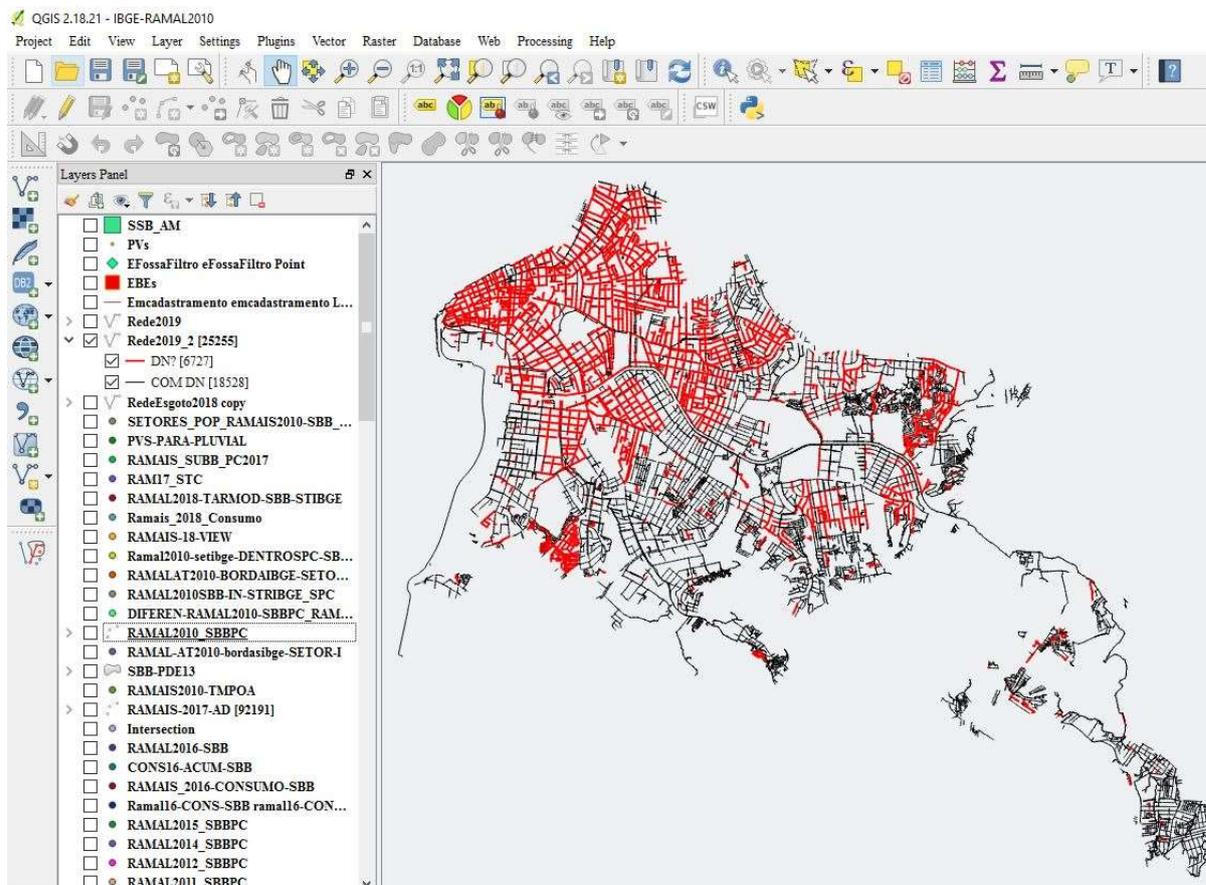


Figura 3.6 - Cobertura e dados sobre os diâmetros de rede separadora no SES PC em 2018. Os trechos em vermelho não possuem informação do diâmetro.

Fonte: elaborado pela autora.

Em geral, as ações de planejamento são avaliadas com base nos índices de cobertura de rede e pelo destino dos trechos. A espacialização da cobertura da rede de 2008 é mostrada na Figura 3.7 pelo destino dos esgotos. as linhas em preto mostram a rede com o atributo “destino” para tratamento, as linhas em vermelho com destino para a rede de drenagem. Observa-se que, até 2014, os esgotos da rede interligada eram conduzidos para as EBEs e lançados no canal de navegação do lago Guaíba. Os demais trechos, com tratamento por sistemas de fossa e filtro individual ou coletivo, eram lançados no sistema de drenagem ou nos arroios.

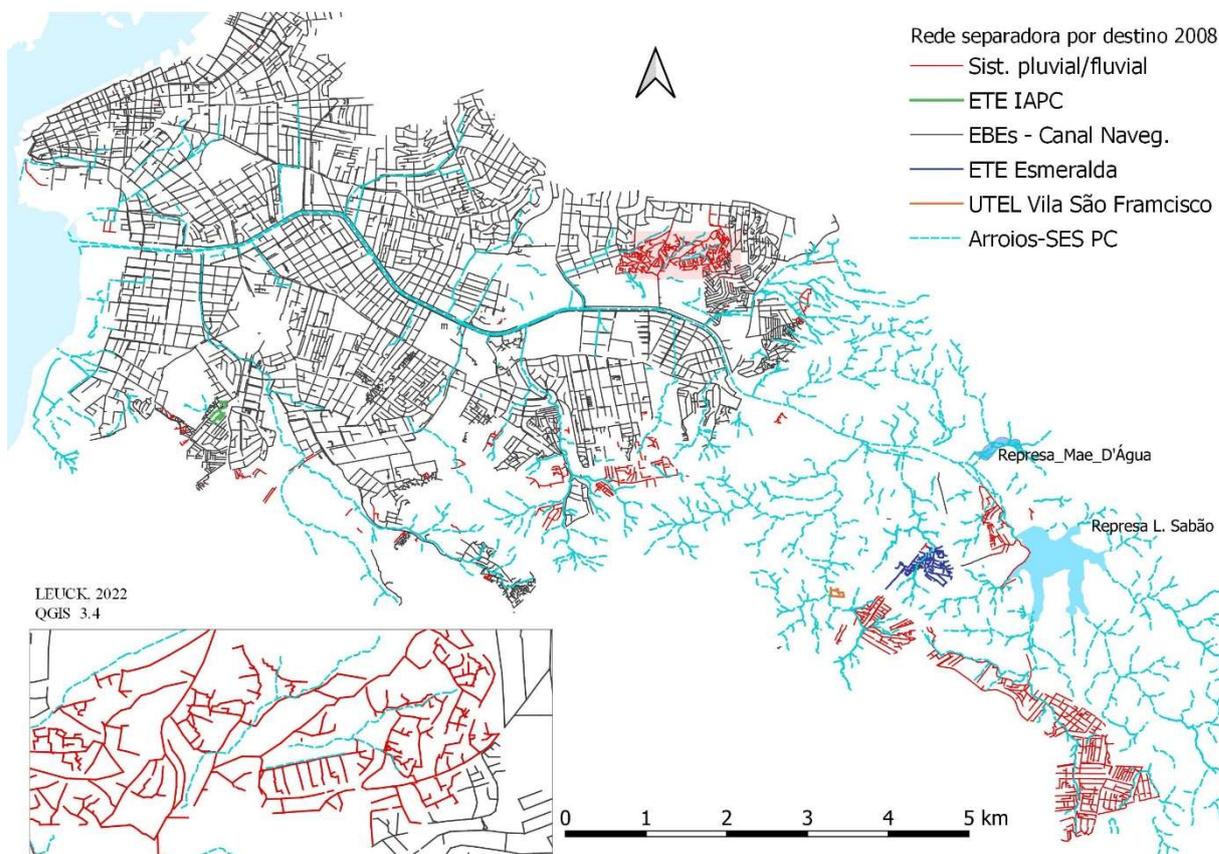


Figura 3.7 - Rede separadora em 2008, segundo o destino dos esgotos no SES PC.
Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 3.8 mostra os trechos da rede separadora em 2018 pelo destino de cada trecho, onde os trechos em vermelho, que descarregam no sistema de drenagem, se concentram nas regiões mais altas e próximas das nascentes do arroio Dilúvio. Nestas áreas, a interface da rede coletora com os afluentes do arroio Dilúvio é muito alta, o que dificulta a separação entre os sistemas.

O preparo das camadas de rede no SES PC foi feito para identificar os principais contribuintes do Interceptador do Arroio Dilúvio (IAD), que é o coletor que recebe todas as contribuições de esgoto ao longo das margens do Arroio Dilúvio e os conduz para a EBE Baronesa do Gravataí (BG) e para avaliar os indicadores de cobertura e de desempenho.

A expansão da rede coletora ocorreu do centro do SES em direção as bordas Sul e Leste, que foram integradas ao sistema através do IAD, em 2011.

Atualmente, o déficit de cobertura ou de interligação das redes se dá nas vias localizadas em áreas de difícil acesso ou com baixa densidade populacional. As áreas de ocupação informal são um grande desafio tanto para implantar como para manter o atendimento com saneamento.

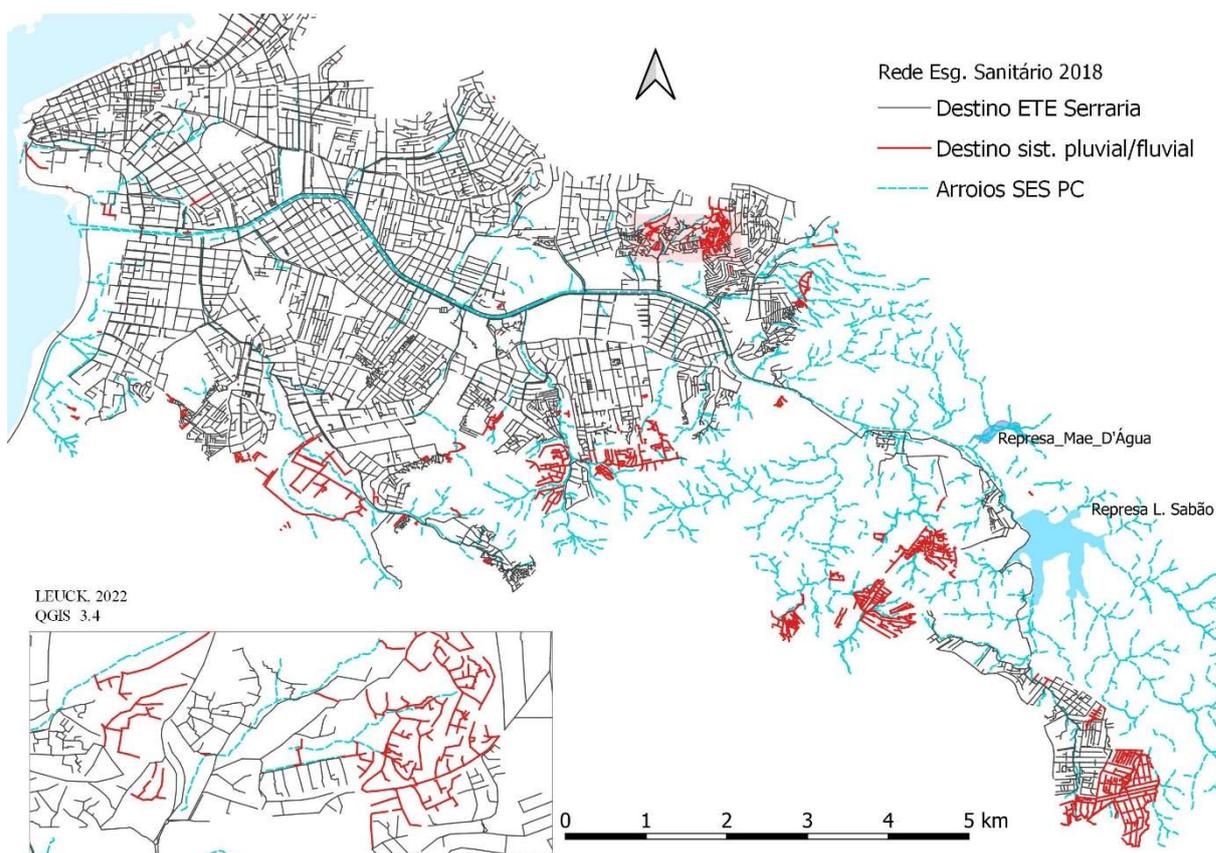


Figura 3.8 - Rede separadora em 2018, pelo destino dos esgotos no SES.
Fonte: elaborado pela autora.

3.5 Delimitação das sub-bacias de esgotamento sanitário e dos setores de monitoramento

Ao investigar o trajeto dos esgotos pelas redes do SES, verificou-se que os limites das redes não coincidiam com os limites das sub-bacias, eles permaneceram os mesmos desde o PDE/2009. Assim, foi necessário delimitar as novas sub-bacias, compatibilizando-as ao SCCE.

A delimitação foi realizada no *software* livre QGIS, concomitantemente às consultas do cadastro da rede e dos perfis da rede no sistema GEODMAE e no ARCGIS, com as camadas dos cadastros do DMAE, DEP, Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV), Secretaria

Municipal da Fazenda (SMF) e Secretaria de Planejamento Municipal (SPM). A ideia de agrupar as sub-bacias em setores de esgotamento sanitário surgiu durante esta atividade.

Antes de traçar as sub-bacias, a camada da rede de rede de esgoto foi preparada, de modo a salientar os interceptores e coletores tronco na tela. Depois, cada tramo de rede foi separado por cores e foram carregadas as cotas de fundo (CF) e de Tampa (CT) dos PVs. As camadas das curvas de nível, hidrografia, rede de drenagem e MDT foram usadas como suporte para dirimir dúvidas quanto ao escoamento dos esgotos. As formas iniciais das sub-bacias foram delimitadas pelas divisões dos tramos e pela topografia, nas bordas das áreas onde não havia rede, foram usados os limites dos divisores de águas. As etapas do processo são mostradas no fluxograma da Figura 3.9.

Nas partes com maior declividade do SES, como o caso da Bacia do Arroio Moinho, ocorreram casos de descontinuidade no fluxo por gravidade dos esgotos, observado pelos valores das CF não diminuírem de montante para jusante. Nestes casos, não foi possível analisar o perfil dos trechos da rede utilizando as cotas do terreno (CT) e CF dos PVs, pois, os dados não faziam sentido para uma área maior, em função das cotas estarem relacionadas à qualidade do levantamento topográfico e a referência relativa de cotas. Isto porque os trechos das redes foram sendo executados e cadastrados no decorrer de algumas décadas. Também existem muitos PVs sem informação de cota. Assim, para obter uma referência comum, foram usadas as CT oriundas da base do Modelo Digital do Terreno (MDT) da PMPA. Para obter as cotas de fundo dos PVs, subtraiu-se os valores das cotas do MDT da profundidade dos PVs. A profundidade dos PVs é uma medida de fácil obtenção e, por isso, a maioria dos PVs possuem este dado cadastrado. Assim obteve-se a CF dos PVs em relação ao MDT, o que facilitou a tarefa de estimar o sentido do escoamento dos esgotos no SCCES.

Os critérios de agrupamento da rede da sub-bacia devem considerar o tamanho do tramo, a extensão da rede e a distância entre os pontos de ligação ao Interceptor ou ao ponto de descarga no sistema pluvial.

A partir das novas sub-bacias de esgotamento sanitário, foi vinculada uma área de contribuição a um exutório. No exutório de cada sub-bacia foi selecionado um ponto de convergência dos esgotos, geralmente um Poço de Visita (PV) com facilidade de acesso ou uma Estação de Bombeamento de Esgotos (EBE). Estes PVs do exutório de cada sub-bacia formaram uma nova camada de PVs de controle. Este processo foi feito visualmente, na tela

dos monitores, e as feições da camada das sub-bacias foram desenhadas manualmente sobre a tela. O processo de delimitação levou 45 dias. Estas áreas e pontos são os elementos básicos para o provimento de informação.

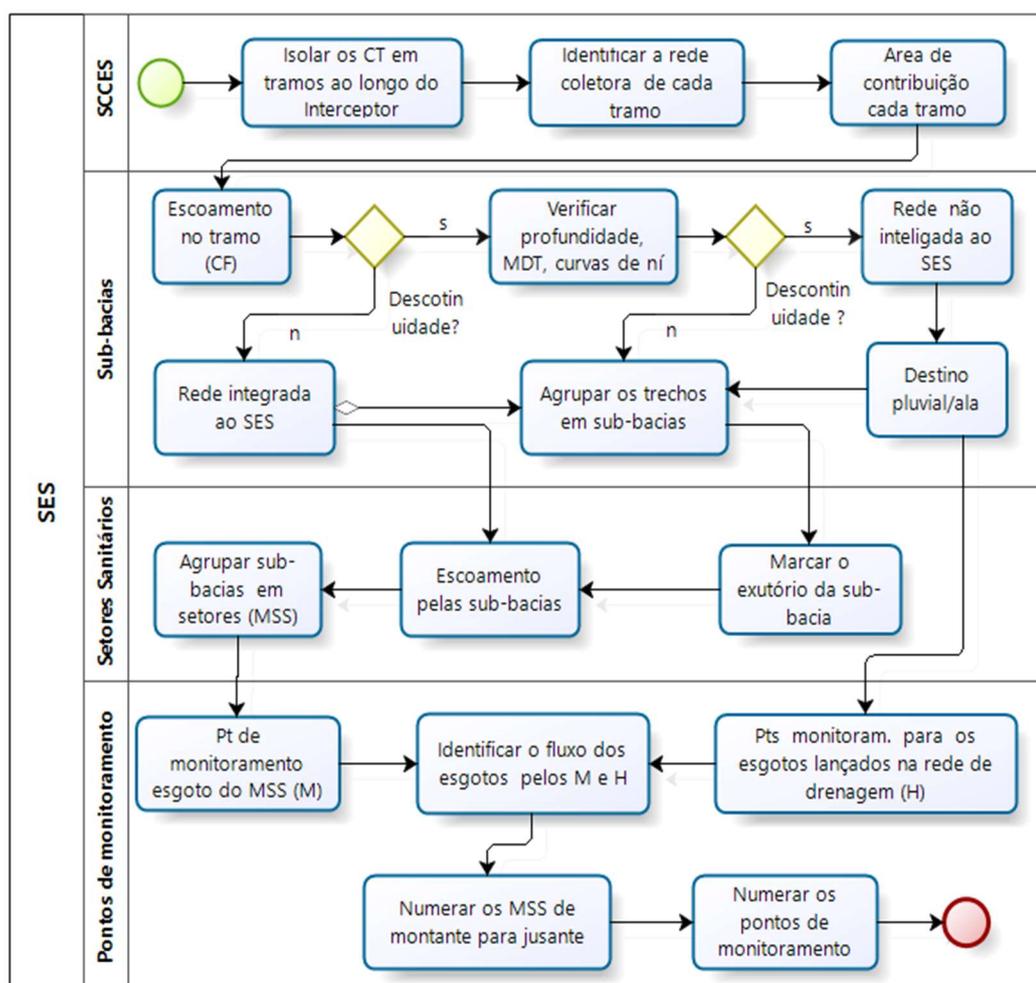


Figura 3.9 - Fluxograma das etapas para a obtenção dos MSS e dos pontos de monitoramento a partir da camada da rede coletora.

Fonte: elaborado pela autora no programa Bizagi.

Para agrupar as sub-bacias em setores o foco é que o agrupamento atinja um tamanho adequado para viabilizar a instalação de equipamentos de medição de vazão e a coleta de amostras para o monitoramento dos esgotos. Considerar que o PV de controle seja de fácil acesso para instalação e manutenção dos equipamentos e em local movimentado ou protegido, que ofereça menor risco de vandalismo. Nesta fase usar as camadas das sub-bacias novas, PVs

de controle, CT, EBEs, ETEs. Criar a camada dos Meso Setores através do agrupamento das sub-bacias que o compõem e as camadas dos pontos de monitoramento dos MSS.

A cidade de Viamão possui lotes com lançamento de esgotos tanto nas sub-bacias D-26, que contribuem para a barragem Mãe D'Água, como na D-27, que contribuem para a barragem Lomba do Sabão, no parque Saint Hilaire. Estas sub-bacias foram traçadas a partir das camadas das curvas de nível e da hidrografia.

Como resultado desta ação, foi obtida uma camada da rede coletora com o caminho principal dos esgotos, passando pelas sub-bacias até a EBE PC; uma camada de pontos de saída de cada sub-bacia e de cada MSS; a camada com as novas sub-bacias e com os MSS e a camada atualizada do SES PC, que também teve alterações de seus limites.

3.6 Estudo preliminar da Bacia do Arroio Moinho

O estudo da sub-bacia hidrográfica do Arroio Moinho foi usado para definir as estratégias metodológicas empregadas na pesquisa. Este subcapítulo ilustra como foram feitos os recortes das redes e das áreas sensíveis de modo geral, pois as etapas metodológicas foram mostradas nos subcapítulos 3.4 e 3.5. Constituindo uma sub-bacia do arroio Dilúvio pela sua margem esquerda, ela está representada com uma linha destacada na Figura 3.10. Tem área aproximada de 4,5 km², comprimento de 4,0 km e grande declividade, com desnível variando de 15 a 265 m, (CRUZ, 2004).

A bacia do Arroio Moinho abrange as sub-bacias D-16 e D-17, conforme o PDE/2013. Estas sub-bacias apresentam uma grande incidência de áreas de proteção e de risco com ocupação antrópica, relevo acentuado e possuem referências de pesquisas anteriores sobre a qualidade da água, uso do solo e condições socioeconômicas da população, vide Lopez e Verdum (2010) e Rodrigues (2015). Nesta sub-bacia a drenagem natural é realizada pelo arroio Moinho (curso principal), que no trecho inferior recebe o arroio do Meio, um pequeno contribuinte, e na parte superior à drenagem se abre em três pequenas nascentes dos morros circunvizinhos. A entrada do arroio Moinho no arroio Dilúvio ocorre através de um conduto enterrado, entre a Avenida Ipiranga e a Avenida Bento Gonçalves. Deste local para montante, o curso d'água se desenvolve em superfície livre, numa seção menor de 2,0 m a 4,0 m de largura do curso principal e lâminas permanentes de 20 a 50 cm. Na seção maior a largura chega de 5,0 a 20,0 m (valor variável) com muita vegetação, (CRUZ, 2004).

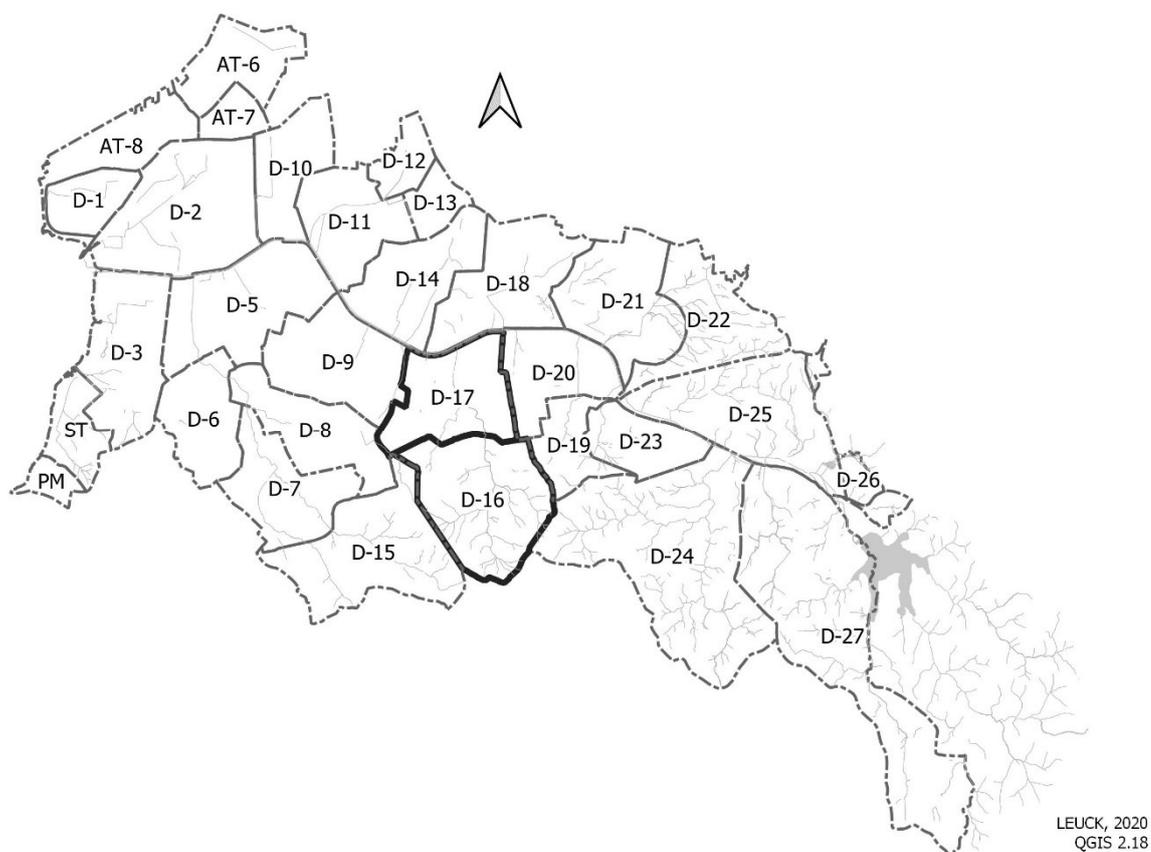


Figura 3.10 - Bacia do Arroio Moinho, sub-bacias de esgotamento sanitário D-16 e D-17 pelo PDE/20013.
Fonte: elaborado pela autora.

Na foz do Arroio Moinho, imagens da Figura 3.11, observa-se o aporte de sedimentos pelo banco de areia ao lado da saída do canal no Arroio Dilúvio. O banco de sedimentos à jusante da foz pode ser percebido na ortofoto (PMPA 2010), Figura 3.12



Figura 3.11 - Foz do Arroio Moinho na calha do Arroio Dilúvio.
Fonte: acervo da autora, 2018.



Figura 3.12 - Ortofoto do Arroio Dilúvio na foz do Arroio Moinho.
Fonte: GEODMAE/2010.

Segundo Lopez e Verdum (2010), a sub-bacia apresenta ocupação urbana de jusante para montante. A Figura 3.13 mostra fotografias das margens do arroio e o seu traçado. Os loteamentos e ocupações foram realizados mantendo o curso d'água principal ao fundo das residências. Em alguns locais, com o aterro das margens e construção de muros o arroio foi perdendo seu leito natural. No trecho de jusante a ocupação urbana da sub-bacia é antiga, com início em meados de 1940, com o trecho canalizado atravessando a área da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), e o segmento a partir da Avenida Bento Gonçalves mais residencial em direção a montante. Atualmente a ocupação urbana se desenvolve no sentido dos morros, de forma irregular, ocupando áreas de preservação permanente do município de Porto Alegre. No entanto, na sua parte superior, ao longo do curso principal, ainda se encontra áreas não ocupadas, que preservam a paisagem anterior à ocupação urbana. Guimarães (2008) identificou problemas relacionados principalmente à disposição de resíduos sólidos nas cabeceiras do afluente leste desse arroio, na base do Morro Pelado e início do afluente em questão.

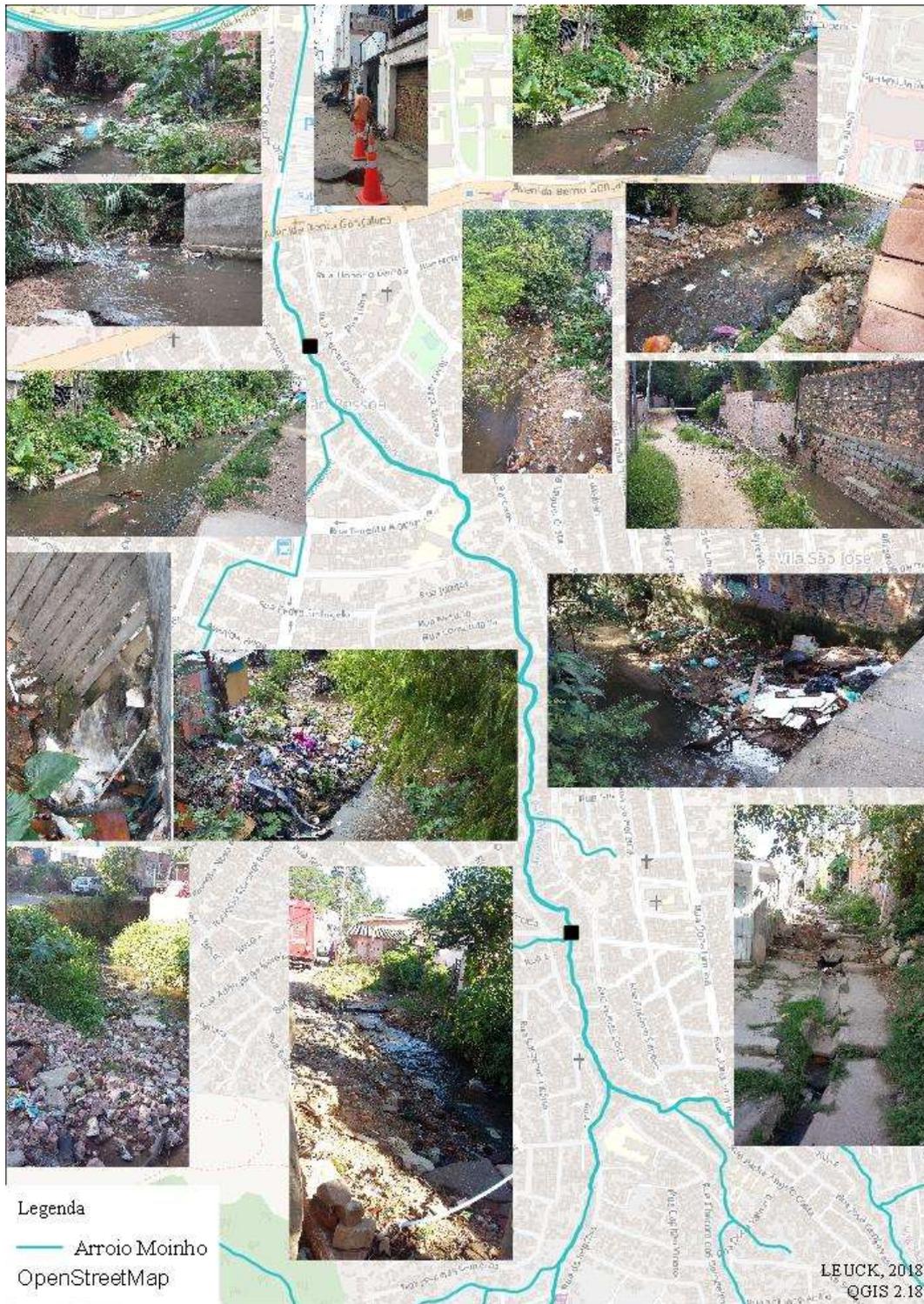


Figura 3.13 - Fotos da ocupação das margens do Arroio Moinho
Fonte: elaborado pela autora entre 2017 e 2018.

Análise e agrupamento das redes em tramos principais

No cadastro da rede de esgoto foram identificados quatro tramos oriundos da sub-bacia D-17 que descarregam no Interceptor do Arroio Dilúvio (IAD).

A Figura 3.14 ilustra a infraestrutura de água e esgoto sanitário na área da bacia do Arroio Moinho, onde foi analisado o cadastro georreferenciado da rede de coleta dos esgotos, a fim de identificar áreas com incidência de descontinuidade na condução dos esgotos e as características destas áreas. Observa-se na linha em azul escuro, a rede de água avançando sobre as áreas de talvegues dos arroios ao sul da bacia. A área inserida no polígono amarelo é a que efetivamente contribui para um único ponto de descarga no IAD, diferente do que está na divisão das sub-bacias do PDE/2013.



Figura 3.14 - Infraestrutura de saneamento da bacia do Arroio Moinho.

Fonte: imagem do BINGMAPS, 2018.

A análise do cadastro georreferenciado da rede iniciou a partir dos coletores tronco derivados do Interceptor do AD. Estas divisões, denominadas *tramos* serviram para identificar a área de proveniência dos efluentes.

Até o ano de 2012, as redes coletoras de esgoto desta sub-bacia tinham a função de afastamento dos esgotos. Entre 2008 e 2009 foi executado o CT do arroio Moinho com 2.032 metros de extensão em DN 400 mm e capacidade para a coleta de 65 l/s dos esgotos das sub-bacias D-16 e D-17, interligando estes esgotos no IAD, segundo o PMSB (20/15a, p 88).

Na sub-bacia D-17 existem quatro pontos de entroncamento ao IAD originados dos tramos da rede dos esgotos provenientes da bacia do Arroio Moinho, conforme a Figura 3.15. Neste momento percebeu-se a necessidade de uma revisão dos limites das sub-bacias, em vista da não conformidade entre as áreas das sub-bacias e da rede coletora dos esgotos, nas linhas em vermelho, tramo 1, e amarelo, tramo 4. Os tramos 1 e 4 atendem aos bairros situados à montante da Av. Bento Gonçalves. Os tramos 2 e 3 tem pequena extensão e atendem às vilas localizadas junto a Av. Ipiranga. A bacia sanitária formada pelo Tramo 1, na Figura 3.15, é a que está de fato inserida na bacia hidrográfica do arroio Moinho.

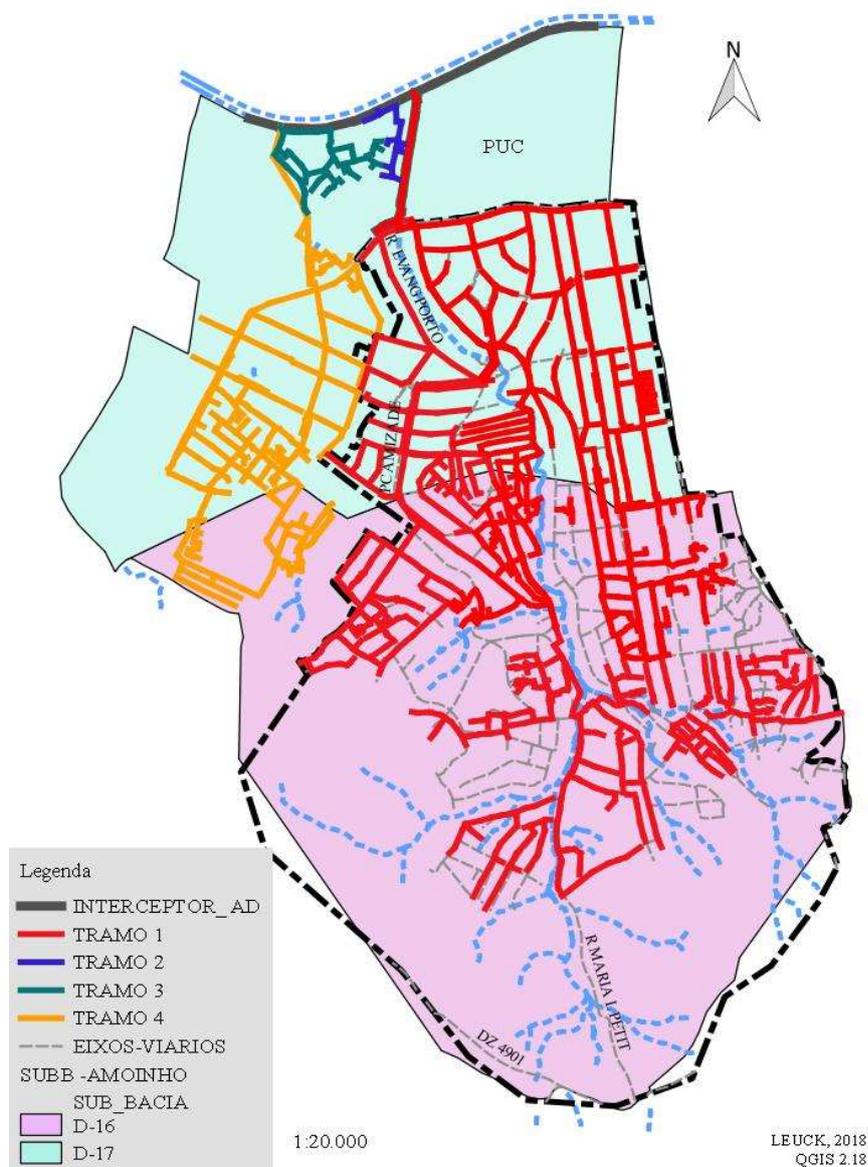


Figura 3.15 - Identificação dos tramos principais da rede coletora de esgoto sanitário nas sub-bacias D-16 e D-17 do Arroio Dilúvio.

Fonte: elaborado pela autora.

Agrupamento da rede coletora dos tramos em setores sanitários

O passo seguinte foi dividir a rede coletora do Tramo Um em agrupamentos menores, que foram denominados **setores sanitários**.

Para obter sentido do fluxo dos esgotos, além dos pontos de divisão das águas e de extravasamentos, foi necessário analisar o traçado, as cotas do greide das redes e dos PVs, as

curvas de nível com o QGIS. As redes derivadas dos coletores tronco da bacia do Arroio Moinho foram rastreadas a partir do PV268 na Av. Bento Gonçalves em frente ao acesso para o estacionamento da PUC, Figura 3.16, até os PVs de cabeceira à montante da sub-bacia D-16. Nas áreas onde as CT dos PVs apresentaram muitas discrepâncias, foi usada uma referência comum, as cotas do terreno oriundas da base do Modelo Digital do Terreno (MDT).

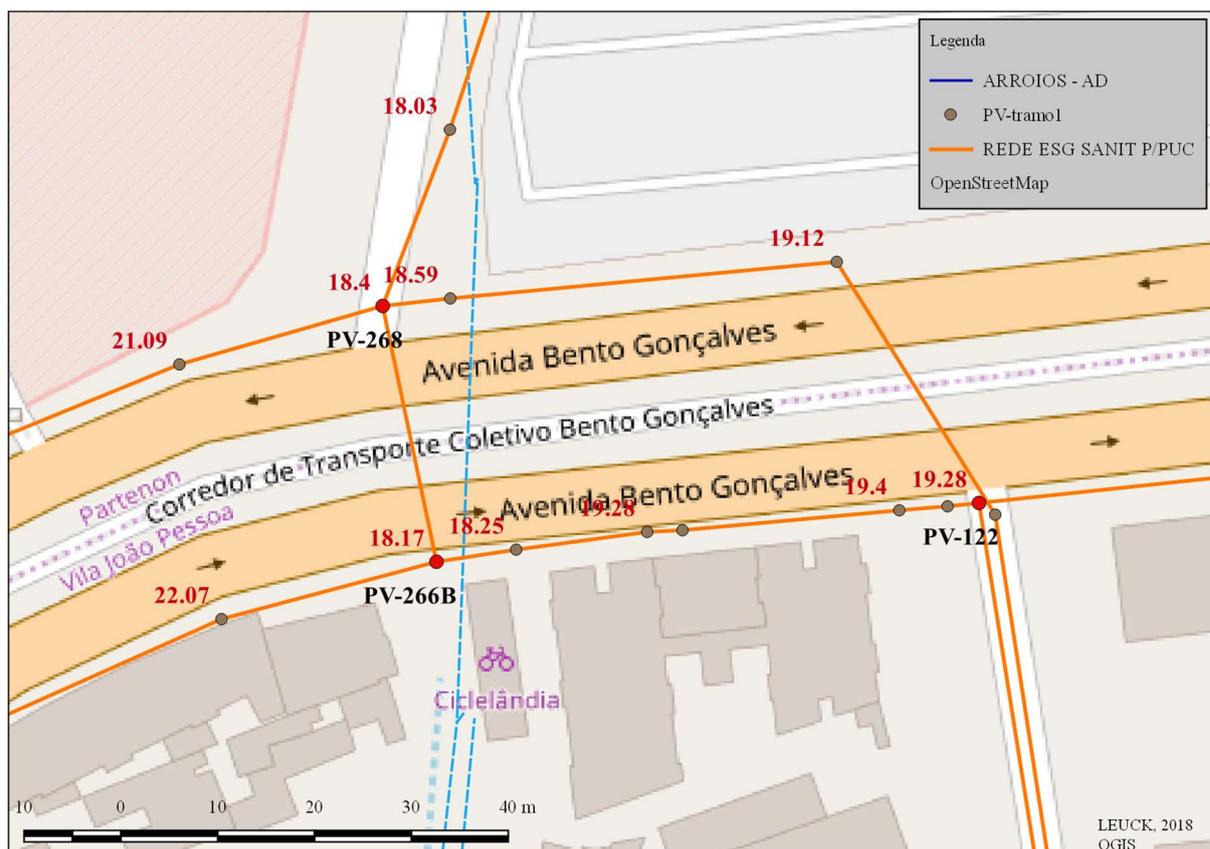


Figura 3.16 - Localização do PV-268, para onde convergem os esgotos de quatro setores sanitários desta bacia.
Fonte: GEODMAE/2018.

A Figura 3.17 mostra o valor das CF dos PVs, em vermelho, e as cotas do terreno, em preto. Seguindo a direção do fluxo de montante para jusante a tendência do valor das cotas deve ser decrescente, quando isto não acontece este ponto é marcado como PV com descontinuidade. Os pontos dos PVs nos círculos em vermelho foram marcados por apresentarem descontinuidade do sentido decrescente das CF. Nestes pontos foi preciso avaliar se a CF informada estava correta, já que neste local os PVs estão próximos do arroio Moinho, onde há maior probabilidade de servirem como PVs de descarga ou extravasores.

cadastros das obras que causaram diferenças nas cotas. Na época da pesquisa estava sendo realizado o recadastramento das redes desta área.

O **Tramo Um** foi dividido em cinco **setores sanitários**. O ponto convergência dos setores é o CT representado pela linha laranja no topo na Figura 3.18. Quatro setores possuem o traçado da rede coletora de forma contínua e que aparentemente convergem para o CT, o que indica que o sistema possa estar integrado, já o Setor Cinco, onde está o Arroio Moinho, possui trechos isolados de rede coletora de esgotos sanitários com descargas no arroio (PV Descarga) e alguns trechos que apenas passam pela área, sem condições de coletar os esgotos, seja pela baixa profundidade ou pelo diâmetro.

O **Setor Sanitário 1** se une a do **Setor Sanitário 2** na esquina da Rua Ângelo Barcelos com a Av. Bento Gonçalves no PV122A, daí segue até o PV266B onde desemboca o **Setor Sanitário 4** que, ao cruzar a Avenida Bento Gonçalves, chega no PV268 onde desemboca o CT Alameda, do **Setor Sanitário 3**. No PV268 (Figura 3.16), devem chegar todos os esgotos sanitários coletados na bacia sanitária do Tramo Um, o que torna este ponto candidato a um ponto de monitoramento do tramo, mas para isso ele deve ter facilidade de acesso.

Aqui foi verificado como o monitoramento das águas urbanas se daria nos três meios de transporte dos esgotos, rede separadora, rede de drenagem pluvial e corpos d'água. A primeira proposta dos pontos de coleta e monitoramento de vazão é a mostrada na Figura 3.19, com três pontos de monitoramento para cada meio. Como foi explicado anteriormente, esta configuração se mostrou inviável pelas dificuldades operacionais de coleta e monitoramento devido às características locais, pelo risco de furto dos equipamentos e, economicamente, pelo tamanho reduzido da bacia em relação ao número de pontos de monitoramento.

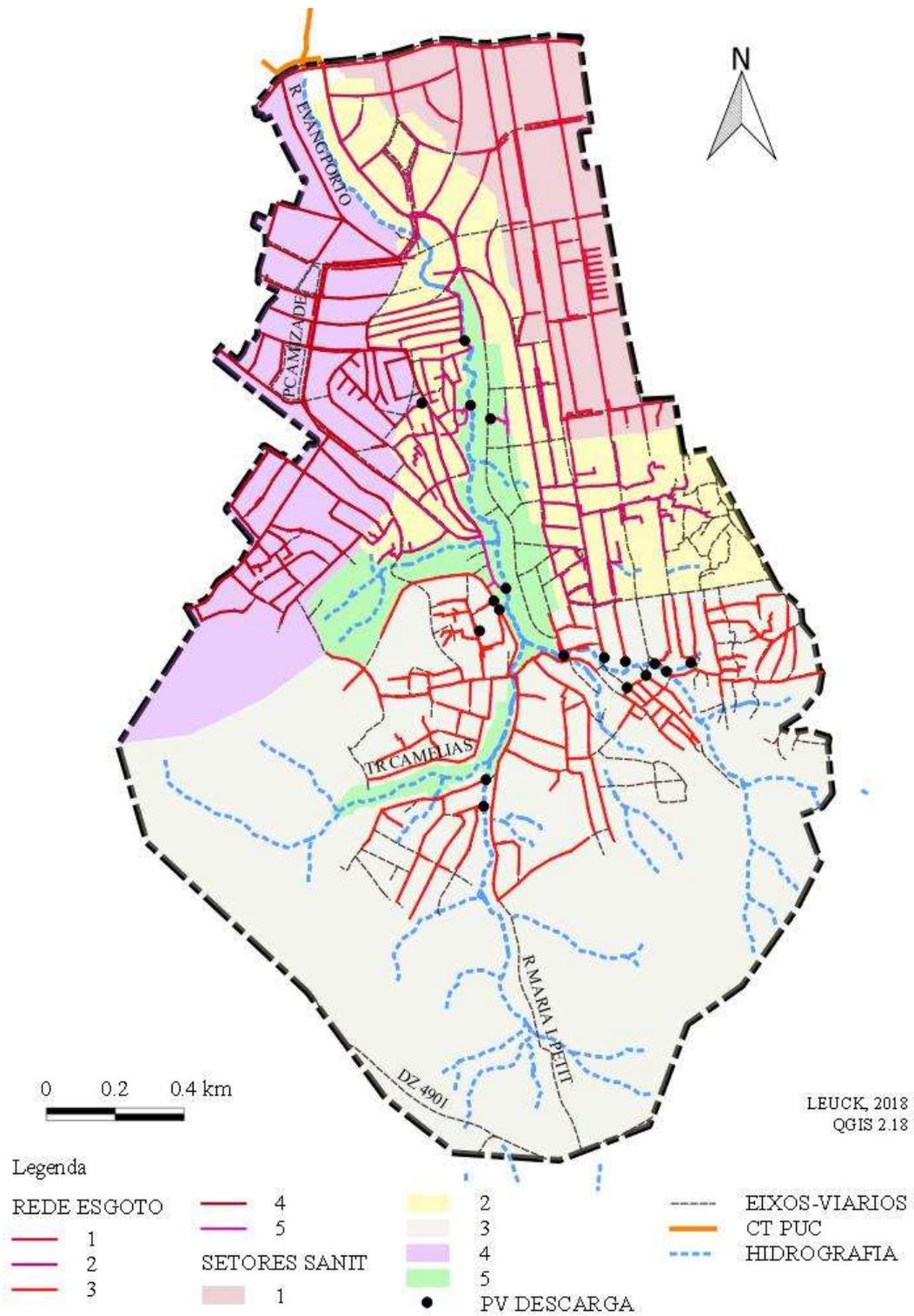


Figura 3.18 - Os cinco setores sanitários e rede de esgoto sanitário da Bacia do Arroio Moinho.
Fonte: elaborado pela autora.

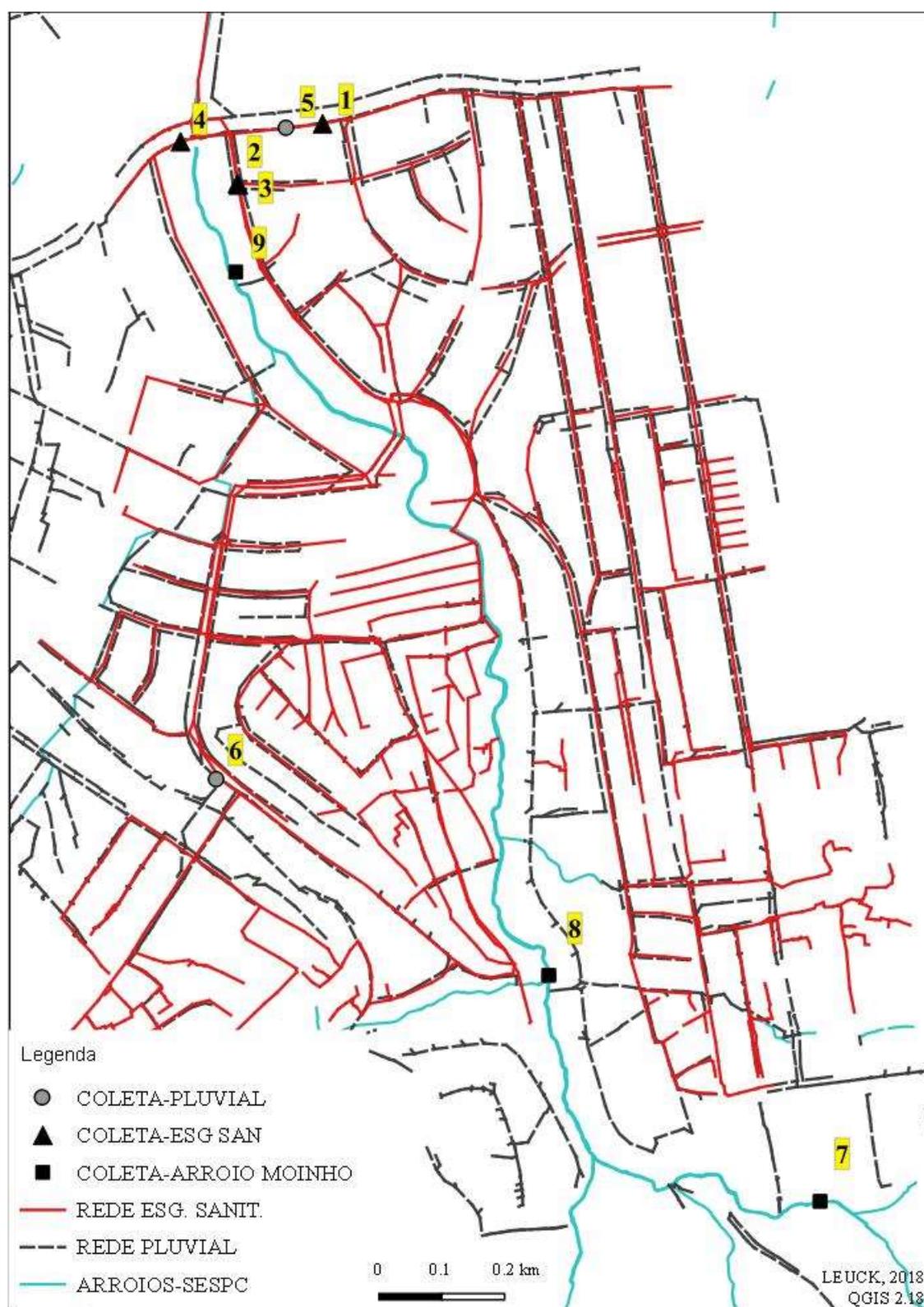


Figura 3.19 - Primeira tentativa de definição dos pontos de coleta para o monitoramento integrado das águas urbanas na bacia do Arroio Moinho.

Fonte: elaborado pela autora.

As áreas de proteção permanente e de risco hidrogeológico

Conforme o diagnóstico ambiental realizado, a área da bacia do Arroio Moinho caracteriza-se pela presença de ocupações informais, em áreas de preservação permanente do tipo curso d'água e áreas com declividade acentuada, as quais são protegidas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/12), mas que podem ser objeto de regularização fundiária de interesse social, desde que afastado o risco para a população. A maior parte das áreas ocupadas desta bacia pertenciam ao Estado e à União e foram instituídas como AEIS para fins de regularização fundiária recentemente, quando foram urbanizadas pelo departamento Municipal de Habitação (DEMHAB), após a realização de obras de contenção de encostas e drenagem. Os assentamentos com risco muito alto foram removidos, mas aos poucos, estas áreas foram ocupadas novamente. As áreas de risco estão na sua maioria em áreas com declividades acima de 33°, com risco de deslizamentos e deslocamento de massa ou em áreas sujeitas a inundação, quando próximas ao arroio. Por essa razão justifica-se investigar os indicadores de saneamento nestas áreas.

Para avaliar a ocupação nas áreas próximas dos arroios foi gerado um buffer de 30 metros a partir do eixo dos arroios e de 50 metros das nascentes. Esta bacia apresenta elevações de altitude e topos de morro acima de 100m e com inclinações médias acima de 25°, portanto foram incluídas as camadas das áreas de preservação de Topo de Morro, obtidas do cadastro da Secretaria do Meio Ambiente (SMAM) da PMPA, no recorte. Na Figura 3.20a observa-se as áreas de preservação dos cursos d'água e de nascentes (APP), de topo de morro (APTm) e as áreas onde elas se sobrepõem. As áreas consideradas de risco no município foram classificadas através de uma ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito – alto risco a movimentos de massas e enchentes pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM em parceria com a PMPA entre 2012 e 2013. O trabalho envolveu o mapeamento das áreas sujeitas aos riscos, as economias e a população residente nestas áreas e sua caracterização em função da tipologia e do grau de risco. Na Figura 3.20b aparecem as áreas de risco hidrogeológico identificadas pela CPRM. Todas as áreas estão classificadas como de alto risco quanto a tipologia e de grau alto e médio quanto à vulnerabilidade. A Figura 3.20c mostra a área resultante da sobreposição das áreas **a** e **b**, que foi chamada de **Área de Proteção e Risco (APR)**. Na sobreposição entre as camadas da APR com as áreas gravadas como AEIS, Figura 3.20d, observa-se a incidência das AEIS nas APR.

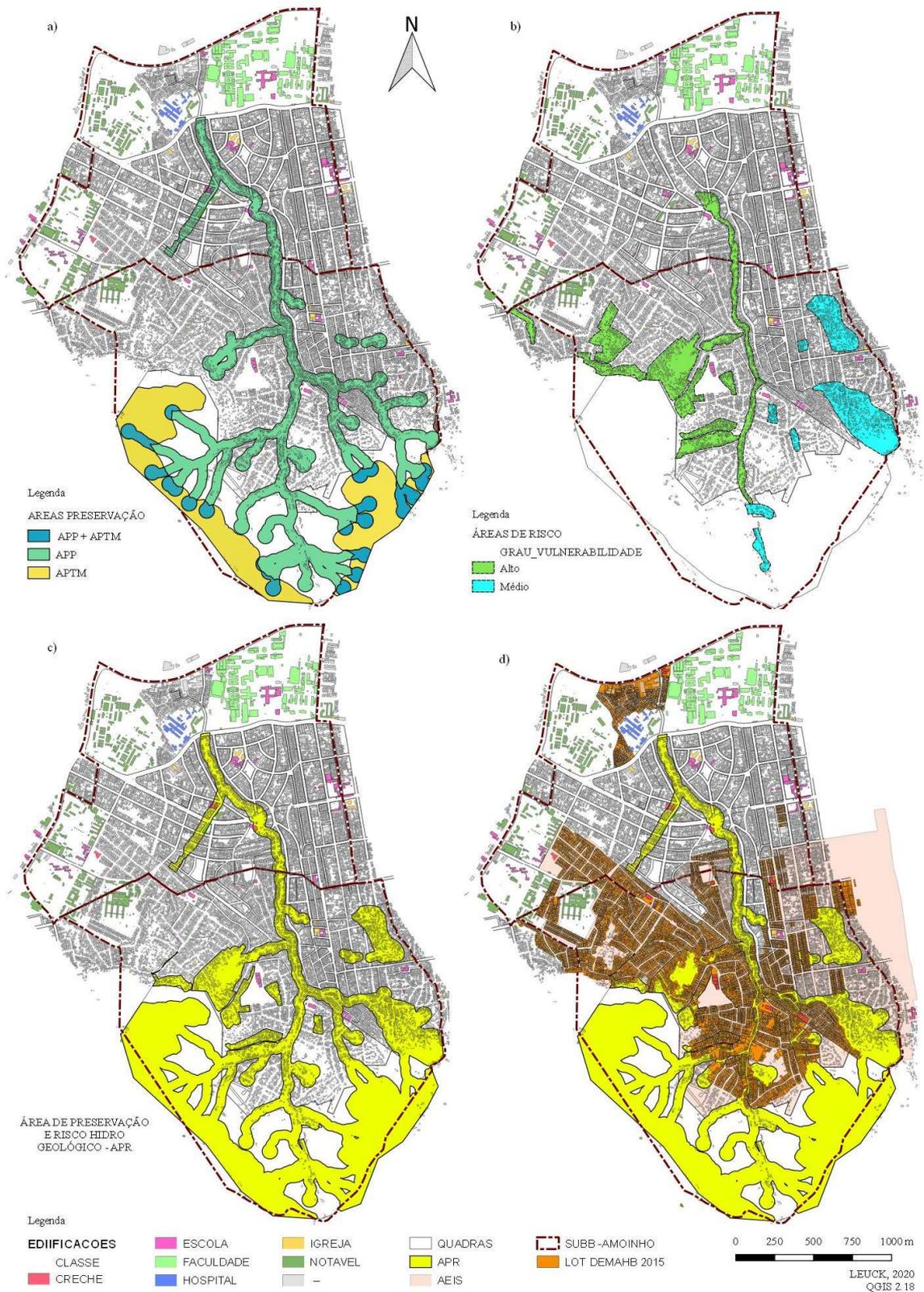


Figura 3.20 - Etapas de sobreposição de áreas sensíveis para a obtenção das APR na bacia do Arroio Moinho. a) Áreas de preservação permanente; b) Áreas de risco; c) APR; d) AEIS em APR.

Fonte: elaborado pela autora.

3.7 Estruturação do processo de coleta e transporte da carga orgânica nos setores de monitoramento

Nesta etapa, o objetivo é estruturar o processo de coleta e condução dos esgotos no SES para viabilizar os custos da instalação e operação dos equipamentos de medição de vazão e da coleta de amostras, para o monitoramento dos esgotos. Assim, as sub-bacias de esgoto sanitário foram agrupadas de forma a obter um número mínimo de pontos de monitoramento. Este agrupamento de sub-bacias foi denominado Meso Setor Sanitário (MSS).

A Figura 3.21 representa a ideia simplificada do monitoramento integrado, onde os setores sanitários do SES estão representados pelas áreas das letras A2, A3 e A4 e os pontos pretos representam os locais de monitoramento. Cada setor produz uma carga orgânica equivalente à sua população (A). Parte da carga de cada setor é coletada pelo SCCES (a), se acumula nos coletores tronco e interceptores até entrar como carga afluyente da ETE (M_3). A outra parcela da carga (h), é descarregada e se acumula no corpo hídrico (H). Esta carga é perdida por ineficiências do SCCES, por falta de rede coletora e etc.

Para avaliar o desempenho e os efeitos de ações realizadas em cada setor, e seus reflexos no arroio urbano, propõe-se monitorar tanto o SCCES, quanto o arroio. O local do monitoramento precisa ser criteriosamente escolhido, de modo que os pontos do arroio sejam compatibilizados com o trecho das descargas dos setores.

Quando o arroio urbano recebe contribuição de carga de esgotos de montante, é necessário monitorar a carga de montante (H_1), para obter a carga descarregada apenas pelo SES. Neste caso, a carga total que o SCCES deixa de entregar na ETE é H_4 subtraída da H_1 . Assim, poderia se estabelecer metas de enquadramento do arroio a partir da melhoria do desempenho de cada setor. Observa-se que este olhar é focado na eficiência interna do SES, enquanto o monitoramento usual tem foco na eficiência do tratamento, ou seja, na remoção da carga afluyente (M_3) da ETE e na carga final lançada pela ETE (M_f) no corpo receptor. No caso do SES PC, o Arroio Dilúvio recebe a carga do SCCES, mas o corpo receptor da carga tratada na ETE é o Lago Guaíba. Assim, neste SCCES podem ser estabelecidas metas de desempenho dos setores, que também podem ser vinculadas às metas de enquadramento do arroio.

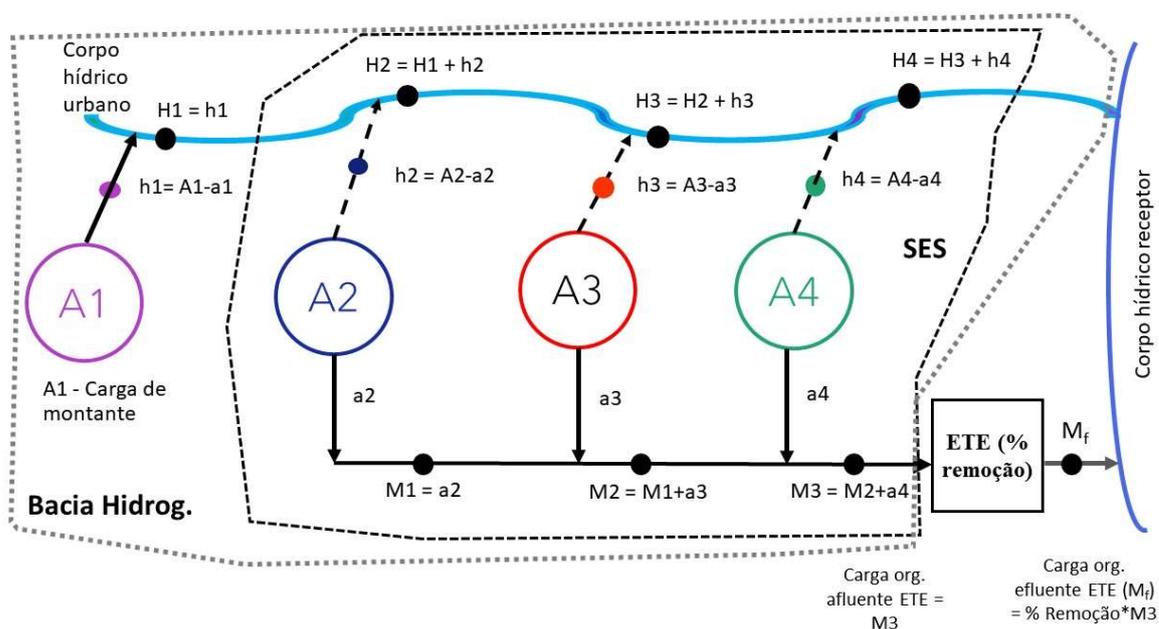


Figura 3.21 - Desenho esquemático do fluxo da carga orgânica dos esgotos sanitários nas águas urbanas.
Fonte: elaborado pela autora.

A carga org. total produzida no SES é obtida pela Equação 3.2, a carga entregue na ETE pela equação 3.3, e a carga org. lançado no arroio pelo SES pela equação 3.4)

$$C. Org. SES = A_2 + A_3 + A_4 = M_3 + H_4 - H_1 \quad (3.2)$$

$$C. Org. ETE = a_3 + a_3 + a_4 \quad (3.3)$$

$$C. Org. arroio SES = h_2 + h_3 + h \quad (3.4)$$

Para que se efetue o monitoramento e o controle deste SES, será necessário um programa de monitoramento integrado das águas urbanas, com a criação de modelos hidráulicos e de processo e de uma ferramenta de integração dos diversos modelos, vinculada a operação do sistema. Por exemplo, a partir de uma adaptação para o Brasil dos modelos utilizados na Europa propostos por Weijers *et al.* (2012) e Van Daal–Rombouts *et al.* (2017). Com a inclusão da modelagem integrada, abre-se a possibilidade de um sistema de controle operacional em

tempo real, que agrega a melhoria da eficiência para o esgoto afluente à ETE e a possibilidade de coleta em tempo seco usando tanques de armazenamento para atenuar picos de vazão e de carga.

3.8 Determinação das cargas orgânicas produzidas e sua acumulação durante o processo de condução dos esgotos no SES e nos sistemas pluvial e fluvial

O Programa de Ações do Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba é integrado por seis linhas divididas em 19 ações. Dentre os indicadores utilizados na Linha Setorial, na Ação 4.1 - Setorial de Saneamento estão: a taxa de redução da carga orgânica lançada na rede hídrica da bacia do Lago Guaíba, o percentual do esgoto coletado e/ou tratado, relativamente ao volume gerado, e o percentual da população atendida por rede coletora e/ou tratamento de esgoto, (RIO GRANDE DO SUL, 2016c, p. 56).

Com base na estrutura do SCCE, foram elaborados dois fluxogramas do processo de acumulação da carga orgânica produzida pelos MSS, um através dos pontos de descarga nos Coletores Tronco ou Interceptores e o outro das cargas lançadas no arroio Dilúvio ou diretamente no Lago Guaíba. A estrutura do processo de produção de carga orgânica foi imaginada através de uma analogia com os processos de produção industrial, onde o ponto de partida é o recebimento da matéria prima, que passa pelos diferentes processos de manufatura até se transformar em um bem de consumo. Para que o processo possa ser gerenciado, cada etapa da produção é monitorada, possibilitando visualizar em qual setor da produção está ocorrendo falhas ou atrasos. No caso dos esgotos sanitários a matéria prima é o produto final, pois o esgoto sanitário não sofre alterações significativas em suas características físico-químicas, o que se altera durante a sua coleta e condução é seu volume e massa, ou a sua vazão e a quantidade de carga orgânica, expressa em função do parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) ou da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente. A carga orgânica diária dos esgotos (kgDBO/d) é obtida pelo valor da concentração de DBO (kgDBO/m³) multiplicada pela vazão (m³/s) e pelo tempo (86400s). Assim, o produto a ser entregue na ETE pelo sistema de coleta é uma quantidade de carga org. expressa em massa pelo tempo, por exemplo em kgDQO/d ou tDBO/ano, que corresponda a população atendida com coleta e tratamento. Para que o processo de geração da carga orgânica seja monitorado, ele precisa estar dividido em grupos onde seja possível isolar uma área de contribuição em um ponto. No caso

de um programa de monitoramento vinculado a um modelo hidráulico, as vazões geralmente são medidas em intervalos de minutos ou segundos e as amostras podem ser diárias, compostas em coletas de hora em hora. Os fluxogramas das cargas estáticas acumuladas são mostrados no capítulo 4, eles foram feitos para visualizar como estruturar a modelagem para as cargas dinâmicas.

Assim, cada MSS tem sua produção de carga org., obtida pela população atendida com coleta e tratamento multiplicada pela contribuição individual (0,054gDBO/hab.d). Cada MSS possui um ponto de entrada na linha de produção, onde as cargas se acumulam até chegarem na ETE. Se a carga org. gerada por um MSS não estiver compatível a carga medida no ponto de monitoramento deste, então o desempenho da coleta neste MSS está ruim e as ações corretivas podem ser adotadas.

A carga orgânica no Arroio Dilúvio vinda da cidade de Viamão, antes da área de abrangência do SES PC, não pode ser incluída na avaliação do desempenho de remoção de carga do SES, portanto, ela deve ser conhecida.

3.9 Faixas equidistantes dos arroios

Esta fase da pesquisa envolveu a avaliação quantitativa, em que foi feito o tratamento dos dados considerando o tipo de recorte definido na bacia do Arroio Moinho, para prosseguir com o desenvolvimento da metodologia no recorte ampliado do SES. A análise das variáveis envolveu uma abordagem mista. A pesquisa qualitativa foi usada para compreender o cenário, identificar inconsistências do sistema, delimitar os recortes e elaborar as formas de agrupamento para análise.

O processo foi desenvolvido em 3 etapas, conforme ilustra o diagrama da Figura 3.22. Na etapa 1 foi definido o local e realizada a pesquisa de campo e documental. Na etapa 2 as informações processadas geraram novas informações que definiram a metodologia utilizada e a nova fase de aquisição de dados agrupados. Na etapa 3 os dados foram analisados e avaliados para obter os resultados da situação do saneamento segundo a configuração proposta.

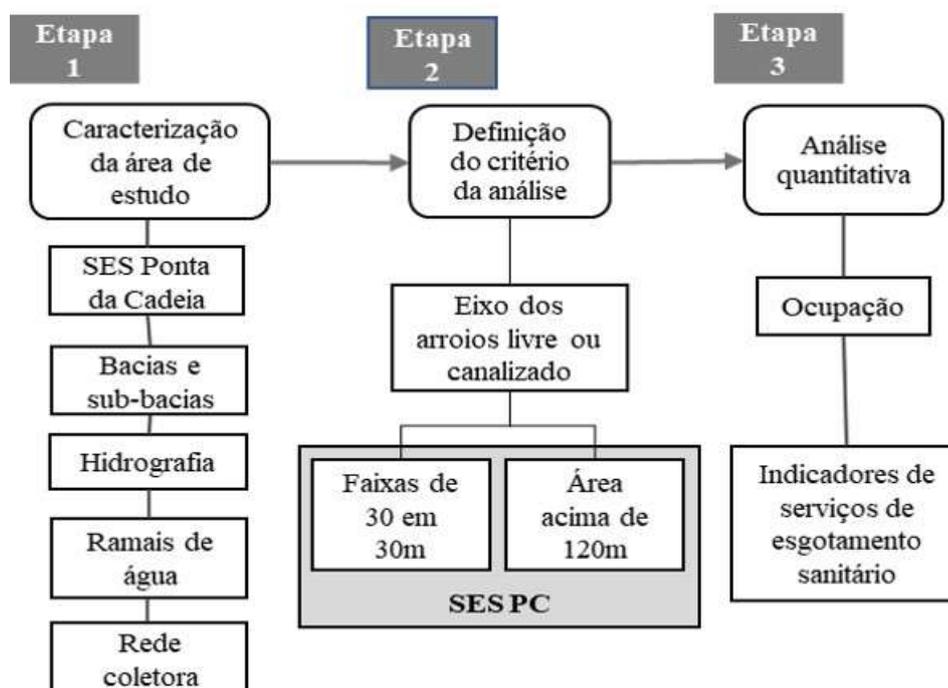


Figura 3.22 - Diagrama da metodologia para a análise das ligações nas faixas equidistantes dos arroios e canais.
Fonte: elaborado pela autora.

A pesquisa quantitativa avaliou os dados das ligações de água (ramais) agrupados em cinco áreas criadas a partir de buffers do eixo dos arroios e canais de drenagem: faixa 1, até 30m dos arroios; faixa 2 de 30 a 60m; faixa 3, de 60m a 90m; faixa 4, de 90m até 120m e a faixa 5, a área acima de 120m.

Especificamente foi analisada a cobertura da rede coletora, as ligações domiciliares e a sua vinculação ao sistema integrado de tratamento dos esgotos a partir dos cursos d'água, onde o eixo dos arroios (linha azul) e dos canais de drenagem com diâmetros a partir de 800 mm (linha vermelha) da Figura 3.23 foram utilizados como linha de base para a delimitação das cinco faixas, no SES Ponta da Cadeia (PC). Existe uma camada no cadastro chamada de redes sem acesso, a maior parte destas redes não possuem informação sobre o diâmetro. Como havia muitas falhas no traçado dos arroios e canais, elas foram agregadas aos trechos para dar continuidade ao traçado dos arroios, galerias e canais.

O recorte temporal abrangeu os dados dos consumidores dos anos de 2008 e 2018 e os dados dos serviços operacionais de 2016.

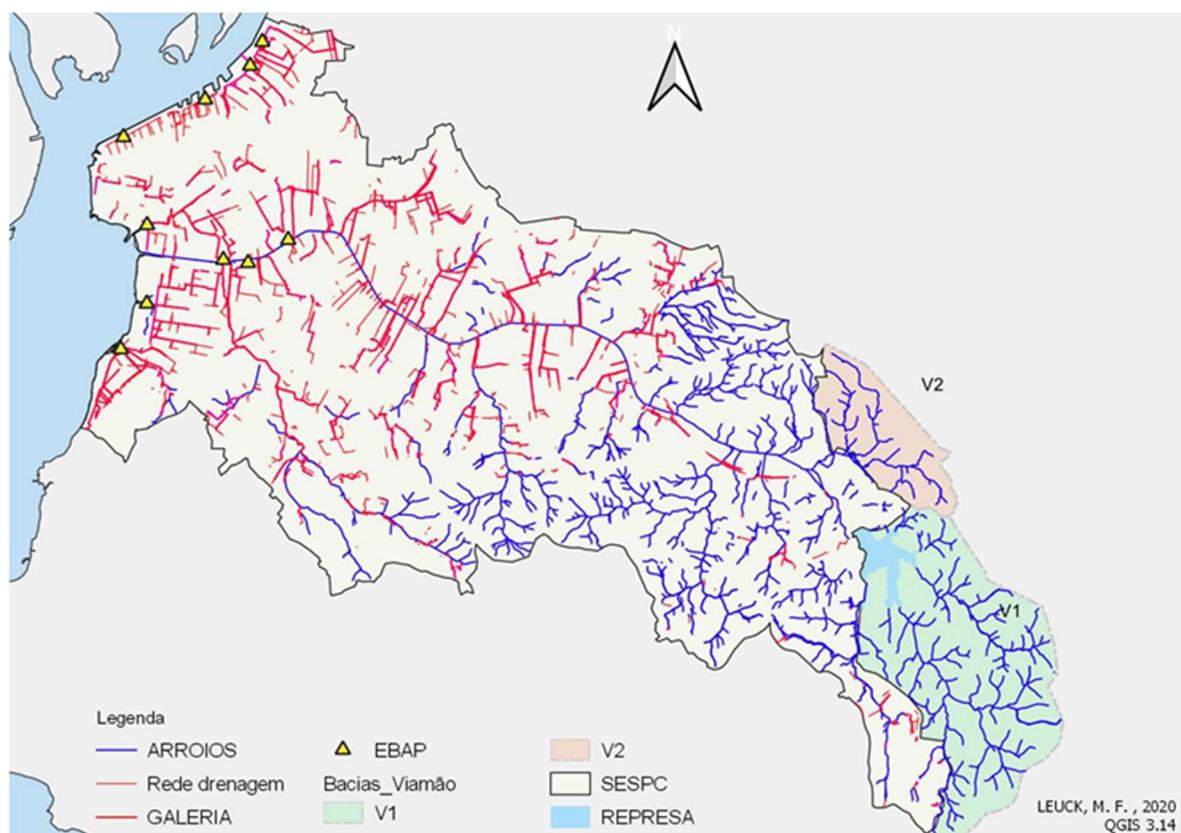


Figura 3.23 - Base dos arroios e canais usados para a criação dos buffers das faixas no SES PC.
Fonte: elaborado pela autora.

3.10 As áreas de proteção permanente e de risco hidrogeológico e as AEIS

A pesquisa partiu do pressuposto que os locais críticos em relação à coleta dos esgotos seriam aqueles próximos aos cursos d'água e as áreas sujeitas a riscos geológicos ou hidrológicos, onde a implantação de redes coletoras é dificultada pelas condições morfológicas do terreno e pela dificuldade de acesso.

Para comparar a evolução da ocupação e da coleta dos esgotos nas áreas de proteção permanente e risco foram utilizados os dados dos ramais de água e da rede de esgoto dos anos de 2008 e 2018, e para verificar os indicadores de qualidade e desempenho foram utilizados os dados das Ordens de Serviço (OS) de 2016, na forma de planilhas eletrônicas oriundas do Sistema 156, utilizado pelos setores comercial e operacional da concessionária.

Os dados dos ramais de água foram recortados nas quatro áreas: APPs, áreas de preservação de topo de morro, áreas de risco hidrogeológico e a área resultante da sobreposição destas três, a Área de Preservação e Risco (APR). Após, foi feita a análise dos ramais das AEIS, levando em consideração sua sobreposição com as APR. O processo foi desenvolvido em três etapas, a Figura 3.24 mostra a metodologia aplicada através do diagrama metodológico.

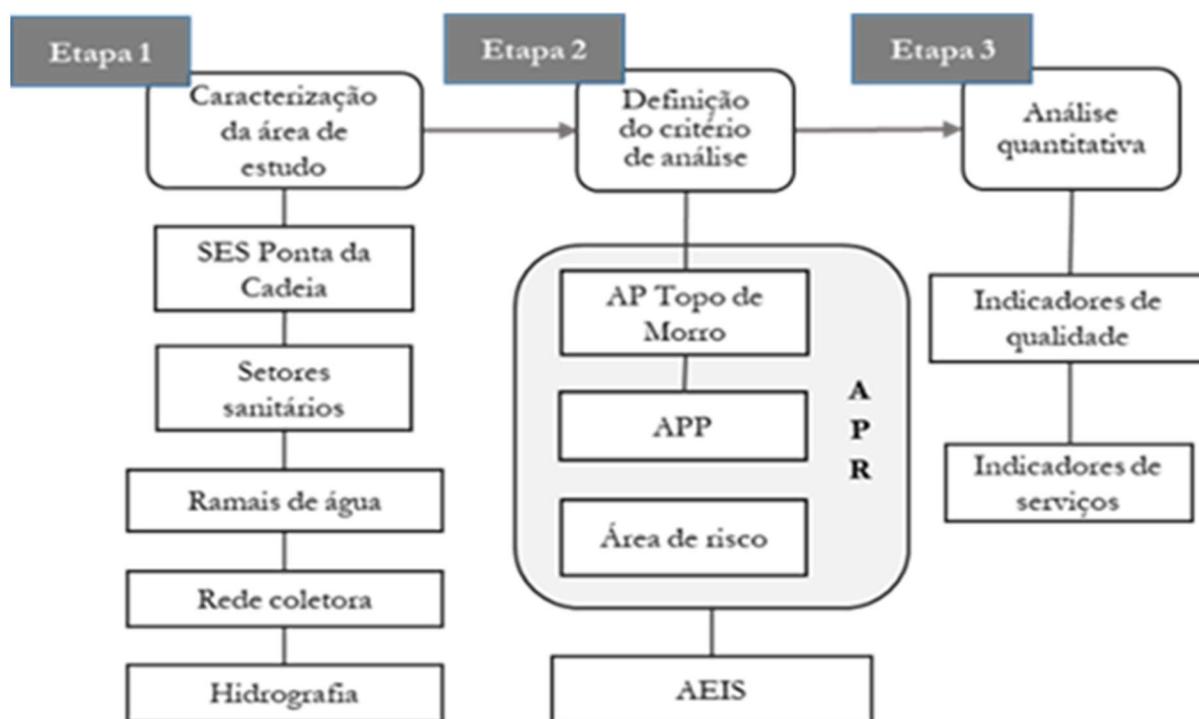


Figura 3.24 - Diagrama metodológico da análise dos indicadores de saneamento nas áreas de preservação e de risco.

Fonte: elaborado pela autora.

Os elementos vetoriais utilizados foram as camadas dos ramais de água, redes de esgoto sanitário e pluvial, Poço de Visita (PV), bacias e sub-bacias de esgotamento sanitário, curvas de nível, hidrografia, áreas de risco hidrogeológico, AEIS, APPs, setores sanitários, e os setores censitários do IBGE.

As imagens *raster* foram utilizadas como auxiliares na identificação das áreas sensíveis.

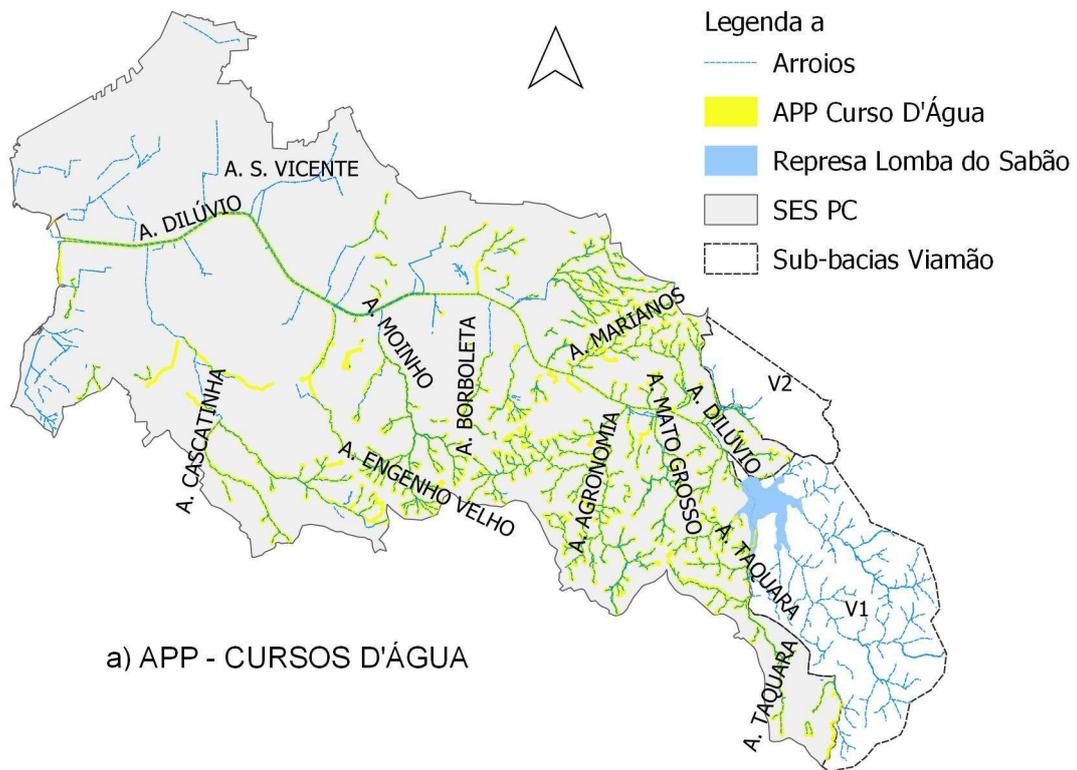
Formação da área de proteção e de risco hidrogeológico - APR

As APPs de curso d'água foram as primeiras a serem criadas. Os traçados dos arroios foram redefinidos a partir das informações cadastrais, com a ajuda de imagens de satélite e fotos aéreas. Na área de urbanização mais antiga, lado Oeste da bacia, grande parte dos arroios foram canalizados e enterrados. Para obter os *buffers* de 30 m da área das APPs, foram considerados apenas os arroios em canal aberto ou livre. A Figura 3.25a mostra a área de APP resultante.

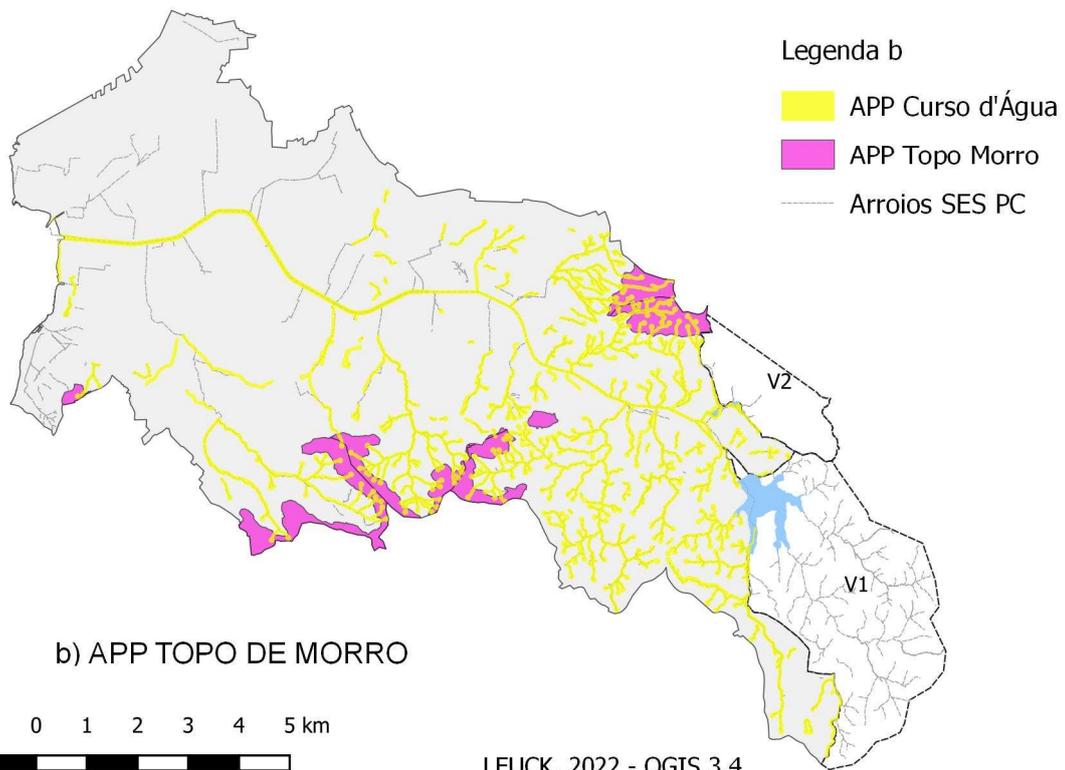
A Lei 12.651/12 estabelece a faixa de proteção desde a borda da calha do leito regular, mas optou-se por usar o eixo dos arroios pela escassez de informação e porque muitos possuem pequena largura, exceção feita ao Arroio Dilúvio, onde foi considerado igualmente a faixa de 30m, apesar da lei estabelecer 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura. Isto porque o arroio teve seu traçado retificado e a maior parte do arroio, 12 km, foi canalizada a partir da década de 1940, e ainda, por este trecho estar numa área de urbanização antiga e bem adensada, com uma larga avenida em suas margens, que não poderia ser revertida para APP.

O SES PC abrange áreas com diversas características geológicas e de relevo, que se diferenciam quando mudam das áreas de planícies para as áreas dos morros da Cruz, Santana e Pelado, que correspondem às áreas onde os riscos geológicos associados a escorregamentos em encostas ocupadas assumem as maiores dimensões. A APP de topo de morro só existe em cotas acima de 100m e com inclinação maior que 25°, que é o caso nestes morros. Na Figura 3.25a são mostradas tipologias de áreas de proteção do tipo APP de curso d'água e na Figura 3.25b de Topo de Morro. Na Figura 3.26a estão as áreas de risco hidrogeológico e na Figura 3.26 b a feição da área resultante da sobreposição das três anteriores, a área de proteção e de risco (APR). Dentre os impactos oriundos da ocupação destas áreas na bacia, destacam-se o assoreamento dos rios e da infraestrutura de saneamento, alagamentos, deslizamentos, lançamento de resíduos sólidos nos arroios e, inclusive a ocorrência de uma morte ocorrida em uma enxurrada.

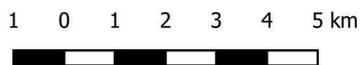
Em muitos locais da bacia e em diversas ocasiões recomendou-se a remoção das moradias das áreas mais críticas, mas a falta de fiscalização e de controle fazem com que a população volte a ocupar estes locais. Em certos casos foram realizadas obras para minimizar os riscos, contudo, destinar recursos humanos e de serviços para monitoramento e manutenção das estruturas de contenção de solo e de drenagem não são uma constante na administração pública. A descontinuidade destas ações compromete os esforços de prevenção de riscos.



a) APP - CURSOS D'ÁGUA



b) APP TOPO DE MORRO



LEUCK, 2022 - QGIS 3.4

Figura 3.25 - Recortes formadores da APR: a) APP cursos d'água; b) APP topo de morro. Fonte: elaborado pela autora.

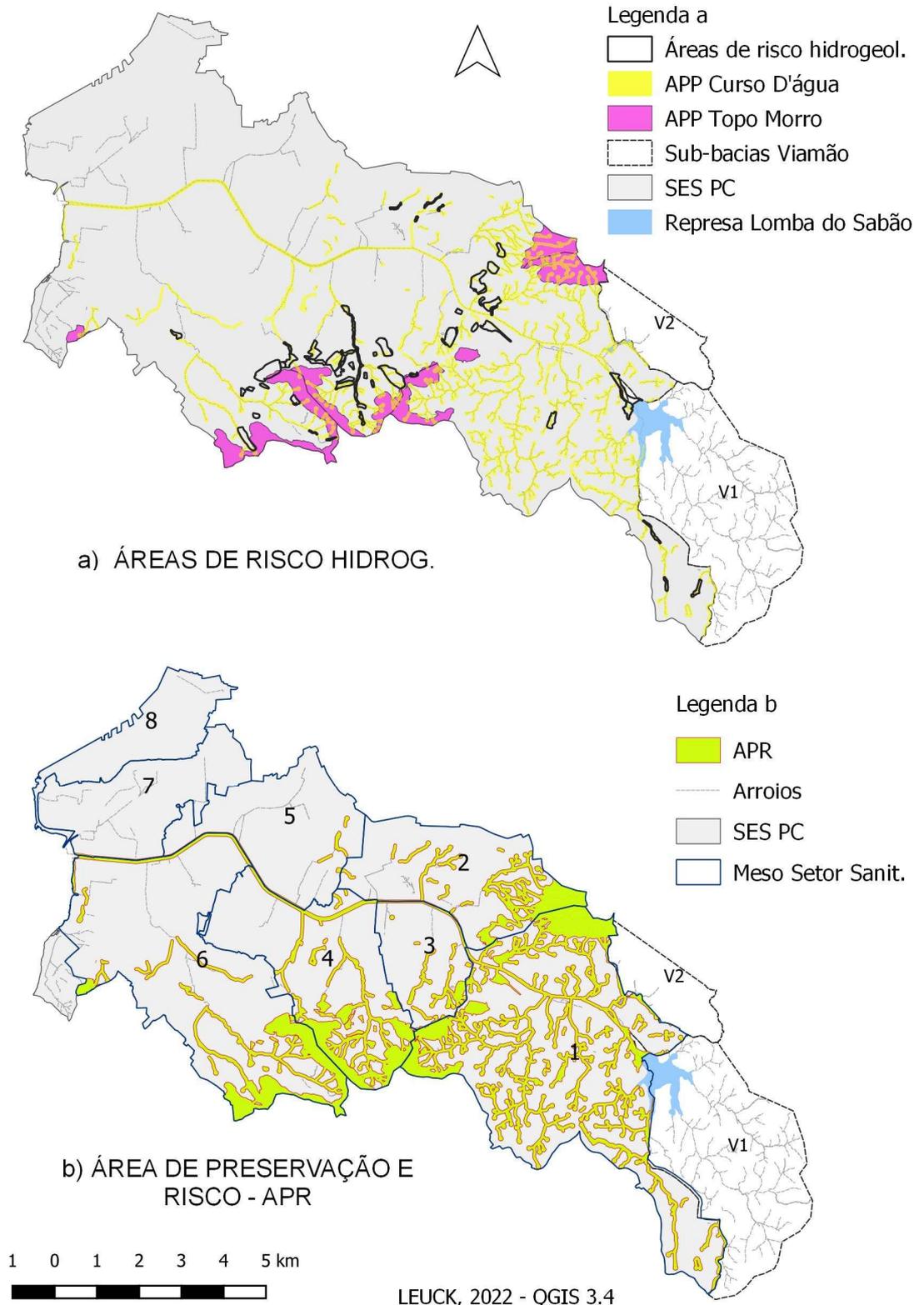


Figura 3.26 - Recortes formadores da APR: a) área de risco hidrogeológico; b) APR.
 Fonte: elaborado pela autora.

Áreas Especiais de Interesse Social - AEIS

As camadas das AEIS são oriundas do cadastro do DEMHAB, elas foram divididas em recortes que as classificaram como fora de APR ou na APR, sendo que das AEIS na APR, ainda foram separadas as AEIS em área de risco.

3.11 O Índice de desempenho do SES

O objetivo desta fase foi desenvolver um Índice de Desempenho do SES Ponta da Cadeia que permita uma avaliação comparativa entre os Meso Setores Sanitários do SES.

O índice foi composto a partir dos indicadores de saneamento do SNIS, do ITB e da OFWAT. A seleção dos indicadores considerou a experiência da autora sobre aspectos relevantes para o esgotamento sanitário, assim como o conhecimento dos SES da cidade e do uso do cadastro do DMAE e da PMPA.

O processo se desenvolveu em três etapas metodológicas, conforme o diagrama da Figura 3.27. Para a seleção dos indicadores foram consideradas as informações do cadastro da concessionária, onde os elementos que compõem as feições, que foram construídos com base nas necessidades dos clientes internos, são um bom referencial dos dados utilizados na prática, enquanto a codificação envolveu o conhecimento dos pontos fracos do SCCES no SES. Para a elaboração dos indicadores compostos foi realizada uma abordagem mista para a análise de variáveis. Para a etapa 1 foram utilizados a mesma base de dados das fases anteriores.

A seleção dos indicadores baseou-se na planilha resumo dos Indicadores Agregados do SNIS - 2018, nos indicadores usados por Lopes (2016), nos indicadores utilizados pelo ITB para classificação das 100 maiores cidades no *Ranking* do Saneamento e nos indicadores usados pela OFWAT. Para a determinação do índice de desempenho e a classificação dos mesmos, etapa 3, foram usados como referência a metodologia adotada por Lopes (2016).

Para obter o índice de cobertura das redes que são de fato coletoras, diferentemente do critério adotado pela concessionária e SNIS que excluem apenas os emissários, foi feito um filtro para considerar os diâmetros até 300 mm, pois diâmetros maiores não permitem a ligação na rede. Esta modificação foi adotada para evitar que a análise em escalas maiores, como por sub-bacias ou setores, apresentasse valores significativos de rede coletora nos trechos das redes

sem função de coleta. Assim, os valores de cobertura das redes diferem daqueles adotados no PDE/2013.

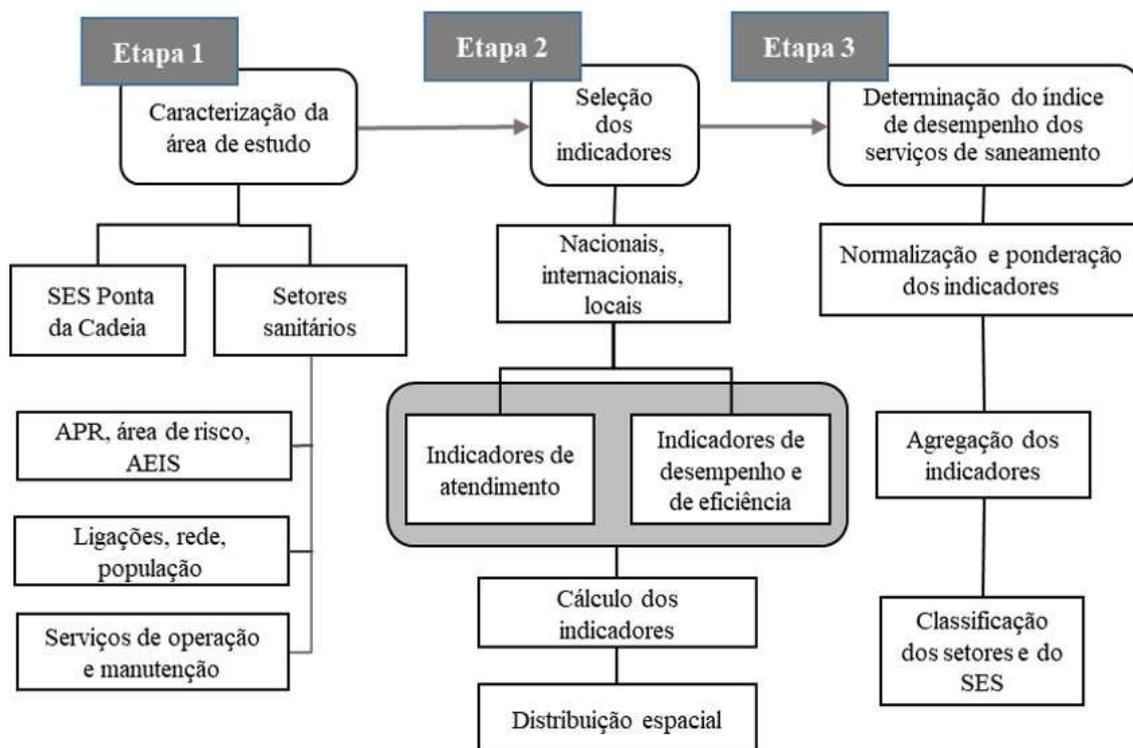


Figura 3.27 - Diagrama metodológico da aplicação dos indicadores de saneamento nas unidades de análise.

Fonte: adaptado de Lopes (2016).

Por falta de referência metodológica para os indicadores de eficiência dos serviços de esgotamento sanitário, utilizou-se ponderações e pesos atribuídos pela autora, considerando a importância que a fiscalização das ligações prediais dos esgotos e das vistorias geram para melhorar a confiabilidade das informações cadastrais, para verificar a capacidade da rede receber as conexões prediais e identificar os pontos com lançamento no sistema pluvial.

Para analisar os eventos onde ocorreram extravasamentos de esgoto foram utilizados os dados dos serviços operacionais realizados pelas Distritais de Esgoto, que se originam, em sua maioria, das reclamações do serviço de atendimento pelo telefone 156, armazenados em planilhas eletrônicas por ano e por distrital. O SES PC tem área de atuação pertencente a três distritais, Centro, Leste e Sul, numa divisão baseada na facilidade de acesso das equipes, completamente desconectada do SCCES, ou de uma visão de gestão integrada, onde seja

possível verificar os resultados das ações de manutenção e operação realizadas pelas equipes operacionais.

Os eventos foram filtrados utilizando a palavra **desobstrução** na coluna tipo de serviço, também foi feita uma separação entre os eventos de desobstrução que apresentaram extravasamentos visíveis para a via pública, passeio e propriedades. Assim, as situações foram separadas pela localização onde ocorreram extravasamentos e pelo tipo de extravasamento, tendo em vista que o extravasamento para dentro da propriedade é considerado o de maior gravidade.

A partir das planilhas eletrônicas contendo as solicitações, endereço e tipo de serviço, foram feitas as adequações, cortes e agrupamentos. Como os dados dos serviços de operação e manutenção da rede não são espacializados foi utilizada a programação SQL do Quantum GIS, para a união dos vetores dos eixos viários e do arquivo “.csv” gerado com os dados filtrados, que foram unidos pelo campo “código dos logradouros”. No arquivo dos eixos viários, os logradouros estão divididos em segmentos na coluna “CODSEG”, os eventos foram unidos a estes segmentos, de acordo com a numeração das economias. Com os eventos conectados aos segmentos de eixo viário foi possível espacializar os eventos na bacia e agrupar estes dados por unidade de análise.

Seleção dos indicadores para a composição do índice de desempenho do SES

A metodologia adotada pelo SNIS utiliza a cidade como unidade de análise, que é a indicada para a avaliação e planejamento em escala nacional. Quando o foco passa a ser a análise da eficiência e eficácia entre os SES ou MSS, o agrupamento dos dados necessita de recortes específicos, que permitam abordar e visualizar as características locais.

Na pesquisa, os indicadores de água foram descartados e os indicadores de eficiência, que no ITB não incluem esgoto, foram substituídos pelos indicadores de vistoria e efetividade das ligações de esgoto.

Para agregar valor ao indicador do nível de cobertura, o indicador Coleta foi separado entre redes isoladas e redes conectadas ao sistema. Já para a eficiência, foi agregado o indicador de efetividade das ligações de esgoto, pois existe um déficit entre as ligações consideradas como ligadas ao sistema para a cobrança de tarifa e as ligações vistoriadas e ligadas de fato.

O processamento dos dados com as ferramentas de geoprocessamento fornece uma rica fonte de alternativas para a análise espacial, revelando aspectos que não seriam vistos sem o

uso desta ferramenta. Ao passar da escala da cidade para a de sistemas e de sistemas para setores com pontos de monitoramento, os indicadores adquirem uma nova dimensão, pois passam a representar valores que estão relacionados às áreas de coleta, bombeamento e tratamento. Nesta escala é possível medir, avaliar e controlar as ações.

Na Inglaterra a ocorrência de um evento de extravasamento por km de rede é considerada grave em termos de qualidade de atendimento e de eficiência. Considerando a diferença de contexto, não faria sentido comparar àqueles aos números do SES. Todavia, pode-se usar o método como referencial para estruturar a informação local e desenvolver outros indicadores relacionados a estes eventos.

Os valores comparativos das informações e dos indicadores baseados no SNIS 2018, relacionados ao abastecimento de água e esgotamento sanitário para as áreas de APR, risco, AEIS e o SES PC, são mostrados no capítulo dos resultados, na Tabela 4.14, informações, e na Tabela 4.15, indicadores.

As informações dos indicadores por todos os recortes, inclusive os setores sanitários estão no apêndice.

Para efetuar a análise dos cenários propostos foram introduzidos novos indicadores baseados nos dados das feições dos ramais, listados a seguir:

AX01 – Ligações residenciais ativas de água – para obter o consumo residencial este dado é necessário para obter as ligações residenciais ativas não medidas.

AX02 – Ligações residenciais ativas de água micro medidas – das ligações residenciais ativas micro medidas obtém-se o consumo micro medido por economia que será usado para estimar o consumo das economias não medidas.

AX03 – Economias Totais de água – quantidade de economias atendidas com ramal de água.

EX01 – Extensão da rede coletora de esgotos – as ligações de esgoto não podem ser feitas em rede com diâmetro maior que 300 mm, portanto é conveniente separar a rede coletora, disponível para a ligação, da rede que tem função apenas de conduzir os esgotos.

EX02 – Extensão da rede coletora de esgotos interligada – como o objetivo do sistema é conduzir os esgotos para a ETE Serraria, é importante separar a rede que está interligada da não interligada.

EX03 – Poços de Visita com descarga em Pluvial – estes são pontos de extravasamentos da rede de esgotos para a rede de drenagem, que devem ser monitorados para o controle ambiental.

EX04 – Quantidade de ligações totais de esgotos vistoriadas – as ligações que foram testadas quanto à sua ligação a algum sistema de coleta ou tratamento.

EX05 – Quantidade de ligações totais de esgotos efetivas – as ligações que, após testadas, comprovaram estarem ligadas ou tiveram sua ligação efetivada à rede coletora.

EX06 – Extravasamento de esgotos em lotes privados – número de ocorrências de reclamações de extravasamento de esgotos no lote privado, inclusive dentro do prédio.

EX07 – Reclamações – número de protocolos de reclamações dos usuários.

EX08 – Desobstruções – número de serviços de desobstruções por ano.

IX01 – Índice de integração da rede coletora – percentual da rede interligada – EX02 pela rede coletora total – EX01.

IX02 – Ligações de esgoto vistoriadas – percentual das ligações vistoriadas – EX04 pelo total de ligações – AG21.

IX03 – Ligações de esgoto efetivas – percentual das ligações vistoriadas efetivas – EX05 pelo total de ligações – AG21.

IX04 – Reclamação por ligação – percentual das reclamações anuais pelo total de ligações ativas de esgoto – ES002.

IX05 – Extravasamentos em propriedades privadas por comprimento de rede.

IX06 – Índice de Desobstruções – desobstruções por comprimento de rede – ES004.

IX09 – PV com descarga em pluvial – número de PVs por quilômetro.

Dentre os quatro grupos de indicadores de esgotamento sanitário do SINISA (SNIS, 2020c) foram considerados os de cobertura e atendimento, operacional e de qualidade dos serviços.

Os dez indicadores selecionados para comporem o índice de desempenho foram classificados em três grupos mostrados no Quadro 3.2, três indicadores de atendimento – IA, cinco indicadores de desempenho do sistema – ID e dois indicadores de eficiência do sistema – IE. Os indicadores relativos ao nível de cobertura e atendimento são os IA1 a IA3, ao desempenho o ID1 ao ID5 e ao nível de eficiência os IE1 a IE2.

Quadro 3.2 - Grupos de indicadores propostos para o índice de desempenho.

Indicadores	Origem	Grupo
IA1 – População residente conectada à rede coletora.	IN056	Cobertura e atendimento
IA2 – Índice de coleta de esgoto	IN015	
IA3 – Tratamento de esgoto	IN016	
IE1 – Ligações de esgoto vistoriadas* ¹	IX02	Efetividade
IE2 – Ligações de esgoto efetivas* ¹	IX03	
ID1 – Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	IN082	Desempenho operacional
ID2 – Extravasamentos de esgotos em propriedades privadas	IX05	
ID3 – Desobstruções	IX06	
ID4 – Poços de Visita com descarga em Pluvial	IX09	
ID5 – Reclamação por ligação	IX04	

*¹-obtidos das camadas cadastro do DMAE.

O IA1 - índice da população residente conectada à rede coletora, indicador IN056 do SNIS, foi obtido pela densidade populacional das economias dos setores censitários atendidas com rede coletora, ramais com tarifa 2 e 3.

Os valores utilizados para a obtenção do IA2, indicador IN015, foram o consumo mensal das economias, tanto dos ramais medidos como dos não medidos, considerando que 80% da água consumida é coletada como esgoto sanitário. A média de hidrometração (IN009) no SES é de 96,30%, o que garante robustez aos valores consumidos.

O IA3 - índice de tratamento de esgoto (IN016) foi obtido pela relação entre o consumo dos ramais atendidos por rede conectada ao tratamento, tarifa 2, e o consumo total de ramais atendidos por rede separadora, tarifas 2 e 3.

O índice de desempenho de extravasamentos ID1 - indicador IN082 está relacionado ao desempenho do sistema em relação ao número de extravasamentos reportados no sistema 156 por extensão de rede.

Quadro 3.3 - Indicadores de desempenho para o Sistemas de Esgotamento Sanitário.

Grupo	Indicadores	Equação	Unidade
Nível de atendimento	IA1 – População residente conectada à rede coletora.	$\frac{\text{Pop. atendida com serviço de esgotamento}}{\text{Pop. total}} \times 100$ (3.5)	%
Nível de atendimento	IA2 – Índice de coleta de esgoto	$\frac{\text{Pop atendida com rede coletora}}{\text{Pop total}} \times 100$ (3.6)	%
Nível de atendimento	IA3– Tratamento de esgoto	$\frac{\text{Volume de esgoto tratado}}{\text{Volume de esgoto gerado}} \times 100$ (3.7)	%
Nível de eficiência	IE1 – Ligações de esgoto vistoriadas	$\frac{\text{Ligações ativas vistoriadas}}{\text{Ligações ativas totais}} \times 100$ (3.8)	%
Nível de eficiência	IE2– Ligações de esgoto efetivas	$\frac{\text{Ligações ativas conectadas}}{\text{Ligações ativas totais}} \times 100$ (3.9)	%
Nível de desempenho	ID1 – Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	$\frac{\text{Extravasamentos}}{\text{Extensão de rede}}$ (3.10)	extravas/km
Nível de desempenho	ID2 – Extravasamentos de esgotos em propriedades privadas	$\frac{\text{Extravasamentos em lotes}}{\text{Extensão de rede}}$ (3.11)	extravas/km
Nível de desempenho	ID3 – Desobstruções	$\frac{\text{Desobstruções}}{\text{Extensão de rede}}$ (3.12)	desob/km
Nível de desempenho	ID4 – Poços de Visita com descarga em Pluvial	$\frac{\text{PVs com descarga em pluvial}}{\text{Extensão de rede}}$ (3.13)	PVs
Nível de desempenho	ID5 – Reclamação por ligação	$\frac{\text{Reclamações}}{\text{Ligações ativas}}$ (3.14)	reclamações/lig

Fonte: elaborado pela autora, adaptado de Lopes (2016) e ITB (2017).

O ID2 - índice de extravasamentos em lotes privados (IX05) por quilômetro de rede foi obtido pelo número de eventos onde ocorreu alagamento dentro dos lotes privados relacionados ao extravasamento dos esgotos, obtidos nos protocolos do sistema 156.

O ID3 - índice de Desobstruções (IX06), também foi obtido das planilhas das ordens de serviços executados das distritais. Mede a quantidade de serviços de desobstrução das redes, geralmente decorrem dos extravasamentos causados por obstruções das redes por sedimentos, material de construção, gordura ou resíduos sólidos.

O ID4 - Índice de pontos de descarga (IX09) indica o número de lançamentos de esgoto no sistema pluvial. Foi obtido das camadas de PVs, no atributo “destino” dividido pela extensão da rede. Quanto maior o valor, mais pontos onde existe dificuldade de conexão dos trechos de rede ao sistema de tratamento.

O ID5 - índice de reclamações está relacionado ao desempenho do sistema percebido pelo usuário. Foi considerado o percentual de reclamações dos usuários por ligações ou processos pelas ligações ativas de esgoto, IX04.

O IE1 - índice de vistoria das ligações – IX02 não é considerado nos índices do SNIS. Ele foi obtido pelo elemento cadastral “atributo secundário” associado ao ramal, somando-se as ligações com valores 2 e 3, vistoriadas. O valor 1, indica que não se tem informação sobre a ligação; o valor 2, que a ligação não está conectada e o valor 3, que a ligação está conectada à rede. Os casos em que ligação não foi considerada conectada após a vistoria são aqueles onde existe algum impedimento de cota ou outras interferências que impossibilitam a ligação.

Os valores do IE2 - índice de efetividade das ligações (IX03), que também não é considerado nos indicadores do SNIS, foram obtidos do elemento “atributo secundário” com valor 3, que são os lotes que estão vistoriados e ligados ao sistema, pelo total de ligações vistoriadas com tarifa 2 e 3.

Os dados sobre os extravasamentos foram obtidos das planilhas das autorizações de serviços executados pelo setor operacional, através da prospecção no campo do “assunto”. Os serviços se originam em sua maior parte das reclamações dos usuários através do telefone 156, onde é feita a triagem do problema pelos atendentes e o encaminhamento à distrital responsável pela região. Cada distrital tem uma mesma área de atuação para os serviços de água e esgoto, definida por critérios que não consideram a bacia como unidade de gestão.

Os dados sobre extravasamentos em lotes privados foram obtidos da mesma fonte do anterior, mas foi aplicado um filtro para segregar os eventos que ocorreram nos lotes.

Desenvolvimento do Índice de Desempenho do SES

A partir dos indicadores obtidos para as sub-bacias foi calculado o índice de desempenho para cada sub-bacia do SES Ponta da Cadeia, através da composição dos dez indicadores.

Para isto, os indicadores foram normalizados, ponderados, agregados e após, classificados ordinalmente e nominalmente. A normalização foi necessária para tornar os valores dos indicadores adimensionais para a agregação.

A metodologia utilizada foi a de redimensionamento contínuo, na escala de 0 a 1, conforme a Equação 3.15 (JUWANA et al, 2012 *apud* LOPES, 2016).

$$S_i = (X_i - X_{inf}) / (X_{sup} - X_{inf}) \quad (3.15)$$

Sendo: S_i – Valor normalizado; X_i – Valor a ser normalizado; X_{inf} – Limite inferior e X_{sup} – Limite superior.

Os limites superiores e inferiores foram definidos por valores de órgãos de referência, ou pelos valores máximos ou mínimos obtidos nas unidades de análise, critério adotado pela autora para reduzir a pontuação dos indicadores IA1 e IA2, já que estes indicadores, mesmo sendo altos, não expressam a real situação do saneamento. Para os indicadores onde não havia possibilidade de usar referência externa, ID1 a ID5, foram utilizados os valores máximos e mínimos obtidos do cálculo das unidades de análise, segundo critério adotado pela OFWAT.

Quadro 3.4 - Valores adotados para a normalização e ponderação dos dados

Indicadores	Origem	Limite inferior	Limite superior	Peso
IA1 – População residente conectada à rede coletora.	IN056	29,27	100	8
IA2 – Índice de coleta de esgoto	IN015	26,40	100	10
IA3– Tratamento de esgoto	IN016	0	100	10
IE1 – Ligações de esgoto vistoriadas	IX02*	0	100	10
IE2– Ligações de esgoto efetivas	IX03*	0	100	10
ID1 – Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	IN082	26,45	0,00	5
ID2 – Extravasamentos de esgotos em propriedades privadas	IX05*	8,83	0,00	12
ID3 – Desobstruções	IX06*	28,66	0,00	15
ID4 – Poços de Visita com descarga em Pluvial	IX09*	11,29	0,00	12
ID5 – Reclamação por ligação	IX04*	0,67	0	8

Fonte: adaptado de ITB (2020a) e Lopes (2016) .

Obs.: *dado local, sem referência.

O maior peso foi atribuído ao índice pelos serviços de desobstruções, 15% por ser o que gera a maioria dos protocolos de serviços, seguido pelos extravasamentos em propriedades privadas com 12%, pela gravidade da situação e dos PVs com descargas no sistema de drenagem, 12%, pela importância ambiental. Neste caso não foi encontrado um indicador similar que pudesse servir como referência, mas é um indicador importante para avaliar o nível de integração das redes e os locais com lançamento de carga orgânica no ambiente.

Os menores pesos foram atribuídos ao Indicador de extravasamentos de esgotos por extensão de rede, 5% e, pelo atendimento de reclamações, 8%, por considerar que estão vinculados aos eventos de extravasamentos e desobstruções, e aos índices de população atendida com coleta de esgotos, 8%, devido ao nível de atendimento ser alto e cobrir a maior parte do SES.

A agregação dos indicadores dever gerar um índice de desempenho que varie de 0 a 100. Esta variação se dá sem necessidade de ajuste, já que os pesos somam 100%.

A agregação dos dados seguiu o método aritmético (Equação 3.16):

$$ID = \sum_{i=0}^N w_i . S_i \quad (3.16)$$

Sendo: I – Índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário das sub-bacias do SES Ponta da Cadeia (ID_SPC).

A Equação 3.17 foi usada para a determinação do IDSES-PC:

$$ID - SPC = (w_{IQS1} + w_{IQS2} + w_{IQS3} + w_{IQS4} + w_{IQS5} + w_{IQS6} + w_{IOM1} + w_{IOM2} + w_{IOM3} + w_{IOM4})/10 \quad (3.17)$$

A classificação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário nas sub-bacias do SES Ponta da Cadeia foi feita pela divisão numérica dos valores em cinco intervalos, sendo que para cada intervalo foi atribuída uma escala nominal, conforme a pontuação mostrada no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Valores para a classificação do índice de desempenho.

Valores atribuídos ao ID_SPC	Classificação
81 –100	Ótimo
61– 80	Bom
41 – 60	Regular
21– 40	Ruim

0 – 20	Péssimo
--------	---------

Fonte: adaptado de Lopes (2016).

Assim, estabeleceram-se cinco classificações nominais distintas, “ótimo”, “bom”, “regular”, “ruim” e “péssimo”, Quadro 3.5.

Como a ideia era avaliar os indicadores em diferentes tipologias do tecido urbano, os indicadores e índices foram calculadas nos oito meso setores sanitários e nas subunidades de análise seguintes: sete em APR, cinco em áreas de risco, sete em AEIS em APR e oito em AEIS fora de APR, o que resultou em 35 áreas analisadas. O número do MSS é o último caractere do nome das unidades de análise.

4 RESULTADOS

Os resultados foram organizados para mostrar os cenários da coleta e tratamento dos esgotos relacionados à cobertura da rede e sua expansão e à situação das ligações de esgoto através dos ramais. Primeiramente são apresentadas as informações de cobertura da rede coletora e da população do SES, depois os resultados da estruturação do processo da coleta e condução dos esgotos sanitários nos sistemas de esgotamento e de drenagem, seguido dos indicadores obtidos através dos recortes das faixas equidistantes, das APR e AEIS, dos setores sanitários e por último o Índice de Desempenho.

4.1 A expansão da rede coletora

A expansão da rede coletora por extensão e pelo destino de rede implantada é mostrada no Gráfico 4.1 em intervalos de 5 anos, a partir de 1990 até 2018. A curva da cobertura da rede em relação à extensão dos logradouros do ano de 2018 foi adicionada ao gráfico para visualizar o avanço da cobertura no período. A cobertura variou de 46,41% a 73,46% no período e os dados utilizados para obter a quantidade de rede implantada por destino são mostrados na Tabela 4.1. Os valores de comprimentos das vias e do destino dos esgotos referem-se ao ano de 2018 e foram feitos com o recorte do SES PC do PDE/2103.

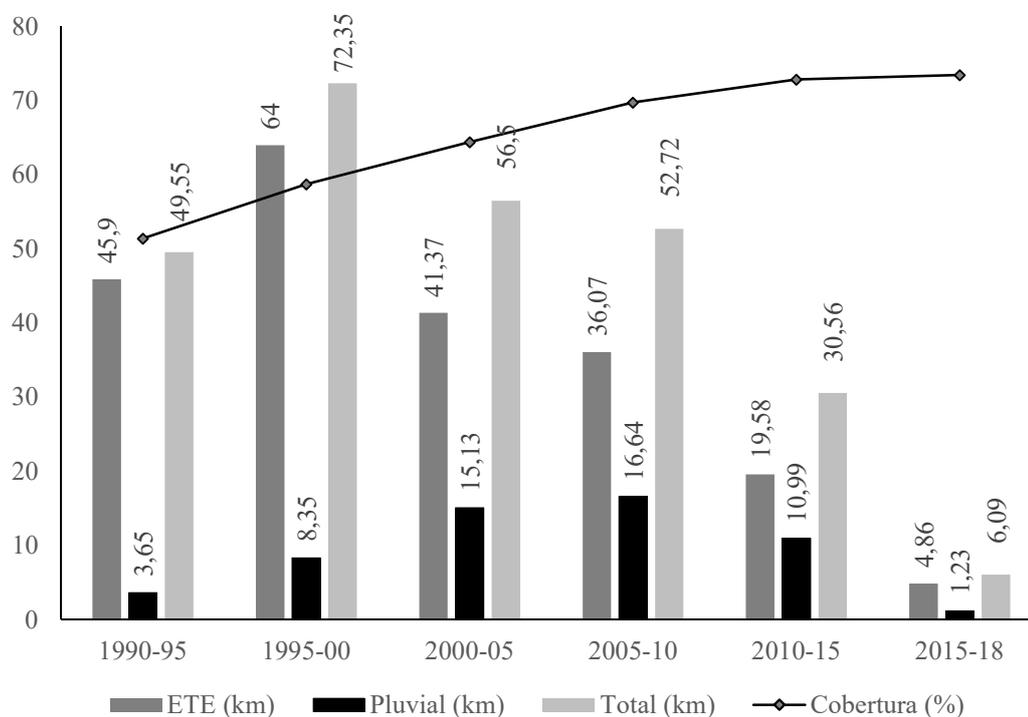


Gráfico 4.1 - Rede implantada por destino (km) e cobertura da rede coletora (%) no SPC de 1990 a 2018.

Fonte: elaborado pela autora baseado nos dados do cadastro do DMAE..

Observa-se no Gráfico 4.1 que o ápice do período de expansão da rede ocorreu entre 1995 e 2000. A partir do ano 2000 até 2018 houve redução progressiva da implantação de redes e, em 2015, a curva do índice de cobertura reduz sua inclinação e tende a se estabilizar. O recorte temporal acontece no momento de descida da curva de expansão da rede e quando o índice de cobertura de rede passa de 67,78% para 73,46%, vide Tabela 4.1 e Tabela 4.2.

Tabela 4.1 Extensão de rede separadora implantada entre 1990 e 2018 no SPC.

Destino	1990	1995	2000	2005	2008	2010	2015	2018
ETE (km)	426,27	472,17	536,17	577,54	599,25	613,61	633,19	638,05
Pluvial (km)	33,12	36,77	45,12	60,25	71,7	76,89	87,88	89,11
Total (km)	459,39	508,94	581,29	637,79	670,95	690,51	721,07	727,16
Cobertura (%)	46,41	51,41	58,72	64,43	67,78	69,75	72,84	73,46

Fonte: elaborado pela autora.

A dinâmica de crescimento da cidade também se alterou entre 2008 e 2018. Houve expansão da ocupação em direção as partes altas ao Sul e ao Leste, na divisa com Viamão. As áreas urbanizadas foram adensadas durante os anos de 2005 e 2014 com o aquecimento da economia.

Tabela 4.2 Cobertura da rede separadora no SES PC em 2008 e 2018.

Ano	Eixos viários (km)	Rede separadora até DN300 (km)	Cobertura em relação as vias (%) *	Rede separadora total (km)	Rede coletora p/tratamento (km)	Rede coletora p/tratamento (%)
2008	824,93	670,95	67,78	725,41	599,25	89,31
2018	824,93	727,16	73,46	788,45	638,05	87,74

Fonte: elaborado pela autora.

Para visualizar o cenário da cobertura de rede os dados da rede foram desagregados em três tipos: rede coletora, até DN300, rede coletora interligada ao sistema e o total de rede, mostrados na Tabela 4.2. Em 2008 havia 670,95 km de rede coletora, sendo que 89,31% destas interligadas ao tratamento e o total de 725,41 km de rede implantada. Em 2018, havia 727,16 km de rede coletora com 87,74% das redes coletoras com destino ao tratamento em ETE e 788,45 km de rede implantada. De 2008 a 2018 houve o aumento da cobertura da rede coletora em relação aos eixos viários, mas o percentual de rede interligada sofreu uma pequena redução.

A relação entre a rede e as ligações de esgoto foi avaliada através da tarifa que é atribuída ao ramal de água.

Mesmo com o aumento das redes interligadas ao tratamento de 85,28% em 2008 para 89,59% em 2018, não foi observado melhora nos indicadores de qualidade das águas do Arroio Dilúvio.

4.2 A eficiência do sistema de esgotamento sanitário em 2016

Em relação ao atendimento com rede coletora de esgotos o SES possui 75.268 ligações ativas de água (ES002) referentes às tarifas 2 e 3, atendendo a 276.162 economias (ES003), destas, 227.610 são economias residenciais ativas (ES008). Estes números indicam que existe um potencial de coleta dos esgotos através dos 774 km de rede de esgotos (ES004), que atendem a uma população de 498.486 habitantes com rede coletora (ES26). Isto equivale a uma carga de 26,92 tonDBO/dia com potencial de coleta, ou 9.825 tonDBO/ano.

O índice de atendimento total de esgoto (IN56) é de 92,89%, relacionado à população atendida com água, enquanto o índice de coleta de esgoto (IN15), que relaciona o volume de esgoto coletado pela água consumida é de 74,72% e o índice de tratamento do esgoto relativo ao esgoto coletado (IN16) é de 91,20%. Ao comparar os índices percebe-se que os problemas de ineficiência estão em atender 92,89% da população com rede de esgoto, mas coletar 68,14% do volume de água consumido e tratar 91,20% do esgoto coletado. Para a cidade o valor do IN015 é de 62,06% e do IN16 é de 79,12%.

Como a medição de vazão através de macro medidor não está em funcionamento na EBE PC, para confrontar os volumes de esgoto bombeados com os coletados usou-se a vazão afluente à EBE obtida pela medição do tempo de funcionamento das bombas da EBE com rendimento de 80%, que foi de 51.256.000m³ em 2016.

O volume produzido no SES em 2016 foi obtido pelo consumo total, 29.443.00 m³/ano (ES006) de 2016 mais o volume calculado devido à contribuição de infiltração de 0,0005m³/km, que resultou em 41.584.360m³/ano. Houve uma defasagem de 9.671.640m³/ano que, poderia ser atribuído a um aporte adicional de águas de infiltração e de ligações clandestinas de 23,26% para a vazão bombeada.

4.3 A distribuição da população pelos tipos de tarifa de esgoto

A estrutura da informação dos ramais de água em 2018 a partir das 90.000 ligações de ramais cadastradas no sistema GEODMAE é mostrada na Figura 4.1, onde foram vinculados os dados da população, economias, ligações e por fim, o agrupamento dos dados pelo tipo de tarifa, com ênfase no consumidor residencial.

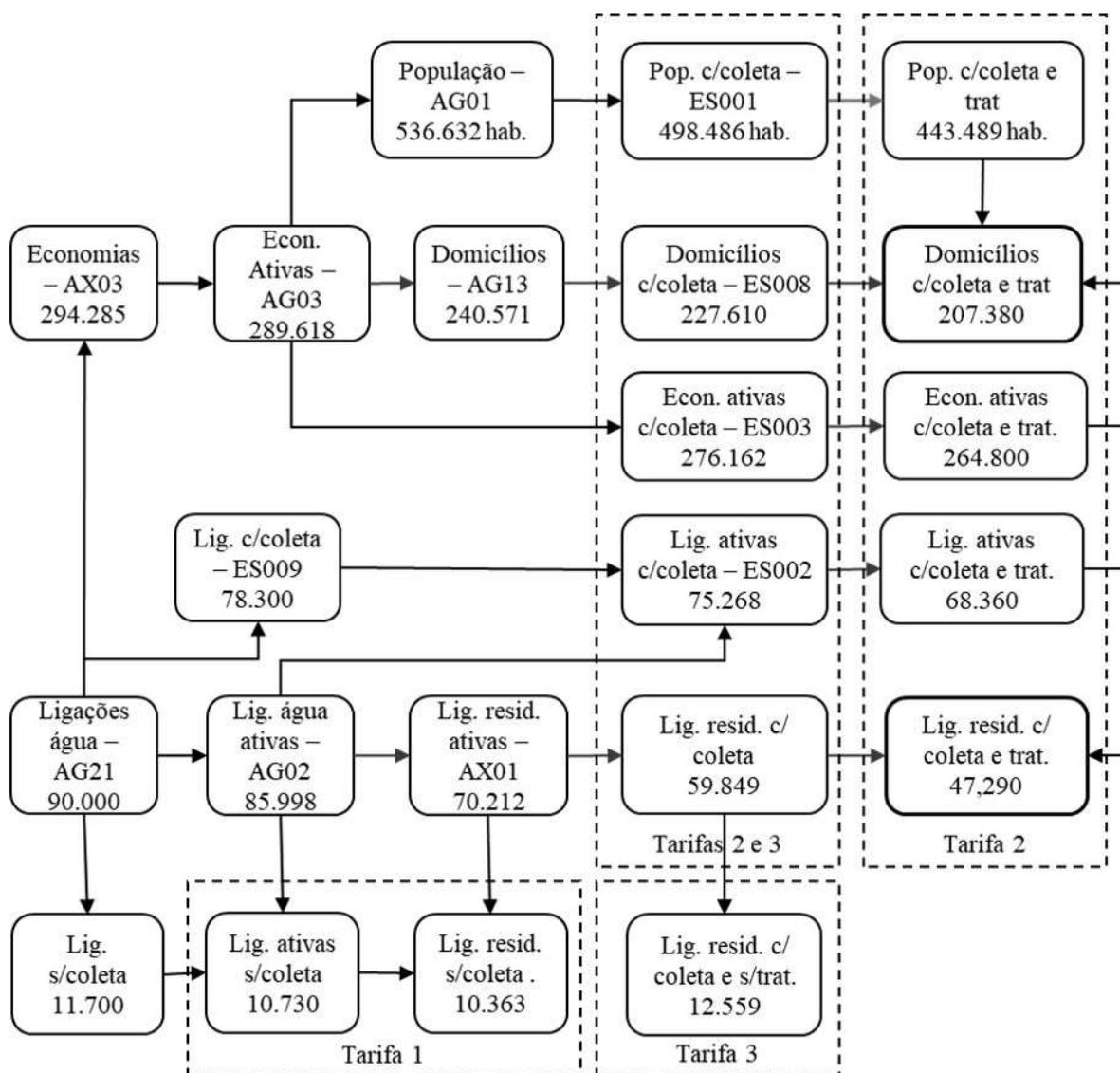


Figura 4.1 - Fluxograma da distribuição das ligações, economias e população no SPC por tarifa em 2018.

Fonte: elaborado pela autora com base nos dados de 2018 do cadastro do DMAE.

O aumento da população contribuinte de Viamão de 2010 para 2018 foi de 5.971 para 6.338 habitantes na bacia V1 e de 19.848 para 21.068 habitantes na bacia V2.

A população total do SES em 2018 era de 536.632 habitantes. O setor com maior população do SES é o MSS 6, seguido pelo MSS 5. A população por MSS para o ano de 2018 e o tipo atendimento pelo serviço de saneamento desta população são mostrados na Tabela 4.3, onde a população com tratamento está inserida na população com coleta.

Tabela 4.3 População dos Meso Setores Sanitários no SES em 2018.

MSS	População em 2018 (hab.)			População em 2018 (%)			
	Sem coleta	Com coleta IN024	Com tratam. IN016	Total	Sem coleta	Com coleta	Com tratam.
1	12.409	30.343	10.714	42.752	29,03	70,97	25,06
2	5.285	48.105	39.280	53.390	9,9	90,1	73,57
3	2.433	26.853	24.511	29.286	8,31	91,69	83,7
4	8.569	50.629	43.722	59.198	14,48	85,52	73,86
5	17	95.719	94.472	95.736	0,02	99,98	98,68
6	9.425	113.318	98.087	122.743	7,68	92,32	79,91
7	6	92.133	91.372	92.139	0,01	99,99	99,17
8	2	41.386	41.331	41.388	0	100	99,86
Total	38.146	498.486	443.489	536.632	7,11	92,89	82,64

Fonte: elaborado pela autora.

O MSS 1 tem maior percentual da população do SES sem o serviço de coleta, 29,03%, seguido pelo MSS 4 com 14,48%. Apenas 7,11% da população do SES não possui coleta dos esgotos. Os MSS 2, 3 e 6 tem mais de 90% da população atendida com a coleta dos esgotos. Nos MSS 5, 7 e 8 toda a população é atendida com serviço de coleta e tratamento dos esgotos, eles estão na área central da cidade com ocupação consolidada e maior densificação.

4.4 Atualização das sub-bacias de esgotamento sanitário do SES PC

A nova configuração resultou em um grupo de 47 sub-bacias na área de Porto Alegre. As sub-bacias localizadas em Viamão foram denominadas V1 e V2, elas estão na área da bacia do Arroio Dilúvio onde estão a maioria das suas nascentes. As águas da sub-bacia V1 direcionam-se para a barragem Lomba do Sabão, situada em área de preservação denominada Parque Saint Hilaire. A sub-bacia V2 lança os esgotos parte na barragem Mãe D'Água e parte no arroio Dilúvio.

A Figura 4.2 ilustra a divisão das sub-bacias adotada pelo PDE 2013 por cores e as novas sub-bacias nas linhas pretas. Em cada sub-bacia existe um ponto de convergência dos esgotos.

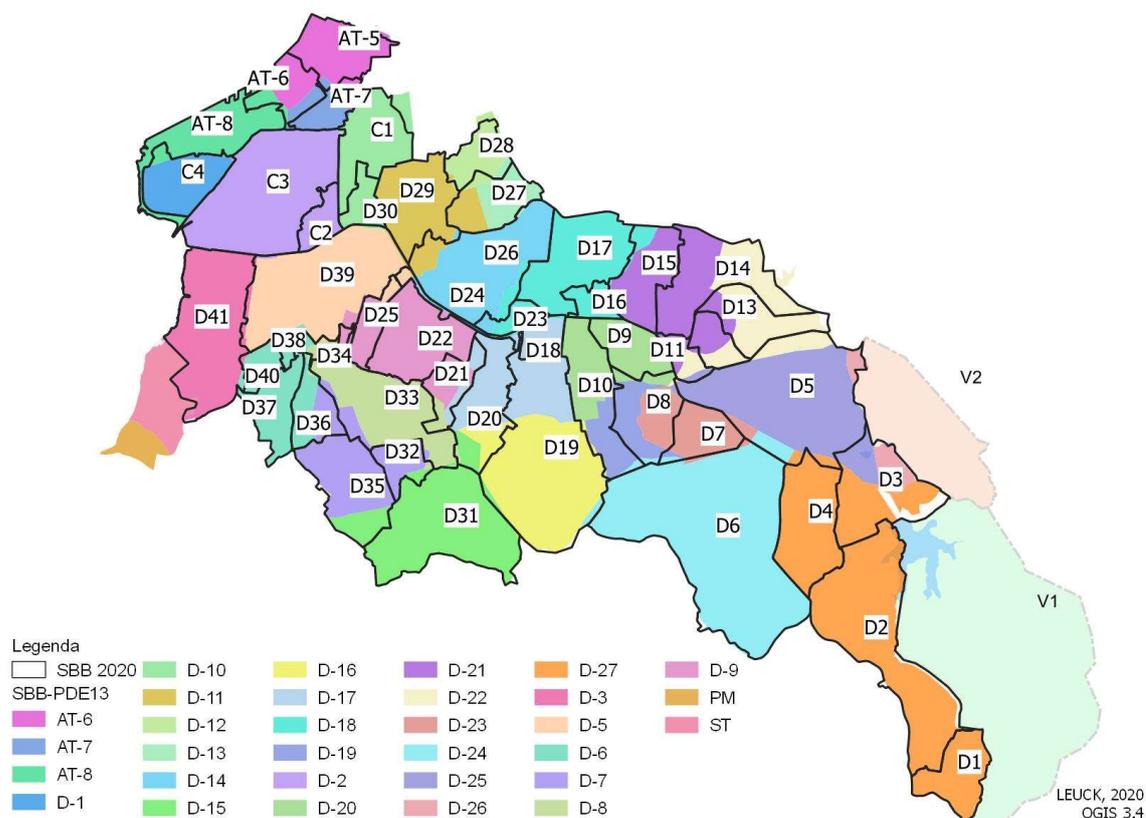


Figura 4.2 - Configuração proposta das sub-bacias de esgotamento sanitário sobre a divisão adotada pelo PDE/2013.

Fonte: elaborado pela autora.

4.5 Os setores sanitários e os pontos de monitoramento dos esgotos sanitários no SES

As 47 sub-bacias foram agrupadas em oito áreas de controle denominadas **Meso Setores Sanitários (MSS)**, Figura 4.3. O Meso Setor é uma unidade de análise e monitoramento do SES com escala intermediária entre a sub-bacia e o SES com o objetivo de viabilizar a avaliação do desempenho, ações de controle, de monitoramento e de modelagem. Os setores também podem ser agrupados em micro ou macro setores sanitários, a depender do objetivo da modelagem e do nível de gestão que se pretendido.

Em cada MSS existe um ponto de convergência dos esgotos coletados, representados pelos Pontos de monitoramento M1 a M9, que pode ser um PV ou numa Estação de

Bombeamento de Esgotos (EBE). No exemplo os pontos M7 e M9 são EBEs e os demais são PVs.

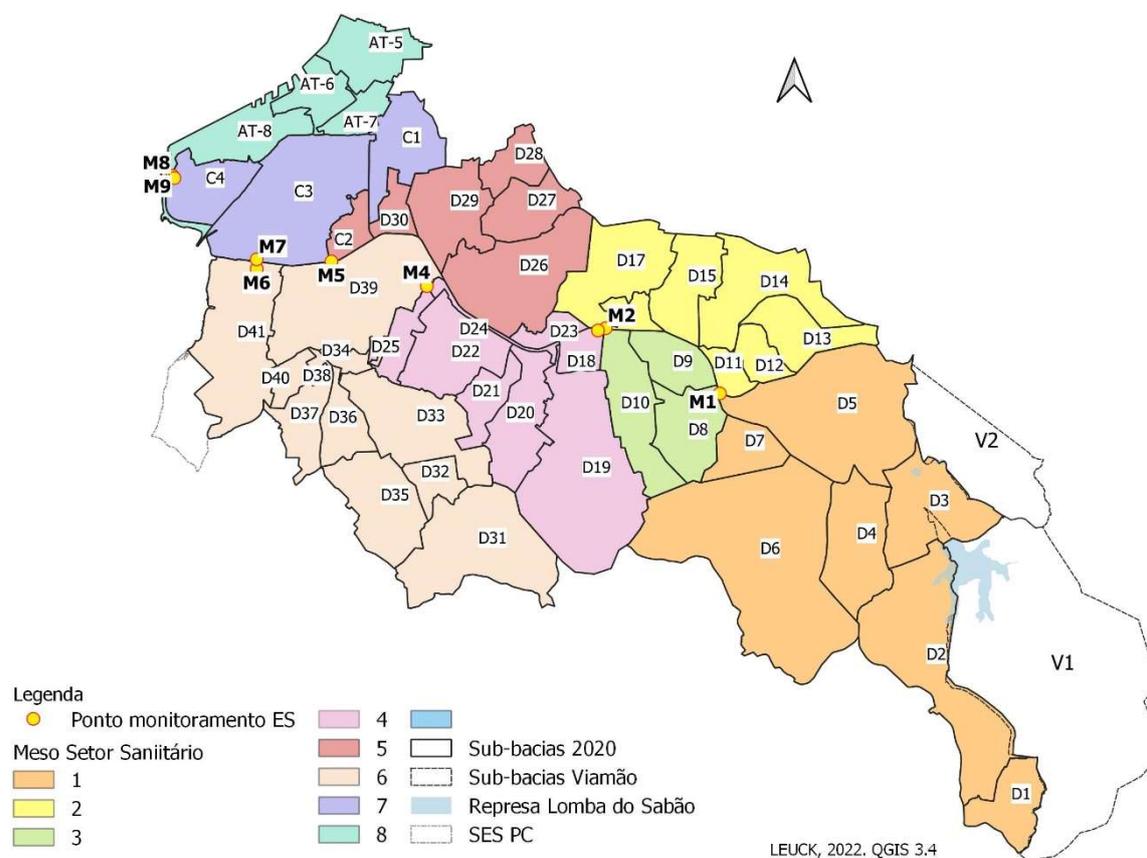


Figura 4.3 - Novas sub-bacias agrupadas pelos meso setores sanitários (MSS) e os pontos de monitoramento dos esgotos no SES PC.

Fonte: elaborado pela autora.

A configuração dos MSS foi elaborada de modo a vincular o sistema real a um modelo digital, possibilitando a construção, a validação, a simulação e a calibração de um modelo digital que contemple as variações de vazão, regime pluviométrico e concentração de poluentes. A partir desta estrutura, o DMAE contratou a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) para fazer a modelagem hidráulica para a fase 1 do Programa de Gerenciamento Integrado das Águas Urbanas (PGIAU). As fases seguintes serão a de projetos de engenharia, de operação e o de controle baseado em modelo (RTC).

A Tabela 4.4 mostra as áreas de cada um dos 8 MSS do SES PC.

Tabela 4.4 Áreas dos MSS do SES PC.

MSS	Área (ha)	Área (%)
1	2052,44	27,42
2	764,25	10,21
3	379,18	5,07
4	973	13
5	690,8	9,23
6	1612,97	21,55
7	611,69	8,17
8	400,27	5,35
Total	7484,6	100,00

Fonte: elaborado pela autora.

O mapa da Figura 4.4 mostra com maior detalhamento os coletores tronco, as estações de bombeamento, os MSS (1 a 9), os pontos de monitoramento e coleta de amostras dos MSS (M1 a M9) e a rede coletora.

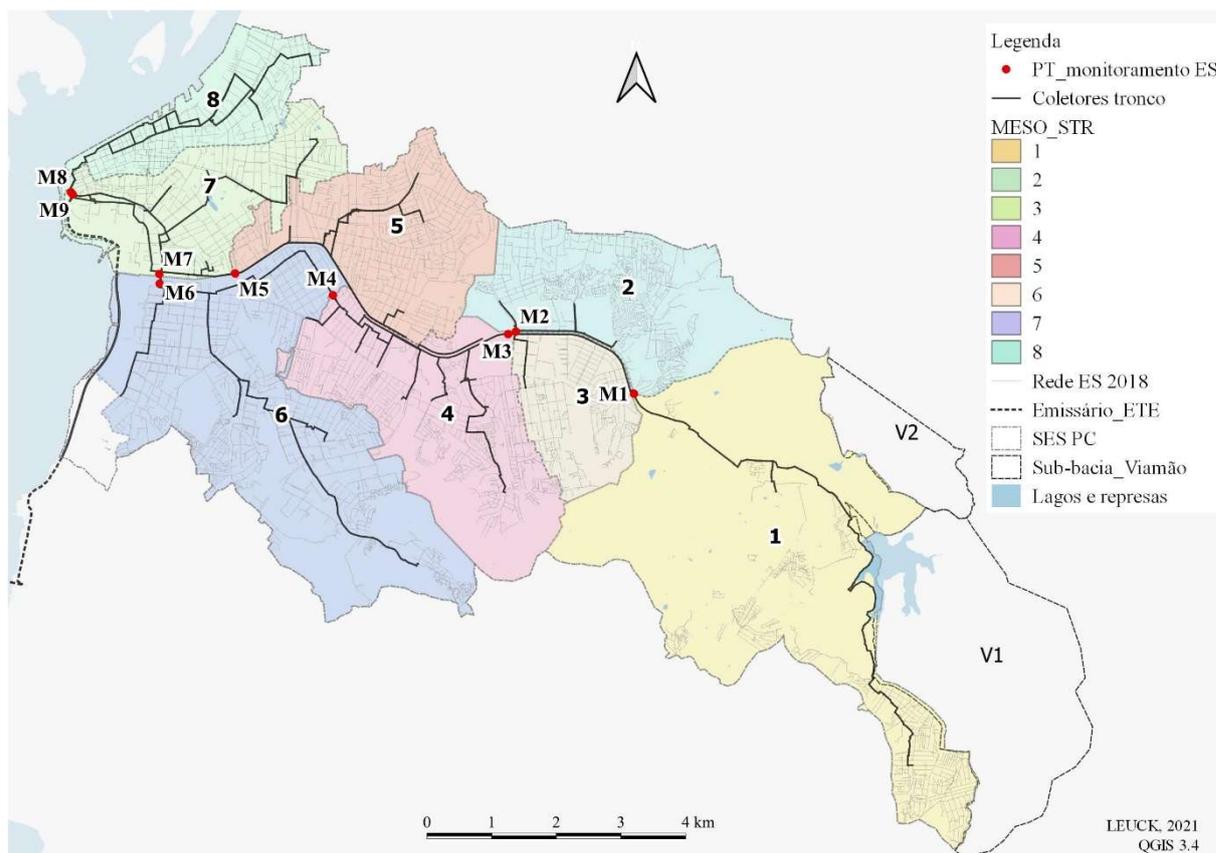


Figura 4.4 - Pontos de monitoramento dos setores sanitário (MSS) na rede separadora, no SES PC.

Fonte: elaborado pela autora.

4.6 O processo de acumulação da carga orgânica no SES PC através dos pontos de monitoramento no SCCES

A seguir foram calculadas as cargas orgânicas geradas para os nove pontos de monitoramento dos esgotos e os oito pontos de monitoramento das águas superficiais dos PVs adequados para a instalação de medidores de vazão e para a coleta das amostras.

O diagrama da Figura 4.5, ilustra o fluxo dos esgotos coletados no SCCE, das sub-bacias contribuintes para os MSS e indicam como tratar os dados obtidos em campo para efetuar o Balanço de Cargas. Os dados devem ser desagregados como indicado no diagrama.

O fluxograma do processo de acumulação das cargas orgânicas pelos MSS e o seu trajeto no SCCE é mostrado na Figura 4.6. Ele foi proposto como um exemplo ilustrativo do processo de acumulação da carga orgânica no SES. Esta configuração também permite avaliar cenários

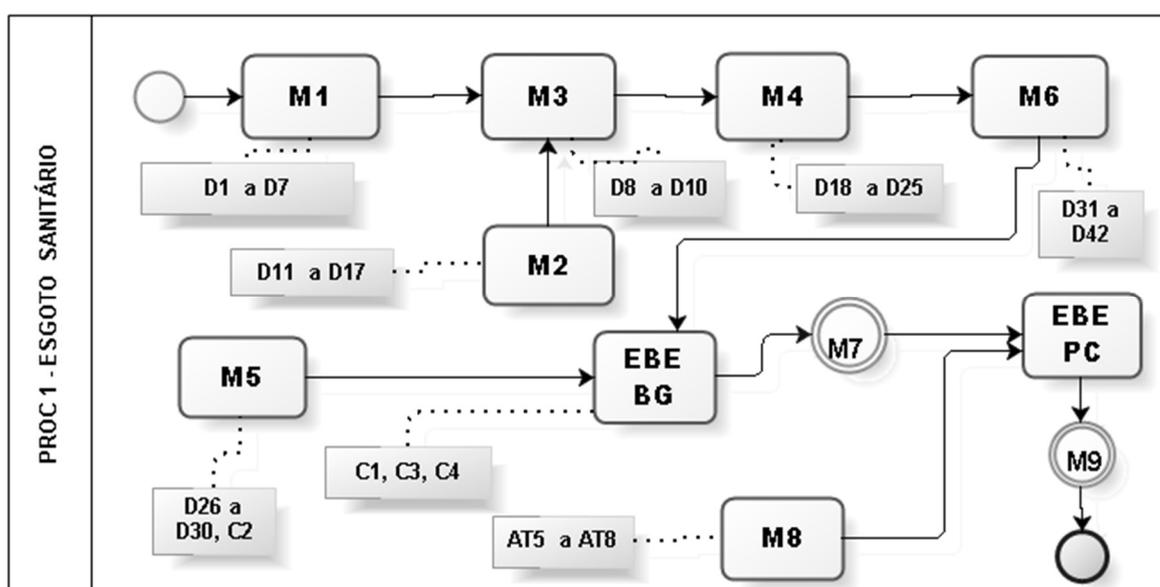


Figura 4.5 - Fluxograma do trajeto dos esgotos nos MSS através dos pontos de monitoramento M1 a M9, no SES PC.

Fonte: elaborado pela autora no programa Bizagi.

de aplicação de ações através da modelagem e simulação em três níveis: estratégico, operacional e de gestão, calibrados pelas informações obtidas nos pontos de monitoramento.

Considerando os valores de contribuição de DBO de 0,054 kgDBO/hab.dia recomendada pela NBR 12209/2011 para a população atendida com coleta e tratamento (443.489 hab.), tarifa 2, a carga orgânica total que é lançada no último ponto de controle, M9, foi estimada em 23.948,41 kgDBO/dia. O ponto M9 está localizado no emissário de recalque

da EBE PC. A carga orgânica é produzida pelos setores sanitários e vai se acumulando no SCCE até chegar na EBE PC.

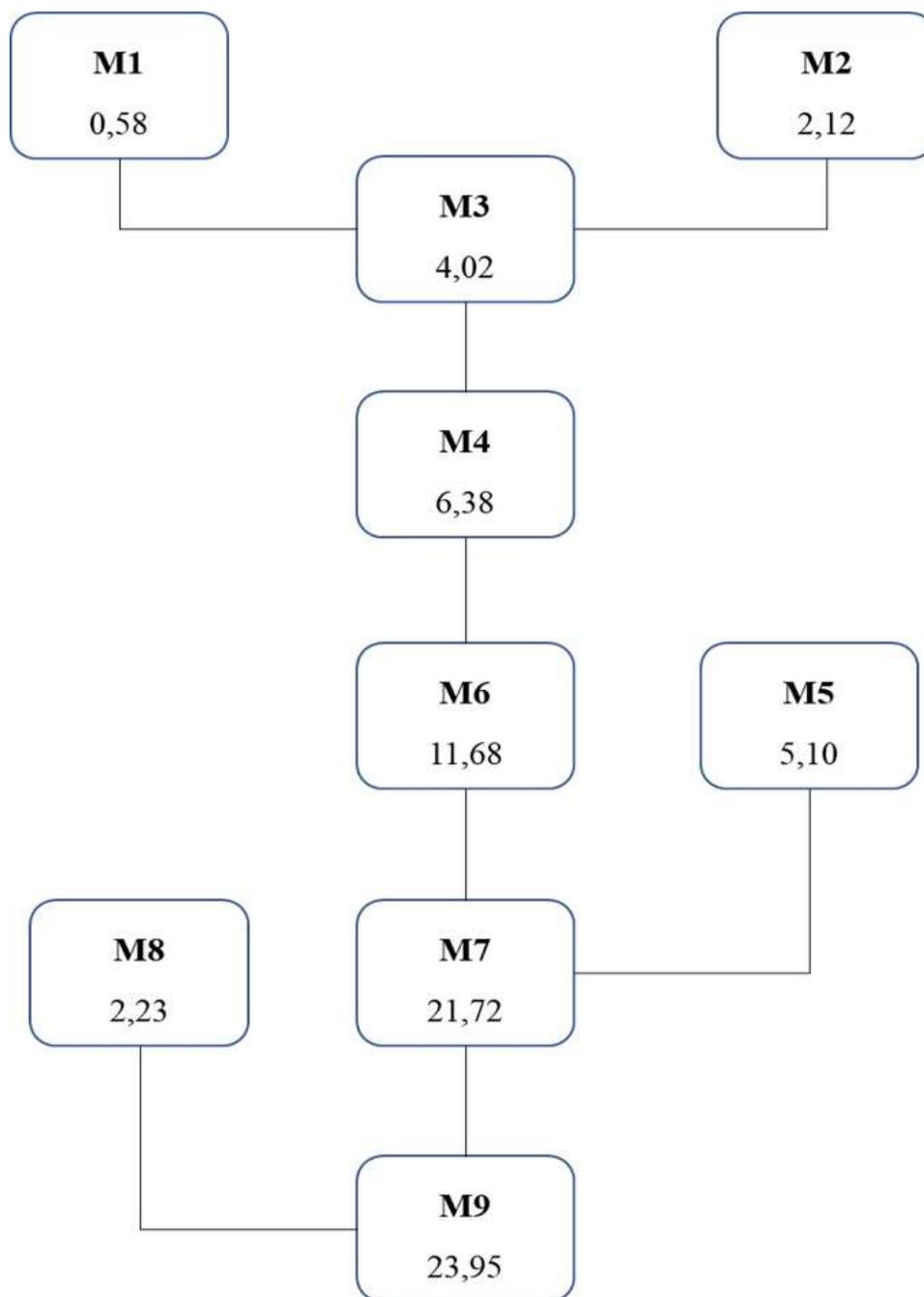


Figura 4.6 - Fluxograma da estimativa da carga orgânica acumulada nos pontos de monitoramento M1 a M9 do SES PC (tDBO/dia).

Fonte: elaborado pela autora.

Neste modelo pode se estabelecer metas graduais de atendimento de carga orgânica coletada através do monitoramento nos pontos de controle e de melhoria dos indicadores de serviços. Outra possibilidade é o monitoramento de patógenos, como a carga viral de COVID-19 através dos esgotos, pois tem-se a população contribuinte dos MSS associada a um ponto. As alterações do uso do solo, de empreendimentos e adensamento também podem ser avaliadas nesta configuração.

4.7 Gestão e monitoramento integrado do SES Ponta da Cadeia

Para avaliar o desempenho do sistema de coleta de esgotos é necessário verificar também, as cargas poluidoras provenientes dos esgotos lançados nas águas superficiais. Nas palavras de Libânio *et al.* (2005, p.227), o sistema de gestão de água garantirá o aproveitamento sustentável se for estabelecida uma dinâmica de planejamento e das ações de saneamento de forma integral e coordenada, em escala coincidente com a de atuação dos órgãos gestores de recursos hídricos, ou seja, as bacias hidrográficas. Nesta pesquisa verificou-se que a vinculação é possível, mas numa escala diferente, a do MSS.

Nas cabeceiras do Arroio Dilúvio estão as sub-bacias V1 e V2, que pertencem à Viamão. As águas das sub-bacias V1, D1 e D2 direcionam-se para a barragem Lomba do Sabão, um reservatório para captação de água construído em 1940 com 75 hectares de lâmina d'água. A barragem está situada em uma Unidade de Conservação da Natureza do grupo de Proteção Integral com 1.148 hectares denominada Parque Natural Municipal Saint'Hilaire, criada em 2003. A sub-bacia V2 lança os esgotos parte na barragem Mãe D'Água e parte no arroio Dilúvio e a sub-bacia D3 recebe os esgotos destas quatro sub-bacias. As sub-bacias V1 e V2 não são atendidas por rede coletora de esgotos e a D1 não possui interligação ao SES PC, portanto, a carga orgânica poluidora não é abatida através do SES, mas ela precisa ser considerada no balanço de cargas.

Para monitorar as cargas poluidoras presentes nos arroios e águas de drenagem pluvial foram inseridos 8 pontos de controle. Pela sua localização observa-se que o M8 não influencia a qualidade da água do AD, visto que as águas de drenagem pluvial dos pontos H7 e H8 são bombeadas diretamente para o Lago Guaíba. O ponto H6 tem seu exutório ao lado do AD, é um ponto importante para avaliar a carga orgânica, pois os esgotos gerados nas sub-bacias C1, C3 e C4 podem ser monitorados nos pontos M7 e H6. O ponto H2 recebe os esgotos da sub-

bacia V2. A sub-bacia D1, faz parte do SES PC, contudo, enquanto não for executada uma estação de bombeamento para recalcar os esgotos para o CT Vitorino, a carga deve ser considerada como lançada na barragem Lomba do Sabão, monitorada pelo ponto H1.

Os setores de controle também podem ser agrupados em quatro macro setores, o que é apropriado para tomadas de decisão em nível estratégico. Neste nível o desempenho do SES pode ser avaliado através de cinco pontos de monitoramento. Note-se que do ponto M8, os esgotos provenientes da Bacia AT descarregam diretamente na EBE PC, enquanto os demais convergem para a EBE BG.

4.8 Os pontos de monitoramento dos esgotos sanitários nas águas superficiais

Para avaliar o desempenho integrado do sistema de coleta de esgotos é necessário verificar as cargas poluidoras provenientes dos esgotos lançados nas águas superficiais por meio das ligações clandestinas, PVs com descargas no pluvial ou extravasamentos, o que foi feito com a inserção dos 8 pontos de controle – H1 a H8, Figura 4.7, em pontos escolhidos nos arroios e águas de drenagem pluvial. À medida que as informações coletadas no monitoramento se acumulem, será possível observar os padrões do lançamento das cargas e a parcela da carga proveniente da poluição difusa.

Os pontos de monitoramento H1 a H5, estão relacionados diretamente ao arroio Dilúvio. É importante obter as cargas oriundas do município vizinho, pontos H1 e H2, já que elas devem ser abatidas para a avaliação do desempenho do SES. Até a entrada em operação de uma EBE, a carga da sub-bacia D1 deve ser considerada como lançada na barragem Lomba do Sabão, ponto H1. O ponto H2 recebe os esgotos da sub-bacia V2. Nas demais sub-bacias existem algumas áreas onde a rede coletora não está conectada aos coletores tronco e que necessitam de análise mais criteriosa.

Os pontos H6, H7 e H8, Figura 4.7, não influenciam a qualidade da água do arroio Dilúvio, visto que as águas de drenagem pluvial do MSS 8, no ponto H7, e as águas dos pontos H6 e H8, são bombeadas diretamente para o Lago Guaíba. Os esgotos gerados no MSS 7 podem ser monitorados nos pontos M7 e H6. O ponto H6 tem seu exutório ao lado da foz do arroio, é um ponto importante para avaliar a carga orgânica, pois os esgotos gerados nas sub-bacias C1, C3 e C4 podem ser monitorados nos pontos M7 e H6.

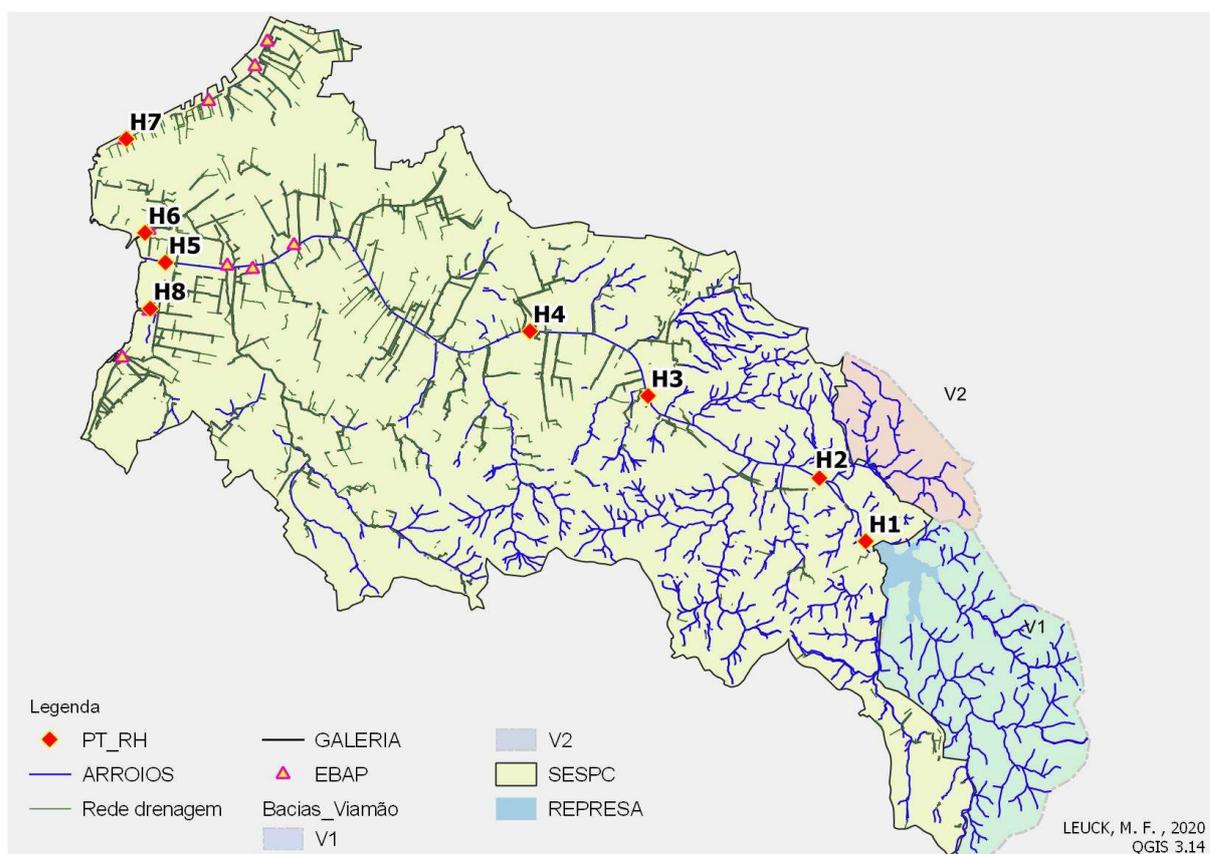


Figura 4.7 - Pontos de monitoramento do sistema fluvial e de drenagem do SES PC.

Fonte: elaborado pela autora.

4.9 O processo de acumulação da carga orgânica nos pontos de monitoramento do sistema de drenagem e no Lago Guaíba

O fluxograma da Figura 4.8 ilustra o trajeto das águas de drenagem das sub-bacias como um processo de acumulação de volume e carga proveniente das sub-bacias de esgotamento sanitário, onde os pontos de monitoramento, letras H1 a H8, são representados por retângulos na rede de drenagem ou em canal aberto e nas estações elevatórias ou Casas de Bombas (CB), pelos círculos. O destino final é o lago Guaíba. Apesar das sub-bacias estarem vinculadas aos pontos H, as fronteiras das sub-bacias de esgoto sanitário não se encaixam perfeitamente ao sistema de drenagem, ou seja, a contribuição dos esgotos sanitários no sistema de drenagem não representa exatamente as sub-bacias indicadas. Com a atualização cadastral do sistema de drenagem que o DMAE está realizando, esta compatibilização pode ser melhorada.

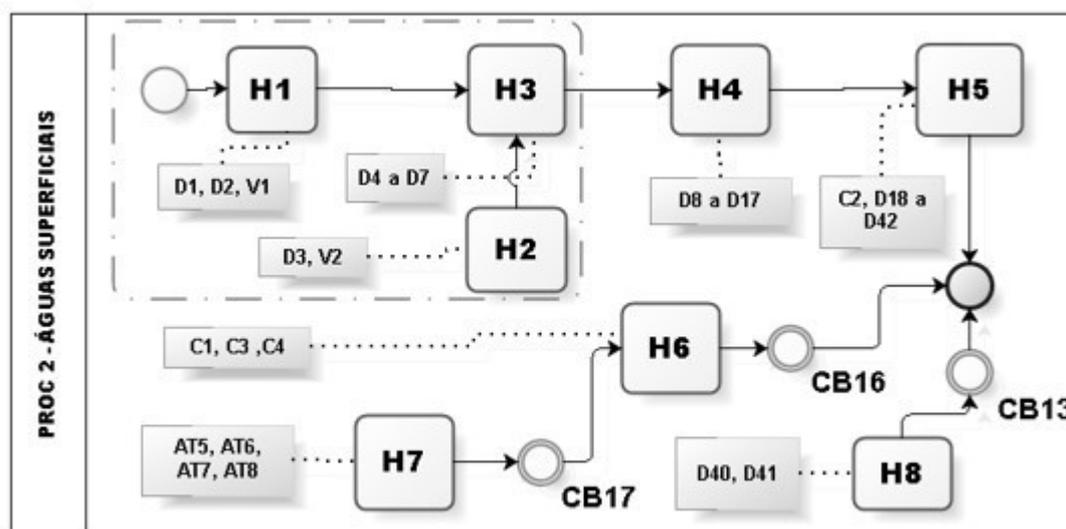


Figura 4.8 - Fluxograma do trajeto das águas de drenagem urbanas oriundas das sub-bacias de esgoto sanitário através dos pontos de monitoramento H1 a H8, no SES PC.

Fonte: elaborado pela autora no *software* Bizagi.

A carga orgânica lançada no sistema de drenagem pluvial e no lago Guaíba foi estimada pelo total da população com tarifa 1, 38.146 habitantes e com a tarifa 3, 54.997 hab., mais a população das bacias V1, 6.338 hab. e V2, 21.068 hab. de Viamão, o que resulta em uma população estimada de 120.549 habitantes gerando a carga de 6.509,65 kgDBO/dia lançada no sistema de drenagem da bacia. Este é o valor bruto da carga, sem abater a carga que poderia ser removida por tratamento primário do tipo fossa e filtro. A eficiência do sistema de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio para remoção de DBO nos sistemas convencionais é de: 40 a 75% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p. 6). Esta remoção não foi considerada no cálculo da carga de DBO produzida pela população porque o objetivo foi mostrar a pior condição possível, ou seja, presumindo que a maioria destas economias não utilizem o sistema de tratamento por fossa e filtro, ou que estes reatores operem como *by-pass*, o que ocorre quando a limpeza regular não é realizada. Portanto, numa situação em que parte destes reatores estejam operando normalmente, com uma remoção de 75%, e parte estejam não operantes, estima-se que a carga lançada nos rios urbanos possa ser reduzida em torno de 50%. O controle da manutenção e operação das fossas e filtros em Porto Alegre, abrange apenas os sistemas coletivos ou condominiais.

O fluxograma da Figura 4.9 ilustra a estimativa das cargas diárias acumuladas no sistema através dos oito pontos de amostragem e monitoramento de vazão.

O fato de o SES alcançar índices de atendimento de 100% da população com água e 92,89% de esgoto em 2018, indica que o passo seguinte deve ser melhorar a eficiência do sistema de esgotamento e, deste modo, propor ações que contribuam para atingir as metas de enquadramento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba para as águas do Arroio Dilúvio, nas classes 2 (alto) e 3 (baixo) até 2026. Para isso, é necessário atingir a carga orgânica compatível com a população atendida, reduzir as ligações clandestinas, a infiltração e os extravasamentos e obstruções.

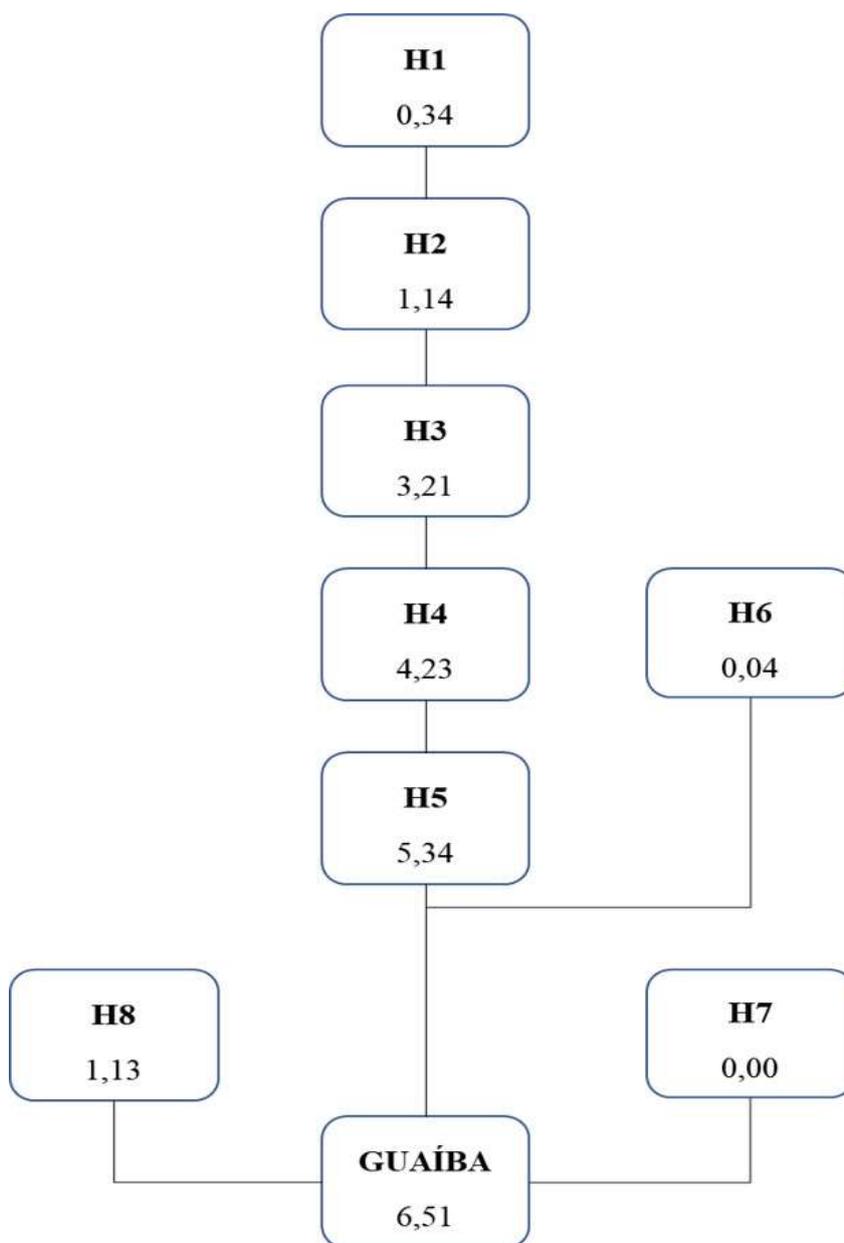


Figura 4.9 - Fluxograma da carga orgânica acumulada nos pontos de monitoramento H1 a H8 dos arroios e sistema de drenagem do SES PC em 2018 (tDBO/dia).

Fonte: elaborado pela autora.

4.10 A universalização do esgotamento sanitário vista a partir dos arroios e canais

Em 2008 a área formada pelas faixas 1 a 4, ou seja, até 120 metros dos arroios e canais, concentrava 57,42% das ligações, 50,31% das economias e 51,97% da população, e em 2018, 58,05% das ligações, 49,08% das economias e 50,88% da população. Elas também apresentam maiores densidades de habitantes por economia que a faixa 5.

As médias de atendimento das faixas variaram de 89,56% a 95,42% em 2018, o decréscimo da população atendida com coleta na faixa 1 se redistribuiu nas demais faixas, sendo que a faixa 2 foi a que teve o maior aumento absoluto de população atendida por rede coletora, 12.261 habitantes.

A Tabela 4.5 ilustra a população residente nas faixas e no SPC em 2008 e 2018 e a densidade de habitantes por hectare. A metodologia adotada, de transferir a densidade do setor para as economias residenciais ativas de cada ramal, área para ponto, confere maior facilidade para obter a distribuição da população em diferentes configurações espaciais.

Em 2008 o SES PC possuía o total de 87.604 ligações de água atendendo a 259.170 economias. As ligações ativas representavam 83.070 ligações e atendiam a 254.298 economias. As ligações residenciais correspondiam a 84,55% do total de ligações ativas no SES, 70.464 ligações atendendo a 215.371 economias, Tabela 4.7.

Em 2018 havia 90.000 ligações de água para atender as 294.285 economias, o número de ligações ativas aumentou 3,52%, passando para 85.998. Já o número de economias ativas passou para 289.618 um aumento de 13,89%, conforme o fluxograma da Figura 4.1.

Enquanto o número de ligações residenciais ativas teve redução de 0,36%, o número de unidades residenciais aumentou em 13,17% no período de dez anos, Tabela 4.7, e a população total do SES teve redução de 16.552 habitantes, 2,84%.

A relação entre o número de economias por ligação ativa passou de 3,06 em 2008 para 3,38 em 2018 e, em relação às economias residenciais ativas, de 3,06 para 3,43 econ/lig. O Gráfico 4.2 - Economias residenciais ativas por ligação nas bacias e no SES PC entre 2008 e 2018. Gráfico 4.2 mostra a variação da densidade de economias residenciais ativas por ligação de 2008 a 2018, onde se verifica o crescimento dos valores a cada ano, enquanto houve uma redução na densidade habitacional de 2,57 para 2,23 hab/econ. Estes resultados refletem o processo de “condomínialização” e/ou verticalização que ocorreu no SES e que pode ser observado na paisagem.

Tabela 4.5 Distribuição da população nas faixas e no SPC em 2008 e 2018.

Ano	População (hab.)	Distância ao curso d'água aberto ou canalizado (m)					SES PC
		até 30	30 a 60	60 a 90	90 a 120	>120	
2008	População (hab.)	96334	61466	70054	59198	265278	552330
2008	População com Tarifa 1 (hab.)	8541	10263	10681	8565	17993	56043
2008	População com Tarifa 2 (hab.)	77862	40320	46652	41940	223192	429966
2008	População com Tarifa 3 (hab.)	9931	10883	12721	8693	24093	66321
2008	População c/rede coletora (hab.)	87793	51203	59373	50633	247285	496287
2008	População c/rede coletora (%)	91,1	83,03	84,31	85,34	93,18	89,71
2008	População c/rede coletora e tratam. (%)	80,83	65,6	66,59	70,85	84,14	77,85
2008	Densidade (hab./econ.)	2,75	2,73	2,69	2,68	2,48	2,6
2018	População (hab.)	72158	70285	71672	58943	263574	536632
2018	População c/Tarifa 1 (hab.)	6167	6821	7480	5596	12081	38146
2018	População c/Tarifa 2 (hab.)	57997	52697	54170	45316	233308	443489
2018	População com Tarifa 3 (hab.)	7993	10767	10021	8032	18184	54998
2018	População c/rede coletora (hab.)	65990	63464	64191	53348	251492	498486
2018	População c/rede coletora (%)	91,45	90,3	89,56	90,51	95,42	92,89
2018	População c/rede coletora e tratam. (%)	80,38	74,98	75,58	76,88	88,52	82,64
2018	Densidade (hab/econ.)	2,25	2,34	2,36	2,3	2,15	2,23

Fonte: elaborado pela autora.

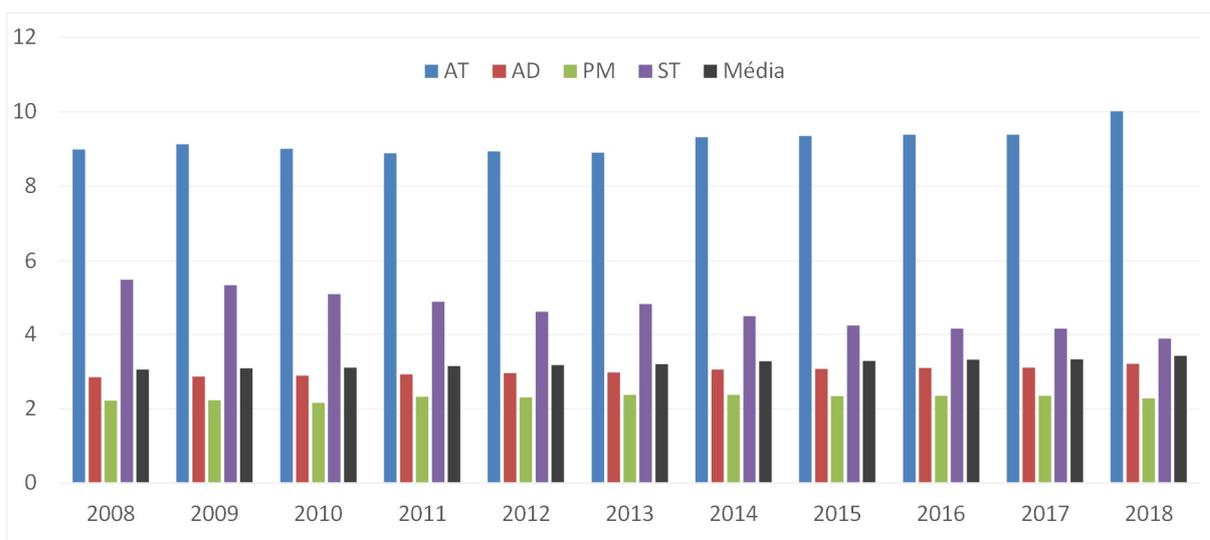


Gráfico 4.2 - Economias residenciais ativas por ligação nas bacias e no SES PC entre 2008 e 2018.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em 2008, a situação das ligações residenciais ativas em relação à conectividade era a seguinte, 78,51% das ligações eram consideradas como atendidas por rede coletora com destino à EBE PC ou à alguma estação de tratamento local, Tabela 4.7, o que correspondia a 81,87% das economias. O lançamento dos esgotos no canal de navegação se dava através do recalque da EBE PC, que hoje, recalca os esgotos para a ETE Serraria.

Em 2018, os 645,87 km de rede que conduzem ao tratamento na ETE Serraria, Tabela 4.6, atendiam a 85,24% das ligações e a 86,47% das economias residenciais ativas. Ao considerar este aspecto de forma isolada, as condições de atendimento do saneamento parecem boas.

A distribuição dos ramais por tipo de tarifa é mostrada na da Figura 4.10a em 2008 e em b, em 2018. Os pontos das ligações por tipo de tarifa estão representados nas cores vermelho para a tarifa 1, azul para a tarifa 3, e em preto para a tarifa 2. A área com fundo esverdeado representa a área das quatro faixas equidistantes até 120 m do eixo dos arroios e a área em branco a faixa 5, da área remanescente.

O mapa da Figura 4.10a mostra a espacialização das 70.464 ligações residenciais ativas de água que atendem a 215.571 economias em 2008, Tabela 4.7. Os pontos azuis na Figura 4.10a representam as 12.078 ligações das 21.916 economias onde os esgotos sanitários são lançados na rede pluvial e os pontos vermelhos as 15.144 ligações de 17.096 economias onde não existe rede coletora implantada, tarifa 1.

As economias com tarifa 1 se concentram nas áreas periféricas da bacia, do centro em direção ao Sudeste onde nas áreas vazias estão localizados o parque municipal Saint Hilaire e a área do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O lado Oeste do SES próximo ao Lago Guaíba tem urbanização consolidada, diferentemente das bordas de ocupação ao Leste e Sul do SES, menos urbanizadas e com alguns tributários do Arroio Dilúvio ainda preservados.

Na Figura 4.10b aparecem as 70.212 ligações que atendem a 240.571 economias residenciais, referentes ao ano de 2018. Os pontos azuis representam as 12.559 ligações dos 20.230 domicílios onde os esgotos sanitários são lançados na rede pluvial e os pontos vermelhos as 10.363 ligações de 12.958 domicílios onde não existe rede coletora implantada, tarifa 1.

Em comparação ao mapa de 2008, percebe-se o aumento e a densificação dos pontos do centro em direção Sudeste do SES, principalmente nas áreas das quatro faixas, até 120 metros dos arroios.

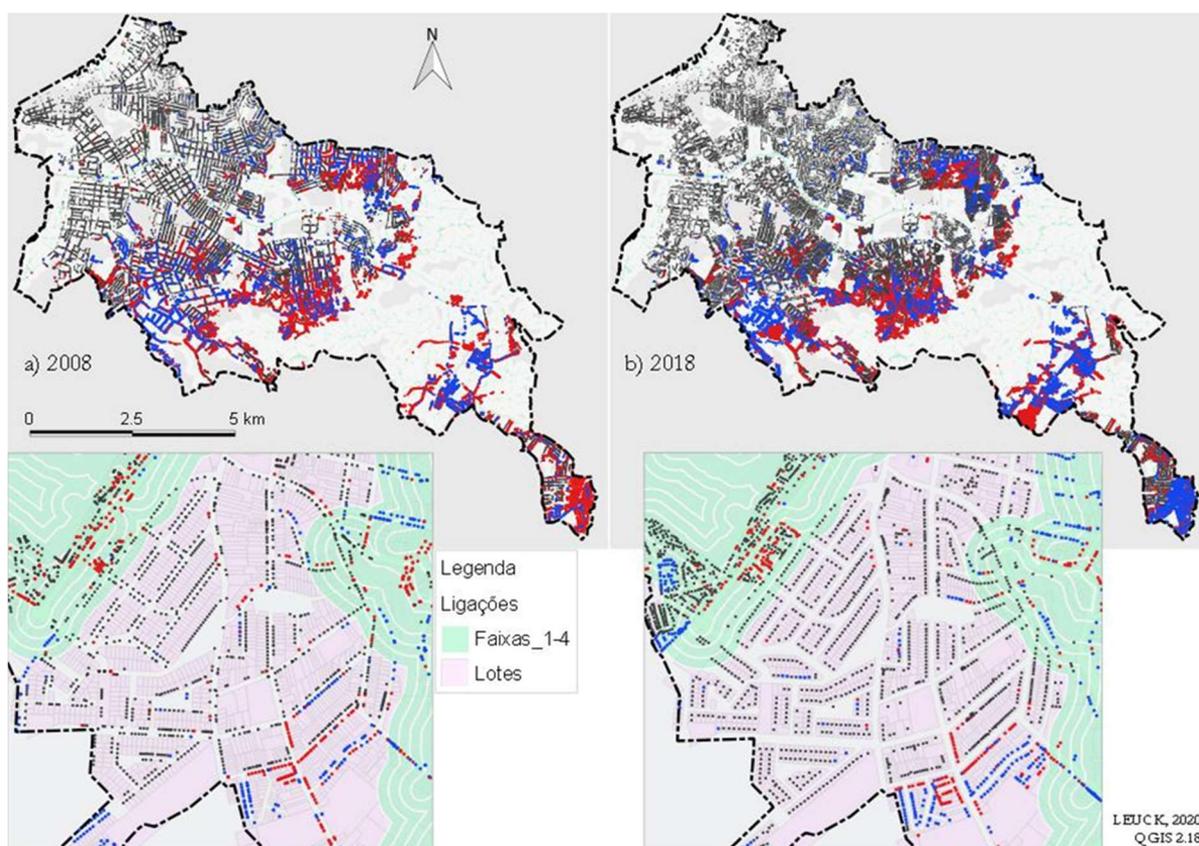


Figura 4.10 - Espacialização dos ramais de água por tipo de ligação de esgoto em 2008, a e em 2018, b.
Fonte: elaborado pela autora.

Em dez anos, as ligações atendidas por rede coletora no SES aumentaram de 78,51% para 85,24%. Este indicador revela melhor o atendimento dos lotes do que o indicador de cobertura das redes por comprimento de vias, que aumentou de 67,78% para 73,46%.

Os indicadores nas faixas equidistantes dos arroios e canais

A ocupação urbana nas áreas próximas aos arroios possui características que as diferenciam das demais áreas. Sendo o caimento do terreno voltado para o fundo do lote, é natural que os esgotos sejam direcionados para o curso d'água e é usual que os limites dos lotes ocupem as áreas marginais dos cursos da água, o que pode contribuir para a piora dos índices de atendimento de cobertura e de eficiência dos serviços de saneamento.

Na Figura 4.11, os arroios em canal aberto ou livre do SES PC estão representados pela linha tracejada azul e as faixas em azul e, as galerias e os canais fechados com diâmetro até DN800, pelas linhas pretas e faixas em amarelo. A extensão total dos arroios é de 173,34 km, a das galerias é de 22,17 km, a rede de canais com diâmetro igual ou superior a 800mm é de 77,24 km e a rede sem acesso tem 9,44 km. O foco aqui não foi analisar a coleta e integração da rede de esgoto nas áreas de preservação permanente, mas como a análise baseou-se em faixas equidistantes dos eixos dos arroios naturais ou canalizados, ela está parcialmente contida na área da Faixa 1. As faixas 1 a 4 estão mostradas na área esverdeada e a faixa 5 é o restante da área do SES. Não foram consideradas as áreas de nascentes e as áreas das sub-bacias da cidade de Viamão.

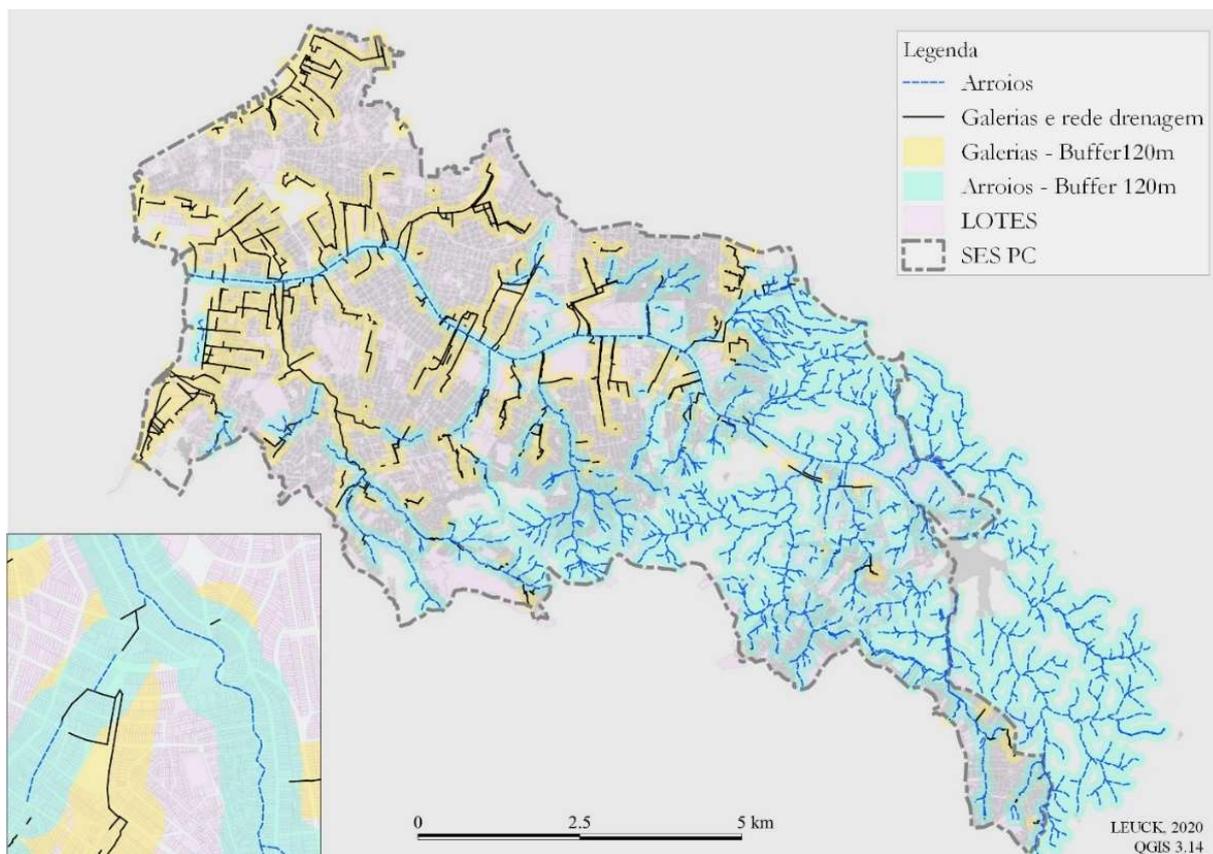


Figura 4.11 - Traçado dos arroios e canais e buffer das faixas até 120m no SES PC.
Fonte: elaborado pela autora.

A faixa 1 tem área total de 1.530,09 hectares, abrange 20,22% da área do SES com população estimada em 96.334 habitantes. A faixa 2 abrange 17,10% da área do SES e a população foi estimada em 61.466 habitantes, a faixa 3, 14,36% da área e 70.054 habitantes, a faixa 4, 11,51% e 59.198 habitantes e a área remanescente, faixa 5, abrange 36,81% do SES com 265.278 habitantes. A área total do SES PC considerando a configuração delimitada neste estudo é de 7.567,51 hectares.

Os indicadores relacionados à rede coletora existente são mostrados na Tabela 4.6. A faixa 5 possui a maior extensão de rede com 42,45 % do total das redes do SES em 2018. O indicador de interligação das redes ao sistema de coleta e tratamento em 2018 é maior na faixa 5, 93,65% e menor nas faixas 4, 84,69% e faixa 5, 84,79%. Observa-se que o atendimento do saneamento, avaliado sob uma perspectiva diferenciada da ocupação do espaço urbano, como as faixas marginais, fornece informações importantes sobre a relação saneamento e lugar.

Tabela 4.6 Distribuição da rede separadora nas faixas em 2008 e 2018.

Ano	Rede esgoto sanitário	Distância ao curso d'água aberto ou canalizado (m)					SPC
		até 30 (1)	30 a 60 (2)	60 a 90 (3)	90 a 120 (4)	>120 (5)	
2008	Rede coletora interligada (km)	123,23	64,96	64,69	54,03	266,46	573,38
2008	Rede coletora interligada (%)	85,39	76,74	79,39	78,47	90,91	85,28
2008	Rede coletora (km)	144,31	84,65	81,48	68,85	293,1	672,38
2008	Rede coletora (%)	21,46	12,59	12,12	10,24	43,59	100
2008	Rede total (km)	171,14	92	86,05	71,82	301,79	722,81
2008	Rede total (%)	23,68	12,73	11,9	9,94	41,75	100
2018	Rede coletora interligada (km)	141,24	79,05	75,59	63,36	286,62	645,87
2018	Rede coletora interligada (%)	88,88	84,79	85,96	84,69	93,65	89,59
2018	Rede coletora (km)	158,91	93,23	87,94	74,81	306,04	720,94
2018	Rede coletora (%)	22,04	12,93	12,2	10,38	42,45	100
2018	Rede total (km)	189,58	103,93	93,76	78,86	315,86	782
2018	Rede total (%)	24,24	13,29	11,99	10,08	40,39	100

Fonte: elaborado pela autora.

Proporcionalmente, a faixa 2 teve o maior aumento de rede interligada, passando de 76,74% em 2008 para 84,79% em 2018. A Faixa 1 tem um bom índice da interligação das redes por estar nas cotas mais baixas da bacia, mas como será visto adiante, essa condição não é suficiente para atingir bons indicadores de coleta e tratamento.

A faixa 3 possui a menor extensão de rede total, 78,86 km e possui o menor valor de rede interligada, 84,69% de interligação de rede em 2018.

A distribuição das ligações exclusivamente nas quatro faixas nos anos 2008 e 2018, são mostradas na Figura 4.12 a) 2008 e b) 2018, onde as faixas estão marcadas com o fundo verde. A espacialização dos ramais de água nas duas figuras mostra que a concentração de pontos dos ramais com tarifa 1 e 3 aumentou nas cabeceiras dos arroios formadores do Arroio Dilúvio.

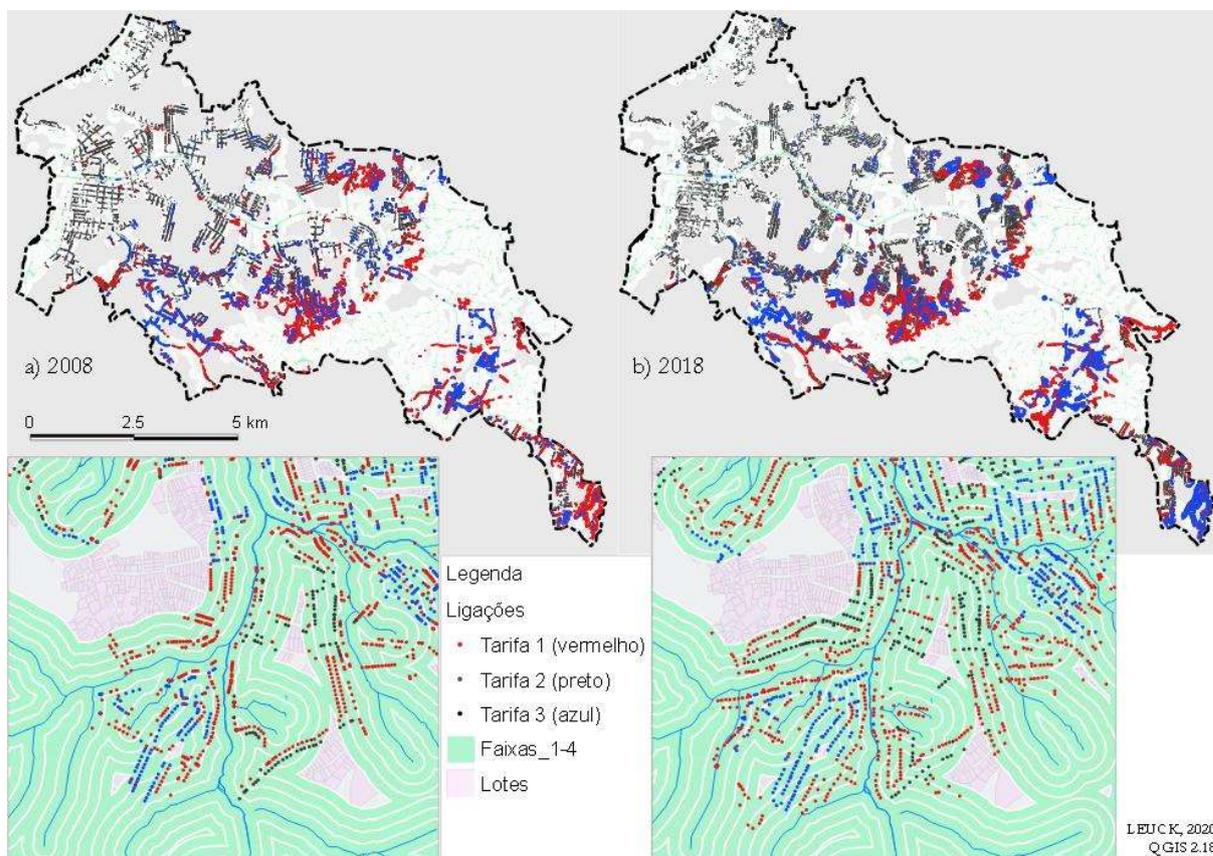


Figura 4.12 - Localização dos ramais de água nas faixas equidistantes dos arroios em 2008 e 2018.
Fonte: elaborado pela autora.

Em 2008, a área formada pelas faixas 1 a 4, ou seja, até 120 metros dos arroios e canais, concentrava 57,53% das ligações, 50,35% das economias e 52,02% da população, e em 2018, 58,05% das ligações, 49,08% das economias e 50,88% da população. Elas também apresentam maiores densidades de habitantes por economia que a faixa 5.

Em 2008, enquanto na faixa 5 83,73% das ligações eram atendidas por rede coletora (tarifas 2 e 3), Tabela 4.7, o indicador de coleta mais baixo, 71,01%, ocorreu na faixa 2, enquanto a média do SES PC foi de 78,51%.

Em 2018, o valor mais baixo de atendimento com rede coletora, soma das tarifas 2 e 3, também ocorreu na faixa 2, 80,11%, Tabela 4.7, o que representa 90,3% da população da faixa, 63.464 habitantes, Tabela 4.5. Mas, em termos de população, a menor taxa de atendimento foi na faixa 3, com 89,56% da população atendida com rede coletora, 64.191 habitantes.

Tabela 4.7 Variação do número de economias, de ligações e da densidade nas faixas em 2008 e 2018.

Consumidores com tarifa residencial ativa	Distância ao curso d'água aberto ou canalizado (m)					SPC
	até 30	30 a 60	60 a 90	90 a 120	>120	
	Economias em 2008 (un)	37549	22582	26153	22164	
Economias em 2018 (un)	32023	29980	30411	25660	122497	240571
Variação de economias entre 2008 e 2018 (un)	-5526	7398	4258	3496	15574	25200
Variação de economias entre 2008 e 2018 (%)	-17,26	24,68	14	13,62	14,62	13,17
Ligações em 2008 (un)	11182	9907	10581	8868	29926	70464
Ligações em 2018 (un)	10453	10634	10504	9169	29452	70212
Variação de ligações entre 2008 e 2018 (un)	-729	727	-77	301	-474	-252
Variação de ligações entre 2008 e 2018 (%)	-6,52	7,34	-0,73	3,39	-1,58	-0,36
Ligações c/rede coletora em 2008 (%)	79,72	71,01	73,21	74,08	83,73	78,51
Ligações c/rede coletora em 2018 (%)	81,54	80,11	82,26	84,26	89,78	85,24
Densidade 2008 (econ./lig)	3,36	2,28	2,47	2,5	3,57	3,06
Densidade 2008 (econ/ha)	24,53	17,4	23,96	25,4	38,37	28,42
Densidade 2018 (econ./lig)	3,06	2,82	2,9	2,8	4,16	3,43
Densidade 2018 (econ/ha)	17,33	18,78	22,29	23,07	43,97	27,63

Fonte: elaborado pela autora.

O desdobramento da média de 85,24% das ligações atendidas com rede coletora no SES, em 2018, é de 89,78% na área da Faixa 5 e varia de 80,11% na faixa 2 até 84,26% na faixa 4.

Em dez anos, o atendimento com rede coletora na Faixa 5 passou de 83,82% para 89,78%, enquanto nas primeiras quatro faixas aumentou de 75,06% para 81,97%. As faixas até 120 m não atingiram, em 2018, o valor da faixa 5 em 2008. Também é interessante observar que os valores mais altos de ligações atendidas com coleta e tratamento estão na faixa 5, onde não há interferência com redes de drenagem maiores que 800 mm de diâmetro.

A abundância e capilaridade de cursos d'água é uma característica local que explica a facilidade com que se pode lançar os esgotos sanitários nas águas superficiais, ao mesmo tempo em que dificulta o uso do sistema separador absoluto. O maior número de riachos e córregos

atribui ao sistema de drenagem a característica de um sistema de curto alcance, muito ramificado e com muitos pontos de lançamentos em arroios, o que dificulta a rastreabilidade e contribui para a mistura das águas através das interconexões entre as duas redes e as ligações clandestinas.

A distribuição tarifária por faixas

Os dados das ligações pelo tipo de tarifa por faixas são mostrados na Tabela 4.7. De 2008 a 2018 observa-se a melhoria nos índices de ligações com Tarifa 2, que passaram de 61,37% para 67,36%.

Em relação à variação no número de economias de 2008 a 2018, a única faixa que sofreu redução de 17,26% das economias associada a redução de 6,52% das ligações foi a faixa 1, na Tabela 4.7. A faixa com o maior aumento foi a Faixa 2, 24,68% de economias e 7,34% de ligações, mas em valores absolutos o maior aumento ocorreu na faixa 5, com 15.574 economias residenciais a mais, o que representou 14,62% de aumento relativo associado à redução de 437 (-1,58%) ligações. Estes valores indicam um processo de adensamento de economias nesta área, chegando ao maior valor das cinco faixas, 4,16 econ./ligação.

Conforme os dados de 2008 e de 2018, Tabela 4.7, a densidade de economias por ligação aumentou em todas as faixas com exceção da faixa 1. A redução na densidade da faixa 1 de 3,36 para 3,06 econ./lig. entre 2008 e 2018 foi de 5.526 economias residenciais associado a redução de 729 ligações de água. Esta redução pode ser atribuída às ações de regularizações fundiárias, reurbanização e reassentamentos nas áreas periféricas. A maior densidade ocorre na faixa 5, 4,16 economias por ligação em 2018. Contudo, a alteração na proporção dos tipos de ligações teve a menor alteração na faixa 1, diferentemente do que ocorreu nas demais faixas.

O arroio Dilúvio tem a partir do trecho médio até a foz, vias arteriais nas duas margens sobre as quais incidem altos índices de aproveitamento e de ocupação dos terrenos, com prédios altos e comércio de grande porte. Esta situação se inverte nas áreas periféricas em direção às nascentes, onde existem aglomerados subnormais e o acesso viário é restrito.

O fato das densidades de economias por ligação da faixa 1 serem maiores que na faixa 2 e depois aumentarem até a faixa 5 pode ser explicada pela presença de prédios residenciais de grande porte no trecho final em direção à foz da bacia.

Em 2018 a faixa 1 possuía 10.453 ramais residenciais, Tabela 4.8 atendendo a 32.023 economias, Tabela 4.7 e 72.458 pessoas, Tabela 4.5, residiam próximo aos arroios.

Conforme pode ser observado na Tabela 4.6, os valores de atendimento com rede coletora e tratamento são melhores na faixa 1 em comparação à faixa 2, assim como a maior densidade 2,75 habitantes por economia, Tabela 4.5.

Tabela 4.8 Distribuição dos ramais por tipo de tarifa nas faixas em 2008 e 2018.

Ano	Ligações por tarifa dos consumidores residenciais ativos	Distância ao curso d'água aberto ou canalizado (m)					SPC
		até 30	30 a 60	60 a 90	90 a 120	>120	
2008	Tarifa 1 (un)	2268	2872	2835	2299	4870	15144
2008	Tar. 1 – sem lig. rede (%)	20,28	28,99	26,79	25,92	16,27	21,49
2008	Tarifa 2 (un)	7060	4917	5550	4870	20845	43242
2008	Tar. 2 – rede separadora (%)	63,14	49,63	52,45	54,92	69,66	61,37
2008	Tarifa 3 (un)	1854	2118	2196	1699	4211	12078
2008	Tar. 3 – misto (%)	16,58	21,38	20,75	19,16	14,07	17,14
2018	Tarifa 1 (un)	1930	2115	1863	1443	3009	10360
2018	Tar. 1 – sem rede (%)	18,46	19,89	17,74	15,74	10,22	14,76
2018	Tarifa 2 (un)	6570	6067	6344	5821	22489	47291
2018	Tar. 2 – rede separadora (%)	62,85	57,05	60,4	63,49	76,37	67,36
2018	Tarifa 3 (un)	1953	2452	2297	1905	3954	12561
2018	Tar. 3 – misto (%)	18,68	23,06	21,87	20,78	13,42	17,89

Fonte: elaborado pela autora.

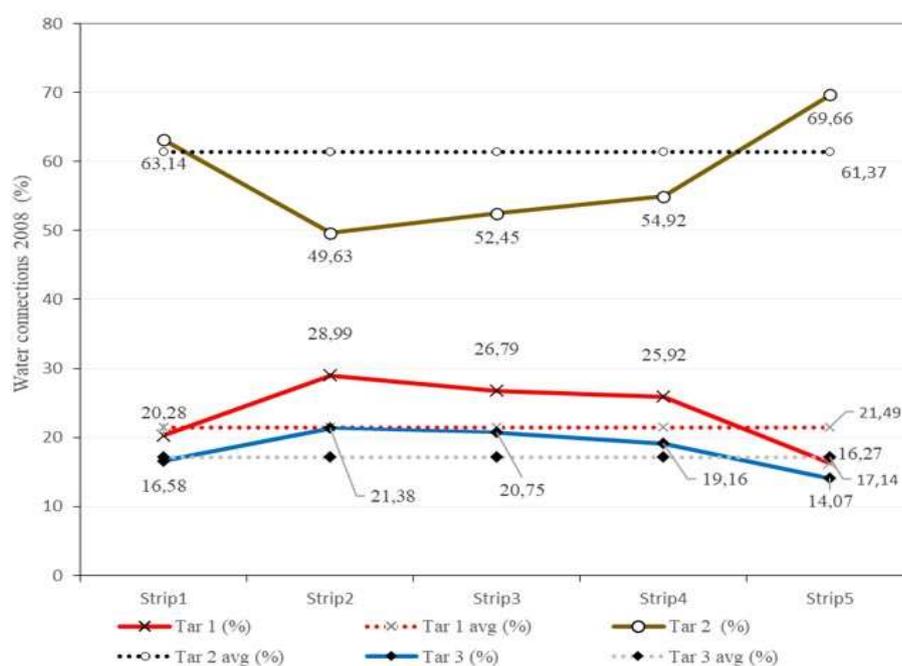


Gráfico 4.3 - Composição das faixas por tipo de tarifa das ligações residenciais ativas em 2008.

Fonte: elaborado pela autora.

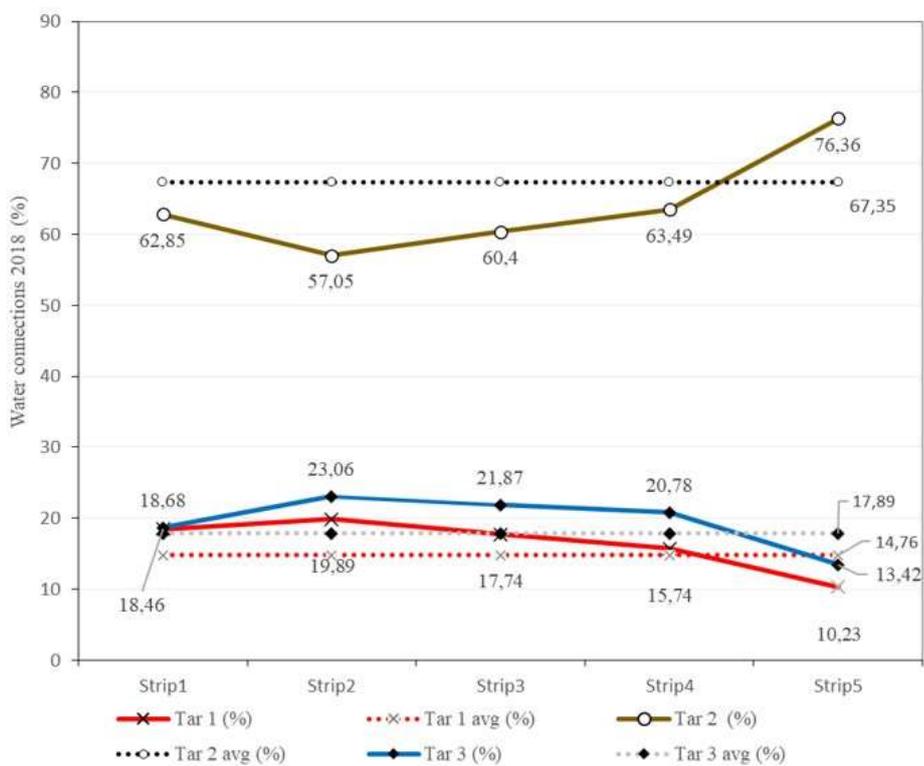


Gráfico 4.4 - Composição das faixas por tipo de tarifa das ligações residenciais ativas em 2018.

Fonte: elaborado pela autora.

A relação dos indicadores de coleta e de tratamento dos esgotos com a distância dos arroios e canais se torna clara ao comparar as ligações ativas pelas faixas, 2008 na e 2018 nos Gráfico 4.3 e Gráfico 4.4, levando em consideração a variação das ligações em torno da linha do valor médio da tarifa.

No Gráfico 4.4, de 2018, observa-se a variação percentual das ligações com tarifa do tipo 2 com o aumento da distância dos arroios: de 62,85% na faixa 1, o indicador atinge o menor valor 57,05% na faixa 2 e, depois, segue em curva ascendente até 76,37% na área 5. A média do SES é de 67,36%. As linhas das ligações das tarifas 1 e 3 decrescem com a distância e praticamente se espelham com a linha da tarifa 2, formando um cone onde a melhor situação para o saneamento está onde as duas curvas estão mais afastadas, na área 5.

No ano de 2008, a situação do atendimento com esgotamento sanitário já revelava esta tendência, porém com maior aproximação das curvas da tarifa 2 com as das tarifas 1 e 3, como pode ser visto no Gráfico 4.3.

Pelos gráficos percebe-se que a efetividade das ligações é um elemento importante na indicação do estado da coleta dos esgotos. Portanto, é importante que sejam considerados, em paralelo com o indicador de cobertura de rede, como indicadores chave das condições de eficiência dos SES.

A Tabela 4.9 mostra o percentual de ligações residenciais por Atributo Secundário em 2018. Este atributo classifica se a ligação foi vistoriada e, o sendo, se está conectada ao sistema de coleta ou se não tem condições de viabilizar a conexão.

Tabela 4.9 Percentuais da efetividade das ligações por faixa em 2018.

Atributo secundário	Distância ao curso d'água aberto ou canalizado (m)					SPC
	até 30	30 a 60	60 a 90	90 a 120	>120	
PS – sem tarifa	0,07	0,04	0,01	0,01	0,02	0,03
1 – não vistoriado	62,87	66,22	64,46	65,37	61,94	63,55
2 – sem ligação	8,01	7,96	6,42	4,89	4,77	6
3 – ligado	29,05	25,79	29,11	29,73	33,27	30,42

Fonte: elaborado pela autora.

O maior valor de ligações sem condições de efetividade ocorreu nas faixas 1, 8,01% e 2, 8,18% e o menor na faixa 5, 4,77%. A média das ligações residenciais que estavam consideradas como ligadas à rede coletora, mas após a vistoria foram classificadas como sem

condições de ligação foi de 6%. Já o menor valor percentual de ligações efetivadas ocorreu na faixa 2, 25,79% e o maior na faixa 5, 33,27%, o que era esperado.

Entre as 47.291 ligações com tarifa 2, 56,90% não foram verificadas. É importante salientar que das 20.382 ligações com tarifa 2 vistoriadas, 5,75% das ligações que estavam consideradas como ligadas à rede coletora e com tratamento, não apresentavam condições de efetivar a ligação à rede coletora.

A variação tarifária nas faixas

O Gráfico 4.5 mostra a variação percentual das ligações entre as faixas e no SES pelo tipo de tarifa no intervalo de dez anos, conforme explicado a seguir.

A Tarifa tipo 1, sem conexão à rede, ocorre em 21,20% das ligações dos SPC em 2008 e cai para 14,76% em 2018. A menor incidência de tarifa 1 em 2018 é na Faixa 4, 13,92% das ligações. A média da variação das ligações classificadas como tarifa 1 em dez anos foi a redução de 30,4% no SES. A faixa 1 teve a menor variação de ligações com tarifa 1, 14,49%, nas faixas seguintes houve uma redução maior de tarifa 1, com o máximo de redução na faixa 5, 37,77%.

A tarifa 2 ocorre em 61,59% das ligações do SES em 2008 e em 67,35% em 2018, com os menores valores nas faixas 1 a 4. A faixa 1 teve a menor variação de ligações com tarifa 2, 6,94%, a única negativa. As demais faixas tiveram aumento destas ligações, sendo o maior na faixa 2, 23,39%.

Em 2008 a tarifa 3 corresponde a 17,20% das ligações, a maior parte se concentra na faixa 5, 34,87%. Em 2018 são 17,89% das ligações com tarifa 3, a maior parte, 31,47% estão na faixa 5, que concentra 41,94% das ligações residenciais ativas do SES. A faixa 5 teve a menor variação de ligações com tarifa 3 e a única com redução de 6,1%, mostrando que houve migração das demais tarifas para a tarifa 2. As demais faixas tiveram aumento das ligações em rede pluvial, com a maior variação positiva na faixa 2, 15,77%.

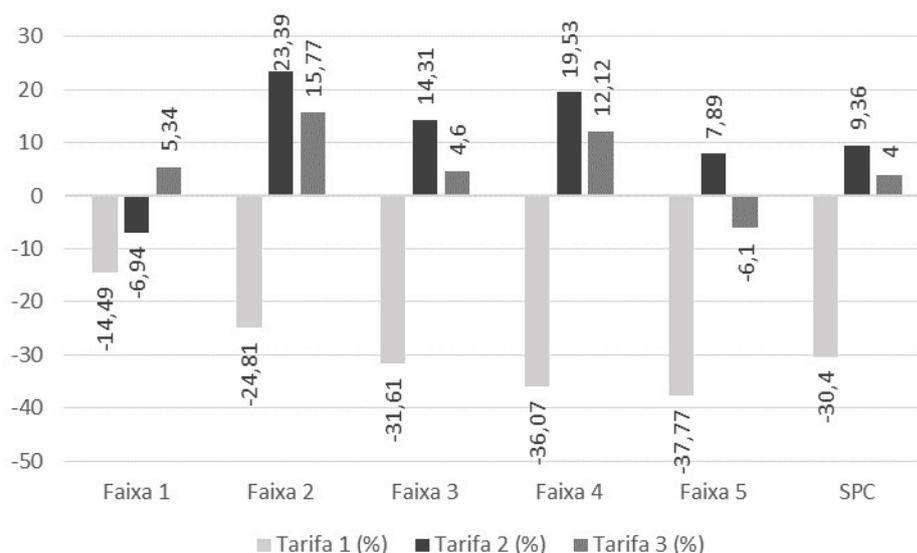


Gráfico 4.5 - Variação das ligações residenciais ativas pelas faixas entre 2008 e 2018.
Fonte: elaborado pela autora.

Em relação à redução de 6,94% nas ligações com tratamento, tarifa 2, na faixa 1, salienta-se que houve mudanças do referencial de tratamento de 2008 para 2018, em que as unidades de tratamento primário local foram substituídas pela ETE Serraria. Aquelas ligações cujos trechos de rede não foram interligados ao SES tiveram a tarifa alterada do tipo 2 para tipo 3.

A distribuição de demandas de serviços

Os serviços prestados pela área operacional nas redes de esgotamento sanitário abrangem a desobstrução de redes, PVs e ramais com varetas ou hidro jato, que podem necessitar de conserto ou reconstrução das redes, caixas e PVs. Também envolve serviços de limpeza, nivelamento, remoção de entulho, reposição de CACs e tampões, sondagens e vistorias. Foram considerados apenas os serviços de desobstruções e as ocorrências de extravasamentos, que impactam diretamente na qualidade das águas superficiais.

Foram analisados os dados do ano de 2016 do banco de dados do serviço de atendimento ao usuário. Estes serviços não são georreferenciados sendo a sua localização obtida através dos segmentos de via. Devido à essa aproximação, a análise pelas faixas de 30 metros não seria apropriada. Portanto, a análise foi feita pela comparação entre a área até 120 m dos canais e a área remanescente, as faixas 1 a 4 e a faixa 5.

Das 11.594 reclamações protocoladas pelo sistema 156 em 2016, 7.069 foram originadas nas faixas 1 a 4, ou seja, 60,97% das demandas do SES foram provenientes das quatro faixas. Destes protocolos, 52,62% das reclamações foram de extravasamentos de redes e 18,60% de extravasamentos em lotes que geraram 47,67% dos serviços de desobstrução nas redes.

As faixas 1 a 4 apresentaram valores de serviços muito acima dos valores da faixa 5, foram 56,22% a mais de protocolos, 69,40% de extravasamentos totais, 83,40% a mais de extravasamentos em lotes e 77,09% a mais de serviços de desobstrução de redes.

4.11 A universalização do saneamento nas Áreas de Preservação, de Risco e Especiais de Interesse Social

Resultado da distribuição das áreas nas unidades de análise

A Tabela 4.10 mostra as áreas resultantes dos recortes das áreas sensíveis no SES PC. As APP de cursos d'água ocupam 73,38% da área da APR. A área total compreendendo a faixa de 30 m a partir do eixo dos arroios e a circunferência de 50m em torno das nascentes é de 1.052,09 ha, 14,06% da área dos SES. As áreas de preservação de Topo de Morro ocupam 25,82 % da área da APR e as áreas de risco hidrogeológico 11,7% da APR. A área da APR possui 1.433,67 ha e ocupa 19,15 % da área do SES, sendo que a maior parte, 9,06%, está no MSS1.

O MSS 1 é o que tem maior área de APR, ela ocupa 33,06% da área do MSS1, onde estão o parque Saint Hilaire e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o que evidencia a sua importância para a manutenção das funções ambientais na bacia. A segunda maior área de APR fica no MSS 6, que representa 17,22% da área do setor, seguido pelo setor 4 com 24,66% da sua área em APR, Tabela 4.10.

Tabela 4.10 Áreas de APR, APPs e de risco hidrogeológico no SES PC.

MSS	APR (ha)	APR no MSS (%)	APR no SES (%)	APP Topo de Morro (ha)	APP Cursos D'água (ha)	Risco Hidrogeológico (ha)
1	678,21	33,06	9,06	134,99	559,77	41,47
2	161,17	21,09	2,15	44,55	122,73	18,31
3	54,65	14,41	0,73	1,46	46,19	8,32
4	239,98	24,66	3,21	67,27	157,17	60,77
5	17,27	2,5	0,23	0,00	17,27	0,00
6	277,82	17,22	3,71	121,95	145,46	29,77
7	4,29	0,70	0,06	0	4,29	0,00
8	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
SES PC	1433,67	19,15	19,15	370,22	1052,09	158,64

Fonte: elaborado pela autora.

A tipologia predominante em 63,50% da área da APR é de APP. Na Tabela 4.11 são mostradas as áreas de cada tipologia, onde as áreas que se formaram da sobreposição de duas ou três também foram desagregadas, o que resultou em sete áreas. A área considerada apenas APP de curso d'água ficou com 910,36 ha, a de topo de morro ficou com 284,59 ha, 19,85% da APR e a área de risco com 93,50 ha, 6,52% da APR

Os MSS 1 e 4 possuem, respectivamente, as maiores porções da área em APR. Juntas, elas respondem por 66,71% da APR, por 51,86% da área de preservação de Topo de Morro, por 67,79% da APP e por 57,24% da área de risco hidrogeológico

Tabela 4.11 Áreas das partes formadoras da APR pelos setores do SES PC.

MSS	1 –Topo de Morro – TM (ha)	2 – APP (ha)	3 – Risco HG (ha)	1 e 2 (ha)	1 e 3 (ha)	2 e 3 (ha)	1, 2 e 3 (ha)	Área APR (%)
1	97,18	505,02	21,28	37,37	0,43	17,44	0,00	47,33
2	28,99	98,32	9,45	15,56	0,00	8,85	0,00	11,24
3	1,31	44,92	7,10	0,09	0,05	1,17	0,00	3,81
4	50,42	112,08	32,24	16,70	0,15	28,37	0,02	16,73
5	0,00	17,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20
6	106,69	128,46	23,42	13,90	2,35	4,00	0,10	19,38
7	0,00	4,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SES PC	284,59	910,36	93,50	83,63	2,98	59,83	0,13	100
Área total na APR (%)	19,85	63,50	6,52	5,76	0,21	4,17	0,01	

Fonte: elaborado pela autora.

Áreas especiais de interesse social - AEIS

As áreas das AEIS foram sobrepostas as APR e divididas em recortes, que as classificaram como fora de APR ou na APR, sendo que das AEIS na APR ainda foram separadas as AEIS em área de risco.

A Figura 4.13 mostra a sobreposição das áreas das AEIS, em verde, com a APR, área em amarelo. Elas se concentram nas partes mais altas da bacia, principalmente nas bordas e na parte central, onde existem muitas nascentes. Nos setores com maiores áreas de AEIS, MSS 1, 2, 3 e 4, também há maior incidência de APR, com exceção do MSS 6. Esta localização evidencia a situação de vulnerabilidade a que estão expostos os assentamentos e a infraestrutura existente, sujeitos aos deslizamentos, enxurradas e alagamentos.

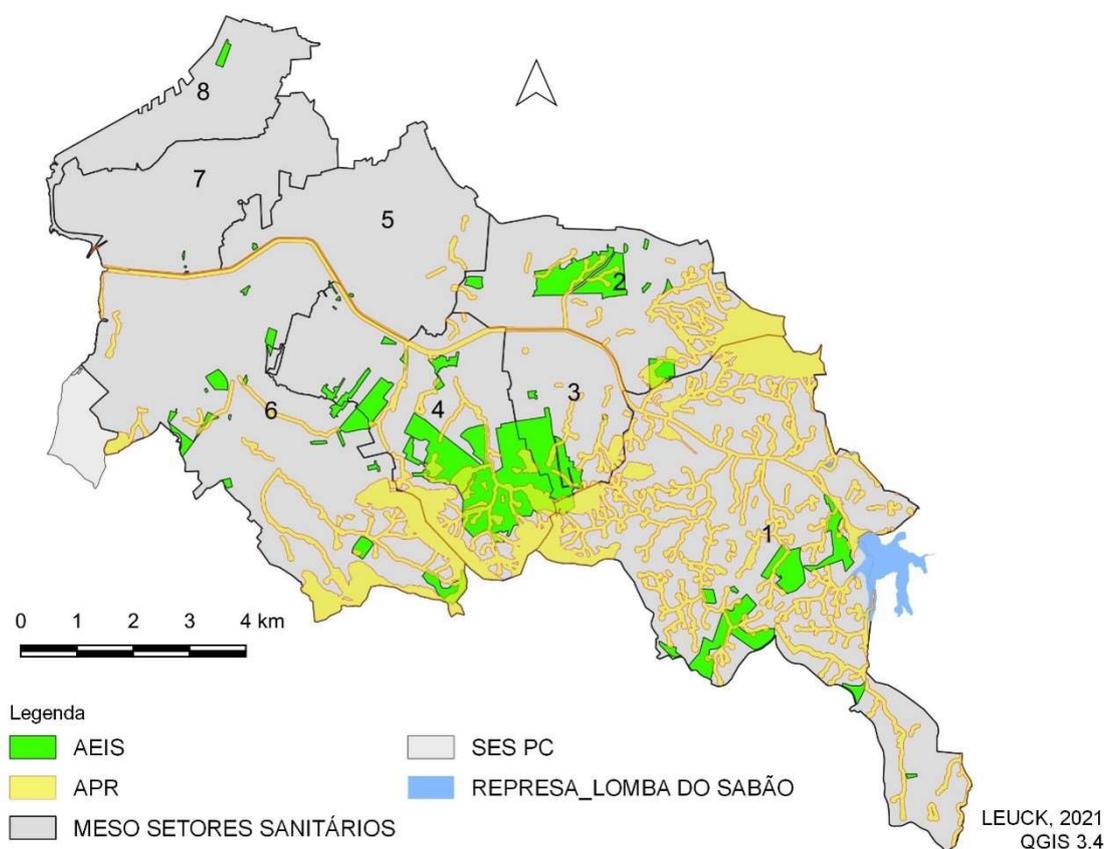


Figura 4.13 - Incidência das Áreas especiais de Interesse Social sobre as APR nos MSS do SES PC.
Fonte: elaborado pela autora.

A Tabela 4.12 mostra as áreas das AEIS e a incidência em APR e área de risco. A área total de AEIS no SES PC é de 612,13 ha, ocupando 8,18% da área do SPC, 134,47 ha estão em APR e 64,43 ha em área de risco, sendo que 21,97% da AEIS está em APR e destas, 10,53% em área de risco hidrogeológico. As maiores áreas de AEIS estão nos setores 4, 1 e 2. No setor MSS4, que concentra 27,31% da área de AEIS, também se encontram os maiores valores de AEIS com incidência em APR, 27,96%, e risco com 18,74% da área.

Tabela 4.12 Área das AEIS e das sobreposições das AEIS no SES PC.

MSS	AEIS (ha)	AEIS no MSS (%)	AEIS no SES (%)	AEIS em APR (ha)	AEIS em APR (%)	AEIS em Risco (ha)	AEIS em Risco (%)
1	121,21	5,91	1,62	20,35	0,99	2,77	0,13
2	92,74	12,13	1,24	21,21	2,78	9,44	1,24
3	65,03	17,15	0,87	8,32	2,19	0,49	0,13
4	265,75	27,31	3,55	74,31	7,64	49,8	5,12
5	0,86	0,12	0,01	0,02	0	0	0
6	61,78	3,83	0,83	10,17	0,63	1,93	0,12
7	0,62	0,1	0,01	0,09	0,01	0	0
8	4,14	1,03	0,06	0	0	0	0
SES PC	612,13	8,18	8,18	134,47	1,8	64,43	0,86

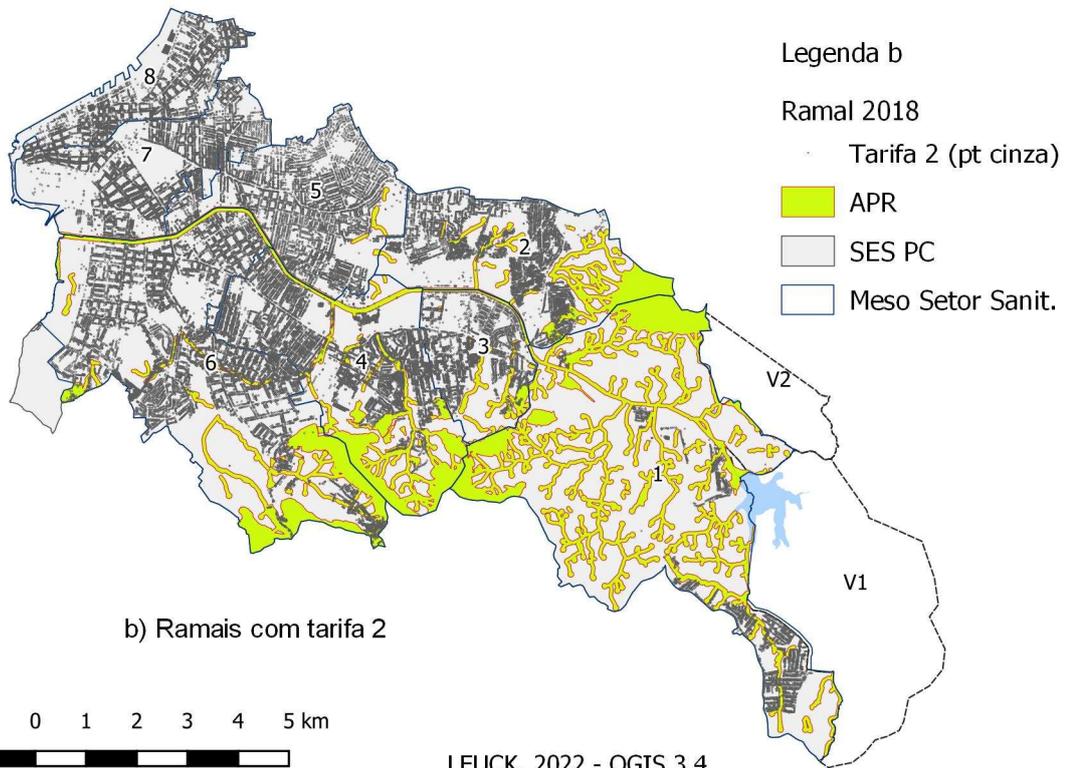
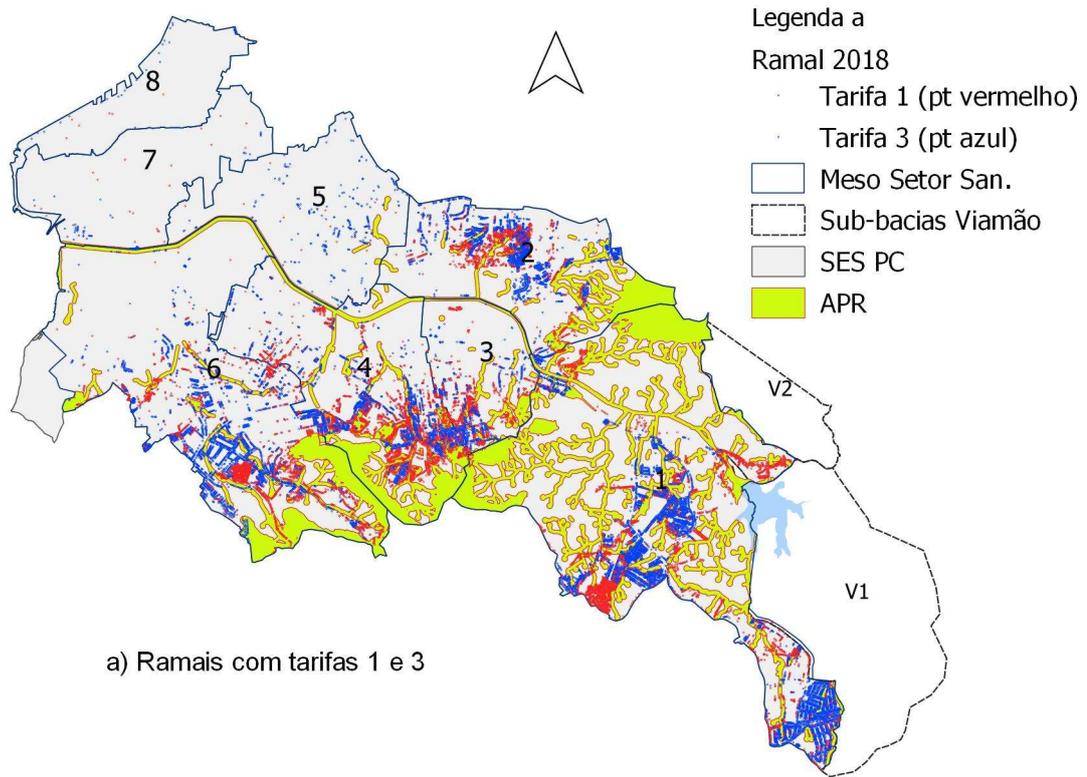
Fonte: elaborado pela autora.

Resultado da distribuição das ligações de água nas unidades de análise

A Figura 4.14a ilustra a distribuição das ligações ativas de 2018 com tarifas 1 e 3, no SES. Observa-se que nas APR existe uma concentração maior de ligações com a Tarifa 1, pontos vermelhos, e com Tarifa 3, pontos em azul. Enquanto na Figura 4.14b, as ligações com Tarifa 2 predominam nas áreas fora da APR.

As ligações foram recortadas inicialmente pelas áreas de APR, depois ainda foram recortadas pelas áreas de risco, APP de curso d'água e topo de morro, e AEIS. Em cada recorte foram extraídas as informações de tipos de consumidor, situação (ativo, cortado, cancelado, etc.), tarifa, população, se vistoriada, se medida e o consumo mensal de água.

Os resultados dos recortes dos ramais de água e da rede separadora na APR, com suas divisões em área de risco hidrogeológico, topo de morro e APP e das AEIS, divididas em áreas fora de APR e em APR são mostrados a seguir.



LEUCK, 2022 - QGIS 3.4

Figura 4.14 - Localização dos ramais de água por tarifa de esgoto 1 e 3 (a) e 2 (b) nas APR e no SES PC em 2018.

Fonte: elaborado pela autora.

Em 2018 residiam 22.148 hab. na APR, sendo que nas áreas de risco hidrogeológico seriam 5.747 habitantes e nas AEIS, 57.798 habitantes, Tabela 4.14. Estes números dão a dimensão do número de pessoas com exposição a riscos no SES PC.

O SES PC possuía 85.998 ligações ativas de água (AG02) atendendo a 289.618 (AG03) economias em 2018, destas, 240.571 eram economias residenciais (AG13), Tabela 4.14, atendidas através de 70.212 ligações, 53.732 ligações categorizadas como tarifa 2.

O esquema da Figura 4.15 mostra a distribuição das ligações ativas nas áreas sensíveis em 2018, os valores agregados pelos setores sanitários estão na Tabela 4.13. Em 2018, havia 6.313 ligações ativas em APR, destas 4.127 em APP, 1.100 em risco, 362 em topo de morro e 688 na sobreposição entre elas. Estas ligações atendem 8.336 economias ativas em APR, sendo que destas, 726 economias estavam em áreas com sobreposição de riscos.

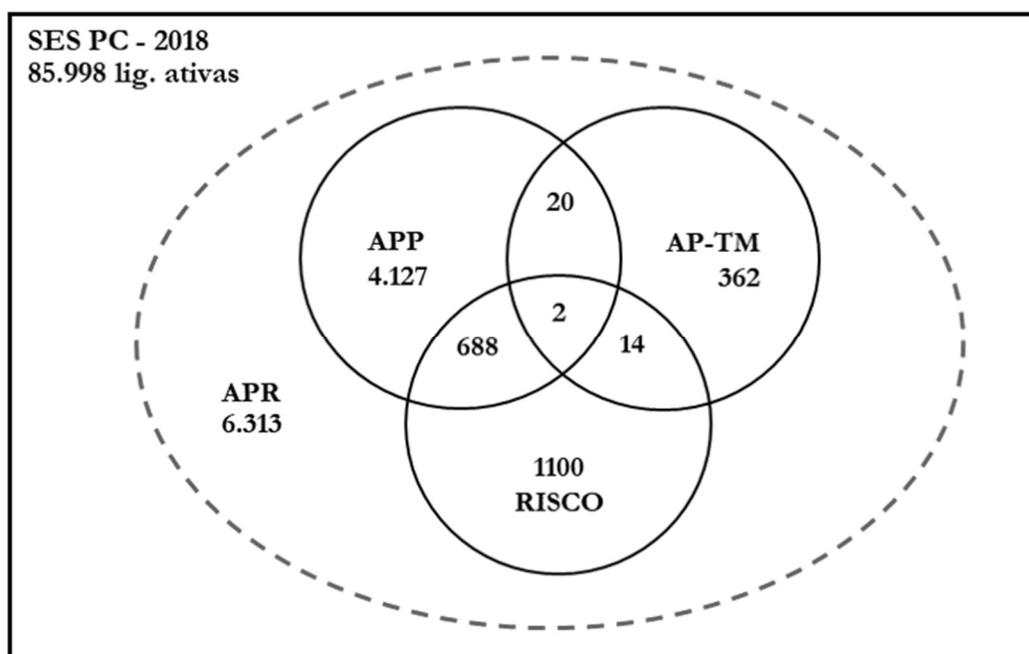


Figura 4.15 - Ligações ativas na APR em 2018.
Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 4.13 Distribuição das ligações ativas das APR por MSS em 2018.

MSS	1 –Topo de Morro–TM (lig)	2 – Preservação Permanente – APP (lig)	3 – Risco – RHG (lig)	1 e 2 (lig)	1 e 3 (lig)	2 e 3 (lig)	1, 2 e 3 (lig)	Total APR (lig)
1	7	1067	145	0	0	297	0	1416
2	0	503	199	0	0	103	0	8–5
3	2	380	54	0	0	18	0	454
4	2	945	476	0	2	324	0	1749
5	0	13	0	0	0	0	0	13
6	322	808	175	20	12	28	2	1367
7	0	25	0	0	0	0	0	25
8	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Geral	333	3741	1049	20	14	670	2	5829

Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 4.16 o esquema mostra como as 70.212 ligações residenciais ativas de água de 2018 se distribuem na APR do SES PC. Das 5.829 ligações nas APR em 2018, 3.741 estão em APP, 20 estão em APP e em APP de topo de morro, 333 estão em APP de topo de morro, 14, estão em APP de topo de morro e em área de risco, 1.049 estão em área de risco, 670 estão em área de risco e em APP e 2 estão localizadas nas três áreas sensíveis. Estas ligações estão distribuídas nos MSS segundo a Tabela 4.13.

Comparando-se com as ligações de 2008 houve um aumento 18,38% das ligações na APR, com aumento nas áreas de risco e na APP e nas áreas com sobreposição de risco com APP e risco com APP de topo de morro. Houve uma redução das ligações na AAP de topo de morro, na sobreposição de AAP de topo de morro com APP e na sobreposição das três áreas sensíveis.

A maior parte das ligações ativas na APR estão nos MSS 4, 29,94%, seguidas do MSS 3, 23,89% e do MSS 1, 23,67%.

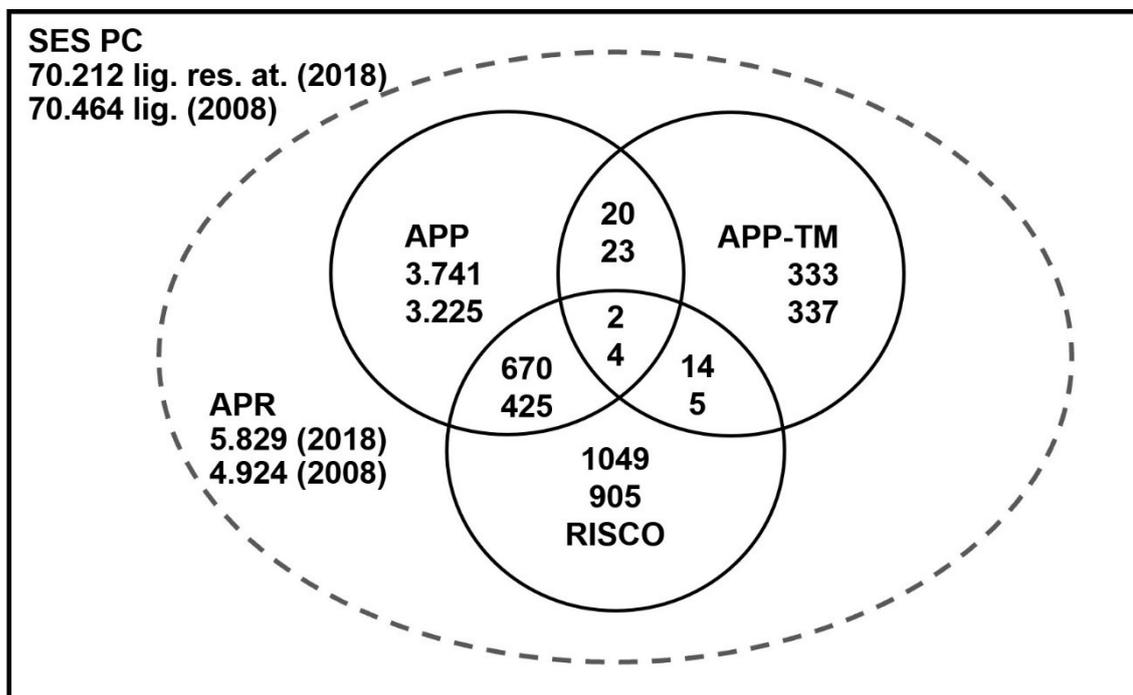


Figura 4.16 - Ligações residenciais ativas na APR em 2008 e 2018.
Fonte: elaborado pela autora.

Em 2018, 8.336 economias ativas – AG03 estavam cadastradas nas APR, sendo que 1.923 em área de risco. Nas AEIS havia 19.874 economias, destas, 2.747 em área de risco, Tabela 4.14.

A Figura 4.17 ilustra o tipo das ligações sanitárias nas AEIS, que estão destacadas das demais. Percebe-se que a maior parte das ligações com tarifas 1, sem coleta, pontos vermelhos e 3, com destino ao pluvial, pontos azuis se concentram as AEIS.

As AEIS com maiores índices de economias sem coleta, representados pelos pontos vermelhos na Figura 4.17, se concentram na sub-bacia do arroio Moinho, MSS4, que apresenta o maior número de ramais sobre áreas sobrepostas de proteção e de risco, e, que segundo Lopez e Verdum (2010), apresenta uma grande problemática de uso e ocupação do solo, grandes declividades e degradações ambientais que acarretam riscos a população residente.

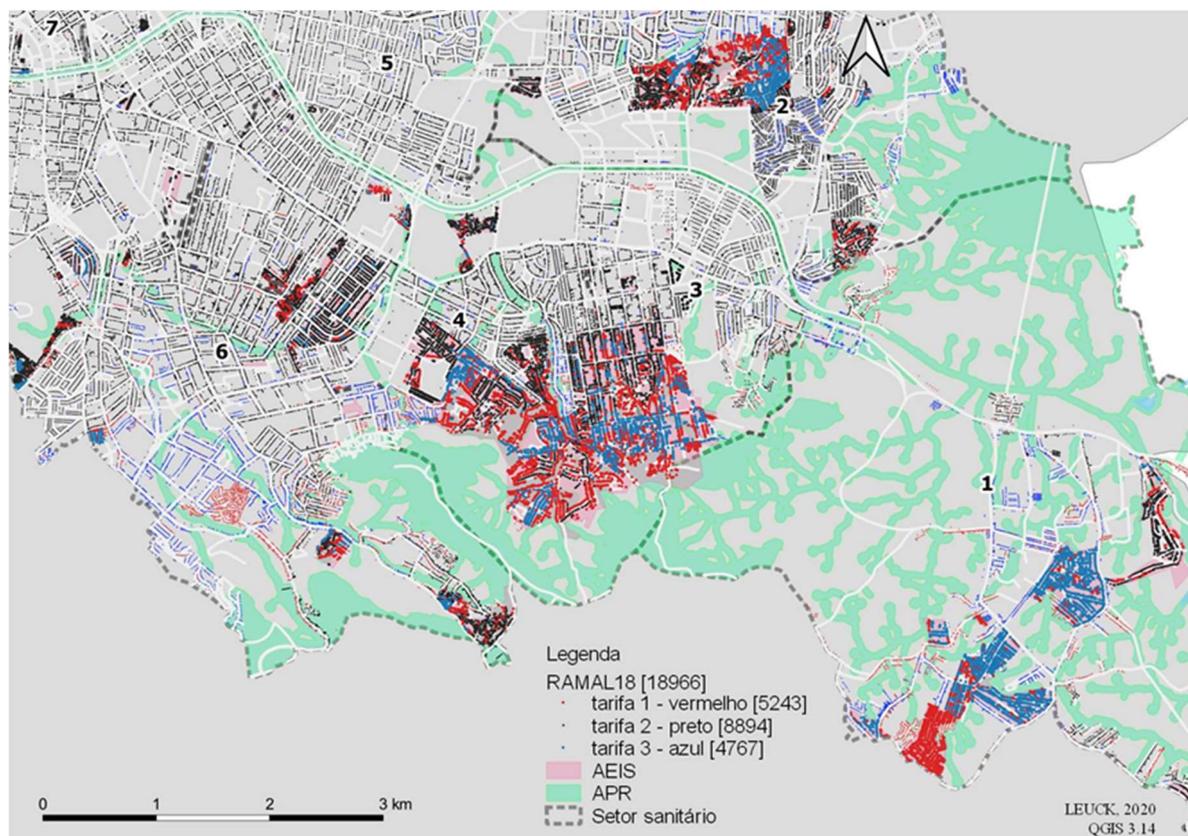


Figura 4.17 - Tarifa das ligações ativas nas AEIS em 2018.
Fonte: elaborado pela autora.

Resultado da distribuição da rede separadora nas unidades de análise

Os recortes da rede de esgoto foram feitos da mesma forma que os ramais de água, primeiro pela APR e depois pelos demais recortes, mas sempre agrupados pelos MSS. Conforme mostrado na Figura 4.18, as redes coletoras com destino ao tratamento na ETE Serraria estão representadas pelas linhas marrons, enquanto as com destino aos arroios estão em azul. Estas estão, em maioria, localizadas próximas ou nas APR.

Em 2018 havia 82,75 km de rede de esgoto nas APR, 10,69% do total de rede do SPC, destas, 16,05 km ou 19,39% das redes da APR estão localizadas em áreas de risco muito alto de alagamentos e deslizamentos, mostrados mais adiante, na Tabela 4.14. Esta rede coletora é mais suscetível a receber contribuições de origem pluvial ou fluvial e de assoreamento, e a receber cargas maiores de sedimentos.

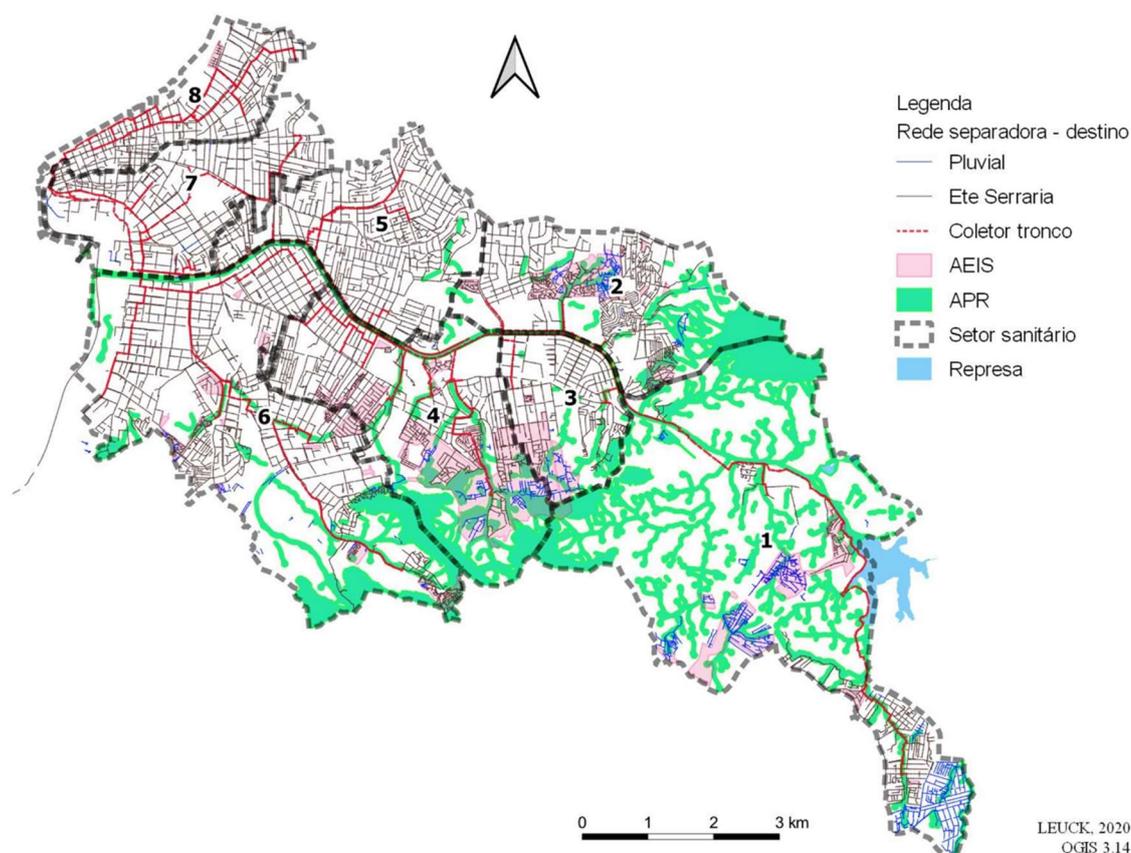


Figura 4.18 - Rede separadora nas APR e nos setores sanitários.
Fonte: elaborado pela autora.

4.12 Informações e indicadores de saneamento nas unidades de análise do SES PC

Os valores comparativos das informações e dos indicadores baseados no SNIS, 2018, relacionados ao abastecimento de água e esgotamento sanitário para as áreas de APR, risco, AEIS e o SES PC, são mostrados na Tabela 4.14, informações, e Tabela 4.15, indicadores. As informações e indicadores com o prefixo AX, EX e IX não fazem parte do SNIS e foram incluídos tendo como base os dados das feições dos ramais e dos serviços locais, detalhados no capítulo 3.

Tabela 4.14 Informações de água e esgoto nas unidades de análise do SES PC em 2018.

Informações de água e esgoto	Unidade	SPC	APR	Área de risco	AEIS	AEIS em APR	AEIS fora de APR
AG01 – Pop total atendida com abastecimento água	hab.	536632	22148	5747	57798	8286	49513
AG02 – Quantidade de ligações ativas de água	lig.	85998	6313	1804	17500	2558	14942
AG03 – Quantidade de economias ativas de Água	econ.	289618	8336	1923	19874	2747	17127
AX01 – Quantidade de ligações resid. ativas de água	lig.	70212	5829	1735	16950	2486	14464
AG13 – Quantidade de economias residenciais ativas de água	econ.	240571	7738	1860	19219	2657	16562
ES001 – Pop total atendida com esgotamento sanitário	hab.	498436	14556	2494	41571	4112	37458
ES002 – Quantidade de ligações ativas de esgoto	lig.	75268	3892	796	12744	1282	11462
ES003 – Quantidade de economias ativas de esgoto	econ.	276162	5756	855	14471	1384	13087
ES004 – Extensão da rede de esgotos	km	774,1	82,75	16,05	113,38	18,65	94,73
EX01 – Extensão da rede coletora de esgotos	km	720,41	67,66	15	111,83	18,05	93,78
EX02 – Extensão da rede coletora de esgotos interligada	km	646,07	17,05	11,06	76,26	10,84	65,42
ES005 – Volume de Esgotos Coletado	1.000m³/ano	31490	820	169,20	1953	167,48	1672
ES006 – Volume de Esgoto Tratado	1.000m³/ano	28717	573	136	1220	101	1119
EX03 – Poços de Visita com descarga em Pluvial	PVs	139	68	17	57	36	21
EX04 – Quantidade de ligações totais de esgotos vistoriadas	Ligações	34035	1499	315	3517	427	3090
EX05 – Quantidade de ligações totais de esgotos efetivas	Ligações	28959	862	200	2689	241	2448
QD011 – Extravasamento de esgotos	extrav/ano	6540	722	171	2218	351	1867
EX06 – Extravasamento de esgotos em lotes priv.	extrav/ano	2228	244	43	737	118	619
EX07 – Reclamações	Protocolos/ano	12880	1323	275	3806	612	3194
EX08 – Desobstruções	desob./ano	5858	686	175	2157	342	1815

Fonte: adaptado de SNIS, 2020.

Em relação as informações de água e esgotamento sanitário, Tabela 4.14, pode ser destacado o seguinte:

- A APR abriga 4,13% da população do SES que é atendida com abastecimento água – AG01 através das 6.313 ligações ativas de água – AG02, 7,34% das ligações ativas. Em relação a quantidade de ligações residenciais ativas de água – AX01, a APR possui 5.829 ligações, ou seja, 8,30 % das ligações. Estas ligações atendem à 7.738 residências, AG13, ou 3,22% das residências do SES.

- As AEIS abrigam 10,77% da população total atendida com abastecimento água – AG01 através das 17.500 ligações ativas de água – AG02, que correspondem à 20,35% das ligações ativas do SES. Em relação a quantidade de ligações residenciais ativas de água – AX01, as AEIS possuem 16.950 ligações, ou seja, 24,14 % das ligações. Estas ligações atendem à 19.219 residências (AG13), 7,99% das residências do SES.

- As AEIS em APR abrigam 1,54% da população atendida com abastecimento água – AG01 e 14,34% da população das AEIS, através das 2.558 ligações ativas de água – AG02, que correspondem à 2,97% das ligações ativas do SES e a 14,62 % das ligações das AEIS. Em relação a quantidade de ligações residenciais ativas de água – AX01, as AEIS em APR possuem 2.486 ligações, ou seja, 3,54 % das ligações do SES e 14,67 % das ligações das AEIS. Estas ligações atendem à 2.657 residências, AG13, ou 1,1% das residências do SES e 13,82 % das residenciais das AEIS.

- As áreas de risco hidrogeológico abrigam 1,07% da população atendida com abastecimento água (AG01), através das 1.804 ligações ativas de água (AG02), que correspondem à 2,10% das ligações ativas do SES. Em relação a quantidade de ligações residenciais ativas de água (AX01), as áreas de risco possuem 1.735 ligações, ou seja, 2,47 % das ligações. Estas ligações atendem à 1.860 residências, AG13, 0,77% das residências do SES.

- A população atendida com esgotamento sanitário – ES001 nas APR corresponde a 2,92% do SES PC, através das 3.892 ligações ativas de esgoto – ES002, ou a 5,17% das ligações. Estas atendem à 5.756 economias ativas de esgoto – ES003. Nas APR tem-se 82,75 km de rede de esgoto implantada – ES004, 10,69% da rede do SES, sendo que 67,66 km são de rede coletora – EX01, ou 10,24% da rede coletora total. Apenas 17,05 km desta rede está interligada ao SES, EX02, o que representa 2,64% da rede coletora interligada.

- A população atendida com esgotamento sanitário – ES001 nas áreas de risco corresponde a 0,50 % do SES PC, através das 796 ligações ativas de esgoto – ES002, que correspondem a 1,06 % das ligações. Estas atendem à 855 economias ativas de esgoto – ES003. Nas áreas de risco tem-se 16,05 km de rede de esgoto implantada – ES004, 2,07% da rede do SES, sendo que 15 km são de rede coletora – EX01, ou 2,27% da rede coletora total. Apenas 11,06 km desta rede está interligada ao SES, EX02, o que representa 1,71% da rede coletora interligada.

- Nas AEIS, a população total atendida com esgotamento sanitário – ES001 corresponde a 8,34% do total do SES PC, através das 12.744 ligações ativas de esgoto – ES002, que correspondem a 16,93% das ligações. Estas atendem à 14.441 economias ativas de esgoto – ES003. Nas AEIS tem-se 113,38 km de rede de esgoto implantada – ES004, 14,65% da rede do SES, sendo que 111,83 km são de rede coletora – EX01, ou 16,92% da rede coletora do SES. Apenas 76,26 km desta rede está interligada, EX02, o que representa 11,80% da rede coletora interligada.

- Nas AEIS localizadas em APR a população atendida com esgotamento sanitário – ES001 corresponde a 0,82% da população do SES PC e a 9,89% das AEIS, através das 1.282 ligações ativas de esgoto – ES002, que correspondem a 1,70% das ligações do SES e a 10,06% das ligações das AEIS. Estas atendem à 1.384 economias ativas de esgoto – ES003.

- Nas AEIS em APR tem-se 18,65 km de rede de esgoto implantada – ES004, 2,41 % da rede do SES e 16,14% das AEIS, sendo 18,05 km de rede coletora – EX01, 2,73% da rede coletora total. Desta, 10,84 km estão interligados ao SES, EX02, o que representa 1,68% da rede coletora interligada.

- Havia 139 PVs com descarga nos arroios ou em rede pluvial – EX03 no SES PC e 68 na APR, mas como existe sobreposição entre as áreas de APR, risco e AEIS não se pode considerar a soma dos PVs nas três áreas. A APR possui 48,92% dos PVs com descarga em pluvial – EX03, as áreas de risco têm 12,23% e as AEIS tem 41,01%.

- Foram notificados 6.540 extravasamentos no ano de 2016 – QD011, 11,04 % ocorreram na APR, 2,61% nas áreas de risco e 33,91% nas AEIS, Nas AEIS ocorreram 33,91% dos extravasamentos de esgotos – QD011 em 2016.

Em relação aos indicadores de água e esgotamento sanitário, **Tabela 4.15**, destacam-se as seguintes considerações:

- O consumo médio de água por economia – IN053 na área de risco é de 13,25 m³/mês, na APR é 15,35 e na AEIS fora da APR é 14,05 m³/mês/economia. O consumo de água nessas áreas está muito acima da média do SES PC, de 12,13 m³/mês/econ, sendo 57,12% maior na área de risco, 26,55% maior na APR e 15,83% maior nas AEIS.

- A população urbana residente conectada à rede coletora – IN024 é de 92,89% no SES, 43,40% na área de risco, 65,72% na APR e 71,92% na AEIS.

- O índice de esgoto tratado referido à água consumida – IN046 é de 68,10% no SES. Os piores valores ocorrem na área de risco, 30,09% e nas AEIS em APR, 22,50%. Na APR ele é de 37,30% e na AEIS 36,60%.

- O índice de coleta de esgoto – IN015 é de 74,72% no SES. Já na área de risco, ele cai para 38,44%, na APR para 53,43% e na AEIS para 58,46%. A AEIS em APR tem o pior valor, 37,37%.

- O índice de tratamento de esgoto – IN016 é de 91,20% sobre os 74,12% dos esgotos coletados – IN015 no SES. Os menores valores estão na AEIS, 62,46 % e na AEIS em APR, 60,10%. Na APR ele melhora um pouco, 69,87%. Apesar deste indicador ser de 80,34% na área de risco, ele é calculado sobre esgoto coletado, que é de 38,44%.

- O índice de integração da rede coletora ao SES – IX01 é de 89,66%. A área com menor índice de integração da rede é a APR, com apenas 25,20% da rede integrada, seguida da AEIS com 68,19% e da área de risco com 73,73%

- O índice de ligações vistoriadas – IX02 é de 37,82% no SPC. Ele cai para 22,03% na APR, 18,54 % na AEIS e para 15,91% na área de risco.

- A efetividade das ligações – IX03, é um importante indicador da exequibilidade da ligação de esgotos ao sistema. Enquanto no SES ela é de 32,28%, na área de risco é 10,10%, na APR é 12,67%, e nas AEIS é 14,18%, sendo que nas AEIS em APR esse valor cai para apenas 8,50%. É importante frisar que a base de cálculo da efetividade são as ligações vistoriadas, que são 37,82% das ligações do SES.

- Em relação aos indicadores de desempenho dos serviços os maiores valores relativos às reclamações por ligação – IX04, foram de 0,35 na área de risco e 0,3 na AEIS. Na AEIS dentro da APR chega a 0,48 e fora da APR a 0,28. São valores bem acima da média do SES, de 0,17 reclamações por ligação.

- A média dos extravasamentos de esgotos por km rede – IN082 é de 8,45 extrav/km no SES. Já nas AEIS é de 19,56 extrav/km, ou seja, 131,48% maior que a média do SES. Nas AEIS fora da APR o valor chegou a 19,71 extrav/km, enquanto na área de risco caiu para 10,85 extrav/km e na APR para 8,73 extrav/km.

- A média de extravasamentos de esgotos em lotes privados por km de rede – IX05 é de 2,88 extrav/km e nas AEIS é de 6,5 extrav/km. Nas demais áreas eles não destoaram da média do SES.

- O mesmo acontece com o índice de desobstruções – IX06, de 7,57 desob/km no SES ele aumenta para 19,02 nas AEIS. Na área de risco é de 10,19 desob/km e nas APR é de 8,29 desob/km.

A análise pelo tipo de tarifa revelou que 25,61% das 5.829 ligações residenciais localizadas nas áreas de APR lançam seus esgotos na rede de drenagem pluvial (tarifa 3) e 40,03% não dispõem de coleta (tarifa 1), ou seja, fazem uso do tratamento in situ. No caso das economias, 26,05% das 7.738 residências localizadas nas áreas de APR lançam seus esgotos na rede de drenagem pluvial (tarifa 3) e 32,26% dependem do tratamento in situ.

Nas APR, 65,64% das ligações residenciais não estavam conectadas ao SES, havia menos infraestrutura convencional de rede coletora de esgotos sanitários e a rede existente demandou mais serviços de operação e manutenção.

Em relação aos valores médios do SES PC, a APR apresentou índices de coleta de esgoto – IN015 28,49% menor, de integração das redes ao sistema – IX01 71,89% inferior e a efetividade das ligações de esgoto – IX03 foi 60,6 % menor. Em relação ao Índice de esgoto tratado referido à água consumida – IN046, a APR teve valor 45,23% menor.

As áreas de risco apresentaram índices de coleta de esgoto – IN015 48,65% menores e de integração da rede coletora ao sistema – IX01 17,77 % inferiores comparados ao SES e efetividade das ligações de esgoto – IX03 foi 68,61% menor. Em relação ao Índice de esgoto tratado referido à água consumida – IN046, as áreas de risco tiveram valor 55,81% menor que a média do SES.

As AEIS apresentaram índices de coleta de esgoto – IN015 21,63% menores e de integração à rede – IX01 23,95% inferiores comparados aos do SES. A efetividade das ligações de esgoto – IX03 é 55,94% menor na AEIS. Em relação ao índice de esgoto tratado referido à água consumida – IN046, as AEIS têm valor 46,26% menor que a média do SES.

Tabela 4.15 Indicadores de água e esgoto nas unidades de análise do SES PC em 2018.

Indicadores de água e esgoto	Unidade	SES PC	APR	Área de risco	AEIS	AEIS em APR	AEIS fora APR
IN053 – Consumo médio de água por economia	m ³ /mês/econ	12,13	15,35	13,25	13,98	13,59	14,05
IN024 – População urbana residente conectada à rede coletora.	%	92,89	65,72	43,40	71,92	49,63	75,65
IN046 – Índice de esgoto tratado referido à água consumida	%	68,14	37,33	30,90	36,6	22,5	38,8
IN015 – Índice de coleta de esgoto	%	74,54	53,43	38,44	58,56	37,37	57,91
IX01 – Índice de integração da rede coletora	%	89,66	25,2	73,73	68,19	60,06	69,76
IN016 – Tratamento de esgoto	%	91,20	69,87	80,34	62,46	60,1	66,93
IX02 – Ligações de esgoto vistoriadas	%	37,82	22,03	15,91	18,54	15,06	19,16
IX03 – Ligações de esgoto efetivas	%	32,18	12,67	10,1	14,18	8,5	15,18
IX04 – Reclamação por ligação	reclamações/lig.	0,17	0,34	0,35	0,3	0,48	0,28
IN082 – Extravasamentos por comprimento de rede	extravas/km	8,45	8,73	10,85	19,56	18,82	19,71
IX05 – Extravasamentos em propriedades privadas por comprimento de rede	extravas/km rede	2,88	2,95	2,68	6,5	6,33	6,53
IX06 – Desobstruções	desob/km rede	7,57	8,29	10,9	19,02	18,34	19,16

Fonte: elaborado pela autora.

4.13 Espacialização dos indicadores de esgotamento sanitário nas unidades de análise

Como a proposta foi avaliar os indicadores em diferentes tipologias do tecido urbano, os indicadores e índices foram calculados nos oito MSS e nas subunidades de análise seguintes: sete em APR, cinco em áreas de risco (RHG), sete em AEIS em APR (AEI) e oito em AEIS fora de APR (AEO), o que resultou em 35 tipos de áreas analisadas. Contudo, na espacialização, pode se observar que estas áreas se subdividem pelos MSS, o que gerou um número muito grande de áreas, como se observa no mapa da Figura 4.19. Por exemplo, a unidade RHG4 está segmentada em 8 unidades de áreas dentro do MSS4, algumas muito pequenas. O número do MSS é o último caractere do nome das unidades de análise.

O indicador de população servida por rede coletora no SES PC (IA1) passou de 89,71% para 92,89% em dez anos, possibilitando o acesso à rede coletora a mais 2.200 habitantes.

Os dez indicadores foram classificados em três grupos, três **indicadores de atendimento – IA**, cinco **indicadores de desempenho operacional do sistema – ID** e dois **indicadores de eficiência do sistema – IE**.

Os indicadores foram categorizados por quartil, em escala de cinco cores, para a representação nos mapas mostrados na sequência. Os valores de cada unidade de análise estão na Tabela 4.16. Os valores obtidos para os indicadores e para o índice de desempenho dos setores sanitários e das subunidades de análise do SES aparecem segundo a seguinte hierarquia: em primeiro as AEIS divididas conforme sua localização estar na área de APR ou não, em segundo as áreas de risco hidrogeológico e em terceiro as APR.

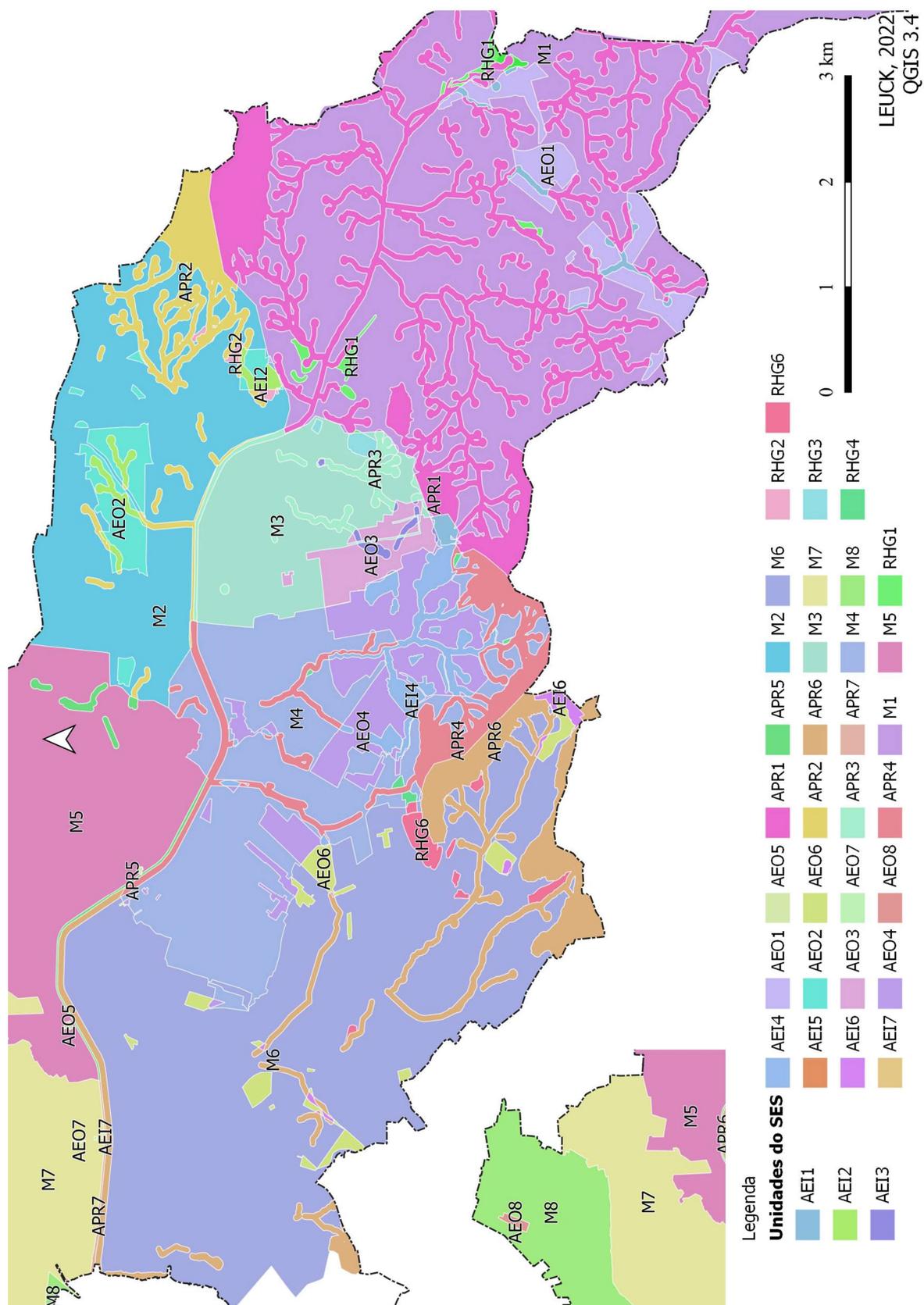


Figura 4.19 - Unidades de análise dos indicadores.

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 4.16 Indicadores das unidades de análise do SES PC.

Indicador		IA1	IA2	IA3	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	IE1	IE2
Setores	Núm. de área	(%)	(%)	(%)	extrav./km	extrav/km	desob./km	PV/km	recla/lig	(%)	(%)
		IN056	IN015	IN016	IN082	IX05	IX06	IX09	IX04	IX02	IX03
M1	10	70,97	48,07	32,93	9,59	4,14	8,51	0,25	0,18	27,67	18,91
M2	20	90,10	73,67	83,32	13,48	3,90	13,81	0,31	0,23	22,65	14,92
M3	30	91,69	73,24	92,03	12,57	4,90	11,77	0,35	0,22	26,12	20,76
M4	40	85,52	70,44	90,67	11,22	3,58	10,51	0,18	0,21	25,69	19,83
M5	50	99,98	79,97	98,57	4,51	1,57	3,68	0,02	0,14	80,90	75,11
M6	60	92,32	74,11	86,90	7,82	2,73	6,37	0,19	0,15	41,31	35,72
M7	70	99,99	79,94	98,78	5,66	1,81	4,08	0,06	0,13	72,02	70,59
M8	80	100,00	79,99	99,84	3,52	0,83	3,10	0,15	0,09	10,31	9,35
APR1	11	54,29	38,33	36,94	5,76	2,55	5,41	0,63	0,31	21,39	21,39
APR2	21	74,67	58,21	67,52	15,65	5,59	16,68	1,46	0,53	17,99	17,99
APR3	31	84,73	67,83	91,29	8,59	1,62	7,94	1,46	0,23	30,20	30,20
APR4	41	48,29	46,19	76,49	8,82	2,07	9,31	0,87	0,36	20,34	20,34
APR5	51	98,90	79,70	91,27	1,31	0,19	0,75	0,37	0,57	64,71	64,71
APR6	61	78,55	64,92	71,57	10,02	3,92	7,79	0,49	0,29	22,31	22,31
APR7	71	99,47	79,48	88,12	10,20	2,04	8,16	0,00	0,17	56,60	56,60
RHG1	12	47,71	30,95	65,83	2,44	0,81	2,71	0,81	0,11	21,92	21,92
RHG2	22	63,50	54,48	91,60	20,19	6,96	19,26	0,93	0,67	11,54	11,54
RHG3	32	77,88	62,62	100,00	21,05	0,00	21,05	0,00	0,12	36,67	36,67
RHG4	42	29,27	26,69	63,52	8,41	0,93	11,53	2,49	0,24	14,50	14,50
RHG6	62	52,92	57,83	95,62	8,97	1,57	8,30	0,45	0,48	10,94	10,94
AEI1	13	58,23	53,86	29,00	16,98	8,73	16,51	1,18	0,66	8,90	5,64
AEI2	23	63,14	44,22	74,25	22,27	8,01	21,48	2,34	0,62	11,22	8,37
AEI3	33	44,96	35,37	5,58	14,52	3,23	14,52	11,29	0,29	23,36	7,30
AEI4	43	37,06	26,40	55,29	18,81	2,89	20,43	2,17	0,44	18,33	9,10
AEI5	53	100,00	80,26	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AEI6	63	76,86	61,76	99,01	16,61	7,03	12,78	0,00	0,30	6,74	5,90
AEI7	73	100,00	80,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	100
AEO1	14	66,15	43,95	26,77	16,62	8,83	15,39	0,18	0,22	13,17	9,58
AEO2	24	72,98	61,85	70,42	26,45	7,15	28,66	0,32	0,43	10,14	8,51
AEO3	34	70,22	53,56	57,87	21,14	5,59	21,75	0,36	0,29	26,05	16,80
AEO4	44	77,01	59,52	74,48	18,33	5,59	17,10	0,08	0,30	20,29	15,27
AEO5	54	100,00	79,99	100,00	13,51	0,00	10,81	0,00	0,07	83,49	83,49
AEO6	64	88,11	70,20	85,15	18,44	6,93	15,76	0,47	0,20	19,67	17,89
AEO7	74	100,00	80,00	96,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,22	88,89
AEO8	84	100,00	80,01	100,00	7,63	0,00	10,17	0,00	0,05	61,89	61,89
SPC		92,89	74,72	91,20	8,45	2,88	7,57	0,18	0,17	37,82	32,18

Fonte: adaptado de SNIS, 2018 e LOPES, 2016.

O indicador **IA1**, que corresponde ao indicador **IN056** do SNIS, mostra o percentual da **população atendida com coleta de esgotos** sanitários sobre a população total. O índice de atendimento do SES é alto, 92,89% da população atendida com coleta, 498.486 do total de 536.632 habitantes.

A Figura 4.20 apresenta a distribuição espacial do indicador IA1, onde os melhores índices estão nos setores 7 e 8, área central e decrescem em direção a cidade de Viamão, zona Leste. As APR dos setores 1, 3 e 4 têm o menor percentual de população atendida com coleta de esgotos.

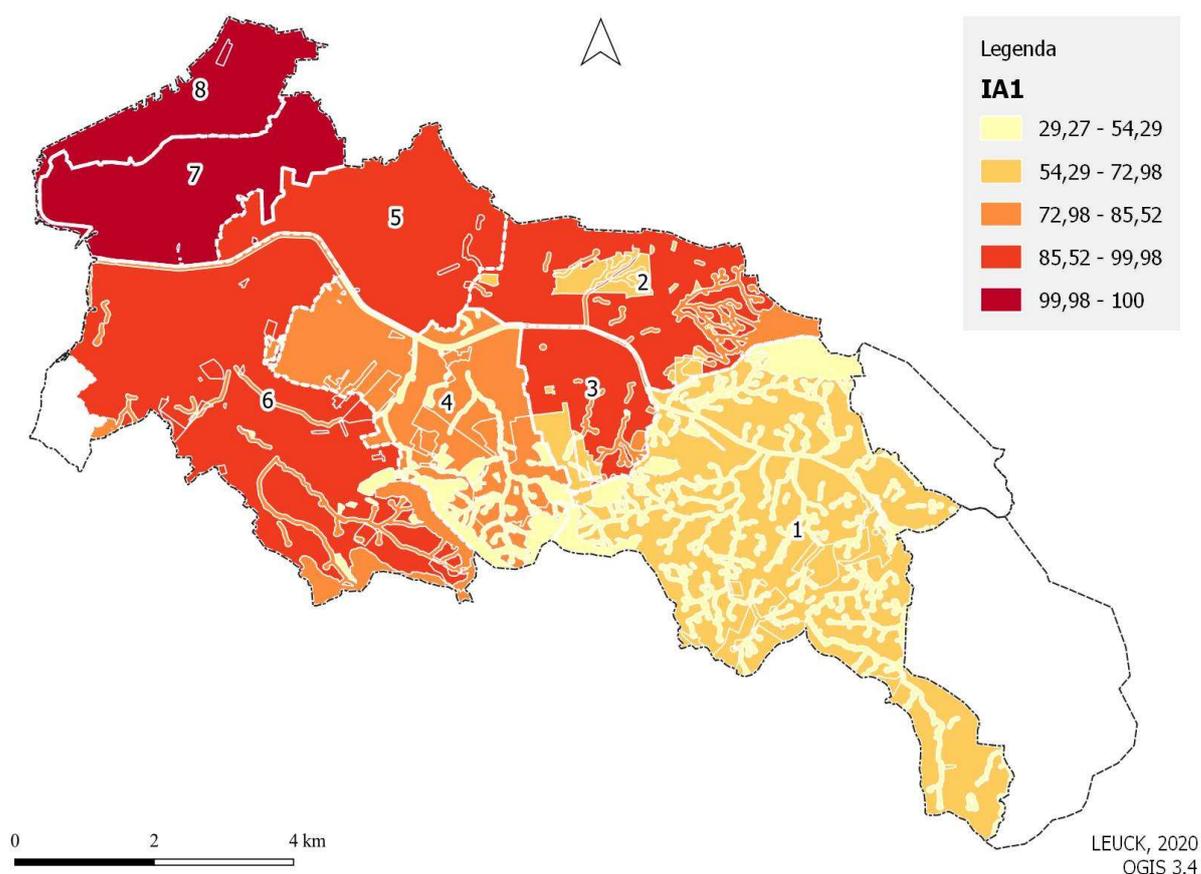


Figura 4.20 - Indicador de atendimento de esgoto - IA1 (%), (IN056).

Fonte: elaborado pela autora

O indicador de **coleta de esgoto – IA2 (IN015)** mostra os índices de coleta de esgoto com relação ao percentual do volume coletado pelo volume consumido. Este índice não tem a uniformidade do anterior, a média dos esgotos coletados sobre os produzidos é de 74,72%.

A Figura 4.21 mostra a distribuição espacial do indicador onde se visualiza que os maiores valores ocorrem nos setores 5 e 8, mais urbanizados. E o valor mais baixo está no setor 1.

Do mesmo modo que o IA1, as APR dos setores 1, 3 e 4 têm o menor percentual de atendimento com coleta do volume dos esgotos gerados.

O setor 4 é o que apresenta maior variação de classificação porque tem maior incidência de AEIS e áreas de risco e de APR.

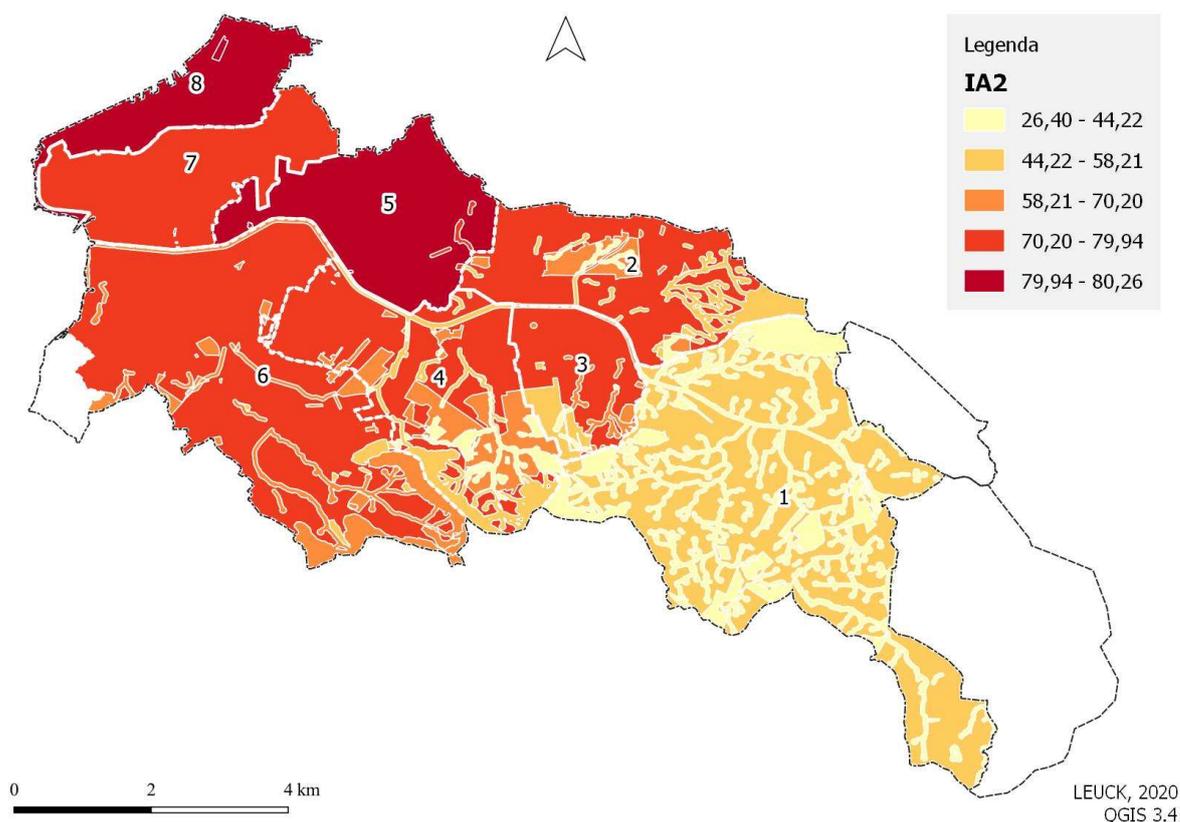


Figura 4.21 - Indicador de coleta de esgotos - IA2 (%), (IN015).

Fonte: elaborado pela autora.

O **indicador de tratamento – IA3 (IN016)** mostra a relação percentual entre o volume de esgotos tratados pelo volume dos esgotos coletado.

A média do volume de esgotos tratados sobre os coletados é alta, 91,20%, sendo que os setores 7 e 8, mais urbanizados, estão mais bem conectados. O setor 1 tem o menor percentual de esgoto tratado sobre o coletado e a APR do setor 1 também tem indicador mais baixo que a média do setor 1, Figura 4.22.

A APR e as AEIS do setor 2 tem o indicador mais baixo que a média do setor 2 e as AEIS em APR dos setores 2, 3 e 4 tem os piores indicadores de tratamento dos respectivos setores.

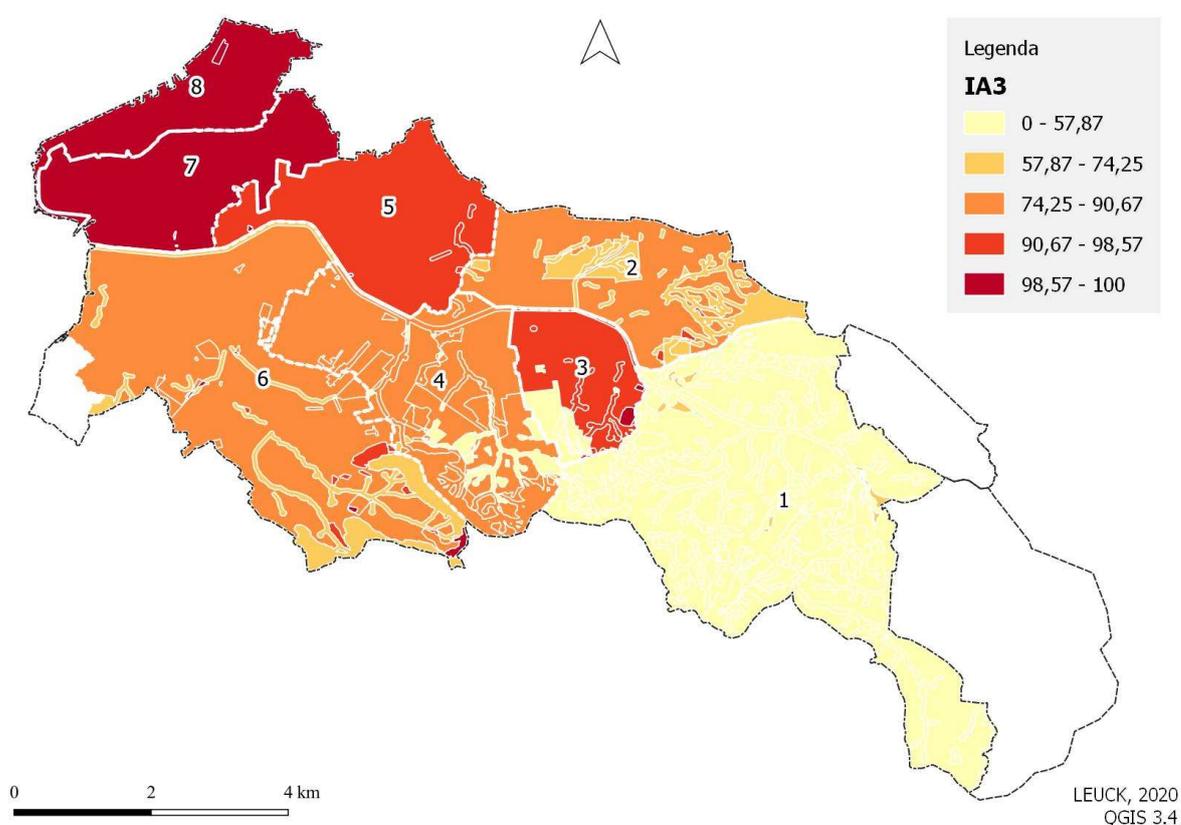


Figura 4.22 - Indicador de tratamento - IA3(%), (IN016).

Fonte: elaborado pela autora.

O **indicador de vistoria das ligações – IE1 (IX02)** refere-se ao grau de conhecimento que a concessionária tem sobre a situação das ligações dos esgotos do lote na rede separadora.

No caso estudado, o percentual de ligações vistoriadas sobre o total de ligações no SPC é de 37,82%, os valores segregados são mostrados no mapa da Figura 4.23. Nas áreas de risco este indicador é de 15,91% e na APR é 22,03%.

Os setores com maior número de ligações sem vistoria são o 8, o 2 e o 4, sendo que os com menos vistorias são as AEIS do setor 2 e o setor 8. Percebe-se, na Figura 4.23, Figura 4.25 que este indicador não tem uma distribuição uniforme, mas, em geral, seu valor é baixo.

Um bom índice de cobertura de redes não é suficiente para garantir o saneamento, os domicílios precisam estar conectados às redes para que o esgoto chegue ao tratamento. Grande parte da carga orgânica lançada nos arroios e da baixa carga que chega na estação de tratamento é devido ao baixo índice de ligações pois, no passado, se atribuía essa ação ao proprietário do imóvel. Atualmente, as ligações na rede constam na planilha de custos das obras de expansão da rede dos sistemas.

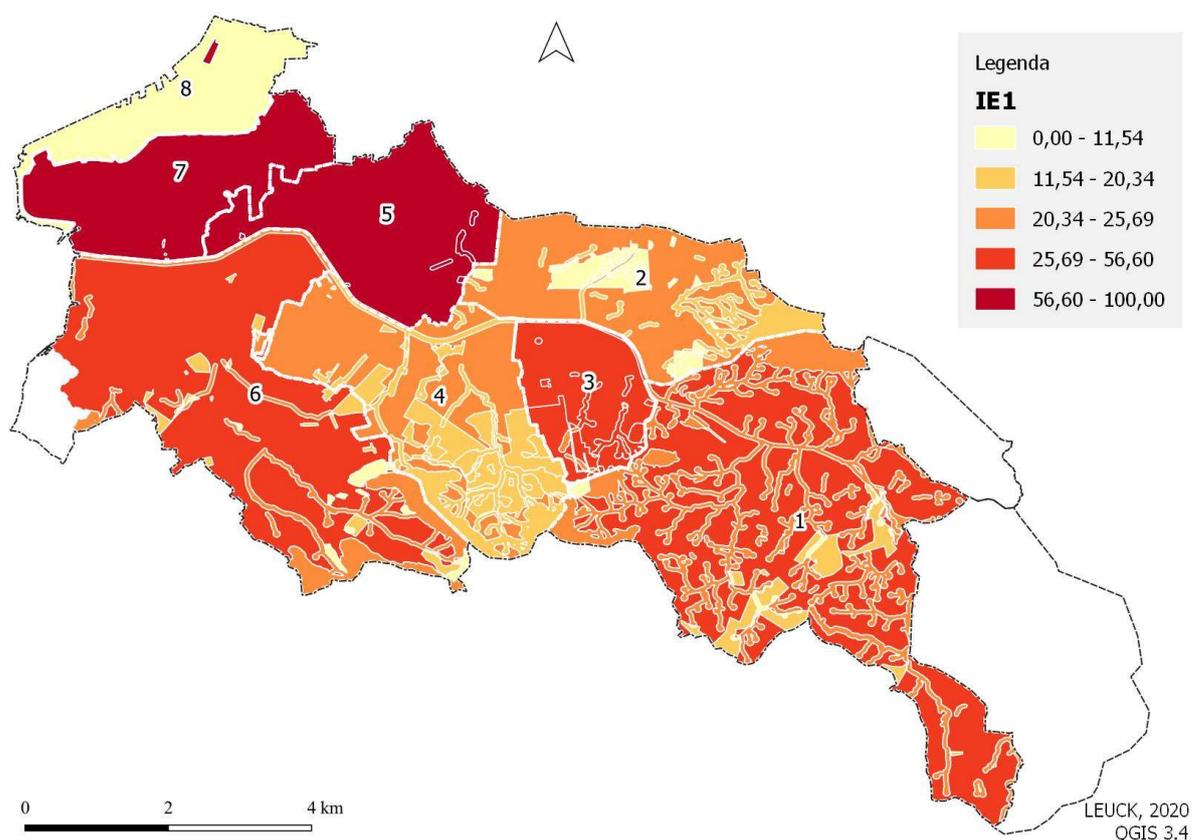


Figura 4.23 - Indicador de efetividade das ligações - IE1 (%), (IX02).

Fonte: elaborado pela autora.

O **indicador de efetividade das ligações – IE2 (IX03)** refere-se ao grau de conhecimento que a concessionária tem sobre a efetividade das ligações dos esgotos do lote na

rede separadora, mostra se as ligações estão, de fato, conectadas à rede. Em média 83,53% dos lotes residenciais ativos vistoriados estavam ligados ao sistema, mas em relação ao total de ligações este valor é de apenas 32,18% das ligações.

Os setores com maior efetividade são o 5 e o 7, de urbanização antiga e naquelas onde foi feito um programa intensivo de vistorias, seguido do setor 6, conforme se observa a Figura 4.24. O setor 8, onde fica o centro histórico da cidade tem o pior valor para este indicador, assim como as AEIS do setor 2.

Nestas áreas onde a efetividade é muito baixa a rede não está desempenhando a sua função de coleta, favorecendo o lançamento de carga orgânica nos cursos d'água.

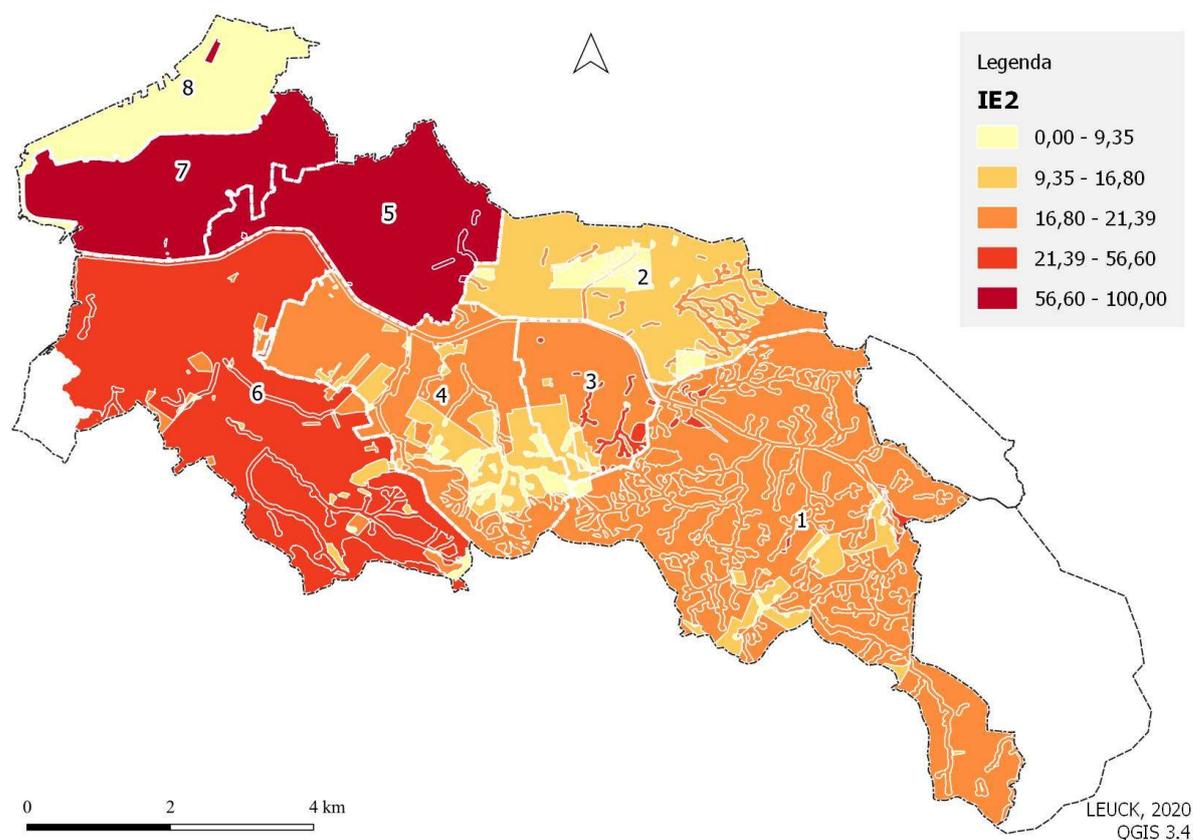


Figura 4.24 - Indicador de efetividade das ligações - IE2 (%), (IX03).

Fonte: elaborado pela autora.

O **índice de extravasamentos – ID1 (IN82)** apresenta valores bastante elevados no SES, 8,45 extrav./km, o valor médio da cidade é de 6,04 extrav./km.

Os setores 1, 2, 3 e 4 possuem valores de extravasamentos acima da média do SES e estes valores aumentam ainda mais nas áreas das AEIS e na APR do setor 2.

Os extravasamentos são um retrato da funcionalidade do sistema, pois uma rede bem dimensionada e executada só apresentará extravasamentos em caso de obstrução.

Na maioria das grandes cidades brasileiras o processo do saneamento veio a reboque da expansão urbana, com foco no afastamento dos esgotos e na expansão da cobertura em detrimento da eficiência. Neste contexto, o sistema apresenta muitos mais eventos de extravasamentos e de demanda por serviços de desobstrução, principalmente nas áreas periféricas e nas áreas classificadas como de risco hidrogeológico.

As redes executadas em áreas sem pavimentação e drenagem ou com relevo acidentado, característico das áreas de risco e ocupações informais, são justamente as áreas com maior incidência da ocorrência de eventos de extravasamentos, conforme indicado nas áreas mais escuras da Figura 4.25.

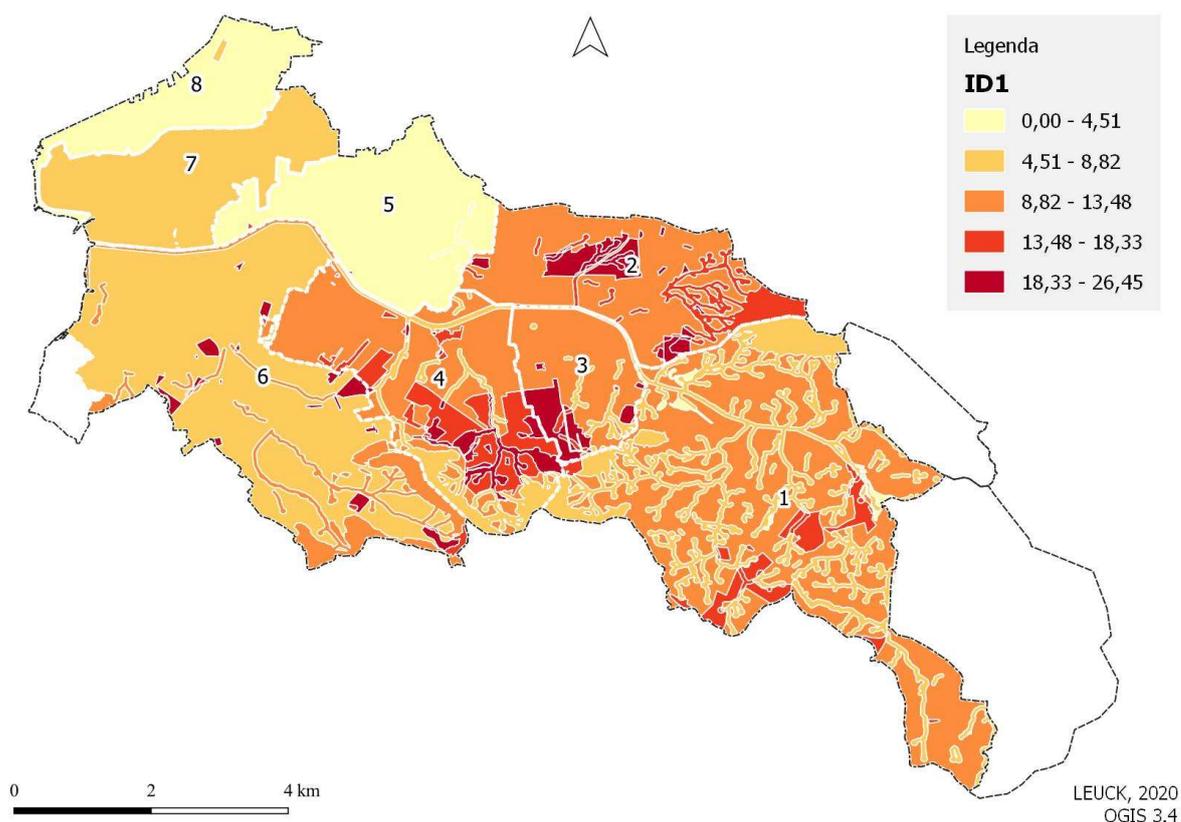


Figura 4.25 - Indicador de extravasamentos - ID1 (extr/km), (IN082).

Fonte: elaborado pela autora.

O **indicador de extravasamento em lotes ID2 (IX05)** é uma variante agravada dos extravasamentos fortemente relacionada à salubridade ambiental, pois gera transtornos aos usuários, danos materiais e risco de contaminação biológica. A Figura 4.26 mostra que os maiores valores ocorrem nos setores 1, 2 e 3 e se intensificam nas AEIS destes setores e na APR do setor 6.

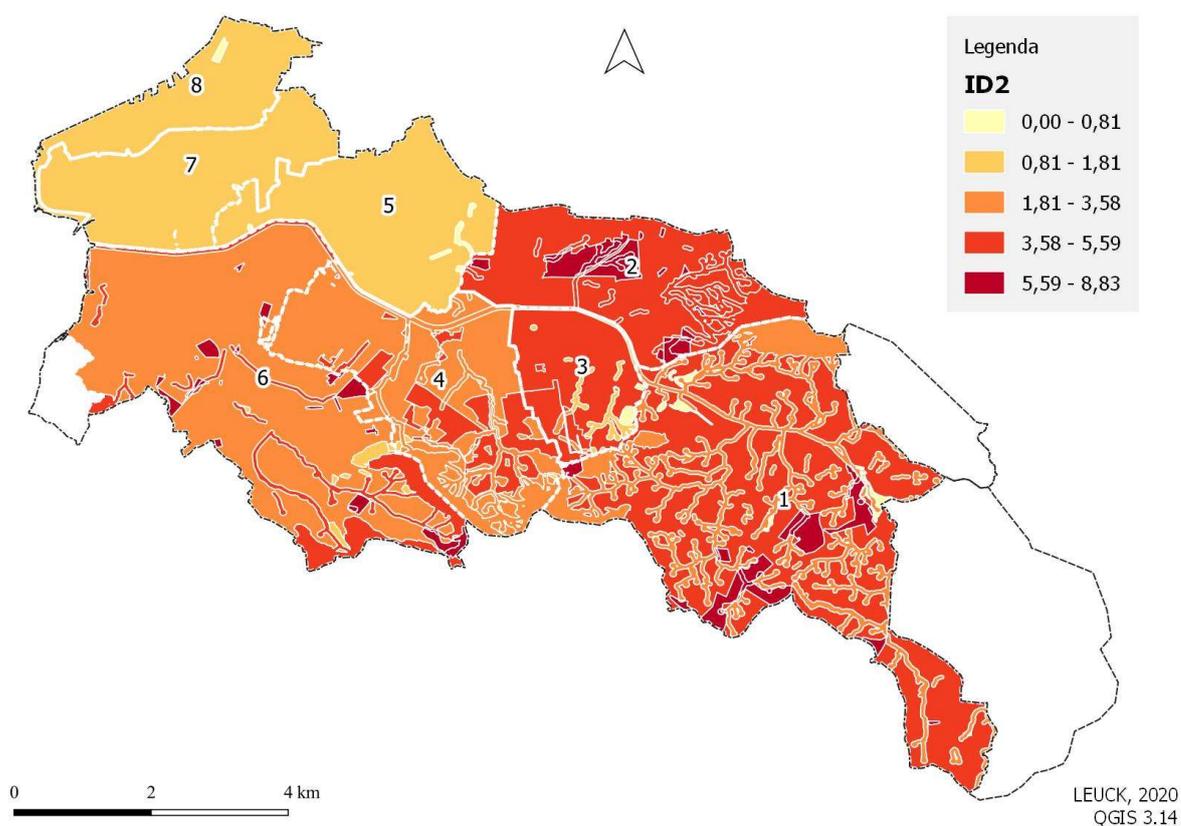


Figura 4.26 - Indicador de extravasamento em lotes - ID2 (extrav/km), (IX05).

Fonte: elaborado pela autora.

O **indicador de desobstruções ID3 (IX06)**, mede a quantidade de serviços de desobstrução das redes por km de rede. As obstruções das redes são causadas por deposição de sedimentos, incrustações de gordura, lançamento de resíduos sólidos e de material de construção nas redes. Conforme pode ser observado na Figura 4.27, a incidência destes serviços é muito alta no SES, principalmente nas áreas periféricas, mal servidas por coleta de resíduos, pavimentação, drenagem e baixo nível de educação ambiental.

A média do SES PC é de 7,57 desob/km, as desobstruções são maiores nas AEIS e no setor 2, nas áreas de maior declividade do SES PC.

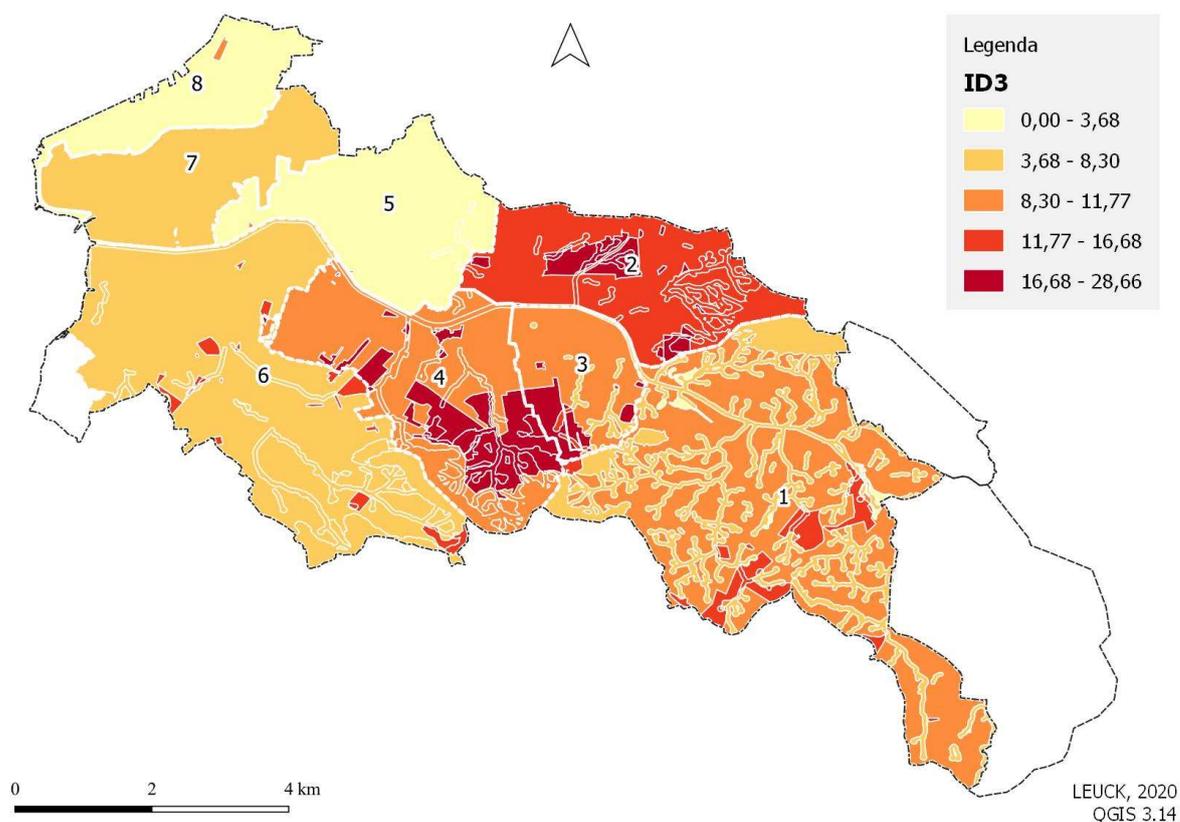


Figura 4.27 - Indicador de desobstruções - ID3 (desob/km), (IX03).

Fonte: elaborado pela autora.

O indicador **Poços de visita com descarga em pluvial ID4 (IX09)** indica o número de poços de visita – PV com lançamentos de esgoto no sistema pluvial por extensão da rede de esgotos, mapa da Figura 4.28. Quanto maior a interferência entre o sistema de drenagem e o SCES, maior a dificuldade para integrar as redes de esgoto sanitário ao SES.

Os indicadores relacionados aos extravasamentos, descargas e desobstruções refletem como as ineficiências do sistema impactam diretamente o ambiente urbano e, também, como as ineficiências do processo de urbanização impactam o sistema de coleta.

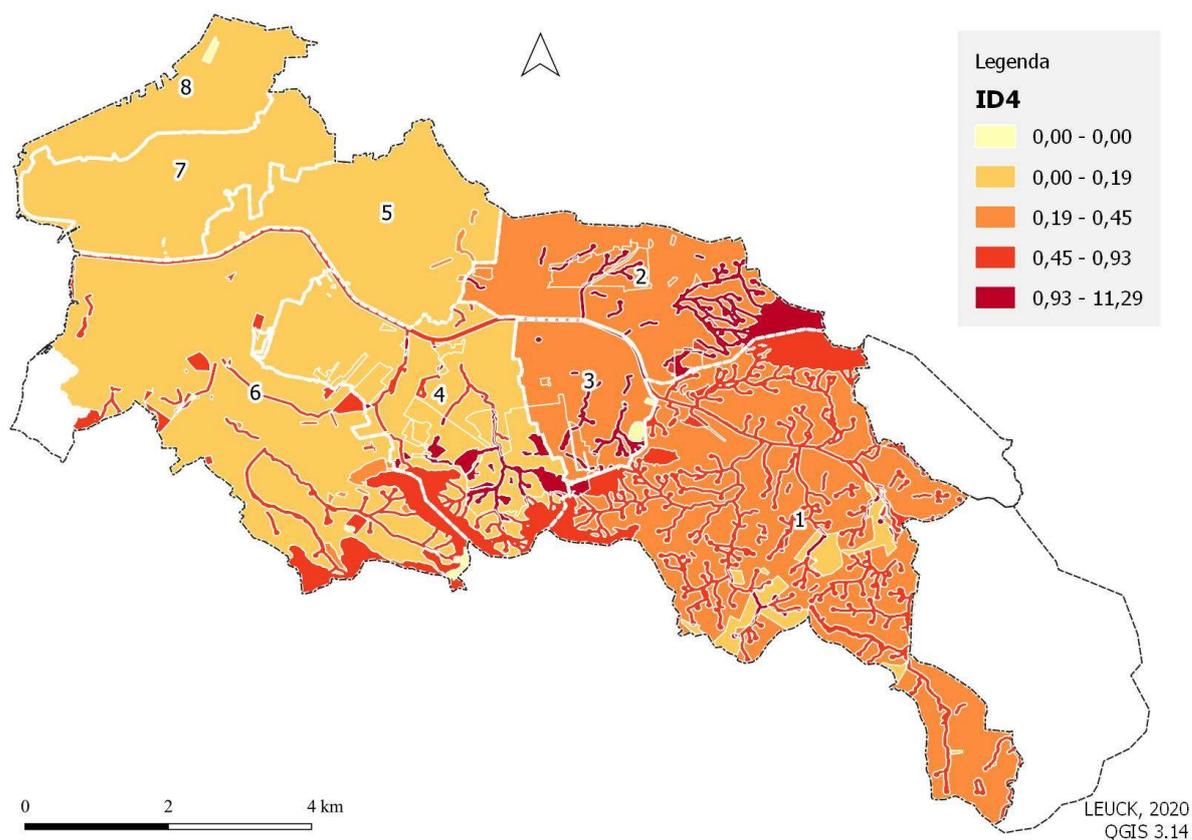


Figura 4.28 - Indicador de descargas em sistema pluvial - ID4 (PV/km), (IX09).

Fonte: elaborado pela autora.

Os MSS com maiores valores do indicador ID4, em PV/km, estão nos MSS 1, 2 e 3, Figura 4.28. Estes valores são ainda maiores nas APR, AEIS e nas áreas de risco hidrogeológico.

O **ID5 (IX04)** indica o percentual de **reclamações por ligação ativa de esgoto**. A média do SES é de 0,17 reclamações/ligação ou 30 reclamações por 1000 habitantes em 2016.

As AEIS em APR apresentam um número extremamente elevado de reclamações em relação às demais, 0,48 reclamações/ligação, concentrados nos MSS 1, 2 e 4, Figura 4.29. Os maiores valores ocorrem nas APR dos setores 2 e 1 e nas áreas de risco dos setores 1, 2, 4 e 6, que também são as áreas com maiores indicadores de extravasamentos, ID1 e ID2, e desobstruções ID3.

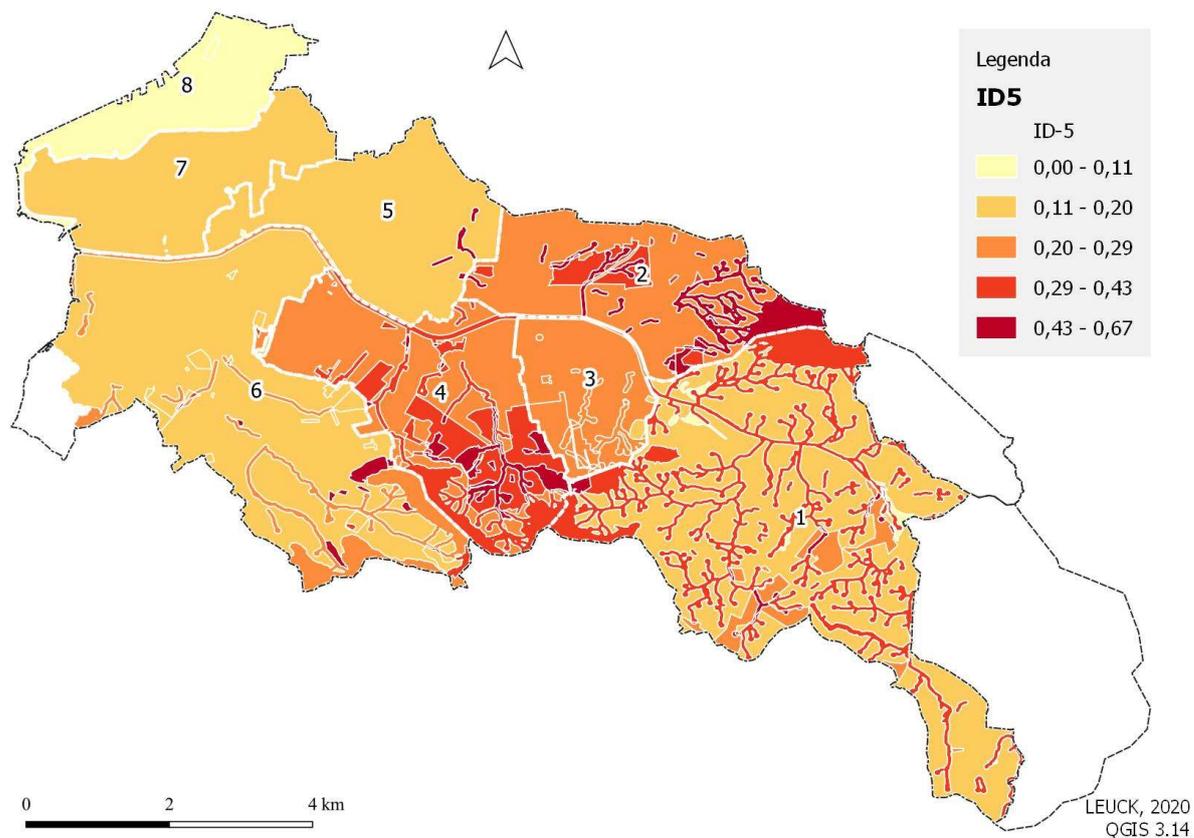


Figura 4.29 - Indicador de reclamações - ID5 (recl/ligação), (IX04).

Fonte: elaborado pela autora.

Geralmente, a dificuldade de integração das redes ao sistema ocorre em áreas próximas aos cursos d'água, em talvegues e áreas de grande declividade. Os setores com estas características têm os maiores valores deste indicador.

As APP apresentam maior incidência de pontos de descarga em pluvial ou em arroios. Nestas áreas a quantidade de condicionantes que impedem a efetividade da integração ao sistema, geraram um passivo ambiental de difícil mitigação.

4.14 Classificação e espacialização do Índice de Desempenho

A classificação dos oito setores sanitários e das subunidades de análise: sete APR, cinco áreas de risco, sete AEIS em APR (AEI) e oito AEIS fora de APR (AEO), resultaram em 35 unidades classificadas. Os indicadores que compuseram o índice de desempenho foram mostrados no subcapítulo 4.13, Tabela 4.16. Para formar o índice de desempenho, aqueles indicadores foram normalizados, utilizando os limites mínimos e máximos mostrados na Tabela 4.17 e, depois, estes valores foram ponderados, resultando na pontuação mostrada na Tabela 4.18. O somatório dos indicadores normalizados e ponderados de cada unidade de análise resultou no valor do índice de desempenho. Após a classificação considerando todas as unidades de análise, foram mostrados os resultados do índice de desempenho caso se considere apenas os indicadores dos MSS.

Tabela 4.17 Indicadores normalizados.

Setores	IA1	IA2	IA3	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	IE1	IE2
Lim infer.	29,27	26,40	0,00	26,45	8,83	28,66	11,29	0,67	0,00	0,00
Lim sup.	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00
Média	77,01	61,65	74,21	11,46	3,31	11,03	0,85	0,27	32,32	29,51
M1	0,59	0,29	0,33	0,64	0,53	0,70	0,98	0,72	0,28	0,19
M2	0,86	0,64	0,83	0,49	0,56	0,52	0,97	0,66	0,23	0,15
M3	0,88	0,64	0,92	0,52	0,45	0,59	0,97	0,67	0,26	0,21
M4	0,80	0,60	0,91	0,58	0,59	0,63	0,98	0,69	0,26	0,20
M5	1,00	0,73	0,99	0,83	0,82	0,87	1,00	0,79	0,81	0,75
M6	0,89	0,65	0,87	0,70	0,69	0,78	0,98	0,77	0,41	0,36
M7	1,00	0,73	0,99	0,79	0,80	0,86	0,99	0,81	0,72	0,71
M8	1,00	0,73	1,00	0,87	0,91	0,89	0,99	0,86	0,10	0,09
APR1	0,35	0,16	0,37	0,78	0,71	0,81	0,94	0,54	0,21	0,21
APR2	0,64	0,43	0,68	0,41	0,37	0,42	0,87	0,21	0,18	0,18
APR3	0,78	0,56	0,91	0,68	0,82	0,72	0,87	0,65	0,30	0,30
APR4	0,27	0,27	0,76	0,67	0,77	0,68	0,92	0,46	0,20	0,20
APR5	0,98	0,72	0,91	0,95	0,98	0,97	0,97	0,15	0,65	0,65
APR6	0,70	0,52	0,72	0,62	0,56	0,73	0,96	0,57	0,22	0,22
APR7	0,99	0,72	0,88	0,61	0,77	0,72	1,00	0,75	0,57	0,57
RHG1	0,26	0,06	0,66	0,91	0,91	0,91	0,93	0,84	0,22	0,22
RHG2	0,48	0,38	0,92	0,24	0,21	0,33	0,92	0,00	0,12	0,12
RHG3	0,69	0,49	1,00	0,20	1,00	0,27	1,00	0,82	0,37	0,37
RHG4	0,00	0,00	0,64	0,68	0,89	0,60	0,78	0,64	0,15	0,15
RHG6	0,33	0,43	0,96	0,66	0,82	0,71	0,96	0,28	0,11	0,11
AEI1	0,41	0,37	0,29	0,36	0,01	0,42	0,90	0,02	0,09	0,06
AEI2	0,48	0,24	0,74	0,16	0,09	0,25	0,79	0,08	0,11	0,08
AEI3	0,22	0,12	0,06	0,45	0,63	0,49	0,00	0,57	0,23	0,07
AEI4	0,11	0,00	0,55	0,29	0,67	0,29	0,81	0,34	0,18	0,09
AEI5	1,00	0,73	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
AEI6	0,67	0,48	0,99	0,37	0,20	0,55	1,00	0,55	0,07	0,06
AEI7	1,00	0,73	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
AEO1	0,52	0,24	0,27	0,37	0,00	0,46	0,98	0,67	0,13	0,10
AEO2	0,62	0,48	0,70	0,00	0,19	0,00	0,97	0,36	0,10	0,09
AEO3	0,58	0,37	0,58	0,20	0,37	0,24	0,97	0,57	0,26	0,17
AEO4	0,67	0,45	0,74	0,31	0,37	0,40	0,99	0,56	0,20	0,15
AEO5	1,00	0,73	1,00	0,49	1,00	0,62	1,00	0,90	0,83	0,83
AEO6	0,83	0,60	0,85	0,30	0,21	0,45	0,96	0,70	0,20	0,18
AEO7	1,00	0,73	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,89
AEO8	1,00	0,73	1,00	0,71	1,00	0,65	1,00	0,92	0,62	0,62
SPC	0,90	0,66	0,91	0,68	0,67	0,74	0,98	0,75	0,38	0,32

Fonte: adaptado de Lopes (2016).

Tabela 4.18 Indicadores ponderados, índice de desempenho e classificação das unidades.

Setores	IA1	IA2	IA3	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	IE1	IE2	ID	Classificação
M1	4,72	2,94	3,29	7,65	7,97	8,44	7,82	3,62	2,77	1,89	51,1	Regular
M2	6,88	6,42	8,33	5,88	8,37	6,22	7,78	3,28	2,26	1,49	56,9	Regular
M3	7,06	6,36	9,2	6,3	6,68	7,07	7,75	3,34	2,61	2,08	58,5	Regular
M4	6,36	5,98	9,07	6,91	8,91	7,6	7,87	3,43	2,57	1,98	60,7	Bom
M5	8	7,28	9,86	9,95	12,3	10,5	7,99	3,95	8,09	7,51	85,4	Ótimo
M6	7,13	6,48	8,69	8,45	10,4	9,33	7,87	3,85	4,13	3,57	69,9	Bom
M7	8	7,27	9,88	9,43	11,9	10,3	7,96	4,06	7,2	7,06	83,1	Ótimo
M8	8	7,28	9,98	10,4	13,6	10,7	7,9	4,3	1,03	0,94	74,1	Bom
APR1	2,83	1,62	3,69	9,38	10,7	9,74	7,56	2,7	2,14	2,14	52,5	Regular
APR2	5,13	4,32	6,75	4,9	5,5	5,01	6,96	1,04	1,8	1,8	43,2	Regular
APR3	6,27	5,63	9,13	8,1	12,3	8,67	6,97	3,26	3,02	3,02	66,3	Bom
APR4	2,15	2,69	7,65	8	11,5	8,1	7,38	2,3	2,03	2,03	53,8	Regular
APR5	7,88	7,24	9,13	11,4	14,7	11,7	7,74	0,77	6,47	6,47	83,5	Ótimo
APR6	5,57	5,23	7,16	7,45	8,34	8,74	7,65	2,86	2,23	2,23	57,5	Bom
APR7	7,94	7,21	8,81	7,37	11,5	8,58	8	3,73	5,66	5,66	74,5	Bom
RHG1	2,09	0,62	6,58	10,9	13,6	10,9	7,42	4,19	2,19	2,19	60,7	Bom
RHG2	3,87	3,81	9,16	2,84	3,17	3,94	7,34	0,01	1,15	1,15	36,5	Ruim
RHG3	5,5	4,92	10	2,45	15	3,18	8	4,1	3,67	3,67	60,5	Bom
RHG4	0	0,04	6,35	8,18	13,4	7,17	6,23	3,18	1,45	1,45	47,5	Regular
RHG6	2,67	4,27	9,56	7,93	12,3	8,53	7,68	1,42	1,09	1,09	56,6	Regular
AEI1	3,28	3,73	2,9	4,3	0,17	5,09	7,16	0,1	0,89	0,56	28,2	Ruim
AEI2	3,83	2,42	7,42	1,9	1,4	3	6,34	0,38	1,12	0,84	28,7	Ruim
AEI3	1,77	1,22	0,56	5,41	9,52	5,92	0	2,87	2,34	0,73	30,3	Ruim
AEI4	0,88	0	5,53	3,47	10,1	3,44	6,46	1,7	1,83	0,91	34,3	Ruim
AEI5	8	7,32	10	12	15	12	8	5	0	0	77,3	Bom
AEI6	5,38	4,8	9,9	4,46	3,06	6,65	8	2,75	0,67	0,59	46,3	Regular
AEI7	8	7,31	0	12	15	12	8	5	10	10	87,3	Ótimo
AEO1	4,17	2,38	2,68	4,46	0	5,56	7,87	3,36	1,32	0,96	32,8	Ruim
AEO2	4,94	4,82	7,04	0	2,85	0	7,77	1,8	1,01	0,85	31,1	Ruim
AEO3	4,63	3,69	5,79	2,41	5,5	2,89	7,74	2,83	2,61	1,68	39,8	Ruim
AEO4	5,4	4,5	7,45	3,68	5,5	4,84	7,94	2,79	2,03	1,53	45,7	Regular
AEO5	8	7,28	10	5,87	15	7,47	8	4,51	8,35	8,35	82,8	Ótimo
AEO6	6,66	5,95	8,52	3,63	3,22	5,4	7,66	3,5	1,97	1,79	48,3	Regular
AEO7	8	7,28	9,67	12	15	12	8	5	9,22	8,89	95,1	Ótimo
AEO8	8	7,28	10	8,54	15	7,74	8	4,6	6,19	6,19	81,6	Ótimo
SPC	7,2	6,57	9,12	8,17	10,1	8,83	7,87	3,73	3,78	3,22	68,6	Bom

Fonte: adaptado de Lopes (2016).

Índice de desempenho contemplando todas as unidades de análise

As unidades de análise foram agrupadas por MSS e classificadas através do Índice de Desempenho do Serviço de Esgotamento Sanitário do SES Ponta da Cadeia, conforme mostra a Figura 4.30. Sete áreas foram classificadas como **ótimo**, dez como **bom**, dez como **regular**, oito como **ruim** e nenhuma como **péssimo**, para os dados referentes ao ano de 2018.

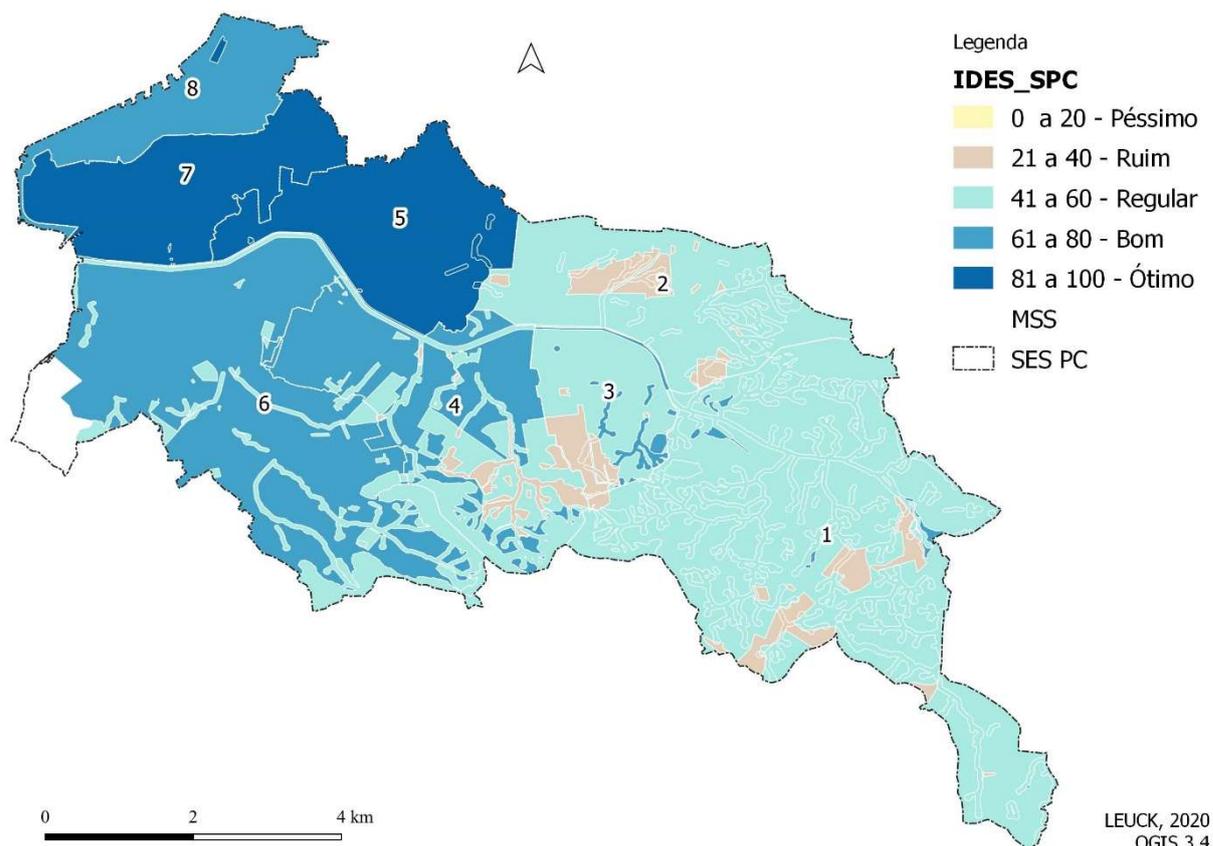


Figura 4.30 - Índice de desempenho e classificação do SES PC em 2018.
Fonte: elaborado pela autora.

Os MSS 5 e 7, com pontuação 85,41 e 83,09 respectivamente, tiveram o melhor desempenho, classificados como **Ótimo**. Eles estão nas áreas urbanizadas ao noroeste do SES, com boa infraestrutura viária e de serviços de saneamento. Tiveram bons indicadores de atendimento, cobertura e eficácia das ligações, com exceção do indicador de tratamento da unidade AEI7, AEIS em APR no MSS7, que é zero. Esta é uma área muito pequena, onde a cota baixa deste quadra inviabilizou sua integração ao SES, apesar de ela estar na Av. Ipiranga e ser de ocupação muito antiga. A parte desta mesma AEIS, que está fora da APR, foi considerada ótima porque pôde ser interligada ao SES.

O MSS 8, apesar de estar em área urbanizada e antiga, é uma área degradada, com predominância de uso industrial e que possui muitas vilas ainda sem urbanização regular e sem gravame de AEIS, essas características ajudaram a baixar sua classificação para **Bom**. Este setor necessita de ações de vistoria das ligações.

As piores unidades, classificados como **Ruim** pelos valores ponderados, foram as AEIS em APR dos MSS 1, 2, 3 e 4, as AEIS fora de APR dos MSS 1, 2 e 3 e a área de risco do MSS 2. As AEIS em APR (AEI1 a AEI4), tiveram baixas pontuações em atendimento e eficiência, ou seja, revela que as ações deveriam ser focadas em sistemas alternativos de coleta ou em remoção das pessoas. As AEIS fora de APR localizadas à montante da bacia, AEI1, AEI2 e AEI3, classificadas como **Ruim**, tiveram sua pior pontuação no desempenho. Para melhorar a classificação elas necessitariam intensificar as ações de manutenção das redes. E as áreas de risco do MSS 2, pontuaram mal de modo geral, mas a baixa pontuação em atendimento se deve, provavelmente, pela dificuldade de acesso. Estas áreas se localizam nas áreas suburbanas ao leste, na direção à cidade de Viamão, onde está o maior número de nascentes do Arroio Dilúvio.

Entre as AEIS consideradas **Ótimas** estão as AEIS fora de APR dos MSS 5, 7 e 8, todas com boa pontuação de atendimento, desempenho e eficiência. A AEO8, fica no MSS 8, é conhecida como Vila dos Papeleiros. Ela está numa área plana, bem urbanizada e com fácil acesso, por isso a implantação e integração da rede não encontrou dificuldades.

As AEIS fora de APR dos MSS 4 e 6, AEO4 e AEO6, e a AEIS em APR AEI6, classificadas como **Regular**, necessitam de ações de vistoria e manutenção das redes para melhorar a sua classificação.

A classificação do SES PC foi considerada “**boa**”, contudo, esta classificação carece de valores comparativos para um nível de agregação maior.

Para aumentar o nível de desagregação a avaliação poderia ser feita pelas 49 sub-bacias, o que seria adequado para planejar ações pontuais, que são bastante utilizadas na área operacional. Para a comparação entre SES algumas considerações e pesos atribuídos a cada índice precisam ser dimensionados considerando os valores máximos e mínimos dos demais SES.

Índice de desempenho dos MSS

O índice de desempenho também foi calculado considerando apenas os MSS. Como havia menor quantidade de dados para calcular o desempenho apenas nos oito setores, foram adotados os valores dos indicadores IA considerando toda a faixa de variação, de 0 a 100, Tabela 4.19. Para os indicadores ID, foi adotado o critério de utilizar os resultados obtidos nos setores como limites mínimos e máximos. Os pesos foram mantidos os mesmos utilizados na avaliação por todas as unidades de análise. A situação ideal, neste caso, seria incluir os MSS dos outros SES, o que não abrangeu o escopo da pesquisa.

Tabela 4.19 Valores adotados para a normalização e ponderação dos dados dos indicadores dos MSS.

Indicadores	Origem	Limite inferior	Limite superior	Peso
IA1 - População residente conectada à rede coletora.	IN056	0	100	8
IA2 - Índice de coleta de esgoto	IN015	0	100	10
IA3- Tratamento de esgoto	IN016	0	100	10
IE1 - Ligações de esgoto vistoriadas	IX02	0	100	10
IE2- Ligações de esgoto efetivas	IX03	0	100	10
ID1 - Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	IN082	13,48	3,52	5
ID2 - Extravasamentos de esgotos em propriedades privadas	IX05	4,9	0,83	12
ID3 - Desobstruções	IX06	13,81	3,1	15
ID4 - Poços de Visita com descarga em Pluvial	IX09	0,35	0,02	12
ID5 - Reclamação por ligação	IX04	0,23	0,09	8

Fonte: adaptado de ITB (2020a) e Lopes (2016).

Na Tabela 4.20 são mostrados os valores dos indicadores após a normalização e atribuição dos pesos e o valor do índice de desempenho de cada MSS, assim como a classificação final que se passou para **ruim** no SES e nos MSS 1, 2 e 3. Os MSS situados na área central tem melhor classificação no índice de desempenho.

Tabela 4.20 Classificação e índice de desempenho dos MSS com os indicadores normalizados e ponderados.

Índice	Meso Setores Sanitários								SPC
	1	2	3	4	5	6	7	8	
IA1	5,68	7,21	7,34	6,84	8,00	7,39	8,00	8,00	7,43
IA2	4,81	7,37	7,32	7,04	8,00	7,41	7,99	8,00	7,47
IA3	3,29	8,33	9,20	9,07	9,86	8,69	9,88	9,98	9,12
ID1	1,95	0,00	0,46	1,13	4,50	2,84	3,93	5,00	2,52
ID2	2,23	2,93	0,00	3,88	9,81	6,38	9,11	12,00	5,92
ID3	7,43	0,00	2,86	4,62	14,19	10,42	13,64	15,00	8,74
ID4	3,60	1,28	0,00	6,03	12,00	5,96	10,40	7,32	6,15
ID5	2,72	0,00	0,52	1,15	5,27	4,52	6,18	8,00	3,56
IE1	2,77	2,26	2,61	2,57	8,09	4,13	7,20	1,03	3,78
IE2	1,89	1,49	2,08	1,98	7,51	3,57	7,06	0,94	3,22
ID	36,37	30,87	32,39	44,32	87,22	61,31	83,39	75,27	57,92
Classificação	Ruim	Ruim	Ruim	Regular	Ótimo	Bom	Ótimo	Bom	Regular

Fonte: adaptado de Lopes (2016).

O MSS 1 está classificado como “ruim” em desempenho, sendo o terceiro pior na pontuação geral com 36,37 pontos. Tem as piores pontuações nos índices de atendimento IA1, IA2 e IA3, ou seja, é o setor com maior carência no atendimento com rede coletora e tratamento. A população é praticamente a mesma do MS 8, que tem os melhores índices de atendimento, a diferença é que estão localizados nos extremos opostos do SES.

O MSS 2 também está classificado como “ruim”, sendo o pior na pontuação geral com 30,87 pontos. Tem as piores pontuações nos índices de desempenho ID1, ID3 e ID5. Isto quer dizer que é um setor que tem os muitos problemas operacionais relacionados à ocorrência de extravasamentos, com alta demanda de serviços de desobstruções, estas atingiram o valor de 13,48 atendimentos por km de rede em 2016. Também tem o maior indicador de reclamações: 0,23 reclamações por ligação.

Da mesma forma, o MSS 3 está classificado como “ruim” em desempenho, sendo o segundo pior na classificação geral. Tem as piores pontuações no ID2 e ID4, ou seja, tem as maiores ocorrências de extravasamentos em lotes do SES, 4,90 extravasamentos por km de rede e o maior número de PV com descarga na rede pluvial.

O MSS 4 está classificado como “regular” em desempenho, ocupando o quinto lugar na classificação geral. Tem as pontuações boas nos índices de atendimento, mas ruins nos índices de desempenho e de efetividade das ligações.

O MSS 5 está classificado como “ótimo” em desempenho, sendo o melhor na classificação geral com 87,22 pontos. Tem as melhores pontuações no IA1, IA2, ID4, IE1 e IE2. Assim, é o MSS com a maior parcela da população atendida com coleta de esgotos, o que tem a menor taxa de PV com descarga em pluvial (ID4) e a maior taxa de ligações vistoriadas (IX02), com 80,90% das ligações. Das ligações totais de água, 75,11% estavam efetivamente conectadas à rede coletora.

O MSS 6 está classificado como “bom” em desempenho, sendo o quarto lugar na classificação geral com 61,31 pontos. Em relação ao MS4 ele tem boa pontuação no atendimento, mas é razoável nos indicadores de desempenho e efetividade.

Os valores do índice de desempenho fornecem subsídios para a tomada de decisão no processo de gestão e planejamento, tendo em vista o atendimento das metas do PLANSAB e do enquadramento. Como exemplo, foram elencadas sete ações relacionadas ao desempenho do SES para a aplicação nos MSS. Elas foram: a extensão de redes coletoras para aumentar a cobertura; a integração das redes ao SES; a vistoria e substituição das redes; a manutenção preventiva; a coleta de resíduos sólidos; a pavimentação viária e a drenagem urbana; e, por último, a vistoria e regularização das ligações de esgoto sanitário.

Para o MSS 1 recomenda-se a adoção de quase todas as ações, com exceção das ações de vistoria e substituição de rede, considerando a criticidade da sua situação. Uma ação a ser reforçada seria a implantação de redes e de coletores tronco para melhorar a integração das redes ao SES.

Para o MSS 2 recomenda-se a adoção de quase todas as ações, com exceção das ações de extensão de rede, igualmente considerando a criticidade da sua situação. Uma ação a ser reforçada seria a adoção de um programa de manutenção preventiva para reduzir os eventos de extravasamentos neste MSS.

Para o MSS 3 recomenda-se a adoção de quase todas as ações, com exceção das ações de extensão de rede, igualmente considerando que a sua situação foi classificada como “ruim”. Entre as ações a serem reforçadas se recomendaria a intensificação da manutenção preventiva e dos serviços de coleta dos resíduos sólidos e ações de pavimentação viária e implantação de rede de drenagem.

Para o MSS 4 recomenda-se a adoção de quase todas as ações, com exceção das ações de melhoria da coleta de resíduos sólidos e de pavimentação viária e drenagem. Uma ação a ser

reforçada seria a implantação de redes ou coletores tronco para melhorar a integração das redes ao SES.

Para o MSS 5 recomenda-se não adotar ações específicas, considerando que a sua classificação foi considerada “ótima”.

Para o MSS 6 recomenda-se adotar apenas duas ações: o aumento da cobertura da rede coletora e a melhoria da integração da rede ao SES.

Para o MSS 7 recomenda-se adotar apenas uma ação: a adoção da manutenção preventiva das redes para melhorar os indicadores de desempenho operacional.

Para o MSS 8 recomenda-se adotar apenas uma ação: a adoção de vistorias e a regularização das ligações de esgoto, para melhorar os indicadores de eficiência.

5 CONCLUSÕES

O trabalho abordou a dimensão ambiental do espaço urbano no tocante ao argumento de que, através dos recursos oriundos do setor privado, seja possível atingir o objetivo do PNSB, universalizar o atendimento com coleta e tratamento dos esgotos sanitários até 2033. Sob a ótica do saneamento, questionou-se o princípio da universalização e suas limitações ante o modelo de urbanização e utilizou-se o princípio da integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos para mostrar alternativas para promover a eficiência do SCCES, através da estruturação do processo de coleta e condução dos esgotos num SES, com vistas ao gerenciamento integrado das águas urbanas.

Entre os anos de 2008 e 2018, as ligações atendidas por rede coletora no SES Ponta da Cadeia aumentaram de 78,80% para 85,24%. Assim, disponibilizou-se o acesso à rede coletora para 85,24% das economias do SES. O indicador de cobertura das redes por comprimento de vias aumentou de 67,78% para 72,83%. Enquanto as redes interligadas ao tratamento passaram de 85,28% para 89,59%, a carga afluyente à ETE correspondeu apenas a 30% da população equivalente. Também, não foi observada melhora na qualidade das águas do Arroio Dilúvio, na paisagem ou nos indicadores de qualidade, que se mantiveram em classe 4, resoluções CONAMA 357, conforme o Relatório Executivo – Revisão 2 do plano da bacia do lago Guaíba (RIO GRANDE DO SUL, 2016c, p. 21).

Pelos resultados dos indicadores nas unidades analisadas, conclui-se que somente a expansão da rede coletora não trará os resultados esperados de melhoria da coleta dos esgotos e da despoluição dos rios e arroios, pois a grande dificuldade do sistema é a eficiência e a eficácia da coleta e do transporte. A variação nos indicadores de atendimento por cobertura de rede e por tipo de ligação de esgotos nos recortes propostos demonstra que a cobertura de rede não garante a melhora de atendimento e que possui limitações, ou seja, não se adequa a qualquer terreno ou situação. Em relação à eficiência e à qualidade dos serviços, constatou-se a baixa capacidade de ligação dos domicílios à rede e a grande demanda por serviços de desobstruções e de extravasamentos, onde os indicadores adquirem valores bastante diferenciados.

A proposta dos indicadores e do índice de desempenho é um passo inicial para o desenvolvimento de futuras pesquisas. A medida em que as concessionárias atingirem bons níveis de cobertura e passem a desenvolverem a gestão dos SES, chegará o momento de

consolidar a metodologia e os indicadores de desempenho e eficácia voltados para o esgotamento sanitário.

A contribuição que a classificação do Índice de Desempenho dos MSS traz é como uma ferramenta de gestão para ações de suporte à decisão, planejamento e operação. Ela permite um direcionamento de ações para cada MSS, conforme suas necessidades. Com isto pode-se economizar tempo e recursos, empregando a ação certa no local certo e avaliar os resultados.

O PL 7915/2010¹⁸, que dispõe sobre a criminalização de condutas envolvendo recursos hídricos, através de inclusão de tipos penais na Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, e que pretende tipificar como crime ambiental os usuários que não efetuam as ligações dos esgotos às redes coletoras, prevendo punições duras ao usuário, não considerou o problema da efetividade das ligações de maneira ampla. O usuário foi visto como a peça central do problema da poluição, mas o olhar sistêmico mostrou a existência de um conjunto de fatores que contribuem para que a situação permaneça crítica. Diante do exposto até aqui e considerando a lógica aplicada no PL, seria razoável responsabilizar, igualmente, as concessionárias pelo excesso de extravasamentos, os urbanistas pela falta de condições de ligação do lote ao sistema de coleta, e os poderes executivo e legislativo municipais, pela permissividade frente a ocupação de áreas de risco ou de proteção ambiental.

Em relação à expansão do acesso à rede coletora constatou-se que as áreas sensíveis, quando comparadas às áreas sem restrição de ocupação, são as maiores responsáveis pelo não atendimento das metas de universalização do saneamento. Do que se conclui que a falta de políticas eficientes para o atendimento das demandas habitacionais, de critérios locacionais e da aplicação da lei geraram condicionantes para a universalização do acesso.

As influências locais impactam diretamente os indicadores de saneamento e de qualidade ambiental. Saber onde estão os gargalos que interferem nas metas de atendimento permite direcionar as ações e concentrar os esforços para que se obtenha melhoras efetivas nas condições de salubridade e de qualidade das águas superficiais. O mapa do índice de desempenho, Figura 4.30, ilustra a situação da transferência das ineficiências do saneamento de montante para jusante na bacia hidrográfica. A ocupação das áreas sensíveis à montante, as quais tem a pior pontuação de atendimento, de desempenho e de eficiência do saneamento,

¹⁸ Autor: Cleber Verde.
<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=486909>.

afetam as áreas à jusante com o transporte de sedimentos, de resíduos sólidos e de esgotos sanitários através das águas superficiais. Portanto, um programa de reassentamentos, reurbanização, recuperação ambiental ou a adoção de soluções não convencionais ou mesmo descentralizadas para estas zonas críticas, contribuiriam para a universalização.

Em relação ao esgotamento sanitário podemos afirmar que uma ética política se impõe, para impedir que o benefício do uso inadequado de alguns cause ônus a outros, na busca por uma ordem urbano-socioambiental mais equilibrada. Conclui-se que, a limitação das ações de saneamento e consequente poluição das águas superficiais geradas pela ocupação das áreas de proteção ambiental, justificam ações para recuperar a função ambiental destas áreas.

Observa-se que a privatização do saneamento não é o que se defende aqui. O que se almeja é que se tenha clareza acerca das condicionantes que interferem no processo da universalização, para evitar o desperdício de tempo e de recursos com a expectativa que o setor privado tenha condições de atingir um resultado, sob a alegação de que o setor público o seja incapaz de equacionar, considerando o que foi demonstrado na pesquisa.

A principal contribuição da pesquisa em relação à gestão foi a estruturação do processo de coleta e condução dos esgotos e a criação dos Meso Setores Sanitários. Esta metodologia propicia os meios para vincular as metas de desempenho do SES com as metas de qualidade das águas urbanas, permitindo que os órgãos fiscalizadores acompanhem o atendimento das metas de enquadramento, decorrentes da melhora do desempenho do setor de saneamento. É elo entre os PMSB e os PBH, e que pode ser usado nos contratos de concessão e na regulação do setor.

Como exemplo da contribuição do trabalho de estruturação do processo de coleta e condução dos esgotos e a criação do Setor Sanitário, foi o desenvolvimento de um plano de monitoramento e gestão integrada das águas urbanas pelo DMAE. A estruturação foi ampliada do SES PC para os outros SES do Sistema Serraria, formando o Sistema de Esgotamento Sanitário Integrado (SESI) Serraria, que avançou para o Programa de Gerenciamento Integrado das Águas Urbanas (GIAU). A etapa inicial do GIAU será a modelagem hidráulica detalhada de 150km de tubulações de esgoto sanitário de grande diâmetro do SESI Serraria e, o passo seguinte, será o monitoramento das águas urbanas para alimentar o sistema de controle em tempos real.

Pelos resultados da pesquisa conclui-se que, identificar os aspectos críticos e desenvolver métodos de monitoramento e avaliação considerando a interface entre o sistema de coleta dos esgotos e os corpos hídricos é o elo para qualificar o processo de gestão dos sistemas de esgotamento, contribuindo para a melhora progressiva dos parâmetros de qualidade dos esgotos afluentes ao tratamento e das águas superficiais na bacia e possibilitando um melhor aproveitamento dos recursos destinados ao setor de saneamento.

6 RECOMENDAÇÕES

Os sistemas de esgotamento sanitário carecem de boas práticas de gestão e de controle operacional, mas é salutar o efeito limitante que certas políticas de uso do solo têm sobre as ações de saneamento. Considerando o objetivo do Plano Nacional de Saneamento Básico de universalizar o atendimento com coleta e tratamento dos esgotos sanitários até 2033, em um cenário em que haverá a entrada de novos atores no mercado através das concessões ao setor privado, arranjos institucionais e, ainda, a injeção de vultosos recursos, urge que as concessionárias e as agências reguladoras aprimorem o sistema de informação e incentivem a adoção de programas de monitoramento, de controle operacional e de avaliação do desempenho dos sistemas de esgoto sanitário.

Para evitar ou reduzir os impactos decorrentes da ocupação antrópica, recomenda-se destinar a faixa até 30 metros dos cursos d'água para uso recreativo e/ou como bacia de amortecimento, o que pode ser viabilizado com a adoção de parques lineares como proposto no artigo de Rodrigues (2015) sobre a dificuldade da gestão dos arroios urbanos na bacia do Arroio Moinho, afluente do Arroio Dilúvio (RODRIGUES, 2015). Para evitar o impacto de obras e facilitar as operações de manutenção das redes, já que há maior incidência de redes coletoras nesta faixa pela situação topográfica, sugere-se a adoção de uma faixa de servidão exclusiva para o uso de redes de infraestrutura, com largura variável entre 1 e 2 metros, paralela ao perímetro das áreas de preservação dos rios e arroios urbanos.

Nas áreas com afastamento entre 30 e 120 metros dos arroios, com potencial de ocupação para uso residencial, industrial ou comercial, seria recomendável adotar diretrizes específicas de parcelamento e uso do solo, com condições mais restritivas de ocupação e um traçado urbano apropriado à implantação de sistemas de esgotamento e de escoamento das águas considerando que estes corredores sejam de uso preferencial para o escoamento natural ou canalizado das águas. A maior incidência de eventos de extravasamentos e de serviços operacionais nas áreas até 120 metros dos canais e arroios indica a necessidade destas redes terem melhores condições de acesso para a manutenção.

Nas áreas a mais de 120 metros dos arroios os problemas com a coleta e integração da rede podem ser minimizados através de um desenho urbano compatível com o escoamento natural das águas.

Definir ações de despoluição específicas para as áreas sensíveis pode produzir melhoras efetivas nas condições de salubridade e de qualidade das águas superficiais. Deste modo, como estratégia de ações nos planos de despoluição de bacias e de saneamento recomenda-se a pesquisa de abordagens não convencionais de coleta e tratamento, como o uso do sistema de coleta em tempo seco e dispositivos de retenção e tratamento das águas das primeiras chuvas.

Os resultados da pesquisa demonstram que nem sempre é viável mitigar, através de ações de saneamento, os efeitos das políticas de uso e ocupação do solo, ou da sua falta, no ambiente urbano. Portanto, o **atendimento de água e esgoto em áreas urbanas, considerado o seu caráter indutor de desenvolvimento**, deveria ser aplicado somente nos casos em que a ocupação seja acessível e sustentável, transferindo o ônus do não atendimento das metas de universalização ou das ineficiências do SES para o planejamento urbano.

Para melhorar a efetividade da coleta e da cobertura recomenda-se estabelecer níveis maiores de detalhamento para projetos e fiscalização intensiva da execução de obras de esgoto sanitário com vinculação dos contratos ao atingimento de incrementos de vazão e de concentração estimados no projeto e medidas nos pontos de monitoramento das águas urbanas.

Em relação à **redução da ociosidade** recomenda-se algumas propostas do ITB (2015), como a de estabelecer nos contratos de prestação dos serviços a obrigatoriedade de que o município exija aos usuários a interligação às redes coletoras de esgoto; de promover campanhas permanentes de educação sanitária para sensibilizar os usuários da importância do saneamento; prover incentivos financeiros, por meio da isenção da cobrança do serviço de interligação aos usuários de baixa renda; definir, no âmbito das legislações estaduais e municipais, bem como nos Planos Municipais de Saneamento, a redução da ociosidade das redes. Sugere-se também, inserir no SINISA, informações e indicadores sobre os níveis de ociosidade das redes coletoras existentes.

As limitações da pesquisa foram causadas pelas lacunas de informação dos campos das camadas de redes, PVs e ramais utilizados na pesquisa. Do que se recomenda a qualificação dos cadastros através de investimentos em sistemas de gestão, georreferenciamento, geoprocessamento dos elementos que formam o sistema de distribuição de água e de coleta dos esgotos, que é primordial para a melhoria do desempenho destes sistemas. Outra limitação foi o sistema de informação dos serviços operacionais, que é bastante limitado, gerando muito trabalho para obter as informações. A **melhora dos processos** de informação dos serviços, com

controle da frequência das ocorrências de extravasamentos, medição das vazões e o uso do georreferenciamento, disponibilizaria uma ferramenta de suporte à decisão na gestão operacional.

Concluindo, recomenda-se que a avaliação do desempenho do SES seja feita pelos setores sanitários, através da criação de um programa de monitoramento e avaliação de desempenho do SES com enfoque nos efeitos provocados pela ocupação das áreas de proteção ambiental e de risco.

As possibilidades de prosseguimento da pesquisa abrangem a revisão dos limites dos MSS do SES, a definição criteriosa dos PVs onde serão feitas as medições de vazão e coletas das amostras para o monitoramento. Após a implantação do Programa de Gerenciamento Integrado do SESI Serraria, com a comparação entre os dados de vazão medidos e a vazão calculada pelo consumo micromedido e os parâmetros de DBO ou DQO, pode se verificar se a carga coletada corresponde à população contribuinte e estabelecer metas de atendimento progressivo das cargas, para atingir a maior parcela dos lotes com ligação de água, à medida em que ocorram as ações de efetivação das ligações e integração das redes.

Considerando que o índice de desempenho foi desenvolvido para comparação entre MSS de um SES, não foram obtidos valores para comparação entre os diferentes SES do Sistema Serraria ou de todos os SES da cidade e uma análise criteriosa da sua composição e ponderação, o que seria uma proposta de trabalhos futuros.

Em relação ao planejamento urbano, sugere-se a elaboração de um estudo investigativo dos pontos de extravasamento e de descarga dos esgotos e sua relação com o desenho urbano, a fim de desenvolver uma metodologia de desenho urbano que favoreça o atingimento das metas de universalização do saneamento. Também seria interessante verificar a relação entre o desenho urbano e os indicadores de saneamento. Outra sugestão é desenvolver pesquisas para avaliar a possibilidade de compatibilizar o tratamento das primeiras águas de chuvas das áreas críticas, através da interligação das bacias de amortecimento e detenção previstos no Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) ao SES. E, numa etapa posterior, no desenvolvimento de *softwares* para a modulação da vazão e da carga afluente à ETE, através da integração da modelagem hidráulica de água, esgoto sanitário e drenagem com a operação de casas de bombas e reservatórios do sistema de coleta em tempo seco ou tanques buffers na estação de tratamento de esgotos.

Na área de infraestrutura urbana, sugere-se avaliar o desempenho dos sistemas de coleta em tempo seco, através das cargas orgânicas produzidas, utilizando os pontos de monitoramento das águas urbanas e dos MSS como base da pesquisa. Também seria possível determinar a taxa de infiltração da rede e a contribuição de águas pluviais.

Em relação à epidemiologia pode se comparar a prevalência da incidência de doenças de veiculação hídrica e de mortalidade infantil comparando amostras coletadas nos pontos de monitoramento dos MSS e das águas superficiais. O monitoramento epidemiológico agrupado pela área dos MSS possibilitaria relacionar os índices epidemiológicos com as ações de saúde pública e de saneamento numa escala descentralizada.

REFERÊNCIAS

- ABRAMO, P. A cidade com-fusa. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, São Paulo, 9, n. 2, nov. 2007. 25-54. Disponível em: <<https://rbeur.emnuvens.com.br/rbeur/article/view/181/165>>.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. **Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas - Prodes**, [2015?]. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/prodes-1>>. Acesso em: 30 nov. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas - Portal da Qualidade da Águas. **Indicadores de qualidade: índice de qualidade das águas (IQA)**, Brasília, DF, [s.d.]. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 16 set. 2022.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil**, Brasília, DF, 2009. 145. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7504/implementacao-enquadramento-ag-superf-ana-2009.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2021.
- ANA. Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre rec. hídricos. **Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR**, 2009. ISSN 978-85-89629-49-2. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7504/implementacao-enquadramento-ag-superf-ana-2009.pdf>>. Acesso em: 2 dez. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Programa de Despoluição de bacias hidrográficas - PRODES**, 2012. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/www/prodes/contratados2012.asp#>>. Acesso em: 14 maio 2016.
- ANDRADE, R. R.; MORANDI, I. C.; MADEIRA, A. A melhoria da qualidade da água do arroio Dilúvio e sua relação com as ligações de esgoto no sistema separador absoluto do DMAE, Porto Alegre, RS. **Anais do VII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre, n. VII, 2010. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/laudo_diluvio_d11_n_14_2009_dvp.pdf>. Laudo n 14/2009.

ASHLEY, R.; HOPKINSON, P. Sewer systems and performance indicators - into de 21st century. **Urban Water**, West Yorkshire, Inglaterra, 4, 2002. 123 - 135. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/urbwat>. Acesso em: 1 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. ABNT. Rio de Janeiro. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.969: Tanques sépticos, unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 60. 1997.

BACH, P. M. et al. A critical review of integrated urban water modelling – Urban drainage and beyond. **Environmental Modelling & Software**, 54, 2014. 88-107. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.12.018>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

BENEDETTI, L. et al. Cost-effective solutions for water quality improvement in the Dommel River supported by sewer–WWTP–river integrated modelling. **Water Science and Technology**, [N. I.], 68 (5), 2013. 965-973. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wst.2013.312>>. Acesso em: 4 jun. 2020.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. L. M. Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. **Eng. Sanit. Ambient. [online]**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 343-352, 10-12 2006. ISSN Print version ISSN 1413-4152 On-line version ISSN 1809-4457. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000400007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 mar. 2017.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 3 jul. 2017.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**, Brasília, DF, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta**

o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001., 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 15 maio 2016.

BRASIL. Lei 9.984 de 17 de julho de 2000. **Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)**, Brasília, DF, 17 jul. 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm>. Acesso em: 18 fev. 2022.

BRASIL. Lei n 9.984 de 17 de julho de 2000. **Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da PNRH, integrante do (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento**, Brasília, DF, 17 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm>. Acesso em: 22 abr. 2021.

BRASIL. Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos. **Lei 10.257 de 10 de julho de 2001**, Brasília, DF, 2002. 273. Disponível em: <<https://urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/estatutocidade2002.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2005. Disponível em: <<https://www.normasbrasil.com.br/norma/?id=101645>>. Acesso em: 1 dez. 2020.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.**, Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 04 jan. 2019.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. **Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências**, Brasília, DF, 21 Junho 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm>. Acesso em: 17 mar 2015.

BRASIL. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Ministerio do Meio Ambiente**, 2011. Disponível em:

<http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627>.

Acesso em: 30 nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938/1981, 9.393/1996, e 11.428/2006; revoga as Leis nºs 4.771/1965, e 7.754/1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67/2001; e dá outras providências**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 7 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. **Altera a Lei nº 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938/1981, 9.393/1996, e 11.428/2006; e revoga as Leis nºs 4.771/1965 e 7.754/1989 [.] e o § 2º do art. 4º da Lei 12.651/2012.**, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm>. Acesso em: 1 dez. 2020.

BRASIL. Curso Básico VI: Gestão de Projetos Urbanos. In: **MCIDADES Programa de Formação em Gestão de Projetos Urbanos**. Brasília, DF: [s.n.], 2016. Cap. VI, p. 28. Apostila.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plansab - Plano nacional de Saneamento Básico - documento em revisão**, Brasília (DF), 25 jul. 2019c. 240. Disponível em: <<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/br/pdf/2020/07/kpmg-quanto-custa-universalizar-o-saneamento-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento.**, Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm>. Acesso em: 12 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria Nº 504, de 21 de setembro de 2020**, Brasília, DF, n. 182, 22 set. 2020. 58. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-504-de-21-de-setembro-de-2020-278695663>>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Cidades+Verdes**, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt->

br/assuntos/agendaambientalurbana/cidadesmaisverdes/programacidadesmaisverdes_vdefeso.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2021.

BRASIL. Diagnóstico temático serviços de água e esgoto ano de referência 2020. **Ministério do Desenvolvimento Regional**, Brasília - DF, ago. 2022. 31. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DE_ESGOTO_AE_SNIS_2022.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em: 12 jan. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mananciais**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/mananciais>>. Acesso em: 9 maio 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Planejamento-ambiental-urbano, instrumentos de planejamento**, s.d. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-urbano/instrumentos-de-planejamento>>. Acesso em: 9 maio 2017.

BUSCH, A.; AMORIM, S. A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas. **Casoteca de Gestão Pública**, [S.L], 2011. Disponível em: <<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/328/2/A%20trag%C3%A9dia%20da%20regi%C3%A3o%20serrana%20do%20Rio%20de%20Janeiro%20em%202011%20procurando%20respostas.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

BUTLER, D. et al. Reliable, resilient and sustainable water management: the Safe & SuRe approach. **Global Challenges**, s.l., 1, jan. 2016. 63-77. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/gch2.1010>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

CAMPOS, E. E.; QUINTERO, J. M.; OLIVEIRA, A. B. Meio ambiente: um direito fundamental. **Revista Inova Ação**, Teresina, 2, jan - jun 2013. 46-60. Disponível em: <www4.fsnet.com.br/revista>. Acesso em: 12 ago. 2017.

CANAL, H.; VERDUM, R. Mapeamento Ambiental Integrado: Município de Porto Alegre, RS. **Confins [online] Revista FRanco-Brasileira de Geografia**, Porto Alegre, n. 19, 16 nov.

2013. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/8583>>. Acesso em: 12 out. 2017.

CARVALHO, A. O. D.; ADAS, C. C. Políticas estaduais de saneamento básico na ótica da Lei n. 11.445/2007. In: PHILIPPI JR., A. . G. J. . A. C. **Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. Cap. 3, p. 1153. ISBN 978-85-204-2975-4. Coleção Ambiental.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Revista do Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba**, Porto Alegre, mar. 2017. 36 p. Disponível em: <https://comitedolagoguaiba.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Revista_planoLago_rev14-comp.pdf>. Acesso em: 1 set. 2022.

CORRÊA, C. S.; MYRRHA, L. J. D.; FIGOLI, M. Métodos AiBi e Logístico para projeção de pequenas área: uma aplicação para a microregião de Angicos - RN. **International Seminar on Population Estimates and Projections: Methodologies, Innovations and Estimation of Target Population applied to Public Policies**, 2011. Disponível em: <<http://www.alapop.org/alap/Docs/ProjectionsSeminar/AbstractsOthers/TrabalhoCristianeCorrea&outros.pdf>>.

CRUZ, M. Otimização do controle da drenagem em microbacias urbanas. **Tese doutorado**, Porto Alegre, 2004. 190. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/6921>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

CURTARELLI, M. P. et al. Sustentabilidade Hídrica Urbana: o caso de Santa Catarina. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, 15, n. 14, 1-12 2018. 1-15. Disponível em:

<<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=201&SUMARIO=5336>>. Acesso em: 18 julho 2019.

DAL FORNO, M. A. R.; MATOS, V. V. L. Parâmetros de qualidade da água do Arroio Dilúvio, Porto Alegre/RS. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, mar. 2016. 112-135. Disponível em: <<https://revistas.dee.spgg.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3704>>. Acesso em: 25 mar. 2017. <https://revistas.dee.spgg.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/3704>.

DAL MASO, R. A. Política de saneamento básico de Porto Alegre entre 1995 e 2015. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 43, n. 4, p. 149-166, 2016. Disponível em:

<<http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/view/3711/3720>>. Acesso em: 7 jan. 2020.

DMAE. Missão, Visão e Valores e Política da Qualidade. **Apresentação DMAE**, [2018?]. Disponível em: <https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=319>. Acesso em: 27 ago. 2022.

DMAE. **Plano Diretor de Esgotos Sanitários de Porto Alegre**. Porto Alegre: Departamento Municipal de água e Esgotos de Porto Alegre, v. 1, 2013.

DMAE. **Plano Municipal de Saneamento Básico - Esgotamento Sanitário**. 1. ed. Porto Alegre: DMAE, 2013.

DMAE. Manual de gestão - MG001. **Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre**, 2018. Disponível em: <https://sesuite.procempa.com.br/se/v11390/document/flowpaper/document/doc_flowpaper.php>. Acesso em: 03 jun. 2019. Documento de acesso restrito.

DMAE. Apresentação - Mapa Estratégico. **DMAE - Departamento Municipal de água e Esgotos**, 2021a. Disponível em: <<https://prefeitura.poa.br/dmae/apresentacao>>. Acesso em: 27 ago. 2022.

DMAE. Sistema de Gestão - Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre. **Dados Gerais 2021**, Porto Alegre, 2021b. 24 p. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/dmae/Dados%20Gerais%202021_Web.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2022.

EUROPEAN FEDERATION OF NATIONAL ASSOCIATIONS OF WATER SERVICES. EurEau position paper on overflows from collecting systems. **EurEau - European Federation of National Associations of Water Services**, Brussels, BG, p. 6, mai 2020. Disponível em: <<https://www.eureau.org/documents/drinking-water/position-papers/4955-position-paper-on-overflows-from-collecting-systems-1/file>>. Acesso em: 9 abr. 2021.

FADEL, A. W.; DORNELLES, F. Eficiência da interceptação de esgoto sanitário em rede pluvial na bacia do Arroio Capivara – Porto Alegre/RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, 20, n. 4, out; 2015. 970-979. Acesso em: Out 2020.

FAPERGS. Edital FAPERGS 04/2020 – APOIO A PROJETOS DE PESQUISA APLICADA. **Arroios urbanos: avaliação da qualidade ambiental através da utilização**, Porto Alegre, 29 set. 2021. 20.

FARAH, F. **Habitação e encostas**. São Paulo: IPT, 2003. 312 p. ISBN 85-09-00120-0. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/26738483/Habitacao-em-Encostas>>. Acesso em: 2018. Coleção Habitare.

FERNANDES, E. Políticas de regularización de la tenencia de la tierra: confrontando el proceso de crecimiento informal de las ciudades latino-americanas. **Regularización de Asentamientos Informales en América Latina**, Cambridge, 2007. 11 - 24.

FERNANDES, N. F. et al. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, 2, n. 1, 2001. 51-71. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228725072_Condicionantes_Geomorfologicos_dos_Deslizamentos_nas_Encostas_Avaliacao_de_Metodologias_e_Aplicacao_de_Modelo_de_Previsao_de_Areas_Susceptiveis/citations>.

FREITAS, J. **Sustentabilidade direito ao futuro**. 2. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2012. ISBN 9788577005840. Acesso em: 10 nov. 2015.

FREITAS, J. Eficácia direta e imediata do princípio constitucional da sustentabilidade. **Revista de direito da UNISC**, Santa Cruz do Sul, v. 1, p. 89-103, jan - abr 2015. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/11492/2/Eficacia_direta_e_imediata_do_principio_constitucional_da_sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE. **Sistema de Indicadores**. São Paulo: Fundação Nacional da Qualidade, v. 4, 2018. 16 p. Disponível em: <https://fnq.org.br/comunidade/wp-content/uploads/2018/12/n_3_sistema_de_indicadores_fnq.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022. e-book.

GILL, E. et al. **Developing and use of an urban watershed simulator for optimising wet weather investment to protect river water quality**. Proceedings of WEFTEC2018. New Orleans, LA, EUA: Water technology. 09 - 10 2018.

GROSTEIN, M. D. Metrópole e expansão urbana a persistência de processos insustentáveis. **São Paulo em perspectiva**, 15 (1), 2001. ISSN 1806-9452. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-88392001000100003>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

GUIMARÃES, R. F. Movimentos de Massa. In: FLORENZANO, T. G. [.]. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap. 6, p. 159-184.

HÉTU, B. A social useful geomorphology: natural hazards in evidency. **Mercator**, Fortaleza, 2, n. 3, 2008. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/168>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico. **IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 14 maio 2019.

ITB. Ociosidade das Redes de Esgoto tornam mais distante a universalização do saneamento - Press Release. **Instituto Trata Brasil e OAB**, 2015a. 10. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/ociosidade-das-redes-de-esgoto/>>. Acesso em: 2 nov. 2016.

ITB. **Ociosidade das Redes de Esgotamento Sanitário no Brasil**. Instituto Trata Brasil, Reinfra Consultoria, OAB. Fortaleza, CE, p. 171. 2015b.

ITB. Ranking do Saneamento 2017. **Instituto Trata Brasil**, 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2017/relatorio-completo.pdf>>.

ITB. Ranking do saneamento 2020 (SNIS 2018). **Instituto Trata Brasil e GO Associados**, São Paulo, mar. 2020a. 133. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_Ranking_Trata_Brasil_2020_Julho_.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

ITB. Ranking mostra grande distância para cumprimento das metas de saneamento básico, 2020b. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/RELEASE_RANKING_2020_18.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.

ITB. Painel Saneamento Brasil. **Site do Trata Brasil**, 2022. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=0>>. Acesso em: 24 set. 2022.

KROLL, S. et al. A Methodology for the Design of RTC Strategies for Combined Sewer Networks. **Water**, [N. I.], 1765, 16 10 [11] 2018. 1-23. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w10111675>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

LANGEVELD, J. G. et al. Impact-based integrated real-time control for improvement of the Dommel River water quality. **Urban Water Journal**, 10:5, 312-329 2013. Acesso em: 2 dez. 2020.

LIBÂNIO. Interfaces entre RH e saneamento: preservação e recuperação de ambientes aquáticos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 10, n. 3, jul-set 2005. 219-228.

- LOGE, P. L. Estudo de caso para implantação da trama verde-azul na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cascata, Porto alegre, RS, Brasil. **Dissertação (mestrado)**, Porto Alegre, 2018. 148.
- LOPES, W. S. et al. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba. [on line] **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBR**, 21, n. 1, 01-03 2016. 1-10. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p1-10>>. Acesso em: 2 maio 2019.
- LOPEZ, R. S.; VERDUM, R. Diagnóstico Ambiental da Sub-Bacia do Arroio Moinho – Porto Alegre/RS – com Ênfase na Evolução Urbana, sua Dinâmica e Degradação Ambiental. **Arroio Dilúvio - Um futuro possível**, 2010. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/arroidiluvio/a-bacia-hidrografica/artigos/download-1905-1.pdf/view>>. Acesso em: 24 nov. 2019. UFRGS.
- MACHADO, A. S.; BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. Desafios e oportunidades para a implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, S.I., 1, n. 2, 2013. 234-250. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/8436>>. Acesso em: 2016.
- MILARÉ, E. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. 5 Ed. Ref. atual. e ampl. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2007. 1280 p. ISBN 9788520330630.
- MORANDI, I. C.; FARIA, C. M. V-73 - A difícil recuperação de arroios em áreas urbanas - arroio Dilúvio - Porto Alegre - RS. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, [Porto Alegre, RS], [2000]. 14 p. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/arroidiluvio/a-bacia-hidrografica/artigos/A%20DIFICIL%20RECUPERACaO%20MORANDI_FARIA.pdf/view>. Acesso em: 19 mar. 2017.
- MURLA, D. et al. Coordinated management of combined sewer overflows by means of environmental decision support systems. **Science of The Total Environment**, 550, 25 jan. 2016. 256-264. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716300778>>. Acesso em: 5 maio 2016.
- NEW ZEALAND. National Modelling Guidelines: Wastewater Network Modelling. **Water New Zealand**, 2017. ISSN 978-0-473-47531-4. Disponível em: <https://www.waternz.org.nz/Attachment?Action=Download&Attachment_id=4183>. Acesso em: 14 dez. 2020.

- NIEUWENHUIS, E. et al. Towards the integrated management of urban water systems: Conceptualizing integration and its uncertainties. **Journal of Cleaner Production**, (S.L.), 280, Parte 2, 20 jan. 2021. 1-11. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124977>>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- NIRAZAWA, A. N.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. **Revista de Administração Pública**, São Paulo, 52, n. 4, 2018. 753-763. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122018000400753&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 18 ago. 2019. versão online.
- NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, 2015. ISBN 978-85-7975-198-1. ebook.
- OCDE; NU; CEPAL. Avaliações de desempenho ambiental: Brasil 2015. **Nações Unidas - Cepal**, 2016. ISSN LC/BRS/L.30. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40895/S1700018_pt.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 maio 2017. ISBN 978-92-1-057544-7 (pdf). 284 p.
- OFWAT. Key indicators – guidance. The economic regulator of the water sector in England and Wales. **Water Services Regulation Authority**. Disponível em: <https://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2015/12/prs_web_kpiprintable.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- OLIVEIRA, A. L. G. D. et al. Urbanização de risco em frente de escarpa e encosta: caso de Primavera do Leste-MT. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, Blumenau, 2, primavera 2015. 197-219.
- ONU. Nações Unidas Brasil. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 13 out. 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 22 ago. 2019.
- ORSINI, L. F. Gestão das águas Pluviais Urbanas e controle de poluição. **Webinário: Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: como sistematizar a gestão do componente menos valorizado do saneamento ambiental?**, ABES CONECTA, 27 abr. 2021. Disponível em: <<https://youtu.be/mLAQUPVHpb0>>.

PAHL-WOSTL, C. et al. Maturing the New Water Management Paradigm: Progressing from Aspiration to Practice. **Water Resources Management**, [N. I.], 19 nov. 2011. 837-856. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11269-010-9729-2>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

PANAYOTOPOULOS, T. D. **Eleonas**: Urban Voids as Opportunity for a Water Sensitive Approach to the Design of Cities. ATINER: 5th Annual International Conference on Urban Studies & Planning. Athens: [s.n.]. jun. 2015.

PEREIRA, L. M. F. P.; MATOS, J. S.; FERREIRA, F. S. Inserção do sistema de drenagem na concepção dos projetos de esgotamento sanitário – sua pertinência, viabilidade e admissibilidade. **In**: XIII Encontro Nacional de Águas urbanas, out. 2020. Disponível em: <<http://anais.abrh.org.br/works/7118>>. Acesso em: nov. 2020. XIII ENAU 2020 e III Simpósio de Revitalização de Rios Urbano.

PORTO ALEGRE. Lei 2.312/61 de 15 de dezembro de 1961. **Cria o Departamento Municipal de Água e Esgotos, extingue a Secretaria Municipal de Água e Saneamento, e dá outras providências**, 21 dez. 1961. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/>>. Acesso em: 07 jan. 2020.

PORTO ALEGRE. Plano municipal de saneamento básico de Porto Alegre - Diagnóstico. **Prefeitura de Porto Alegre**, Porto Alegre, p. 383, 2015a. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/01_pmsb_diagnostico_web.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2016. V1 - Diagnóstico.

PORTO ALEGRE. Plano municipal de saneamento básico - Prognóstico, objetivos e metas. **Prefeitura de Porto Alegre**, 2015b. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/02_pmsb_prognostico_objetivos_metas_web.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2016.

PORTO ALEGRE. Plano Municipal de Saneamento Básico - Programas, participação social e indicadores. **Prefeitura de Porto Alegre**, 2015c. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/03_pmsb_programas_participa_social_indicadores_web.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2016.

PORTO ALEGRE; UFRGS; PUC; VIAMÃO. Programa de Revitalização de Bacia do Arroio Dilúvio. **Plano de Ação**, dez. 2012. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/planodeacao06.12.12.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2018.

PORTO ALGRE. Departamento Municipal de Água e Esgotos – DMAE. **Relatório dados gerais - Procempa**, 2016. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/relatorio_dados_gerais_2016.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2018.

QIAO, X.-J.; KRISTOFFERSSON, A.; RANDRUP, T. B. Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review. **Journal of Cleaner Production**, 196, 2018. 943-952. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618316998>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA nº 245. **Dispõe sobre a fixação de procedimentos para o licenciamento de Sistemas de Esgotamento Sanitário, considerando etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões de emissão e os padrões das Classes dos corpos hídricos receptores.**, 2010. Disponível em: <mprs.mp.br/media/areas/gapp/arquivos/doe_resolucaoconsema245.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução Nº 207, de 09 de novembro de 2016. Retifica e Complementa o Enquadramento e aprova as Metas Intermediárias para o Enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 28 nov. 2016a. 39-42. Disponível em: <<https://www.diariooficial.rs.gov.br/diario?td=DOE&dt=2016-11-28&pg=40>>. Acesso em: 4 fev. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Plano da Bacia do Lago Guaíba - FASE C - Relatório Final Síntese e Sig - revisão 1**, Porto Alegre, abr. 2016b. 728. Disponível em: <https://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Relatorio_Final_Sintese_Rev01_completo-comp.pdf>.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba – Fase C: Relatório Executivo - Revisão 02**, Porto Alegre, jul 2016c. 72. Disponível em: <https://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Relatorio_executivo_REV02_completo-comp.pdf>. Acesso em: 1 set. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução CRH nº 207, de 09 de novembro de 2016. Retifica e complementa o enquadramento e aprova as metas intermediárias para o enquadramento das águas superficiais da bacia hidrográfica do Lago Guaíba. **Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura**, 28 nov. 2016-t. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/resolucoes-crh>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução nº 355 de 13 de julho de 2017. **Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes nas águas superficiais do RS**, 2017. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Atlas Socioeconômico do RS. **Sec. Planejamento, Governança e Gestão**, 2020. ISSN 978-65-87878-00-3. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

RODRIGUES, B. B. A difícil Gestão de arroios urbanos: Estarão Mortos os arroios de Porto Alegre? O caso do Arroio Moinho. **UFRGS - LUME - Repositório digital**, Porto Alegre, 2015. ISSN [Monog.]. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/132674>>. Acesso em: 4 mar. 2017.

ROSA FILHO, A.; CORTEZ, A. T. C. A problemática socioambiental da Ocupação urbana em áreas de risco de deslizamento: da "Suíça brasileira" e as favelas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, S. I., 3, ago 2010. 33-40. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232610/26628>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

ROSSETO, A. M.; LERÍPIO, A. D. A. Gestão de Políticas Públicas de Saneamento Básico. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A. C. **Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 1ª. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. Cap. 2, p. 18-41. ISBN 978-85-204-2975-4. Coleção ambiental.

SAAGI, R. Benchmark Simulation Model for Integrated Urban Wastewater Systems. **Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering**, 2017. ISSN 978-91-88934-80-2. Disponível em: <<https://lup.lub.lu.se/record/0440fd1b-1394-4c03-88d7-5da30204fc00>>. Acesso em: 12/06/2020 jun. 2020. Lund University.

SANTOS, J. D. O.; SOUZA, M. J. N. D. Abordagem geoambiental aplicada à análise da vulnerabilidade e dos riscos em ambientes urbanos. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiás, 34, n. 2, maio-agosto 2014. 215-232. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337131734003>>. Acesso em: 3 abr. 2021.

SANTOS, L. R.; NOGUEIRA, V. L.; OLIVEIRA, S. M. C. Serviços e Departamentos Autônomos na Gestão de Saneamento Básico. In: PHILLIPPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A. C. **Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 1ª. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. Cap. 6, p. 107-124. ISBN 978-85204-2975-4. Coleção ambiental.

SICHE, R. et al. Índices vesus indicadores: precisões concentuais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente e sociedade**, Campinas, jul-dez 2007. 137-138.

SMOLKA, M. O. Informalidad, pobreza urbana y precios de la tierra. **Land Lines**, Cambridge, MA - USA, 1, jan. 2003. 7. Disponível em: <<https://www.lincolninst.edu/publications/articles/informalidad-pobreza-urbana-precios-la-tierra>>. Acesso em: 10 set. 2016.

SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. **SNIS - Painel de Informações sobre Saneamento**, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 24 set. 2022.

SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Metodologia do SNIS (AE) - Anexo D**, Brasília, DF, 2018. 8. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/coleta-de-agua-e-esgotos>>. Acesso em: 4 jun. 2021.

SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2018**, Brasília, DF, 5 dez. 2019a. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>>. Acesso em: 3 abr. 2020.

SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - componentes do SNIS**, dez. 2019b. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/componentes/menu-snis-componente-agua-e-esgotos>>. Acesso em: 09 dez. 2020.

SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Projeto Acertar - Certificação e Manual de Melhores Práticas da Gestão da Informação sobre Saneamento**, 2020a. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/projeto-acertar-snis>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

- SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema nacional de Informações sobre Saneamento - concepção**, 2020b. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/concepcao>>. Acesso em: 2 abr. 2021.
- SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema nacional de informações sobre saneamento - implementação**, 2020c. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/implementacao>>. Acesso em: 2 abr. 2021.
- SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Diagnóstico temático serviços de água e esgoto - ano de referência 2020**, Brasília (DF), ago. 2022. 31. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DE_ESGOTO_AE_SNIS_2022.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.
- THE WATER SERVICES REGULATION AUTHORITY. Water Services Regulation Authority - OFWAT. **Annual report and accounts 2017 to 2018: web version**, [S. L.], 2017-2018. 151. Disponível em: <<https://www.ofwat.gov.uk>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- TOMINAGA, L. K. (). Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K. (); JAIR, S.; AMARAL, R. D. (). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 1ª. ed. São Paulo: Instituto Geológico: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2009. Cap. 1, p. 11-23. ISBN 978-85-87235-09-1.
- TUCCI, C. E. **Integrated Urban Water management in Large Cities**. World Bank. [S.l.], p. 166. 2009.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas: Desenvolvimento urbano. **Estudos avançados**, 22, n. 63, 2008. 97-112.
- TUCCI, C. E. M. Indicador de sustentabilidade hídrica urbana, Porto Alegre, 14, n. 7, Jan-Dez 2017. 1-13. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/322574455_Indicador_de_Sustentabilidade_Hidrica_Urbana>. Acesso em: 12 jun 2022.
- UCHOA, C. E. **Elaboração de indicadores de desempenho institucional**. Escola Nacional de Administração Pública. [S.l.], p. 46p. 2013. Apostila.
- UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Arroio Dilúvio - Um futuro possível: Diretrizes setoriais (arquivo: pdf)**, 2012. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/arroiodiluvio/planos-e-projetos/agua-e-esgoto/27_diretrizes_setoriais.pdf/view>. Acesso em: 15 nov. 2018.

VAN DAAL-ROMBOUTS, P. et al. Performance evaluation of a smart buffer control at a wastewater treatment plant. **Water Research**, 2017. 180-190. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.08.042>>.

VOLSCHAN, J. The challenge of dry-weather sewage intakes as a sustainable strategy to develop urban sanitation in the tropics. **Water Practice & Technology**, 15, n. 1, Mar 2020. 38-47. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wpt.2019.084>>. Acesso em: 22 Nov 2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos: Princípios do tratamento de águas residuárias**. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, v. 1, 2005. 452 p. ISBN 85-7041-114-6.

WEIJERS, S. R. et al. KALLISTO: cost effective and integrated optimization of the urban wastewater system Eindhoven. **Water practice and Technology**, London, UK, 7, n. 2, 2012. 1-9. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wpt.2012.036>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

WIJKMAN, A.; TIMBERLAKE, L. **Natural disasters: acts of God or acts of man**. 1. ed. London: Earthscan, 1884. ISBN S/WiNbHAN► Reno.

WIJKMAN, A.; TIMBERLAKE, L. **Desastres naturales: ¿Fuerza mayor u obra del hombre?** (monog.). Whashington: CRID - Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y el Caribe, 1985. 181 p.

APÊNDICE

**APÊNDICE A – TABELAS COM AS INFORMAÇÕES E OS INDICADORES DE
ÁGUA E ESGOTO DAS UNIDADES DE ANÁLISE**

Tabela A Informações de água nos meso setores sanitários e nas APR

Local	Pop. atendida com abast. água	Ligações Ativas de Água	Economias Ativas de Água	Ligações Ativas Micromedidas	Volume de Água Micromedido	Volume de Água Consumido	Econ. Resid Ativas de Água Micromedidas	Lig. Resid Ativas de Água Micromedidas	Ligações Resid Ativas de Água	Econ. Residenci ais Ativas de Água	Econ. Ativas de Água Micromedidas	Volume de Água Micromedido nas Econ. Resid.	Ligações Totais de Água	Econ. Totais de Água
PRESTADOR ES	Habitantes	Ligações	Economias	Ligações	1.000m3/ano	1.000m3/ano	Ligações	Ligações	Ligações	Economias	Economias	1.000m3/ano	Ligações	Ligações
	AG01	AG02	AG03	AG04	AG08	AG10	AG22	AX02	AX01	AG13	AG14	AG20	AG21	AX03
P. Alegre 43149011	1.749.101	300.483	713.657	284.528	106350	116.467	597.879			615.972	695.432	87493	321.587	
Meso setor														
1	42.752	12.030	15.730	11.156	2.815	2.981	13.984	10.499	11.370	14.857	14.854	2.221	12.448	16.206
2	53.390	10.525	21.373	9.412	2.910	3.074	18.892	8.746	9.829	19.998	20.231	2.464	11.233	22.153
3	29.286	5.808	12.207	5.771	1.735	1.741	11.486	5.235	5.269	11.520	12.170	1.478	6.160	12.601
4	59.198	14.756	25.377	14.473	4.481	4.531	23.134	13.121	13.398	23.411	25.094	3.143	15.623	26.369
5	95.736	8.314	51.300	8.287	7.342	7.346	45.098	6.273	6.298	45.123	51.272	6.402	8.468	51.483
6	122.743	20.499	61.711	19.710	8.749	8.863	52.131	16.401	17.185	52.918	60.918	7.201	21.499	62.888
7	92.139	8.158	62.960	8.110	8.522	8.528	51.330	4.642	4.690	51.378	62.912	6.132	8.411	63.274
8	41.388	5.908	38.960	5.895	5.080	5.082	21.361	2.168	2.173	21.366	38.947	2.524	6.158	39.311
Total SPC: APR	536.632	85.998	289.618	82.814	41.634	42.146	237.416	67.085	70.212	240.571	286.398	31.566	90.000	294.285
1	4.640	1.494	1.633	1.379	335	350	1.474	1.322	1.416	1.569	1.535	232	1.543	1.711
2	3.359	828	1.113	634	128	155	898	616	805	1.087	918	113	906	1.198
3	2.475	513	957	505	129	128	881	446	454	889	949	119	543	990
4	6.125	1.890	2.225	1.831	458	458	2.000	1.691	1.749	2.058	2.166	324	2.080	2.438
5	182	31	106	29	18	18	85	11	13	87	104	12	34	109
6	4.993	1.508	2.085	1.459	379	382	1.806	1.318	1.367	1.855	2.036	272	1.645	2.247
7	374	49	217	49	45	44	193	25	25	193	217	21	53	221
Total:	22.148	6.313	8.336	5.886	1.492	1.536	7.337	5.429	5.829	7.738	7.925	1.092	6.804	8.914

Tabela B Informações de água nas áreas de risco hidrogeológico e AEIS..

Local	Pop. atendida com abast. água	Ligações Ativas de Água	Economias Ativas de Água	Ligações Ativas Micromedidas	Volume de Água Micromedido	Volume de Água Consumido	Economias Residuais Ativas de Água Micromedidas	Ligações Residuais Ativas de Água Micromedidas	Ligações Residuais Ativas de Água	Economias Residenciais Ativas de Água	Economias Ativas de Água Micromedidas	Volume de Água Micromedido nas Economias Resid.	Ligações Totais de Água	Economias Totais de Água
PRESTADORES	Habitantes	Ligações	Economias	Ligações	1.000m3/ano	1.000m3/ano	Ligações	Ligações	Ligações	Economias	Economias	1.000m3/ano	Ligações	Ligações
	AG01	AG02	AG03	AG04	AG08	AG10	AG22	AX02	AX01	AG13	AG14	AG20	AG21	AX03
RISCO HG														
1	1.094	367	364	344	122	50	351	337	342	357	358	49	365	381
2	1.000	306	316	256	34	41	262	254	302	310	265	34	338	348
3	217	82	88	79	29	28	71	69	72	74	85	27	90	96
4	2.750	822	898	772	158	149	823	753	802	872	848	140	931	1.013
6	686	227	257	222	76	39	242	212	217	247	252	38	256	293
Total:	5.747	1.804	1.923	1.673	420	306	1.749	1.625	1.735	1.860	1.808	288	1.980	2.131
AEIS														
1	11.364	3.225	3.877	2.718	651	749	3.215	2.589	3.095	3.721	3.370	606	3.344	4.006
2	9.909	3.053	3.168	2.020	359	539	2.026	1.946	2.953	3.053	2.109	315	3.475	3.602
3	4.873	1.548	1.738	1.523	255	259	1.642	1.462	1.487	1.667	1.713	260	1.726	1.939
4	22.227	6.832	7.615	6.591	1.194	1.233	7.144	6.402	6.640	7.382	7.374	1.154	7.377	8.231
5	454	110	160	91	26	30	136	88	107	155	141	26	112	162
6	8.077	2.355	2.937	2.184	416	443	2.694	2.125	2.294	2.865	2.763	401	2.542	3.138
7	234	95	97	95	14	14	96	94	94	96	97	14	104	106
8	660	282	282	278	68	69	276	276	280	280	278	68	286	286
Total:	57.798	17.500	19.874	15.500	2.983	3.335	17.229	14.982	16.950	19.219	17.845	2.844	18.966	21.470

Tabela C Informações de água nas AEIS em APR e AEIS fora das APR.

Local	Pop Atendida com abast água	Ligações Ativas de Água	Economias Ativas de Água	Ligações Ativas Microme didas	Volume de Água Microme dido	Volume de Água Consumid o	Economias Resid Ativas de Água Microme didas	Ligações Resid Ativas de Água Microme didas	Ligações Resid Ativas de Água	Economias Residenci ais Ativas de Água	Economias Ativas de Água Microme didas	Volume de Água Microme dido nas Economias Resid.	Ligações Totais de Água	Economias Totais de Água
PRESTADOR ES	Habitantes	Ligações	Economias	Ligações	1.000m3/ano	1.000m3/ano	Ligações	Ligações	Ligações	Economias	Economias	1.000m3/ano	Ligações	Ligações
	AG01	AG02	AG03	AG04	AG08	AG10	AG22	AX02	AX01	AG13	AG14	AG20	AG21	AX03
AEIS EM APR														
1	984	320	325	295	54	58	290	285	310	315	300	52	337	345
2	1.571	472	487	308	52	79	316	303	464	477	322	46	526	544
3	387	118	133	113	15	16	122	108	113	127	128	15	137	155
4	4.385	1.320	1.448	1.265	237	246	1.349	1.232	1.286	1.403	1.393	220	1.462	1.605
5	19	3	7	1	1	2	5	1	3	7	5	1	3	7
6	912	314	334	302	44	46	303	287	299	315	322	42	356	380
7	28	11	13	11	1	1	13	11	11	13	13	1	14	16
Total:	8.286	2.558	2.747	2.295	405	448	2.398	2.227	2.486	2.657	2.483	377	2.835	3.052
AEIS NÃO APR														
1	10.380	2.905	3.552	2.423	597	691	2.925	2.304	2.785	3.406	3.070	549	3.007	3.661
2	8.338	2.581	2.681	1.712	307	460	1.710	1.643	2.489	2.576	1.787	259	2.949	3.058
3	4.486	1.430	1.605	1.410	240	243	1.520	1.354	1.374	1.540	1.585	225	1.589	1.784
4	17.842	5.512	6.167	5.326	957	986	5.795	5.170	5.354	5.979	5.981	898	5.915	6.626
5	435	107	153	90	25	28	131	87	104	148	136	25	109	155
6	7.166	2.041	2.603	1.882	372	397	2.391	1.838	1.995	2.550	2.441	353	2.186	2.758
7	206	84	84	84	13	13	83	83	83	83	84	12	90	90
8	660	282	282	278	68	68	276	276	280	280	278	68	286	286
Total:	49.513	14.942	17.127	13.205	2.579	2.887	14.831	12.755	14.464	16.562	15.362	2.388	16.131	18.418

Tabela D Informações de esgoto nos meso setores sanitários e nas APR.

Local	Pop atendid a c/esg. Sanit.	Lig. Ativas de Esgoto	Econ. Ativas de Esgoto	Rede de Esgoto s	Rede Coletor a	Rede Coletor a integra da	Volume de Esgotos Coletado	Volume de Esgoto Tratado	Econ. Resid. Ativas c/Esgotos	Lig. Totais de Esgotos	PV com descarga em Pluvial	Desob struções	Lig. totais Vistori adas	Lig. totais Vistoria das efetivas	Extrav as. em prop. priv	Extrav asame ntos	Recla mações
PRESTAD ORES	habitante s	Ligações	economi as	km	km	km	1.000m3/a no	1.000m3/ ano	Economias	Ligações	PVs	desobs.	Ligações	Ligações	extrav/ ano	extrav/ ano	recla/a no
	ES001	ES002	ES003	ES004	EX01	EX02	ES005	ES006	ES008	ES009	EX03	EX08	EX04	EX05	EX06	QD011	EX07
P. Alegre 43149011	1.338.143	246.667	646.027	1991,92			72.134,84	57.075,67	551.283	246.677						12692	120910
M setor																	
1	30343	8530	11288	91,8	82,1	37,67	1433,0	472	10600	8822	23	781	3444	2354	380	880	1572
2	48105	9193	19575	92,2	90,39	80,13	2264,8	1887	18260	9715	29	1273	2544	1676	360	1243	2121
3	26853	5032	11357	48,6	45,11	41,38	1275,0	1173	10690	5271	17	572	1609	1279	238	611	1116
4	50629	12078	22470	114,45	106,16	96,37	3191,9	2894	20592	12642	21	1203	4013	3098	410	1284	2549
5	95719	8300	51285	106,98	101,8	101,79	5874,9	5791	45115	8451	2	394	6851	6360	168	483	1168
6	113318	18085	58283	172,65	162,9	158,24	6568,3	5708	49613	18883	32	1100	8881	7679	472	1350	2777
7	92133	8148	62950	79,74	72,39	70,91	6817,4	6734	51375	8372	5	325	6058	5937	144	451	1021
8	41386	5902	38954	67,68	59,76	59,58	4064,9	4058	21365	6144	10	210	635	576	56	238	556
SPC:	498486	75268	276162	774,1	720,61	646,07	31490	28717	227610	78300	139	5858	34035	28959	2228	6540	12880
APR																	
1	2519	770	893	22,38	17,08	10,73	134,2	50	854	804	14	121	330	167	57	129	237
2	2508	571	846	11,63	11,31	2,57	90,5	61	826	607	17	194	163	91	65	182	303
3	2097	390	827	6,17	3,75	0,61	87,0	79	764	406	9	49	164	120	10	53	91
4	2958	922	1180	18,37	14,44	2,29	211,6	162	1045	989	16	171	423	213	38	162	334
5	180	30	105	5,35	3,36	0,01	14,4	13	86	33	2	4	22	18	1	7	17
6	3922	1162	1690	18,36	17,23	0,74	247,7	177	1475	1249	9	143	367	224	72	184	333
7	372	47	215	0,49	0,49	0,1	35,2	31	192	51		4	30	29	1	5	8
Total:	14556	3892	5756	82,75	67,66	17,05	820	573	5242	4139	68	686	1499	862	244	722	1323

Tabela E Informações de esgoto nas áreas de risco e AEIS.

Local	Pop atendida c/esg. sanitário	Ligações Ativas de Esgoto	Economias Ativas de Esgoto	Rede de Esgotos	Rede Coletora de Esgotos	Rede Coletora integrada de Esgotos	Volume de Esgotos Coletado	Volume de Esgoto Tratado	Economias Resid. Ativas de Esgotos	Ligações Totais de Esgotos	PV com descarga em pluvial	Desobstruções	Lig. totais Vistoriadas	Lig. totais Vistoriadas efetivas	Extravasamentos em prop. priv	Extravasamentos	Reclamações
PRESTADOR	habitantes	ligações	economias	km	km	km	1.000m ³ /ano	1.000m ³ /ano	Economias	Ligações	PVs	desobs.	Ligações	Ligações	extrav/ ano	extrav/ ano	recla/ ano
	ES001	ES002	ES003	ES004	EX01	EX02	ES005	ES006	ES008	ES009	EX03	EX08	EX04	EX05	EX06	QD011	EX07
RISCO																	
HG																	
1	522	166	176	3,69	2,76	1,31	38,4	25	172	175	3	10	80	38,00	3	9	18
2	635	193	202	4,31	4,31	3,68	22,4	21	199	209	4	83	39	22,00	30	87	129
3	169	66	72	0,38	0,38	0,38	18,7	19	58	72		8	33	31,00	0	8	8
4	805	246	269	3,21	3,09	1,58	44,6	28	258	276	8	37	135	82,00	3	27	60
6	363	125	136	4,46	4,46	4,11	45,1	43	130	142	2	37	28	27,00	7	40	60
Total:	2494	796	855	16,05	15	11,06	169,2	136	817	874	17	175	315	200,00	43	171	275
AEIS																	
1	7439	2297	2543	20,55	20,08	5,25	279,6	90	2407	2387	8	321,00	426	307	181	343	587
2	7078	2190	2274	23,72	23,6	16,52	331,6	226	2182	2474	18	643,00	358	295	174	606	996
3	3324	1052	1206	8,85	8,85	5,69	146,4	76	1147	1161	10	188,00	446	277	48	183	306
4	15366	4713	5341	42,73	41,77	32,89	797,1	473	5163	5001	15	749,00	1468	1036	224	786	1468
5	454	110	160	0,37	0,37	0,37	23,8	24	155	112		4,00	91	91	0	5	7
6	7015	2005	2568	15,82	15,82	14,23	309,3	265	2500	2137	6	240,00	454	412	110	286	427
7	235	95	97	0,16	0,16	0,13	9,7	10	96	103			97	94			0
8	660	282	282	1,18	1,18	1,18	55,5	56	280	286		12,00	177	177	0	9	15
Total:	41571	12744	14471	113,38	111,83	76,26	1952,96	1219,79	13930	13661	57	2157	3517	2689	737	2218	3806

Tabela F Informações de esgoto nas AEIS em APR e fora de APR.

Local	Pop atendida c/esg. sanit.	Ligações Ativas c/Esgoto	Economias Ativas c/Esgoto	Rede de Esgotos	Rede Coletora de Esgotos	Rede Coletora integrada	Volum de Esgotos Coletado	Volum e de Esgoto Tratado	Econ. Resid. Ativas de Esgotos	Lig. Totais de Esgotos	PV com descarga em Pluvial	Desob struções	Lig. totais Vistoria das	Lig. totais Vistoria das efetivas	Extravas am. em prop. priv	Extravas amentos	Recla mações
PRESTADO RES	Habit.	ligações	Econ.	km	km	km	1.000m ³ / ano	1.000m ³ / ano	Econ.	Ligações	PVs	desobs.	Ligações	Ligações	extrav/an o	extrav/an o	recla/a no
	ES001	ES002	ES003	ES004	EX01	EX02	ES005	ES006	ES008	ES009	EX03	EX08	EX04	EX05	EX06	QD011	EX07
AEIS EM APR																	
1	573	189	191	4,24	3,90	0,56	31,45	9	183	169	5	70	30	19	37	72	124
2	992	297	309	5,12	5,10	3,60	35,10	26	304	400	12	110	59	44	41	114	184
3	174	49	57	0,62	0,62	0,14	5,56	0	56	86	7	9	32	10	2	9	14
4	1625	488	548	5,53	5,29	3,44	65,02	36	530	1195	12	113	268	133	16	104	216
5	19	3	7	0,00	0,00	0,00	1,22	1	7	3	0						
6	701	245	259	3,13	3,13	3,09	28,28	28	241	354	0	40	24	21	22	52	74
7	28	11	13	0,01	0,01	0,00	0,85	0	13	0	0		14	14			
Total:	4112	1282	1384	18,65	18,05	10,84	167,48	100,66	1334	2207	36	342	427	241	118	351	612
AEIS NÃO APR																	
1	6866	2108	2352	16,31	16,18	4,69	304	81	2224	2191	3	251	396	288	144	271	463
2	6085	1893	1965	18,60	18,50	12,92	284	200	1878	2154	6	533	299	251	133	492	812
3	3150	1003	1149	8,23	8,23	5,55	130	75	1091	1106	3	179	414	267	46	174	292
4	13740	4225	4793	37,20	36,48	29,45	587	437	4633	4475	3	636	1200	903	208	682	1252
5	435	107	153	0,37	0,37	0,37	23	23	148	109	0	4	91	91	0	5	7
6	6314	1760	2309	12,69	12,69	11,14	279	237	2259	1866	6	200	430	391	88	234	353
7	207	84	84	0,15	0,15	0,13	11	10	83	89	0	0	83	80	0	0	0
8	0	282	282	1,18	1,18	1,18	55	55	280	286	0	12	177	177	0	9	15
Total:	37458	11462	13087	94,73	93,78	65,42	1672	1119	12596	12276	21	1815	3090	2448	619	1867	3194

Tabela G Indicadores de água nos meso setores sanitários e APR.

Local	Consumo médio per Capita de água	Densidade de economias de água por ligação	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	Índice de hidrometração	Índice de micromedição relativo ao consumo	Consumo médio de água por economia	Consumo micromedido por economia
Unidades	l/hab.dia	econ./lig.	percentual	percentual	percentual	m³/mês/econ	m³/mês/econ
	IN022	IN001	IN043	IN009	IN044	IN053	IN014
P. Alegre 43149011	214,88	2,37	86,25	94,63	87,84	13,64	12,26
Meso setor							
1	191,05	1,31	94,45	92,73	94,43	15,79	15,79
2	157,76	2,03	93,57	89,43	94,66	11,99	11,99
3	162,85	2,10	94,37	99,36	99,70	11,88	11,88
4	209,72	1,72	92,25	98,08	98,88	14,88	14,88
5	210,23	6,17	87,96	99,68	99,95	11,93	11,93
6	197,83	3,01	85,75	96,15	98,71	11,97	11,97
7	253,58	7,72	81,60	99,41	99,92	11,29	11,29
8	336,38	6,59	54,84	99,78	99,97	10,87	10,87
SPC:	215,17	3,37	83,06	96,30	98,78	12,13	12,11
APR							
1	206,74	1,09	96,08	92,30	95,55	17,87	18,16
2	126,76	1,34	97,66	76,57	82,62	11,64	11,66
3	141,93	1,87	92,89	98,44	100,79	11,17	11,35
4	204,85	1,18	92,49	96,88	100,02	17,15	17,62
5	272,17	3,42	82,08	93,55	98,01	14,21	14,20
6	209,34	1,38	88,97	96,75	99,44	15,25	15,53
7	324,23	4,43	88,94	100,00	100,68	17,00	17,11
Total:	189,95	1,32	92,83	93,24	97,15	15,35	15,69

Tabela H Indicadores de água nas área de risco e AEIS.

Local	Consumo médio per Capita de água	Densidade de economias de água por ligação	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	Índice de hidrometração	Índice de micromedição relativo ao consumo	Consumo médio de água por economia	Consumo micromedido por economia
Unidades	l/hab.dia	econ./lig.	percentual	percentual	percentual	m ³ /mês/econ	m ³ /mês/econ
	IN022	IN001	IN043	IN009	IN044	IN053	IN014
RISCO							
HG							
1	124,24	0,99	98,08	93,73	246,28	11,36	28,44
2	111,75	1,03	98,10	83,66	84,48	10,76	10,84
3	347,96	1,07	84,09	96,34	104,71	26,10	28,29
4	148,12	1,09	97,10	93,92	106,09	13,80	15,50
6	155,96	1,13	96,11	97,80	195,66	12,66	25,27
Total:	145,73	1,07	96,72	92,74	137,27	13,25	19,34
AEIS							
1	180,65	1,20	95,98	84,28	86,92	16,11	16,11
2	149,10	1,04	96,37	66,16	66,57	14,18	14,18
3	145,50	1,12	95,91	98,39	98,56	12,41	12,41
4	151,92	1,11	96,94	96,47	96,83	13,49	13,49
5	179,29	1,45	96,88	82,73	88,13	15,47	15,48
6	150,10	1,25	97,55	92,74	94,08	12,56	12,56
7	159,82	1,02	98,97	100,00	100,01	11,73	11,73
8	288,13	1,00	99,29	98,58	98,58	20,51	20,51
Total:	158,09	1,14	96,70	88,57	89,45	13,98	13,93

Tabela I Indicadores de água nas AEIS em APR e fora da APR.

Local	Consumo médio per Capita de água	Densidade de economias de água por ligação	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	Índice de hidrometração	Índice de micromedidação relativo ao consumo	Consumo médio de água por economia	Consumo micromedido por economia
Unidades	l/hab.dia	econ./lig.	percentual	percentual	percentual	m ³ /mês/econ	m ³ /mês/econ
	IN022	IN001	IN043	IN009	IN044	IN053	IN014
AEIS EM APR							
1	162,57	1,02	96,92	92,19	92,31	14,97	14,97
2	138,42	1,03	97,95	65,25	66,12	13,58	13,58
3	111,29	1,13	95,49	95,76	96,25	9,85	9,85
4	153,87	1,10	96,89	95,83	96,20	14,17	14,17
5	219,18	2,33	100,00	33,33	71,58	18,10	18,13
6	137,56	1,06	94,31	96,18	96,41	11,42	11,43
7	103,72	1,18	100,00	100,00	99,62	6,79	6,77
Total:	148,17	1,07	96,72	89,72	90,32	13,59	13,58
AEIS NÃO APR							
1	182,44	1,22	95,89	83,41	86,43	16,22	16,22
2	151,10	1,04	96,08	66,33	66,65	14,29	14,29
3	148,39	1,12	95,95	98,60	98,76	12,62	12,62
4	151,46	1,12	96,95	96,63	96,98	13,33	13,33
5	177,80	1,43	96,73	84,11	88,90	15,38	15,38
6	151,72	1,28	97,96	92,21	93,78	12,70	12,70
7	175,56	1,00	98,81	100,00	95,42	13,10	12,50
8	284,02	1,00	99,29	98,58	100,00	20,22	20,51
Total:	159,75	1,15	96,70	88,38	89,32	14,05	13,99

Tabela J Indicadores de esgoto nos meso setores e APR.

Local	Índice de atendimento de esgoto referido ao com água	Índice de coleta de esgoto	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Extensão da rede de esgoto por ligação	Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	Ind. De Desobstruções	Extravasamentos de esgotos em lotes priv	Reclamações por lig.	Ligações de esgoto vistoriadas	Efetividade das Ligações de esgoto	PV com descarga em pluvial
Unidade de análise	percentual	percentual	percentual	percentual	m/lig.	extrav./km	desobs./km	extrav/rede	recla/lig	percentual	percentual	PV/km
	IN056	IN015	IN016	IN046	IN021	IN082	IX06	IX05	IX04	IX02	IX03	IX09
P. Alegre 43149011	90,47	62,06	79,12	49,1	8,07	6,04						
Meso setor												
1	70,97	48,07	32,93	15,83	9,31	9,59	8,51	4,14	0,18	27,67	18,91	0,25
2	90,10	73,67	83,32	61,38	9,30	13,48	13,81	3,90	0,23	22,65	14,92	0,31
3	91,69	73,24	92,03	67,41	8,56	12,57	11,77	4,90	0,22	26,12	20,76	0,35
4	85,52	70,44	90,67	63,87	8,40	11,22	10,51	3,58	0,21	25,69	19,83	0,18
5	99,98	79,97	98,57	78,83	12,05	4,51	3,68	1,57	0,14	80,90	75,11	0,02
6	92,32	74,11	86,90	64,40	8,63	7,82	6,37	2,73	0,15	41,31	35,72	0,19
7	99,99	79,94	98,78	78,96	8,65	5,66	4,08	1,81	0,13	72,02	70,59	0,06
8	100,00	79,99	99,84	79,86	9,73	3,52	3,10	0,83	0,09	10,31	9,35	0,15
Total SPC:	92,89	74,72	91,20	68,14	9,20	8,45	7,57	2,88	0,17	37,82	32,18	0,18
APR												
1	54,29	38,33	36,94	14,16	21,24	5,76	5,41	2,55	0,31	21,39	10,82	0,63
2	74,67	58,21	67,52	39,31	18,63	15,65	16,68	5,59	0,53	17,99	10,04	1,46
3	84,73	67,83	91,29	61,92	9,24	8,59	7,94	1,62	0,23	30,20	22,10	1,46
4	48,29	46,19	76,49	35,33	14,60	8,82	9,31	2,07	0,36	20,34	10,24	0,87
5	98,90	79,70	91,27	72,74	101,82	1,31	0,75	0,19	0,57	64,71	52,94	0,37
6	78,55	64,92	71,57	46,46	13,80	10,02	7,79	3,92	0,29	22,31	13,62	0,49
7	99,47	79,48	88,12	70,04	9,61	10,20	8,16	2,04	0,17	56,60	54,72	0,00
Total:	65,72	53,43	69,87	37,33	16,35	8,73	8,29	2,95	0,34	22,03	12,67	0,82

Tabela K. Indicadores de esgoto nas áreas de risco e AEIS.

Local	Índice de atendimento total de esgoto referido ao atendimento com água	Índice de coleta de esgoto	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Extensão da rede de esgoto por ligação	Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	Desobstruções	Extravasamentos de esgotos em lotes priv	Reclamações por lig.	Ligações de esgoto vistoriadas	Efetividade das Ligações de esgoto (%)	PV com descarga em pluvial
	percentual	percentual	percentual	percentual	m/lig.	extrav./km	desobs./km	extrav/rede	recla/lig	percentual	percentual	PV/km
Unidade de análise	IN056	IN015	IN016	IN046	IN021	IN082	IX06	IX05	IX04	IX02	IX03	IX09
RISCO												
HG												
1	47,71	30,95	65,83	20,38	15,77	2,44	2,71	0,81	0,11	21,92	10,41	0,81
2	63,50	54,48	91,60	49,90	20,62	20,19	19,26	6,96	0,67	11,54	6,51	0,93
3	77,88	62,62	100,00	62,62	5,28	21,05	21,05	0,00	0,12	36,67	34,44	0,00
4	29,27	26,69	63,52	16,96	11,20	8,41	11,53	0,93	0,24	14,50	8,81	2,49
6	52,92	57,83	95,62	55,30	31,41	8,97	8,30	1,57	0,48	10,94	10,55	0,45
Total:	43,40	38,44	80,34	30,88	17,16	10,65	10,90	2,68	0,35	15,91	10,10	1,06
AEIS												
1	65,46	37,31	32,36	12,07	8,41	16,69	15,62	8,81	0,26	12,74	9,18	0,39
2	71,43	61,49	68,23	41,96	9,54	25,55	27,11	7,34	0,45	10,30	8,49	0,76
3	68,21	56,56	51,66	29,22	7,62	20,68	21,24	5,42	0,29	25,84	16,05	1,13
4	69,13	64,67	59,37	38,39	8,35	18,39	17,53	5,24	0,31	19,90	14,04	0,35
5	100,00	80,01	100,00	80,01	3,30	13,51	10,81	0,00	0,06	81,25	81,25	0,00
6	86,85	69,89	85,75	59,93	7,40	18,08	15,17	6,95	0,21	17,86	16,21	0,38
7	100,43	71,28	100,00	71,28	1,55	0,00	0,00	0,00	0,00	93,27	90,38	0,00
8	100,00	80,00	100,00	80,00	4,13	7,63	10,17	0,00	0,05	61,89	61,89	0,00
Total:	71,92	58,56	62,46	36,57	8,19	19,56	19,02	6,50	0,30	18,54	14,18	0,50

Tabela L Indicadores de esgoto nas AEIS em APR e fora da APR.

Local	Índice de atendimento total de esgoto referido ao atendimento com água	Índice de coleta de esgoto	Índice de tratamento de esgoto	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Extensão da rede de esgoto por ligação	Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	Desobstruções	Extravasamentos de esgotos em lotes priv	Reclamações por lig.	Ligações de esgoto vistoriadas	Efetividade das Ligações de esgoto (%)	PV com descarga em pluvial
Unidade de análise	percentual	percentual	percentual	percentual	m/lig.	extrav./km	desobs./km	extrav/rede	recla/lig	percentual	percentual	PV/km
	IN056	IN015	IN016	IN046	IN021	IN082	IX06	IX05	IX04	IX02	IX03	IX09
AEIS EM APR												
1	58,23	53,86	29,00	15,62	23,08	16,98	16,51	8,73	0,66	8,90	5,64	1,18
2	63,14	44,22	74,25	32,83	12,75	22,27	21,48	8,01	0,62	11,22	8,37	2,34
3	44,96	35,37	5,58	1,97	7,21	14,52	14,52	3,23	0,29	23,36	7,30	11,29
4	37,06	26,40	55,29	14,60	4,43	18,81	20,43	2,89	0,44	18,33	9,10	2,17
5	100,00	80,26	100,00	80,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	76,86	61,76	99,01	61,15	8,84	16,61	12,78	7,03	0,30	6,74	5,90	0,00
7	100,00	80,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	0,00
Total:	49,63	37,37	60,10	22,46	8,18	18,82	18,34	6,33	0,48	15,06	8,50	1,93
AEIS NÃO APR												
1	66,15	43,95	26,77	11,77	7,38	16,62	15,39	8,83	0,22	13,17	9,58	0,18
2	72,98	61,85	70,42	43,56	8,59	26,45	28,66	7,15	0,43	10,14	8,51	0,32
3	70,22	53,56	57,87	31,00	7,44	21,14	21,75	5,59	0,29	26,05	16,80	0,36
4	77,01	59,52	74,48	44,33	8,15	18,33	17,10	5,59	0,30	20,29	15,27	0,08
5	100,00	79,99	100,00	79,99	3,39	13,51	10,81	0,00	0,07	83,49	83,49	0,00
6	88,11	70,20	85,15	59,78	6,80	18,44	15,76	6,93	0,20	19,67	17,89	0,47
7	100,00	80,00	96,69	77,35	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	92,22	88,89	0,00
8	100,00	80,01	100,00	80,01	4,13	7,63	10,17	0,00	0,05	61,89	61,89	0,00
Total:	75,65	57,91	66,93	38,76	7,64	19,71	19,16	6,53	0,28	19,16	15,18	0,22

APÊNDICE B – SÍNTESE DOS RESULTADOS

A pesquisa demonstrou, através da estruturação pelos setores sanitários, como a integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos pode promover melhores resultados ambientais e a efetiva prestação dos serviços de saneamento, segundo os incisos XII e I do art. 2º da Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007). A configuração proposta prevê a utilização de um sistema de gestão integrado das águas urbanas, contribuindo com a delimitação das fronteiras dos sistemas a serem modelados.

O primeiro eixo da pesquisa identificou as deficiências na prestação dos serviços em relação às unidades de análise. O segundo eixo propôs metodologia de monitoramento das águas urbanas do SES, aplicando o princípio V da Lei nº 7217/2010, com a adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais.

Na análise do atendimento a partir das **cinco faixas equidistantes dos arroios e canais**, o percentual da cobertura da rede coletora entre as faixas teve pouca variação de 2008 a 2018, o que pode ser explicado pela desaceleração da expansão da malha coletora no período. Apesar desta constatação, houve aumento da rede interligada, provocado pela entrada em operação da ETE Serraria.

O aumento das ligações sem atendimento por rede coletora à medida em que se aproxima dos arroios ficou evidenciado na comparação dos resultados de 2008 e 2018. O desdobramento da média de 85,24% das ligações residenciais ativas atendidas com rede coletora pelas faixas em 2018, mostra que os menores valores de atendimento estão nas faixas 1 a 4. No intervalo de dez anos, o percentual das ligações atendidas com rede coletora das faixas 1 a 3 não atingiram os valores da faixa 5, de 2008.

Já o atendimento das ligações com tratamento na ETE, tarifa 2, aumenta à medida em que se afasta dos arroios e canais. Apesar do atendimento nas faixas 2 a 4 aumentar consideravelmente em dez anos, ele não atingiu o valor da faixa 5 em 2008. A redução do atendimento com tarifa 2 na faixa 1 se deu em virtude da desconsideração da ETE Esmeralda como unidade de tratamento em 2018 e pela inviabilidade da execução do coletor tronco ao longo do Arroio Mato Grosso, que interligaria os esgotos ao IAD. Outro fato, foi a ocorrência de transferência de moradias dos aglomerados subnormais da faixa 1 para outras faixas pelos programas de habitação e reassentamentos.

De 2008 a 2018 a variação das ligações por tarifa em cada faixa foi desigual. No SES houve uma redução média 24,2% das ligações com tarifa 1, nas faixas a redução variou de 14,9% na faixa 1 até 38,21 % na faixa 5. A melhoria no indicador de coleta da faixa 1 não foi devido ao aumento da tarifa 2, mas sim ao aumento de 5,34% das ligações à rede coletora não interligada, tarifa 3.

As maiores lacunas em relação ao aumento da eficiência da coleta estão relacionadas à efetividade das ligações dos lotes à rede. Em 2018, 63,55% das ligações residenciais ativas de 2018 não haviam sido vistoriadas, apenas 30,42% das ligações testadas estavam efetivadas e 6,03% não tinham condições de conexão à rede separadora. Estes valores são maiores nas faixas iniciais.

Em relação aos serviços de operação e manutenção das redes, as faixas 1 a 4 ocupam 63,19% da área do SES e possuem 36,42% da rede coletora, mas concentram 60,97% dos protocolos de serviços e reclamações dos usuários em 2016. Elas também concentram 62,88% dos extravasamentos, 64,71% dos extravasamentos em lote e 63,91% dos serviços de desobstrução de redes. O fato destas redes localizarem-se em cotas mais baixas ou em talvegues, onde a probabilidade de os alagamentos impactarem a rede é maior favorece o acúmulo de sedimentos e resíduos.

As **áreas de preservação e de risco, APR**, ocupam 19,15% da área do SES. A classificação do grau de risco de 25,95% destas áreas é de alto risco hidrogeológico. De 2008 a 2018 houve um aumento de 18,38% nas ligações residenciais. A população estimada em 2018 foi de 22.148 habitantes.

O MSS 1 possui a maior área de APR, 33,06% da sua área, ainda, 27,27% da área do setor é considerada APP. O fato deste setor possuir a segunda maior incidência de AEIS não é uma notícia animadora para a manutenção da integridade das áreas de preservação e para o atendimento com coleta de esgotos sanitários.

Em relação ao SES, o consumo de água por economia IN053 é 26,55% maior na APR e 57,21% maior as áreas de risco. Em termos da população conectada à rede, IN024, a média do SES é de 92,89%, na APR ela é 29,25% menor, enquanto nas áreas de risco é 53,28% menor. Ou seja, há uma maior geração de esgotos por economia enquanto o atendimento é deficitário.

A dificuldade no atendimento nas APR também é observada em relação ao índice de coleta de esgoto – IN015, que é de 74,72% no SES, mas cai para 53,43% na APR e para 38,44%

na área de risco. O índice de tratamento de esgoto – IN016, que é de 91,20% no SES também recua nas APR, onde é de 69,87% de tratamento sobre os 53,43% do esgoto coletado – IN015. O índice de esgoto tratado referido à água consumida – IN046 é de 37,30% na APR e de 30,09% na área de risco, e aqui tem-se o pior efeito da ocupação das áreas de APR, com valores bem abaixo da média do SES que é de 68,10%.

O índice de integração da rede coletora – IX01, é de 89,66% no SES, mas cai para 73,73% na área de risco e para 25,2% na APR, outro forte indicativo da dificuldade em conectar as redes dessas áreas ao sistema integrado.

As maiores lacunas em relação ao aumento da eficiência da coleta nas APR estão relacionadas à efetividade das ligações dos lotes à rede – IX03, pois até 2018, 22,03% das ligações totais haviam sido vistoriadas e apenas 12,67% estavam efetivadas. Nas áreas de risco 15,91% das ligações haviam sido vistoriadas até 2018 e apenas 10,10% efetivadas, o que indica uma baixíssima capacidade de efetivação das ligações à rede coletora, o SES tem um índice de efetividade de 32,18%.

Os resultados da análise das ligações de esgoto por categoria tarifária demonstram que as áreas consideradas como ambientalmente sensíveis ou de risco hidrogeológico apresentam valores inferiores de atendimento em relação às áreas sem restrições. Nas APR, 65,64% das ligações residenciais não estão interligadas aos SES. Esta ineficiência provém das condições topográficas e morfológicas agravadas pela forma do uso da rede, do uso do solo e da urbanização, inadequadas para aquelas condições.

Em relação aos serviços de operação e manutenção das redes, as APR e as áreas de risco possuem o dobro do índice de reclamações por ligação – IX04 que o SES, mas os índices de extravasamento total – IN082 e em lotes – IX05, não diferem muito dos valores médios do SES. Já em relação as desobstruções por quilômetro – IX06, a média das APR foi 9,51% maior que o SES e a área de risco teve 43,99% mais serviços.

As AEIS ocupam 8,18% da área do SES, 21,97% estão em APR, gerando perdas da função ambiental e maior geração de impactos à jusante.

Em termos da população conectada à rede – IN024, as AEIS fora da APR têm 75,65% da população conectada, mas as AEIS em APR tem IN024 de 49,63%, índice 46,57% menor em relação à média do SES PC, que é de 92,89%. Em relação ao índice de coleta de esgoto – IN015, de 74,72% no SES, ele cai para 57,91% na AEIS e para 37,37% na AEIS em APR. O

índice de tratamento de esgoto – IN016 também recua de 91,20% no SPC para 62,46% nas AEIS. O índice de esgoto tratado referido à água consumida, IN046, é de 38,8% na AEIS e 22,50% na AEIS em APR, enquanto a média do SES PC é de 68,10%. Esta constatação remete ao grande problema de sanear estas áreas quando esta situação não admite, na maioria dos casos, a solução da rede separadora.

O índice de integração da rede coletora, IX01, é de 89,66% no SES PC, mas cai para 69,76% na AEIS fora da APR e para 60,06% na AEIS em APR, outro forte indicativo da dificuldade em conectar as redes dessas áreas ao sistema integrado.

As AEIS também tiveram índices maiores de reclamações dos usuários em 2016. Quando se separou os índices entre AEIS fora ou na APR, o índice de reclamação por ligação, IX04, foi 64,71% maior na AEIS e 182,35% maior na AEIS em APR. As AEIS também tiveram o índice de extravasamentos total, IN082, 131,48% maior que a média do SPC e em lotes, IX05, 125,69% maior.

Os serviços de desobstrução de redes também foram muito maiores nas AEIS, o índice de desobstruções, IX06 foi de 19,02 desobstruções por quilômetro de rede enquanto a média do SES PC foi de 7,57. Estes valores demonstram a alta demanda que estas áreas têm por serviços de manutenção e operação das redes.

Em relação ao saneamento nas AEIS, elas apresentaram dificuldades de acesso para implantação de infraestrutura e para executar serviços de manutenção, apresentaram maiores índices de extravasamentos e obstruções e ocorrências de danos causados pelo mau uso e pela instabilidade do solo e recalques do terreno. Do que se conclui que a influência de fatores como o mau uso do sistema pela população e o aporte de sedimentos por ocupação de áreas sensíveis sejam os maiores causadores de eventos de extravasamentos e responsáveis pela grande demanda por serviços.

Do ponto de vista da segurança, esta parcela da população está sujeita aos maiores riscos decorrentes de eventos climáticos e a riscos hidrogeológicos, o que implica em custos relativos às perdas materiais e imateriais, remoções, alojamentos, resgates e reconstruções da infraestrutura.

Em relação aos pontos de monitoramento do SES, a carga orgânica total no ponto M9 foi estimada em 23.948,41 kgDBO/dia. Segundo dados obtidos pela concessionária, a carga total afluyente da ETE Serraria oriunda dos quatro SES em 2018 foi de 8.439,50 t, que resulta

na população equivalente de 332.255 habitantes. A carga teórica oriunda apenas do SES PC foi calculada em 8.741,17 t para uma população de 443.489 habitantes, ou seja, a ETE recebeu dos quatro SES uma carga menor do que deveria receber apenas do SES PC. A carga total recebida na ETE Serraria equivale a 96,55% da carga produzida pelo SES PC. Ainda, segundo a concessionária as dez ETES da cidade tratam a carga orgânica de cerca de 30% da população, apesar da capacidade de atender a mais de 80% da população. Estes resultados indicam ineficiências no sistema de coleta considerando que o Índice de atendimento total de esgoto (IN056) é de 90,47% da população atendida com coleta sobre a população atendida com água.

Os fluxos da carga orgânica estática nas águas urbanas servem para demonstrar como o monitoramento em tempo real pode ser estruturado no SES, permitindo a construção do modelo digital. Conforme o monitoramento avance, com o acúmulo de informações inseridas no banco de dados e a aferição do modelo digital, haveria condições de simular cenários futuros, prevendo, por exemplo, os impactos de eventos climáticos severos no sistema e a otimização dos bombeamentos, visando a eficiência do tratamento e a redução dos impactos no corpo receptor.

As limitações encontradas durante a pesquisa foram relativas às lacunas de informação no cadastro georreferenciado da PMPA e a falta de vinculação georreferenciada dos serviços realizados pela área operacional. Os cadastros da rede de esgoto sanitário possuem lacunas referentes às informações sobre a data de instalação, material e diâmetros de trechos da rede coletora, falta de cotas de tampa e de fundo dos poços de visita e de informações detalhadas sobre pontos de extravasamentos e de descargas em rede pluvial. Em relação a análise dos serviços operacionais, a coleta e a organização da informação foram muito trabalhosas devido à forma como os protocolos de solicitação são feitos. Os dados foram obtidos das planilhas eletrônicas geradas pelo sistema 156, onde estão as reclamações como relatadas pelo cliente, assim foi necessária uma mineração por palavras-chave nos textos.

ANEXOS

LEI Nº12.651 DE 2012. (ARTS. 8, 9 E 25)

Art. 8º A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.

§ 1º A supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, dunas e restingas somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública.

§ 2º A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente de que tratam os incisos VI e VII do caput do art. 4º poderá ser autorizada, excepcionalmente, em locais onde a função ecológica do manguezal esteja comprometida, para execução de obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda.

§ 3º É dispensada a autorização do órgão ambiental competente para a execução, em caráter de urgência, de atividades de segurança nacional e obras de interesse da defesa civil destinadas à prevenção e mitigação de acidentes em áreas urbanas.

§ 4º Não haverá, em qualquer hipótese, direito à regularização de futuras intervenções ou supressões de vegetação nativa, além das previstas nesta Lei.

Art. 9º É permitido o acesso de pessoas e animais às Áreas de Preservação Permanente para obtenção de água e para realização de atividades de baixo impacto ambiental.

Seção III**Do Regime de Proteção das Áreas Verdes Urbanas**

Art. 25. O poder público municipal contará, para o estabelecimento de áreas verdes urbanas, com os seguintes instrumentos:

I – o exercício do direito de preempção para aquisição de remanescentes florestais relevantes, conforme dispõe a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001;

II – a transformação das Reservas Legais em áreas verdes nas expansões urbanas

III – o estabelecimento de exigência de áreas verdes nos loteamentos, empreendimentos comerciais e na implantação de infraestrutura; e

IV – aplicação em áreas verdes de recursos oriundos da compensação ambiental.

INSTRUMENTOS DA LEI 10.257, ESTATUTO DA CIDADE, ART. 4

	Instrumentos
Planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social	
Planejamento de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões	
Planejamento municipal	<ul style="list-style-type: none"> a) plano diretor; b) disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo; c) zoneamento ambiental; d) plano plurianual; e) diretrizes orçamentárias e orçamento anual; f) gestão orçamentária participativa; g) planos, programas e projetos setoriais; h) planos de desenvolvimento econômico e social;
IV – institutos tributários e financeiros	<ul style="list-style-type: none"> a) imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana – IPTU; b) contribuição de melhoria; c) incentivos e benefícios fiscais e financeiros
V – institutos jurídicos e políticos:	<ul style="list-style-type: none"> a) desapropriação; b) servidão administrativa; c) limitações administrativas; d) tombamento de imóveis ou de mobiliário urbano; e) instituição de unidades de conservação; f) instituição de zonas especiais de interesse social; g) concessão de direito real de uso; h) concessão de uso especial para fins de moradia; i) parcelamento, edificação ou utilização compulsórios; j) usucapião especial de imóvel urbano; l) direito de superfície; m) direito de preempção; n) outorga onerosa do direito de construir e de alteração de uso; o) transferência do direito de construir; p) operações urbanas consorciadas; q) regularização fundiária;

	<p>r) assistência técnica e jurídica gratuita para as comunidades e grupos sociais menos favorecidos;</p> <p>s) referendo popular e plebiscito;</p> <p>t) demarcação urbanística para fins de regularização fundiária; (Incluído pela Medida Provisória nº 459, de 2009)</p> <p>t) demarcação urbanística para fins de regularização fundiária; (Incluído pela Lei nº 11.977, de 2009)</p> <p>u) legitimação de posse. (Incluído pela Medida Provisória nº 459, de 2009)</p> <p>o de posse</p>
VI – estudo prévio de impacto ambiental (EIA) e estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV).	

Fonte: (BRASIL, 2001).

CLASSIFICAÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA DOCE – RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.	águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.	águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.	águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageira; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.	águas destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

Fonte: RESOLUÇÃO CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.

Físicos	Químicos	Biológicos
Cor, turbidez, sabor, odor e temperatura	pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro e manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, oxigênio dissolvido e micro poluentes orgânicos	Organismos indicadores (coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais), algas e bactérias

Fonte: Von Sperling (2005, p. 44).