

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS  
HÍDRICOS EM REDE NACIONAL (PROFÁGUA)

LESSANDRO MORINI TRINDADE

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA  
A PLANIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DESCENTRALIZADO  
DE ESGOTO SANITÁRIO COM WETLAND CONSTRUÍDO EM MICROBACIA  
HIDROGRÁFICA URBANA**

PORTO ALEGRE

2019

LESSANDRO MORINI TRINDADE

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA  
A PLANIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DESCENTRALIZADO  
DE ESGOTO SANITÁRIO COM WETLAND CONSTRUÍDO EM MICROBACIA  
HIDROGRÁFICA URBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede Nacional (PROFÁGUA) do Pólo IPH/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Poletto

PORTO ALEGRE

2019

CIP - Catalogação na Publicação

Trindade, Lessandro Morini  
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RECURSOS  
HÍDRICOS PARA A PLANIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
TRATAMENTO DESCENTRALIZADO DE ESGOTO SANITÁRIO COM  
WETLAND CONSTRUÍDO EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA URBANA /  
Lessandro Morini Trindade. -- 2019.  
145 f.  
Orientador: Cristiano Poletto.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas  
Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Gestão e  
Regulação de Recursos Hídricos, Porto Alegre, BR-RS,  
2019.

1. Wetlands Construídos. 2. Gestão Integrada de  
Recursos Hídricos. 3. Tecnologias de Baixo Impacto. 4.  
Tratamento Descentralizado. 5. Geoprocessamento. I.  
Poletto, Cristiano, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LESSANDRO MORINI TRINDADE

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA  
A PLANIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DESCENTRALIZADO  
DE ESGOTO SANITÁRIO COM WETLAND CONSTRUÍDO EM MICROBACIA  
HIDROGRÁFICA URBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em Rede Nacional (PROFÁGUA) do Polo IPH/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Poletto

Aprovada em: 29 de agosto de 2019.

---

Prof. Dr. Cristiano Poletto - UFRGS  
Orientador

---

Prof. Dr. Felipe Fernandes - UFRGS  
Examinador

---

Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino - UFSC  
Examinador

## **DEDICATÓRIA**

À memória de meu paizão: meu eterno herói, que nos deixou em 2015. Dedico este trabalho, também, às amadas mulheres da minha vida: Vozinha, Maezinha, Esposa e Filha, que tanto as venero. Em especial ao meu Orientador que tanto me direcionou, e aos amigos e familiares que tanto me incentivaram.

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

À Agência Nacional de Águas (ANA)

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade

Ao meu orientador Prof. Dr. Cristiano Poletto, pelas orientações e críticas construtivas

Ao Prof. Dr. Pablo Heleno Sezerino da UFSC

Ao Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba

Aos profissionais Dr.<sup>a</sup> Eng.<sup>a</sup> Agrônoma Carmem Lucas Vieira e Geógrafo Farina

À Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) especialmente aos Engenheiros Cívicos

Carlos Machado e Ângela Martins

Ao Eng.<sup>o</sup> Nabor da Empresa TORRI Engenharia e Saneamento

Ao Eng.<sup>o</sup> Chefe Nilton da Prefeitura Municipal de Viamão

Ao Vereador de Viamão Jesse Sangali

Aos Professores do ProfÁgua/ANA

Aos colegas do ProfÁgua Polo IPH/UFRGS, pelos trabalhos em equipe e coleguismo; e

Às mulheres da minha vida: avó, mãe, esposa e filha, pela compreensão e estímulo

*Comece fazendo o necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.* NELSON MANDELA

## RESUMO

O estudo se propôs, no arcabouço da gestão de recursos hídricos, a utilizar ferramentas para a planificação de um tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário com um sistema de unidades de Tanque Séptico (TS) seguido de *Wetland* Construído de Fluxo Vertical (WCFV). Constatou-se que é um sistema de tratamento de técnicas de baixo impacto e reduzido custo de implantação e operação, bem como não necessitam de grandes áreas para o seu dimensionamento, além de que nesse consórcio podem alcançar eficiente redução de carga orgânica em mais de 90%. A área de estudo está localizada na Microbacia da barragem Mãe d'Água e contida na Sub-bacia do arroio Dilúvio que, por sua vez está inserida na Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba com estimados 3,38 km<sup>2</sup> de área e população de 18.632, situada entre os municípios de Viamão e Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul, representada por uma área urbana desassistida de infraestrutura sanitária local. Entre os fundamentos da Lei das Águas constam o da gestão descentralizada e participativa das entidades intervenientes da gestão dos recursos hídricos, e a garantia de padrões de qualidade das águas adequados e disponíveis às atuais e futuras gerações. Esses princípios também foram adotados aqui, para tanto utilizaram-se métodos de análises gerenciais de causas e efeito: diagrama de Ishikawa e Matriz de Priorização, consorciadas a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) com a produção de mapas temáticos e métodos de análises operacionais como, atividades de campo, o dimensionamento e a precificação daquele sistema de tratamento descentralizado. A aplicação das ferramentas de gestão foram determinantes na identificação do efeito indesejado, a poluição hídrica dos cursos d'água e das suas causas, tais como: lançamento irregular de esgoto sanitário bruto, inexistência de sistema de esgotamento sanitário local e a deficiência na gestão integrada. O uso de geoprocessamento foi preponderante na determinação de Área ideal para projeção de instalação dessas unidades de tratamento descentralizado. As quais foram dimensionadas e para um universo coletivo de 30 pessoas a proposta tornou-se viável. Como um dos resultados da



Planificação estabeleceu-se uma sequência de macro ações: 1º Apresentar o problema/conflito socioambiental; 2º Expor as possíveis soluções e hierarquiza-las; 3º Difundi-las a todos os atores sociais; 4º Escolha da solução desejada; 5º Apresentar a precificação da solução escolhida; 6º Apresentar a solução a uma Lista de potenciais parceiros/investidores (públicos e/ou privados); 7º Planificar a execução da Solução. Porém, a planificação desse tratamento descentralizado apresentou algumas limitações, tais como: predomínio da subjetividade no uso das ferramentas que analisam as causas e efeito do conflito identificado; a precificação estimada de TS seguido de WCFV resultou em valores altos para unidade individual e por fim; previram-se fatores físico-ambientais que podem se tornar limitantes para sua projeção: nível do lençol freático e áreas de alagamentos.

**Palavras-chave:** *Wetlands* Construídos. Gestão Integrada de Recursos Hídricos. Tecnologias de Baixo Impacto. Tratamento Descentralizado. Geoprocessamento.

## ABSTRACT

*The study proposed in the framework of water resources management, to use tools for the planning of a decentralized and complementary treatment of sanitary sewage with Constructed Wetland (WC) combined with a Septic Tank (TS), in an urban area with no sanitary infrastructure. Moreover it was identified through analysis of technical studies that the predicted use of TS with WC of Vertical Flow (WCFV) for this context can reach the estimated efficiency of organic load reduction by more than 90%. The study area is located in the Mãe d'Água dam micro watershed and it is contained in the Dilúvio stream sub-basin, which is located in the Guaíba Lake basin with approximately 3.38 km<sup>2</sup> in area and population of 18,632, and this region is situated between the municipalities of Viamão and Porto Alegre, in the state of Rio Grande do Sul. The foundations of the Water Act include the decentralized and participatory management of entities involved in water resources management and the guarantee of adequate and available water quality standards for current and future generations. These principles were also adopted here, for this purpose we used methods of management analysis of causes and effect were used and combined with such as Ishikawa diagram and Prioritization Matrix, which was combined with a Geographic Information System (GIS) with the elaboration of thematic maps and operational analysis, such as the pilot project of low impact and low cost technique regarding the design and pricing of TS with WC. Among the main causes of the effect pointed out and analyzed in this study and which continue to generate undesired effects, especially water pollution of watercourses stood out: irregular disposal of raw sanitary sewage, no integrated sanitary sewage system (collection and treatment) and poor management of these areas by regional and local authorities. This study with the use of GIS determined favorable areas for the implementation of decentralized treatment, according to arbitrary criteria. Units of the pilot project (individual and collective) of decentralized treatment were dimensioned, and for a collective group of thirty people, the proposal became viable. This study also established a sequence of macro actions that can collaborate in the planning elaboration: 1° Raise a problem/socioenvironmental conflict; 2° Expose the possible solutions and prioritize them; 3° Disseminate them to all social actors; 4th Choose the desired solution; 5° Present the pricing of the chosen solution; 6° Introduce the solution to a list of potential partners/investors (public and/or private); 7° Plan the execution of solution. However, decentralized treatment planning had some limitations, such as predominance of subjectivity in the use of tools that analyze the causes and effect of the identified conflict; Estimated TS pricing followed by WCFV resulted in high values for the*

*individual unit; and finally, physical and environmental factors were predicted that could become limiting for the implementation of this type of decentralized treatment: groundwater level and flooding areas.*

***Keywords:*** *Constructed Wetlands. Integrated Water Resources Management. Low Impact Technologies. Decentralized Treatment. Geoprocessing.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	14
LISTA DE TABELAS .....	16
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	17
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivos específicos .....	21
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	22
3.1 Gestão e regulação de recursos hídricos no País, no RS e na área de estudo .....	22
3.1.1 Expansão urbana e o ecossistema urbano criado .....	25
3.1.2 Políticas de Saneamento Ambiental pertinentes .....	26
3.1.3 Ferramentas de gestão.....	28
3.2 Os impactos socioambientais em bacias hidrográficas urbanas .....	30
3.3 O problema de gestão de recursos hídricos na microbacia .....	33
3.4 Práticas LID: Wetlands Construídos.....	34
3.4.1 Tipologia do WC .....	44
3.4.2 Características importantes de um projeto de WCFV.....	45
3.4.3 Funcionamento do sistema TS+WCFV .....	47
3.5 Critérios de Educação Ambiental utilizados na Seleção de Áreas .....	52
3.6 Aspecto da Governança da Gestão dos Recursos Hídricos e Gestão Compartilhada.....	55
3.7 Descentralização do tratamento de esgoto sanitário com tecnologias alternativas.....	58
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
4.1 Área de Estudo: delimitação e componentes ambientais da microbacia hidrográfica da barragem mãe d'água .....	61
4.2 Descentralização do saneamento e ferramentas de gestão de recursos hídricos.....	65
4.2.1 Características das ferramentas de gestão de recursos hídricos utilizadas .....	67
4.3 Seleção das áreas e das alternativas de tecnologias de baixo impacto descentralizadas .....	69
4.4 Alternativa de tecnologia apropriada .....	71
4.4.1 Tratamento Complementar: TS + WC.....	71
4.5 Levantamento de custos da alternativa selecionada .....	79
4.6 Interface do Estudo com políticas públicas de gestão de recursos hídricos .....	79
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	83

5.1 Características da área de estudo .....	83
5.2 Uso de ferramenta de gestão Diagrama de Ishikawa na gestão de recursos hídricos .....	85
5.2.1 Discussão sobre resultado do Diagrama Ishikawa e Matriz de Priorização .....	91
5.3 Análise de sobreposição de mapas: determinação de áreas prioritárias .....	95
5.3.1 Critérios para a seleção de áreas para o tratamento descentralizado .....	96
5.3.2 Fontes de aquisição dos Dados .....	96
5.3.3 Análise dos Mapas Temáticos .....	105
5.3.4 Análise Área I do Mapa Áreas Seleccionadas .....	106
5.3.5 Análise Área II do Mapa Áreas Seleccionadas .....	108
5.3.6 Análise Área III do Mapa Áreas Seleccionadas .....	109
5.4 Seleção de tecnologia descentralizada de tratamento de esgoto sanitário .....	111
5.4.1 Apontamentos sobre: nível do lenço freático, impermeabilização de fundo e laterais da unidade de WCFV .....	112
5.4.2 Dimensionamento do Tratamento Complementar e Descentralizado .....	112
5.4.3 Eficiência prevista para o Sistema: TS+WCFV .....	118
5.5 Estimativa da precificação da tecnologia de tratamento de esgoto sanitário adequada .....	120
5.5.1 Estimativa da precificação: TS + WCFV– Custos de Investimento e de Operação ..	120
5.5.2 Financiamentos, Capitalização, Parceiros Investidores .....	123
5.6 Esquema de planificação do tratamento descentralizado: TS+WCFV na gestão de recursos hídricos .....	124
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	127
6.1 Conclusão.....	127
6.1.1 Questionamentos CORSAN .....	129
6.1.1 Questionamentos Dimensionamento do TS.....	130
6.2 Condições restritivas de implantação de projeto .....	130
6.3 Proposições futuras .....	131
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	133
8 ANEXOS .....	139

## LISTA DE FIGURAS

Figuras 1 e 2 – Localização da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba e dos municípios compreendidos.....	24
Figura 3 – Modelo de Diagrama de Ishikawa. ....	29
Figura 4 – Classificação de Wetlands Construídos para tratamento de efluentes. ....	37
Figura 5 – Desenho esquemático do corte longitudinal do WCFV de escoamento sub-superficial. ....	39
Figura 6 – Filtro plantado com macrófitas instalado em Agronômica/SC: Unidade de Tratamento A.....	41
Figura 7 – Filtros plantados com macrófitas instalados em Florianópolis/SC: Unidades de Tratamento B.....	42
Figura 8 – Filtro plantado com macrófitas instalado em Florianópolis/SC: Unidade de Tratamento C.....	42
Figura 9 – Construção de filtro plantado com macrófitas diretamente no solo.....	45
Figura 10 – Detalhamento de manta plástica e da tubulação de coleta do efluente tratado no WC de fluxo vertical.....	46
Figura 11 – Desenho esquemático da interação promovida no sistema solo-planta da primeira camada filtrante de um WCFV.....	49
Figura 12 – Espécies vegetais utilizadas em <i>Wetlands</i> Construídos para tratamento de efluentes. ....	50
Figura 13 – Unidade de tratamento residencial (5 pessoas) locado junto à área de jardim, empregando dois tipos de macrófitas emergentes – Papiros ( <i>Cyperus papyrus</i> ) e a Taboa ( <i>Typha spp</i> ). ....	51
Figura 14 – Transformação das bacias-escola.....	54
Figura 15 – Situação do esgotamento no Sul. ....	60
Figura 16 – Operações de transformação no GIS ou SIG. ....	61
Figura 17 – Mapa de Situação e Localização da Microbacia da Barragem Mãe d'Água. ....	64
Figura 18 – Bacias hidrossanitárias Alvorada/Viamão: destaque para a bacia hidrossanitária AF-15 e o reservatório da barragem Mãe d'Água. ....	66
Figura 19 – Esquema de sobreposição de mapas. ....	70
Figura 20 – Aspectos a considerar para tecnologias adequadas.....	73
Figura 21 – Tecnologia convencional: Tanques Sépticos. Normas Técnicas da ABNT 7229 e 13969 consideradas nesse estudo de caso. ....	75
Figura 22 – Tecnologias alternativas de tratamento complementar: <i>wetlands</i> construídos. ....	76
Figura 23 – Desenho esquemático do Fluxograma de funcionamento do escoamento do esgoto sanitário no Sistema: TS + WCFV. ....	77
Figura 24 – Esquema representativo do perfil longitudinal do wetland construído de escoamento vertical. ....	78
Figura 25 – Visitas à Campo. Obs.: as letras (A, B, C, ...) visualizadas nesta Figura estão ilustradas na <b>Figura 26</b> . ....	86
Figura 26 – Representação de alguns pontos visitados a campo por meio de Fotos.....	87
Figura 27 – Representação do Diagrama de Espinha de Peixe/Ishikawa.....	90
Figura 28 – Fluxograma de sobreposição dos Mapas até resultar no definitivo Mapa das Áreas Seleccionadas. ....	99
Figura 29 – Mapa de Áreas de Preservação Permanente.....	100
Figura 30 – Mapa de Declividade.....	101
Figura 31 – Mapa de Áreas Prioritárias/Aptas. ....	102
Figura 32 – Mapa da Bacia Hidrossanitária. ....	103

Figura 33 – Mapa das Áreas Seleccionadas. ....	104
Figura 34 – Residências em áreas de APP e nas proximidades da margem Leste da Barragem Mãe d'Água (Ver Figura 25). ....	106
Figura 35 – Áreas Seleccionadas: Área I, próxima à Escola Municipal e Associação de Moradores. ....	107
Figura 36 – Áreas Seleccionadas: Área II, próxima ao CESI Santa Isabel. ....	109
Figura 37 – Áreas Seleccionadas: Área III. ....	110
Figura 38 – Desenho de concepção do WCFV, apenas ilustrativo. ....	119
Figura 39 – Desenho esquemático da planificação do tratamento descentralizado: auxílio para Tomadores de Decisão. ....	126

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das unidades de tratamentos complementares: TS e WC.....	43
Tabela 2 – Resumo das tecnologias abordadas .....	59
Tabela 3 – Distribuição das Notas da Matriz GUT. ....	69
Tabela 4 – Método de cálculo do Valor da Causa. ....	69
Tabela 5 – Matriz GUT de priorização das Subcausas.....	92
Tabela 6 – Planilha de Valores de implantação e manutenção do TS + WCFV, estimados. .	121



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP	Áreas de Preservação Permanente
ANA	Agência Nacional de Águas
AUTOCAD	Computer Aided Design ou Desenho Auxiliado por Computador
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
CW	Constructed Wetlands
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
EA	Educação Ambiental
ERQA	Estação Recuperadora da Qualidade Ambiental
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FPM	Filtro Plantado com Macrófitas
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GIS	Geographic Information System
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
LID	Low Impact Developments
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PGRH	Projeto de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
QGIS	Quantum Geographic Information System
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINGERH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SUINFRA	Superintendência de Infraestrutura
TS	Tanque Séptico

TVA	Trama Verde Azul
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
WC	Wetland Construído
WCFV	Wetland Construído de Fluxo Vertical

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão urbana desordenada nas grandes cidades é uma das causas da poluição dos recursos hídricos urbanos, afetando a qualidade de suas águas e também a interação com o espaço urbano. Tucci (2008) descreveu: “o meio formado pelo ambiente natural e pela população (socioeconômico urbano) é um ser vivo e dinâmico que gera um conjunto de defeitos interligados, que sem controle pode levar a cidade ao caos”.

Esses cenários legitimam para que todos os atores convirjam em prol de objetivos em comum, voltando-se para a coordenação e integração dos atores envolvidos (THEODORO; MATOS, 2015).

A integração é uma das características da “governança” e as Nações Unidas a descrevem como uma inclusão de partes interessadas como governo, setor privado e sociedade civil e ao mesmo tempo identifica que as decisões tomadas baseiam-se nas relações complexas entre muitos atores com prioridades diferentes (UN-Habitat, 2005). A Lei das Águas brasileira em seu arcabouço estrutural também apresenta como fundamento uma gestão descentralizada e participativa que privilegie decisões locais.

A governança de recursos hídricos é norteada por gestão integrada e descentralizada sendo tão complexa que não transmite uma gestão de recursos hídricos eficiente a todos os seus atores socioambientais, refletindo atualmente na contínua degradação ambiental das bacias hidrográficas urbanas brasileiras e, por consequência, comprometendo a qualidade de seus cursos d’água. Esse contexto também foi ressaltado por Poletto (2011) de forma precisa: “um dos grandes problemas verificados nas bacias hidrográficas urbanas brasileiras se refere à quantidade de resíduos sólidos, esgoto doméstico e sedimentos que são lançados aos rios e corpos d’águas que drenam essas bacias”.

A conjuntura supracitada também é recorrente nas águas dos cursos d’água que aportam à microbacia hidrográfica da barragem Mãe D’Água, situada na divisa entre os municípios de Porto Alegre e Viamão, no Rio Grande do Sul.

Neste contexto, buscou-se uma compreensão do sistema de tratamento descentralizado e da possibilidade de utiliza-lo na gestão de recursos hídricos urbanos. Supôs-se que a utilização de ferramentas de gestão: Diagrama de Ishikawa, Matriz de Priorizações, Sobreposição de mapas temáticos e análise de tecnologia *Low Impact Developments* (LID), pudessem ser utilizadas para dirimir os problemas de operacionalização da gestão dos recursos hídricos locais.

As práticas LID são utilizadas para o manuseio da água pluvial tentando mantê-la no seu local de precipitação, o máximo possível, retardando seu escoamento, sendo ferramentas para um manejo pluvial local e que promovem diretamente uma melhor qualidade das águas urbanas. A concepção da tecnologia LID também se insere no WC, o qual pode ser utilizado como tratamento complementar de esgoto sanitário. O WC fez parte da configuração de um sistema de tratamento descentralizado, planejado para esse estudo. Sendo uma tecnologia amplamente executada e divulgada pela comunidade científica como Alencar *et al.* (2018); von Sperling e Sezerino (2018); Alencar (2017); Trindade, Dreyer e Magalhães (2016); Sezerino, *et al.* (2015) e UACDC (2010). O WC tem aplicação por ser considerada uma tecnologia de baixo impacto, podendo apresentar baixo custo de operação e manutenção conforme peculiaridades de projeto e locais.

Esse estudo se faz relevante no âmbito da gestão de recursos hídricos, pois tenta minimizar uma gestão deficitária no quesito de poluição hídrica dos cursos de águas urbanas por intermédio de despejo constante de esgoto sanitário bruto. A dissociação observada entre a gestão do saneamento ambiental e a gestão dos recursos hídricos, para o estudo de caso, permitiu que se agregasse à gestão de recursos hídricos a possibilidade de análise do uso de tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário. Sendo um método de planificação que pudesse ser inserido num plano de gestão de recursos hídricos, na tentativa de (re)aproximar as entidades intervenientes nas decisões locais.

Entre os objetivos em comum numa gestão compartilhada constam, portanto, as proposições desse trabalho que foram o de auxiliar os tomadores de decisão numa gestão integrada e participativa entre todos os atores das entidades intervenientes da gestão de recursos hídricos e da gestão de saneamento ambiental, bem como a comunidade local, no contexto de planificar um tratamento descentralizado de esgoto sanitário com TS e WC, em área desassistida de infraestrutura sanitária, localizada na microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água, entre os municípios de Porto Alegre e Viamão, no Rio Grande do Sul.

## 2 OBJETIVOS

O propósito principal desse estudo é utilizar ferramentas de gestão que possam auxiliar os tomadores de decisão na potencialização de gestão integradora entre os responsáveis pelas entidades intervenientes da gestão de recursos hídricos e da gestão de saneamento ambiental na decisão local, sob o pretexto de planificação do uso de tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário com *Wetland* Construído (WC), em área deficitária de infraestrutura sanitária, localizada na microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água, entre os municípios de Porto Alegre e Viamão/RS.

### 2.1 Objetivos específicos

A proposição supracitada tem como objetivos específicos:

- Utilizar ferramentas de gestão, tais como: diagrama de Ishikawa, matriz de priorização de causas e mapas temáticos de sobreposição; fundamentando-se na concepção de visão integrada entre a gestão de recursos hídricos e de saneamento ambiental, para a planificação de um sistema de tratamento descentralizado de esgoto sanitário;

- Analisar alternativa tecnológica LID, no caso, o *Wetland* Construído de Fluxo Vertical (WCFV) para um sistema de tratamento descentralizado de esgoto sanitário como projeto-piloto futuro;

- Dimensionar e estimar a precificação de implantação e operação deste projeto-piloto de sistema de tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário com TS e WCFV, por meio de levantamentos de investimento e custos operacionais presumidos, na finalidade de projetar fomentos para a implantação futura desse sistema.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Gestão e regulação de recursos hídricos no País, no RS e na área de estudo

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) tem no seu artigo 2º um dos objetivos:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. (OKAWA; POLETO, 2014).

No objetivo I percebe-se o conceito de indissociabilidade entre a quantidade e qualidade da água e a integração de ambos com o uso destinado.

Ressalta-se desta norma o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGERH) que tem como composição:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- Agência Nacional de Águas (ANA).
- Conselhos Estaduais e do Distrito Federal de Recursos Hídricos.
- Comitês de bacia hidrográfica.
- Órgãos dos poderes públicos federais, estaduais, do Distrito Federal e municipais.
- Agências de água. (OKAWA; POLETO, 2014).

Considerando os Comitês de Bacias Hidrográficas como um dos representantes do SINGERH, para o estudo de caso em questão, a Microbacia da Barragem Mãe d'Água localiza-se na jurisdição da Sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio que é compreendida pela Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, na qual se exercem ações coordenadas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba também conhecido como "Comitê do Lago Guaíba" ou ainda "Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba - G 080". Na classificação 'macro' da Agência Nacional de Águas (ANA) a área de estudo está inserida na Bacia 8 (Atlântico Sul, Trecho Sudeste), Sub-bacia 87 (Lagoa dos Patos).

Esses autores complementam que os objetivos do SINGERH são:

- Coordenar a gestão integrada das águas.
- Arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos.
- Implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos.
- Planejar, regular, e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos.
- Promover a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. (OKAWA; POLETO, 2014).

Ainda no mesmo Sistema, cabe ressaltar a importância do Comitê do Lago Guaíba - que compreende a microbacia da Barragem Mãe d'Água - estabelecido pelo Decreto Nº 38.989, de 29 de outubro de 1998, no qual caracteriza a atuação deste, da seguinte maneira:

Art. 1º - Fica instituído o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, com área de atuação abrangendo o território correspondente à bacia hidrográfica referida, integrante da Região Hidrográfica do Guaíba.

Art. 2º - O Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba integra o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, previsto pela LEI Nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994.

Art. 3º - O Comitê terá por atribuições aquelas constantes na LEI Nº 10.350/94 (DECRETO ESTADUAL Nº 38.989/98).

A Lei Estadual Nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos - regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul - tem na sua Política Estadual de Recursos Hídricos dentre as diretrizes, àquelas que podem estar relacionadas com esta dissertação:

Art. 4º - São diretrizes específicas da Política Estadual de Recursos Hídricos:

I - descentralização da ação do Estado por regiões e bacias hidrográficas;

II - participação comunitária através da criação de Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas congregando usuários de água, representantes políticos e de entidades atuantes na respectiva bacia;

III - compromisso de apoio técnico por parte do Estado através da criação de Agências de Região Hidrográfica incumbidas de subsidiar com alternativas bem definidas do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, os Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica que compõe a respectiva região;

IV - integração do gerenciamento dos recursos hídricos e do gerenciamento ambiental através da realização de Estudos de Impacto Ambiental e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental, com abrangência regional, já na fase de planejamento das intervenções nas bacias;

V - articulação do Sistema Estadual de Recursos Hídricos com o Sistema Nacional destes recursos e com Sistemas Estaduais ou atividades afins, tais como de planejamento territorial, meio ambiente, saneamento básico, agricultura e energia.... (LEI ESTADUAL Nº 10.350/94).

O inciso V da supracitada norma se refere ao saneamento básico, como uma das atividades fins à gestão de recursos hídricos, que se propõe uma articulação entre as esferas públicas.

O saneamento ambiental que contempla um universo de atividades afins com a gestão de recursos hídricos, contempla a gestão do esgoto sanitário.

No momento, o Estado do Rio Grande do Sul não possui Agência de Bacia, porém, apresenta Conselho de Recursos Hídricos (CRH) - órgão deliberativo superior do Sistema, que deve resolver os conflitos de água em última instância, formado por um colegiado de Secretários de Estado e de representantes dos Comitês de Bacias e dos Sistemas Nacionais de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente<sup>1</sup>; os Comitês de Bacia do Rio Grande do Sul estão representados, entre eles, o que compreende a microbacia em estudo: Comitês da Região Hidrográfica do Guaíba, no qual abrange, também, o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, identificada como G 080, Figuras 1 e Figuras 12<sup>2</sup>, criado por meio de Decreto Estadual Nº 38.989 de 29/10/1998 e alterado pelo Decreto nº 43.418 de 22/10/2004, no qual possui vários atores representantes dos usuários da Bacia, tais como: usuários da água de abastecimento público, de esgotamento sanitário e resíduos sólidos, drenagem urbana, produção rural,

---

<sup>1</sup> e <sup>2</sup> Consulta ao site da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA/RS): Site: <<http://www.sema.rs.gov.br/conselho-estadual-de-recursos-hidricos-crh>>, acessado em 20/08/2018.

indústria, transporte hidroviário interior, mineração, lazer e turismo, pesca e representantes da população da bacia, legislativo estadual e municipal, associações/comunitárias, clubes de serviços comunitários, instituições de ensino, pesquisa e extensão, organizações ambientalistas, associações de profissionais, organizações sindicais, órgão estaduais e federais inclusive com atribuição de outorga e licenciamento ambiental.



Figuras 1 e 2 – Localização da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba e dos municípios compreendidos.

Fontes: Adaptadas de SEMA/RS e Programa Pró Guaíba.<sup>3</sup>

A Prefeitura de Porto Alegre<sup>4</sup> com outras instituições públicas em dezembro de 2011, assinou um termo de cooperação histórico entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Ufrgs), a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) e a prefeitura de Viamão, com o objetivo de devolver à população das duas cidades um Arroio Dilúvio limpo e revitalizado. A meta deste Programa era de recuperar os 15 quilômetros de extensão do arroio, com intervenções integrando saneamento, inclusão social, acréscimo de áreas verdes, retomada da funcionalidade da bacia e educação ambiental. Onde na consulta ao site da Ufrgs<sup>5</sup>, especificamente criado para este Programa e onde os documentos durante o processo de construção do Programa e informações adicionais encontram-se disponíveis para consulta, não se verificaram novas ações a partir de 2012.

<sup>3</sup> Consulta aos sites da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA/RS) e do Programa Pró-Guaíba, respectivamente: <<http://www.sema.rs.gov.br/g080-bacia-hidrografica-do-lago-guaiba>> e <[http://www.proguaiba.rs.gov.br/mapas/pages/GUAIBA\\_JPG.htm](http://www.proguaiba.rs.gov.br/mapas/pages/GUAIBA_JPG.htm)> acessados em 20/08/2018.

<sup>4</sup> Consulta ao site da Secretaria do Meio Ambiente e da Sustentabilidade (SMAM/Porto Alegre): Site: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu\\_doc/planodeacao06.12.12.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/planodeacao06.12.12.pdf)>, acessado em 03/09/2018.

<sup>5</sup> Consulta ao site da Ufrgs, Programa de Revitalização do Arroio Dilúvio, com lançamento público em 2012. (UFRGS/Porto Alegre): Site: <<https://plone.ufrgs.br/arroiodiluvio/etapas-da-revitalizacao>>, acessado em 08/09/2018.



A integração dessas instituições não parece ser o suficiente, em face da situação qualitativa degradante dos recursos hídricos urbanos.

### **3.1.1 Expansão urbana e o ecossistema urbano criado**

Atualmente, verifica-se uma urbanização global acentuada que ocorre de forma desregulada e dissociada do planejamento urbano (COSTANZI, 2014; DUARTE, 2011). Duarte (2011) ainda lembra que a falta de instalações e equipamentos relacionados, assim como, ao esgotamento e tratamento adequado dos esgotos sanitários pode acarretar na deterioração da qualidade de água de mananciais próximos às zonas urbanas.

A expansão urbana desordenada concentra-se, também, nas cidades metropolitanas, resultando em um crescimento da população urbana. Os seguintes autores expõem que:

Os problemas socioambientais proveem dos modos preponderantes de organização, produção e ocupação característicos de sociedades modernas. As atividades humanas, em sua maioria, são planejadas e implementadas baseadas em concepções imediatistas, que tampouco consideram as espacialidades ou temporalidades do entorno. (LADWIG e SCHWALM, 2012).

Pesquisadores classificam a cidade como um ecossistema incompleto ou heterotrófico dependente de grandes áreas externas para obtenção de energia, água, alimentos e outros materiais. (ODUM, 1983).

Essa situação representa intenso uso, também, dos recursos hídricos disponíveis e gera degradação de sua qualidade, se não for considerada uma gestão desses componentes naturais. A partir disso, Tucci (2008) descreve que “o meio formado pelo ambiente natural e pela população (socioeconômico urbano) é um ser vivo e dinâmico que gera um conjunto de defeitos interligados, que sem controle pode levar a cidade ao caos.”.

Parafraseando os autores supracitados, o ecossistema urbano possui um vasto aporte, entrada (input), de matérias-primas e insumos, que passam a fazer parte do sistema por meio de consumo e uso das pessoas que, por consequência, gera uma saída (output) do sistema - podendo ser representados pela geração de resíduos, lançamento de efluentes de águas residuárias entre outros poluentes. Enquanto esse sistema não entra em equilíbrio ocorre a entropia<sup>6</sup>.

Cabe salientar que o ecossistema urbano foi convenientemente descrito, da seguinte maneira:

A cidade, embora meio ambiente, não chega a constituir um ecossistema verdadeiro, uma vez que não compreende uma atividade de produção ou fixação de energia

---

<sup>6</sup> Vocabulário do IBGE (2004). 2ª Edição. Entropia significa: "Quantidade relativa da energia dissipada de modo natural e inevitável em um sistema físico-químico, conforme a segunda lei da termodinâmica. Enquanto esta energia perdida vai aumentando, o sistema vai se aproximando cada vez mais de seu estado de equilíbrio. Deste modo, a entropia pode ser considerada como uma medida de degeneração termodinâmica."

primária. A cidade constitui, ao contrário, o destino final dos produtos de áreas externas, florestais, agropecuárias, marinhas ou de mineração, continuamente exploradas e provedoras de um fluxo contínuo de energia e matéria, de combustíveis, matérias-primas e alimento. Estes, uma vez "processados" através da atividade industrial, comercial ou biológica, geram subprodutos residuais na forma de detritos sólidos, líquidos e gasosos que, de certa forma, condicionam o meio ambiente urbano, conferindo-lhe algumas de suas características e sobrecarregando, em geral, os sistemas com produtos finais de decomposição em um processo que se convencionou denominar de poluição. A característica peculiar e geral desse fluxo é a de ser unidirecional, isto é, de não ter retorno e, portanto, não ser cíclico, contrariando fundamentalmente, neste sentido, os fluxos de matéria característicos da biosfera. A natureza acíclica ou unidirecional dos fluxos de matéria no sistema urbano leva, evidentemente, a consequências devidas sobretudo ao acúmulo de produtos finais em detrimento das fontes de matéria-prima. Em outras palavras, estabelece-se uma situação insustentável, do ponto de vista termodinâmico. (BRANCO, 1999, p. 129).

Diante disso, manter uma boa qualidade do ecossistema urbano também influencia nas características das águas dos cursos hídricos afetados. Haja vista que Branco (1986) tratando de organismos aquáticos, por exemplo, existe uma estreita dependência entre os organismos e as características do meio de tal maneira que a composição da população aquática varia, conforme a composição da água.

Portanto, essa estreita relação entre os seres vivos, a qualidade da água e a situação do entorno dos cursos hídricos em questão, pode afetar diretamente a população que usufrui ou degrada esses recursos hídricos.

A lei estadual 10.116/1994 estabelece as normas para o desenvolvimento urbano no estado do Rio Grande do Sul. Com base nesta lei, no estudo do IPH (2008) foi estabelecido um paralelo entre a realidade urbana existente na Vila Isabel (Microbacia da Barragem Mãe D'água) e o que a legislação prevê. No estudo verificou-se inexistência de organização estadual e intermunicipal para tratar da bacia – algo de interesse comum a mais de um município. O uso e ocupação do solo na região não seguem nenhuma regulamentação (IPH, 2008).

### **3.1.2 Políticas de Saneamento Ambiental pertinentes**

A Política Municipal de Saneamento Básico e de Resíduos Sólidos Urbanos de Viamão/RS, representada pela Lei Municipal nº 4.374/2015, menciona o seguinte com relação ao gerenciamento do esgoto sanitário municipal:

Art.11 - A gestão dos serviços públicos de esgotamento sanitário observará ainda as seguintes diretrizes:

I- adoção de solução adequada para a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final dos esgotos sanitários, visando promover a saúde pública e prevenir a poluição das águas superficiais e subterrâneas, do solo e do ar;

II- promoção do desenvolvimento e adoção de tecnologias apropriadas, seguras e ambientalmente adequadas de esgotamento sanitário, para o atendimento de domicílios localizados em situações especiais, especialmente em áreas com urbanização precária e bairros isolados, vilas e povoados rurais com ocupação dispersa; ...

IV- promoção de ações de educação sanitária e ambiental sobre a correta utilização das instalações prediais de esgoto e dos sistemas de esgotamento e o adequado manejo dos esgotos sanitários, principalmente nas soluções individuais, incluídos os procedimentos para evitar a contaminação dos solos, das águas e das lavouras.

§1º - Excetuados os casos previstos no regulamento desta Lei e conforme norma do órgão regulador, toda edificação permanente urbana deverá ser conectada à rede pública de esgotamento sanitário nos logradouros em que o serviço esteja disponível;

§2º - Na ausência de redes públicas de esgotamento sanitário, serão admitidas soluções individuais, observadas as normas editadas pelo órgão regulador e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos; ...

§4º - O Plano Municipal de Saneamento Básico deverá prever as ações e o órgão regulador deverá disciplinar os procedimentos para resolução ou mitigação dos efeitos de situações emergenciais ou contingenciais relacionadas à operação dos sistemas de esgotamento sanitário que possam afetar a continuidade dos serviços ou causar riscos sanitários...

Art.96 - Sem prejuízo das demais disposições desta Lei e das normas de posturas pertinentes, as seguintes ocorrências constituem infrações dos usuários efetivos ou potenciais dos serviços:

V- ligações prediais clandestinas de água ou de esgotos sanitários nas respectivas redes públicas;

VIII- lançamento de esgotos sanitários diretamente na via pública, em terrenos lindeiros ou em qualquer outro local público ou privado, ou a sua disposição inadequada no solo ou em corpos de água sem o devido tratamento.

(LEI MUNICIPAL Nº 4.374/15)<sup>7</sup>.

Portanto, a norma de saneamento básico do município de Viamão prevê a possibilidade do uso de tratamentos apropriados em áreas com déficit de oferecimento de infraestrutura sanitária em áreas urbanas, bem como a observância de normas do órgão regulador e órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos locais para a possibilidade de admissão de soluções individuais para o manejo de esgotos sanitários.

Em 2016, a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) encaminhou aos Governos Estadual e Municipal, documento inerente a relatório de investimentos e licitações, visando atendimento ao Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Neste mesmo Relatório informa à Municipalidade de Viamão que está desenvolvendo projeto de ampliação do SES, através de recursos federais, prevendo projeto de 80 km de rede coletora com estações de bombeamento, na região da Vila Santa Isabel, em especial na Bacia do Arroio Dilúvio e a interligação da Vila Jardim do Castelo, sendo que nesse documento previu-se o término desse projeto para 2016 e sua posterior execução, obedecendo a um cronograma de planejamento.

A prefeitura de Viamão em conjunto com a CORSAN, assinaram no início de 2017 o projeto de Parceria Público-Privada (PPP) para a prestação de serviços de esgotamento sanitários que vai beneficiar nove municípios da região metropolitana, entre eles a cidade de Viamão.

---

<sup>7</sup> Consulta ao site da Prefeitura de Viamão, sobre a Lei Municipal que institui a Política de Saneamento Básico e de Resíduos Sólidos Urbanos de Viamão/RS, publicada em 2015. (Prefeitura de Viamão/RS): Site: <[http://www.viamao.rs.gov.br/files/POLITICA\\_MUNICIPAL\\_DE\\_SANEAMENTO\\_BSICO\\_E\\_DE\\_RESDUOS\\_SLIDOS\\_URBANOS.pdf](http://www.viamao.rs.gov.br/files/POLITICA_MUNICIPAL_DE_SANEAMENTO_BSICO_E_DE_RESDUOS_SLIDOS_URBANOS.pdf)>, acessado em 13/09/2018.

Com esta parceria, a expectativa da cobertura da coleta e tratamento de esgoto no município atinja 87,3% num prazo de 11 anos - atualmente, Viamão conta apenas com 1% de esgoto tratado. Conforme o diretor-presidente, ainda nesse ano, com a entrada em operação da Estação de Tratamento de Esgoto e as obras que estão em andamento, o índice deve ir para 22%, chegando a 47% até 2021. Com as obras da PPP, em 2027 a cidade deve alcançar a universalização...

Presser destacou que investimentos em saneamento geram diversos benefícios para a população, como o aumento da renda, mais saúde e qualidade de vida, valorização imobiliária e maior produtividade no trabalho. Conforme o prefeito André, uma comissão interna vai analisar os detalhes do projeto que precisa tratar de alterações no contrato da Corsan, no que diz respeito ao Fundo de Gestão Compartilhada. Já ficou agendada uma nova reunião para a semana que vem com esse grupo de trabalho. "Viamão precisa muito dessa infraestrutura, no que pudermos contribuir para agilizar o alcance desses serviços para nossa população, seremos parceiros", destacou o prefeito. (PREFEITURA DE VIAMÃO, 2017).

O município de Porto Alegre tinha em seu Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), em 2012, especificamente na Divisão de Planejamento, conforme consta no site do Programa de Revitalização do Arroio Dilúvio e descrito anteriormente, a orientação aos empreendedores para duas alternativas, respectivamente, localizados em áreas pertencentes à bacia do Dilúvio<sup>8</sup>:

- a) em áreas onde é possível interligar a rede proposta no empreendimento com redes existentes de esgoto sanitário, torna-se dispensável a exigência de tratamento;
- b) em áreas onde não for possível a interligação à rede existente prever processo de tratamento descrito pela NBR 13.969/97 que atenda aos parâmetros de lançamento ao corpo receptor.

Essa orientação técnica determinada pelo serviço específico da Prefeitura de Porto Alegre de uso de tratamento complementar e descentralizado pode ser apresentada como solução alternativa, também, para a municipalidade de Viamão. Pois, como foi verificado no subitem 5.3 algumas áreas no espaço da Vila Santa Isabel que correspondem à microbacia da Mãe d'Água, à montante, foram analisadas para a possibilidade de implantação de unidades de tratamento descentralizado-complementar de esgoto sanitário.

### **3.1.3 Ferramentas de gestão**

O Diagrama de Ishikawa é uma metodologia simples de gestão empresarial e também utilizada na gestão de recursos hídricos, que avalia o efeito de um problema por meio de diagnóstico das causas, colaborando na elaboração de um plano de ação. É utilizado em soluções de problemas empresariais, podendo ser adaptado a à gestão de recursos hídricos.

Cabe destacar que além do Diagrama de Ishikawa foram utilizadas outras ferramentas para gestão de um sistema conforme menciona CHASE *et al.* (2006), tais como:

- ✓ Diagrama de Pareto;

---

<sup>8</sup> Consulta ao site da Ufrgs, Programa de Revitalização do Arroio Dilúvio, com lançamento público em 2012. (UFRGS/Porto Alegre): Site: < [https://plone.ufrgs.br/arroiodiluvio/planos-e-projetos/agua-e-esgoto/27\\_diretrizes\\_setoriais.pdf/view](https://plone.ufrgs.br/arroiodiluvio/planos-e-projetos/agua-e-esgoto/27_diretrizes_setoriais.pdf/view)>, acessado em 08/09/2018.

- ✓ Estratificação;
- ✓ Planilha de Verificação;
- ✓ Histograma;
- ✓ Diagrama de Dispersão; e
- ✓ 5W2H (Plano de Ação).

O Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta gráfica que estuda aspectos considerados como causa de um efeito indesejado. O efeito é identificado previamente e a análise do diagrama facilita a percepção de suas causas por meio de uma visão sistêmica e que integre diversos pontos de vista. É também conhecido como Diagrama Espinha de Peixe (Figura 3) e considerado, portanto, de causa-efeito e conforme Fornari (2010)<sup>9</sup> pode ser elaborado com os seguintes passos:

- ✓ - Determinar o problema a ser estudado (identificação do efeito);
- ✓ - Relatar sobre as possíveis causas e registrá-las no diagrama;
- ✓ Construir o diagrama agrupando as causas em “6M” (mão-de-obra, método, matéria-prima, medida e meio-ambiente);
- ✓ Analisar o diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras;
- ✓ Sugestões para correção do problema.

Sabe-se que esse método de análise deve ser discutido por um *brainstorming* de equipe de especialistas, resultando no Diagrama Espinha de Peixe.

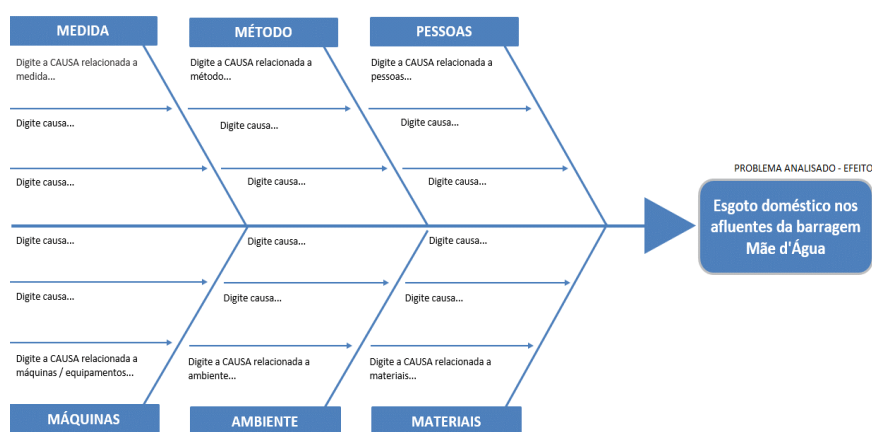


Figura 3 – Modelo de Diagrama de Ishikawa.

Fonte: Adaptada de Portal Excel Solução – Planilhas e soluções empresariais.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Celso Carlino Maria Fornari Junior. Publicação na revista Ingepro – Inovação, Gestão e Produção. Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde. Documento online:

<[http://www.ingepro.com.br/Publ\\_2010/Set/307-836-1-PB.pdf](http://www.ingepro.com.br/Publ_2010/Set/307-836-1-PB.pdf)> acessado em maio de 2019.

<sup>10</sup> <https://excelsolucao.com.br/planilha-excel-download-gratis/planilha-diagrama-de-ishikawa-causa-e-efeito/>

Além disso, ressalta-se que a busca constante pela melhoria contínua de operações é uma diretriz fundamental para uma eficiente gestão de recursos hídricos e o uso do Diagrama de Causa e Efeito é uma das ferramentas de gestão utilizadas para avaliar a produtividade de um determinado sistema: processo produtivo industrial, gerenciamento empresarial, gestão escolar e, no caso, também para a gestão de recursos hídricos.

Diante disso, a elaboração do Diagrama de Causa e Efeito preenche a lacuna do propósito de uso de ferramenta de gestão, sendo importante uma avaliação conjunta e integrada, se exequível, para a identificação das causas de um problema que se tornou um retrato da deficiente gestão de recursos hídricos e do saneamento ambiental em grandes centros urbanos.

### **3.2 Os impactos socioambientais em bacias hidrográficas urbanas**

Em 2008 foi elaborado pelo IPH “Diagnóstico Ambiental da bacia hidrográfica da Barragem Mãe D’Água” que verificou a não interação da realidade dos conflitos socioambientais locais com a legislação ambiental pertinente, como: Código Florestal Nacional de 1964, Código Florestal Estadual – Lei N.º 9519/92, resolução do CONAMA 369/2006.

Esses conflitos situam-se numa bacia hidrográfica. Sendo uma interação complexa de entendimento.

Villela e Mattos (1975) descrevem que “a bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d’água ou um sistema conectado de cursos d’água tal que toda vazão efluente é descarregada através de uma simples saída.”.

Cabe salientar que conforme mencionado por Tucci (1993), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório, sendo que se compõe basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único exutório. Portanto, este conceito de bacia hidrográfica pode ser utilizado para microbacias, porém, para um universo menor em área. Sendo que no caso, toda a descarga hídrica dessa bacia, o exutório, se direciona para o arroio Dilúvio.

O pesquisador Tundisi (2009) explica que “garantir a devida governança aos recursos hídricos resulta em melhor aproveitamento para usos múltiplos, assegura melhor distribuição e controla a qualidade desejável.”. Tundisi (2009) lista de maneira sucinta as consequências dos impactos das atividades humanas nos recursos hídricos, no caso, para uso urbano: “sedimentação, eutrofização, poluição térmica, contaminação microbiana, salinização, traço de metais-contaminação, pesticidas e hidrocarbonetos.”

Ainda no contexto dos impactos ambientais adversos, Poletto (2011) ressalta que “um dos grandes problemas verificados nas bacias hidrográficas urbanas brasileiras se refere à quantidade de resíduos sólidos, esgoto doméstico e sedimentos que foram lançados aos rios e corpos d’águas que drenam essas bacias”.

A poluição especificamente questionada nesse Estudo foi a poluição por lançamento de esgoto sanitário bruto e é imprescindível que as tomadas de decisão nos níveis regional e municipal sejam coerentes às necessidades e ao próprio planejamento das bacias hidrográficas conforme mencionam Calijuri e Cunha (2013).

Ressalta-se que, quanto mais povoada uma área onde se encontra um corpo hídrico, seja em ambiente lântico ou lótico<sup>11</sup>, maior concentração de nutrientes ela terá (OTTAWAY, 1982). Esse cenário pode ser muito bem representativo da área da microbacia da barragem Mãe d’Água, em questão, em função da expansão urbana histórica ocorrida nesta região até o momento e de pouco movimento que possui suas águas.

Uma das ferramentas que podem ser utilizadas para resolver os problemas causados por esse crescimento, segundo Mazom e Hochheim (2012), é a “necessidade de se elaborar um plano de desenvolvimento urbano. Para isso, o primeiro passo é obter as informações dos usos atuais do solo para que se possam projetar seu controle futuro.”. Esses mesmos autores informam também que para “a cidade ser construída socialmente e ambientalmente saudável, torna-se indispensável o entendimento do funcionamento dos processos naturais no planejamento urbano e no projeto urbano. Assim, o sensoriamento remoto associado a diversas ferramentas, auxiliam os gestores nas tomadas de decisões.”.

IPH (2008) caracterizam de forma providencial a importância de algumas normas vigentes que esclarecem a fundamental importância de entidades participativas, no caso, CORSAN e Prefeitura de Viamão na incumbência regularizar ações pertinentes ao impacto local referente à regularização do sistema de esgotamento sanitário. Abordando a Resolução CONSEMA nº 004/2000, onde se apresenta a necessidade de integrar a atuação dos órgãos componentes do Sistema Estadual de Proteção Ambiental, na execução da Política Estadual do Meio Ambiente, com a contribuição dos Municípios em atualizar e adequar as atividades definidas de impacto local; e a PORTARIA SEMA N.º 045, de 30 outubro de 2007, que dispõe sobre a implantação

---

<sup>11</sup> Ver significado nos incisos IV e V, do Art. 2º, da Resolução do Conama Nº 357, de 17 de março de 2005, onde se referem, respectivamente, à ambiente de águas paradas ou com pouco movimento: açudes, lagos, reservatórios; e à ambiente de águas continentais moventes: rios, córregos, arroios.

de sistemas simplificados de esgotamento sanitário nas zonas urbanas e de expansão urbana dos Municípios do Rio Grande do Sul, onde nela consta:

“Art. 1º - São de responsabilidade dos Municípios a implantação, operação e manutenção de Sistemas de Esgotamento Sanitário em toda a área urbanizada dos seus territórios, bem como a implantação quando de sua urbanização, e daquelas áreas ainda não urbanizadas, mas consideradas urbanas ou de expansão urbana pelos seus Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano, Leis de Ordenamento Urbano ou mesmo por suas Leis Orgânicas”.

Enfatizando, portanto, a responsabilidade dos Municípios, onde em seu Parágrafo único apresenta uma possível solução: “Os Municípios poderão formar consórcios para implantarem, operarem e manterem seus sistemas, integrados ou não”. IPH (2008) ainda ressalta a importância espacial, política e social da microbacia da barragem Mãe d’Água, já que está localizada no município de Viamão porém exerce influência na Sub-Bacia do arroio Dilúvio, incluindo o município de Porto Alegre.

Segundo pesquisadores da UFRGS (2012) o arroio Dilúvio contribui para o Lago Guaíba, descarregando uma vazão de 1 m<sup>3</sup>/s, incluindo volumes de esgotos cloacais indevidamente lançados no referido curso d’água. Esses mesmos autores ainda informam que a Sub-Bacia está mais de 70% urbanizada, alterando a dinâmica das águas, pois esse aspecto socioambiental proporciona uma maior impermeabilização do solo e densificação da rede pluvial que intensificou o efeito das chuvas. Além de que os trechos a montante da Sub-Bacia do arroio Dilúvio há intensa urbanização ocupando suas nascentes e sem nenhum tratamento de esgoto. Cenário ainda constante atualmente conforme verificações de campo realizadas nessa dissertação entre 2017 e 2019.

Além disso, às margens da barragem Mãe d’Água encontra-se a estação experimental de tratamento de esgoto denominada Estação Recuperadora da Qualidade Ambiental (ERQA) – projetada e construída na década de 1980, utilizada para ensino, pesquisas e extensão universitária, com períodos alternados de funcionamento. A barragem Mãe D’Água recebe o efluente sanitário da ERQA. Conforme IPH (2008), a estação foi projetada para remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos em suspensão, que eram os parâmetros requeridos. Conforme informações da diretoria do IPH à época, não foi preparada para ter o status atual sob uma legislação mais rigorosa, sendo que atualmente, a ERQA encontra-se inoperante, lançando esgoto bruto do Anel Viário da UFRGS Campus do Vale diretamente nesse recurso hídrico.



### 3.3 O problema de gestão de recursos hídricos na microbacia

As áreas à montante da barragem Mãe d'Água - representadas por sua microbacia - foram degradadas em função da ocupação urbana desordenada, tendo por consequência a descaracterização de matas ciliares dos cursos hídricos existentes. Martins (2007) informa ainda que, além do processo de urbanização, as matas ciliares sofrem pressão antrópica e a degradação de suas formações, além de desrespeitar a legislação, que a torna obrigatória - como a Lei Federal 12.651/12, que dispõe sobre o novo Código Florestal Brasileiro. O mesmo autor ainda afirma que as matas ciliares funcionam como filtros retendo poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água e, por consequência, a fauna aquática e a população humana, as quais apresentam aspectos hidrológicos peculiares.

Pesquisadores do IPH, em 2008, consideraram que:

Embora existam muitas discussões sobre desenvolvimento sustentável, poucas são as medidas concretizadas para que os problemas sejam efetivamente resolvidos. Isso implica na necessidade de haver um sistema de gestão integrado que vise articulações entre os diversos atores envolvidos (sociedade, poder público, setor privado, etc.), ou seja, este sistema deve agir não somente sobre os recursos hídricos, que absorvem os efeitos negativos; mas também sobre todas as necessidades da população, como habitação, saneamento, infra-estrutura, educação, saúde, cultura, lazer, entre outras. Assim, um sistema de gestão que tenha essas necessidades como objetivos, pode vir a amortecer as severas consequências decorrentes do crescimento populacional.

Esse crescimento populacional, neste caso, tem relação direta com o crescimento urbano desordenado local. Gerando consequências como os efluentes lançados no interior do reservatório da barragem Mãe d'Água, que embora sejam predominantemente domésticos, em seu passado, nas suas margens, havia importante indústria metalúrgica (em Viamão) que lançava os seus efluentes industriais os quais aportavam à barragem. A poluição derivada dela tem características persistentes: concentração de metais-traço em amostras coletadas na barragem, conforme autores do IPH (2008).

Seguindo um planejamento para a gestão dos recursos hídricos, esses autores realizaram um diagnóstico situacional da área em questão. Sendo um estudo que poderá auxiliar os tomadores de decisão na elaboração de estratégias de gestão.

Cabe salientar, ainda, que conforme observado em estudos pela pesquisadora Freitas:

O crescimento populacional observado na sub-bacia Mãe D'água, formadora da represa que recebe o mesmo nome, vem modificando a fisionomia do Morro Santana e as características originais do seu entorno. Em razão da inexistência de um planejamento de ocupação do solo, a falta de um sistema de esgotamento sanitário e de programas de educação sanitária e ambiental, a qualidade das águas da represa vem apresentando um crescente comprometimento (FREITAS, 2005).

O planejamento para uma gestão de recursos hídricos está tão associada com as políticas ambientais atuais que os mesmos pesquisadores do IPH (2008) evidenciaram o seguinte conflito socioambiental na microbacia:

A política ambiental é o conjunto de metas e instrumentos que visam reduzir os impactos negativos da ação antrópica sobre o meio ambiente, por isso a importância da avaliação conjunta e integrada. A ocupação da área se deu de maneira desordenada e as autoridades nada fizeram para estruturar essas famílias e delimitar as áreas possíveis de ocupação. A degradação ambiental está avançada e as pessoas que ali residem carecem de condições mínimas de infra-estrutura. Posto este cenário é necessário uma ação imediata das autoridades municipais, do Ministério Público, da população local e demais integrantes da sociedade para revertermos à situação de degradação da “Barragem Mãe D’água” (IPH, 2008).

Leite e Awad (2012), Mazon e Hochheim (2012) informam que dentro das premissas importantes para a implementação de um planejamento sustentável nas cidades, consideram que uma cidade sustentável é muito mais do que um desejável conjunto de construções sustentáveis. Ela deve incorporar parâmetros de sustentabilidade urbano público e privado. A partir disso, pode-se considerar as LID's e a busca de uma gestão inovadora e descentralizada dos recursos hídricos como algumas das soluções para desenvolver uma cidade sustentável.

Libralato, Ghirardini e Avezzù (2012) lembram que recentemente surgiram de forma gradativa e a nível global, uma quantidade maior de pequenas estações de tratamento de águas residuárias, do que sistemas centralizados convencionais. Na Itália, mais de 9000 plantas de tratamentos de águas residuárias, que atingem um número < 2000 pessoas equivalentes (p.e.) - no qual um p.e. equivale a uma carga orgânica biodegradável de 60g DBO/dia - e em algumas áreas, principalmente devido a condições morfológicas, a descentralização é a única opção adequada. Por exemplo, em Veneza/Itália, no centro histórico, existem mais de 140 pequenas plantas de tratamentos biológicos descentralizados, com estações de tratamento de águas residuárias, bem como um grande número de fossas sépticas.

### **3.4 Práticas LID: Wetlands Construídos**

Miguez (2012) considera como melhoria ambiental de cursos hídricos, a adoção de uma abordagem integrada, ou seja, analisa a interação de ambientes naturais com o contexto urbano. Este trabalho apresenta como análise o seguinte:

Os resultados obtidos apontam para a necessidade de uma abordagem sistêmica, onde, não somente os rios urbanos, mas, toda a bacia hidrográfica deve ser considerada de forma integrada no processo de recuperação dos processos hidrológicos, como ponto de partida para a requalificação das águas urbanas.

Pois, pesquisadores reconhecem que o conceito de promover o escoamento rápido das águas era falho e resultou de uma nova abordagem técnica que recebem diferentes denominações, mas

que partilham as mesmas premissas e são conhecidas como *Low Impact Development* (LID). (ALENCAR, 2017).

A sustentabilidade nas cidades provém da Agenda 21 global, que recentemente passou a estar associada às técnicas LID, à Agenda 2030 com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) - o ODS 11 busca: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis<sup>12</sup>, entre outras ações.

No quesito de sustentabilidade das cidades considerando-as como um sistema vivo, Newman (1999) já descrevia que, "Como todos os ecossistemas, a cidade é um sistema, com insumos de energia e materiais. Os principais problemas ambientais (e os custos econômicos) foram relacionados ao crescimento desses insumos e ao gerenciamento dos usos. Ao analisar a cidade como um todo e seus caminhos ao longo dos quais a energia e os materiais, incluindo os poluentes se movem, é possível começar a conceber sistemas de gerenciamento e tecnologias que permitem a reintegração de processos naturais, aumentando a eficiência do uso de recursos, a reciclagem de resíduos como materiais valiosos e a conservação da (e até a produção de) energia."

Cabe ressaltar a relação das LID com a Trama Verde Azul (TVA) também é considerada como um novo modelo de abordagem estratégica para a implementação em ambientes urbanos. (BENEDICT; MCMAHON, 2006). Estes mesmos autores preveniam que os espaços verdes nas áreas metropolitanas estavam desaparecendo rapidamente.

Esses mesmos autores caracterizam que os sistemas de "infraestrutura verde e azul" - outra denominação dada à TVA - auxiliam na proteção e restauração dos ecossistemas que funcionam naturalmente e fornecem uma estrutura para o desenvolvimento futuro. Ao fazê-lo, eles fornecem uma diversidade de funções ecológicas, sociais e econômicas, bem como benefícios: habitat e biodiversidade enriquecidos; manutenção de processos paisagísticos naturais; ar e água mais limpos; aumento de ações recreacionais; saúde; e melhor conexão com o ambiente natural local.

Assim, o espaço verde-azul bem planejado também demonstrou aumentar os valores das propriedades e diminuir os custos da infraestrutura pública e dos serviços públicos, incluindo os custos de gerenciamento de águas pluviais e sistemas de tratamento de água. Os supracitados autores preconizam também que assim como nossa infraestrutura construída, nossa

---

<sup>12</sup> Consulta ao site das Nações Unidas no Brasil, sobre a Agenda 2030 Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, referente < <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods11/>>, acessado em 02/10/2018.

infraestrutura verde e azul deve ser cuidadosamente planejada, projetada e investida muito antes da execução.

O planejamento da "infraestrutura verde" - outra denominação conhecida - deve ser o primeiro passo no processo de planejamento e design do uso da terra, em áreas urbanas.

Segundo Eckart, MacPhee e Bolisetti (2017) “As práticas LID tentam manter a água pluvial no local, o máximo possível, e utiliza-se de layout natural local para promover a filtração e promover a qualidade da água.”.

Existem LIDs baseadas em uso de tecnologias onde possam ocorrer vários processos naturais de tratamento. A técnica de baixo impacto compilada neste estudo: *wetlands* construídos, (em inglês *Constructed Wetlands ou CW*), mas também conhecido como: jardins filtrantes, filtro plantado com macrófitas ou ainda banhado construído.

Os WC são de vários tipos (ver Figura 4), sendo caracterizados neste estudo os do tipo: fluxo vertical e de escoamento sub-superficial. Essas estruturas podem ser construídas para um tratamento complementar de águas residuárias urbanas, no qual ocorrem processos biológicos, químicos e físicos, tornando-as sistemas purificados, como complementam os autores (AL-ISAWI, *et al.*, 2014). Essa variedade de WC pode ser verificada na Figura 4.

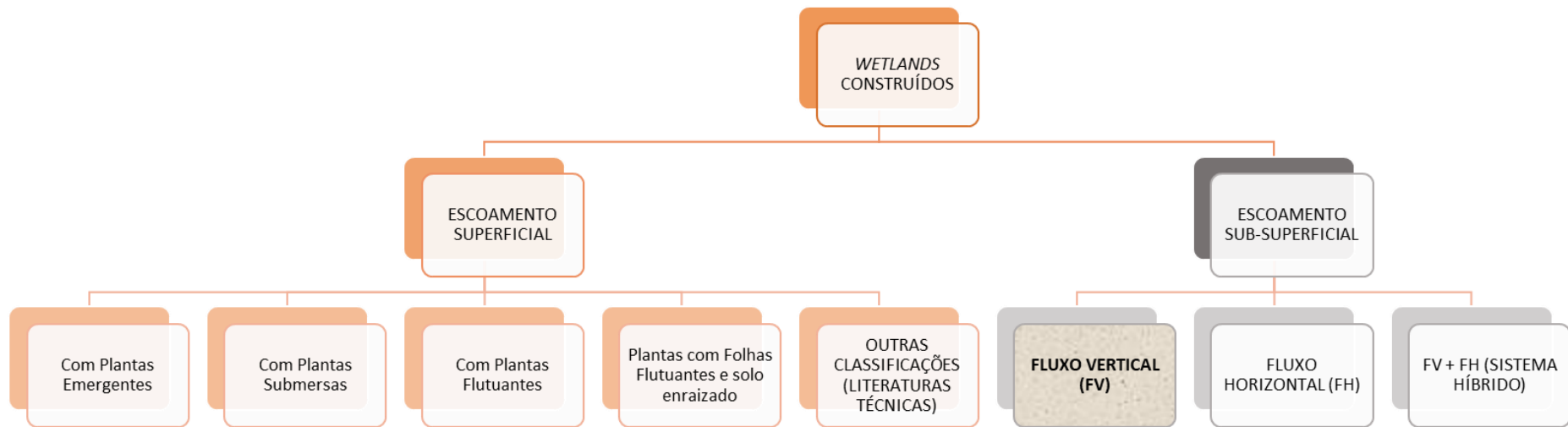


Figura 4 – Classificação de Wetlands Construídos para tratamento de efluentes.

Fonte: Adaptado de Stefanakis, Akratos e Tsihrintzis (2014, p.18).

Com o advento de abordagens ecológicas, como o uso de águas residuais tratadas seja por meio de *wetlands* construídos e/ou reciclagem/irrigação de águas-cinzas, criaram-se espaços adaptados ao ambiente local e que são alternativas importantes para a solução de uma iminente crise hídrica do século XXI. (NELSON, *et al.*, 2007). Esses mesmos autores preconizam que esse tipo de metodologia de tratamento complementar pode possibilitar a reutilização das áreas residuárias ou águas-cinzas, como um suprimento de água enriquecido em nutrientes possível de sustentar e/ou criar zonas de vegetação ou jardins, as quais são conhecidas como *wetlands gardens*.

Existem autores que dimensionam e apresentam aspectos construtivos dos WC como filtros plantados com macrófitas, que são os *wetlands* construídos, no caso aplicáveis às unidades de fluxo vertical, conforme mencionam Philippi e Sezerino (2004). Na referida publicação informam também que, independentemente do nível de tratamento que será promovido pela wetland, por se tratarem de sistemas que empregam o potencial de um solo reconstituído - composto por materiais filtrantes de alta condutividade hidráulica como, por exemplo, areias, britas e cascalhos – deve-se acompanhar de unidades de tratamento a montante que seja eficientes na retenção de sólidos grosseiros, como Tanques Sépticos (TS), na intenção de evitar que esses sólidos comprometam o bom funcionamento da percolação do maciço e/ou acelerar o fenômeno de colmatção do filtro.

Conforme referido anteriormente existem muitos tipos de WC porém, será abordado somente o WC de fluxo vertical (WCFV). (PHILIPPI; SEZERINO, 2004), conforme pode ser verificada na Figura 5.

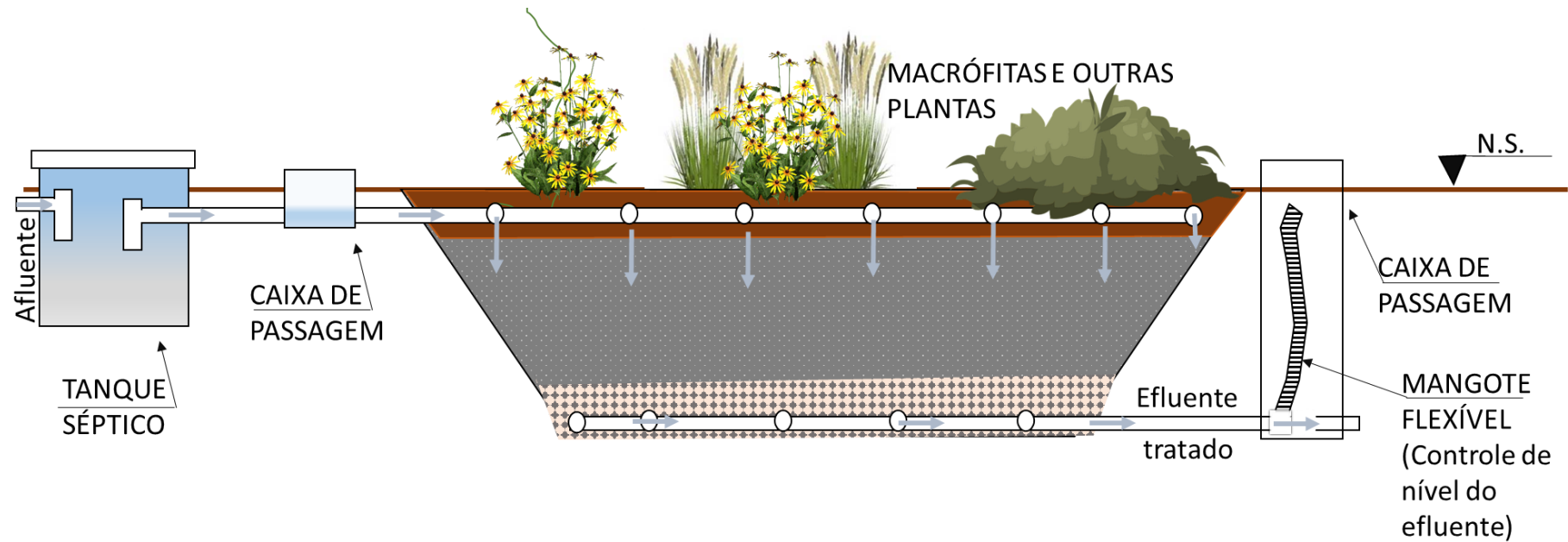


Figura 5 – Desenho esquemático do corte longitudinal do WCFV de escoamento sub-superficial.

Legenda: N.S. (Nível do Solo). Fontes: Adaptado de Philippi e Sezerino (2004).

O WCFV de escoamento sub-superficial favorece a instalação de uma unidade operacional obedecendo a um escoamento por gravidade e não gerando película de efluente superficial, em função de que o afluente proveniente do Tanque Séptico (TS) incorporar-se-á por entre a camada de solo e raízes e a primeira camada filtrante.

Philippi e Sezerino (2004) informam ainda que os sistemas de fluxo vertical, desse tipo de tratamento complementar, são módulos escavados no terreno, com superfície plana, preenchidos com um material de recheio - material filtrante, composto na maioria das vezes por camadas de areia e brita. Possuem impermeabilização de fundo, a fim de impedir que o efluente a ser tratado possa percolar para camadas mais profundas do solo e atingir o lençol freático.

Este tipo de WC pode receber o aporte de águas residuárias, filtrando-as (STEFANAKIS; AKRATOS; TSIHRINTZIS, 2014); no caso, esgoto sanitário bruto de comunidades que gerem pequenas vazões.

Segundo esses autores esse tipo de sistema de tratamento complementar de esgoto sanitário foi desenvolvido em 1965 por Siedel, como uma estágio/etapa intermediária, após um tanque séptico e antes de um *Constructed Wetland* (CW) de fluxo horizontal sub-superficial.

Os primeiros estudos com sistemas de fluxo vertical, também, tiveram origem na Alemanha, conforme menciona Philippi e Sezerino (2004, p. 38). Os quais ainda informam que, inicialmente foram chamados por Siedel de *Max Planck Institute Process*. Porém, a denominação mais aceita na comunidade científica é *vertical constructed wetlands*. Esta concepção de tratamento é análogo aos "clássicos" filtros de areia, onde o princípio de crescimento de microrganismo - biofilme aderido a um meio suporte é evidente, caracterizado em inglês como *attached-grow process*. (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Porém, em diversos estudos nos EUA, na Alemanha, Áustria e França, pesquisadores aplicam um sistema associado de tipos de CW constituído entre filtros verticais, seguidos de filtros horizontais. (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Ainda, quanto à associação de Filtros Verticais e Horizontais Plantados com Macrófitas, menciona-se o seguinte:

A explicação da existência desta disposição é considerada histórica; na Dinamarca começou-se a construir filtros horizontais com a introdução de normas relativas ao nitrogênio, estes sistemas foram completados em jusante por filtros verticais. Com efeito, os primeiros filtros tem um papel de retenção de matéria orgânica dissolvida, os segundos, melhor aerados asseguram a nitrificação. (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Stefanakis, Akratos e Tsihrintzis (2014) ressaltam que a principal vantagem do tipo de CW de fluxo vertical é sua maior capacidade de transferência de oxigênio devido ao regime de



alimentação da superfície de seu leito pelo efluente. Além disso, possui demanda de áreas menores.

A aplicação de sistemas de tratamento para pequenas comunidades, ou seja, o tratamento de esgoto para pequenas vazões, já acontece em vários países, inclusive no Brasil. Os tipos de aplicação de CW no País, podem ser verificadas nos seguintes exemplos:

A aplicação em pequenas coletividades e/ou sistemas unifamiliares da Unidade de Tratamento A deste estudo ocorreu na Agrônômica em Santa Catarina, conforme Figura 6. As Unidades de Tratamento B e C foram aplicadas em Florianópolis/SC, respectivamente Figura 7 e Figura 8, respectivamente. Onde entre o período de 1999 e 2000, três diferentes unidades de tratamento de esgotos domésticos foram empregadas, e que compreendiam: tanque séptico (TS) em conjunto com filtro plantado com macrófitas (FPM), também, conhecido como CW. Os quais foram construídos e acompanhados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e monitorados em conjunto com pesquisadores do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).



Figura 6 – Filtro plantado com macrófitas instalado em Agrônômica/SC: Unidade de Tratamento A.

Fonte: Philippi e Sezerino (2004).

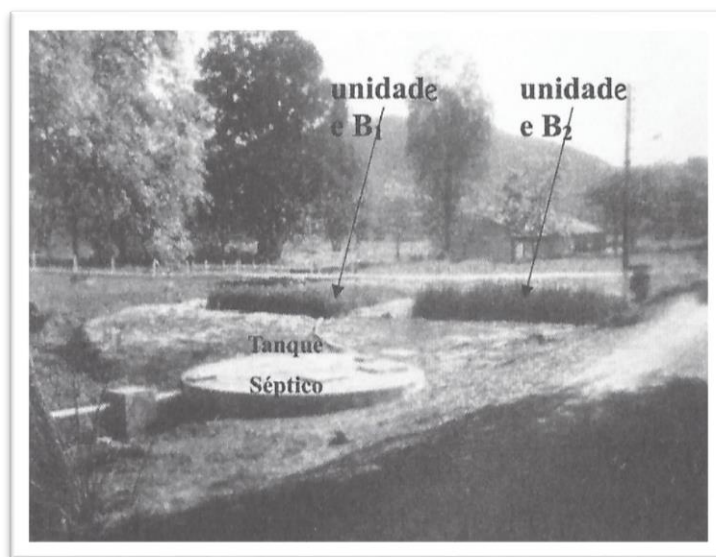


Figura 7 – Filtros plantados com macrófitas instalados em Florianópolis/SC: Unidades de Tratamento B.

Fontes: Philippi e Sezerino (2004).

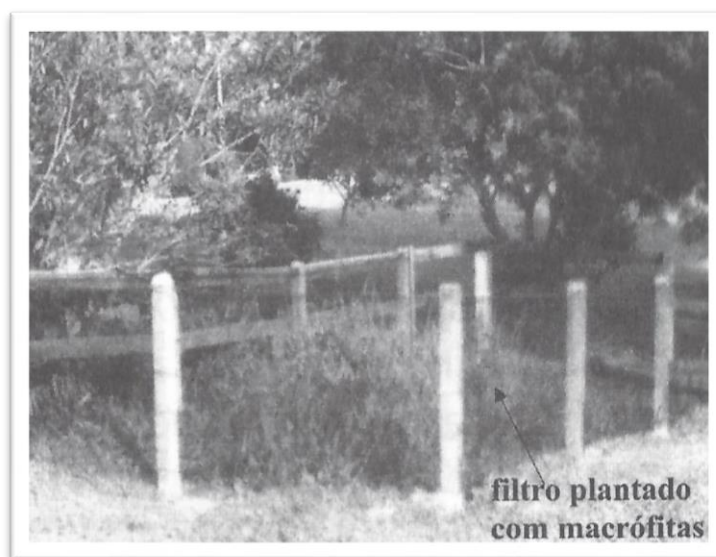


Figura 8 – Filtro plantado com macrófitas instalado em Florianópolis/SC: Unidade de Tratamento C.

Fontes: Philippi e Sezerino (2004).

Os efluentes que aportavam nessas três unidades construídas eram produzidos a equivalentes populacionais de 66 pessoas; 150 pessoas e 5 pessoas. Outras características na Tabela 1.

- ✓ Características do efluente das unidades de tratamento A e B: esgoto doméstico e águas residuárias de atividades de treinamento com produtos agroindustriais;
- ✓ Características do efluente da unidade de tratamento C: esgoto doméstico;
- ✓ Concepção da unidade de tratamento: TS seguido de FPM;

- ✓ TS's das unidades de tratamento A e B: TS's prismático retangular;
- ✓ TS's da unidades de tratamento C: TS circular de única câmara;
- ✓ Plantas utilizadas nessas Unidades de Tratamento: junco brasileiro (*Zizaniopsis bonariensis*) e capim roxo (*Echinochloa polystachya*);
- ✓ Monitoramento de 12 meses, alguns dos parâmetros analisados: pH, DQO, DBO, OD, ST, STV, SST, NTK, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N e PT; (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

<b>UNIDADES DE TRATAMENTO</b>			
Unidades de Trat.	Pessoas Atendidas	Dimensionamentos das Unidades	
		TS (em m <sup>3</sup> )	WC (m <sup>2</sup> ) e profundidade 0,70m
Un. Trat. A	66	13,6	450
Un. Trat. B	150	22,6	127,5
Un. Trat. C	5	1,25	4

Tabela 1 – Características das unidades de tratamentos complementares: TS e WC

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os seguintes pesquisadores alertam para o seguinte, quanto ao dimensionamento:

A necessidade de um tratamento primário bem dimensionado, construído e operado faz-se pertinente, devido, principalmente, sua aplicabilidade quanto a retenção e digestão de sólidos, bem como gorduras. Quando o tanque séptico é empregado como alternativa, como é o caso das unidades em estudo, este deve seguir as orientações prescritas em normas técnicas. No Brasil, a NBR 7229/93<sup>13</sup> estabelece parâmetros para o seu correto dimensionamento. Os tanques sépticos empregados nas 3 unidades de tratamento não seguiram os critérios de dimensionamento prescritos na referida norma, sendo então realizadas adequações nestes, notadamente junto aos dispositivos de entrada e saída, porém, não foram alteradas a forma e os volumes úteis dos mesmos. Esta inadequação refletiu na qualidade do afluente aos filtros plantados com macrófitas. (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Os sistemas de escoamento sub-superficial de filtros plantados com macrófitas, continua sendo idealizada como uma tecnologia de controle de poluição. Entre os sistemas de escoamento superficial e sub-superficial existem semelhanças - quanto aos mecanismos de depuração e diferenças - quanto a forma e concepção. (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Além disso, sabe-se que nos WC ocorrem processos como: filtração, sedimentação, retenção temporária e aumento do nível de redução de volume de matéria orgânica lançada nos cursos

<sup>13</sup> ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993). Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. NBR 7229. Rio de Janeiro: ABNT. 15p.

hídricos locais, processos químicos de sorção de compostos orgânicos dissolvidos e processos biológicos de degradação de carga orgânica.

Os autores Tanner *et al.* (2012) ainda trabalharam com cinco tipos de alternativas de técnicas de tratamento de águas residuárias domésticas brutas, sendo comparados durante um período anual, com testes lado-a-lado, após dois anos de maturação desses sistemas, que foram: outros tipos de *wetlands* continuado ou não de *wetland* de fluxo vertical e seguido de biorreatores carbonáceos suplementares com cavacos de madeira e cascas de coco. Os resultados dos testes, mostraram ainda que dependendo do descarte do efluente tratado/retorno ao meio ambiente, seria provável que os efluentes necessitassem de desinfecção, se houvesse algum potencial contato humano. Os *wetlands* de fluxo vertical foram particularmente eficazes na redução da carga orgânica para determinar a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e na promoção da nitrificação, com camadas filtrantes de areia, atingindo níveis elevados de remoção da bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*).

### **3.4.1 Tipologia do WC**

Este subitem aborda o tipo de WC que melhor pode se adequar - com seus processos de tratamento – ao estudo de caso de tratamento complementar de esgoto sanitário descentralizado para unidades familiares desassistidas de rede coletora de esgoto sanitário.

Um dos aspectos importantes para se utilizar essa tecnologia é justamente por que é considerada como técnica de engenharia de baixo impacto, conhecida também como *Low Impact Developments* (LID).

Esse estudo de caso se fundamentou em boletins técnicos do Brasil, elaborados pelo grupo de estudos chamado “Wetlands Brasil”, que contemplam uma série inovadora de critérios e parâmetros técnicos de projeto, também de WCFV antecedido por Tanque Séptico (TS), portanto se referindo às abordagens realizadas pelos pesquisadores nacionais von Sperling e Sezerino (2018) e Philippi e Sezerino (2004).

Outros trabalhos foram compilados para que se pudesse entender de modo mais efetivo o funcionamento de um WCFV, para tanto utilizaram-se estudos de Stefanakis, Akrotos e Tsihrintzis (2014); Trindade, Dreyer e Magalhães (2016); Alencar (2017).

Neste tipo de escoamento não se cria uma lâmina d’água superficial (ver Figura 23), onde apresentou-se um WC de escoamento sub-superficial, sendo concebido como uma tecnologia de controle de poluição.

Os principais sistemas de escoamento sub-superficial empregados no tratamento de águas residuárias, aplicados na Europa foram idealizados para funcionarem como uma etapa

secundária e com a intenção de reduzir a matéria carbonácea: Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) e Sólidos em Suspensão (SS), segundo Philippi e Sezerino (2004).

Durante um maior entendimento dos pesquisadores envolvidos ao longo dos anos com essa tecnologia descobriu-se por meio de análises e monitoramentos vantagens do WC de Fluxo Vertical como: capacidades de rápida transferência de oxigênio atmosférico para a superfície do leito desse sistema, a oxidação da amônia ( $\text{NH}_3$ ), redução de nitratos e remoção de fósforo no efluente tratado.

A proposta de Trindade, Dreyer e Magalhães (2016) apresentou a seguinte concepção de WC: camadas filtrantes de agregados reciclados; consórcio de plantas como: bananeiras do gênero *Musa paradisiaca*, as taboas, *Carex*, *Phragmites*, *Eleocharis*, entre outras em conjunto com a Citronela denominada como *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle que tem grande potencial repelente contra mosquitos. Philippi e Sezerino (2004) informaram ainda que os sistemas de fluxo vertical desse tipo de tratamento complementar são módulos escavados no terreno (Figura 9).



Figura 9 – Construção de filtro plantado com macrófitas diretamente no solo.

Fonte: Foto de Sezerino, Florianópolis/SC (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

### **3.4.2 Características importantes de um projeto de WCFV**

Os pesquisadores Philippi e Sezerino (2004) orientam que os WC apresentem em seus projetos geomantas ou denominadas também de mantas impermeabilizantes, ou ainda, de geomantas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) aplicadas no fundo e nas paredes laterais, a fim de

impedir que o efluente a ser tratado possa percolar para camadas mais profundas do solo e atingir o lençol freático.

Esses autores afirmam também que em terrenos onde o lençol é profundo o suficiente, ou seja acima de 1m de profundidade, pode-se escava-lo diretamente, onde garante-se estabilidade (ver Figura 9). Podendo impermeabiliza-lo, na maioria das vezes com manta plástica como pode ser observado na Figura 10, quando tratar-se de pequenas extensões, ou adotar mantas PEAD de 2mm de espessura, por exemplo.

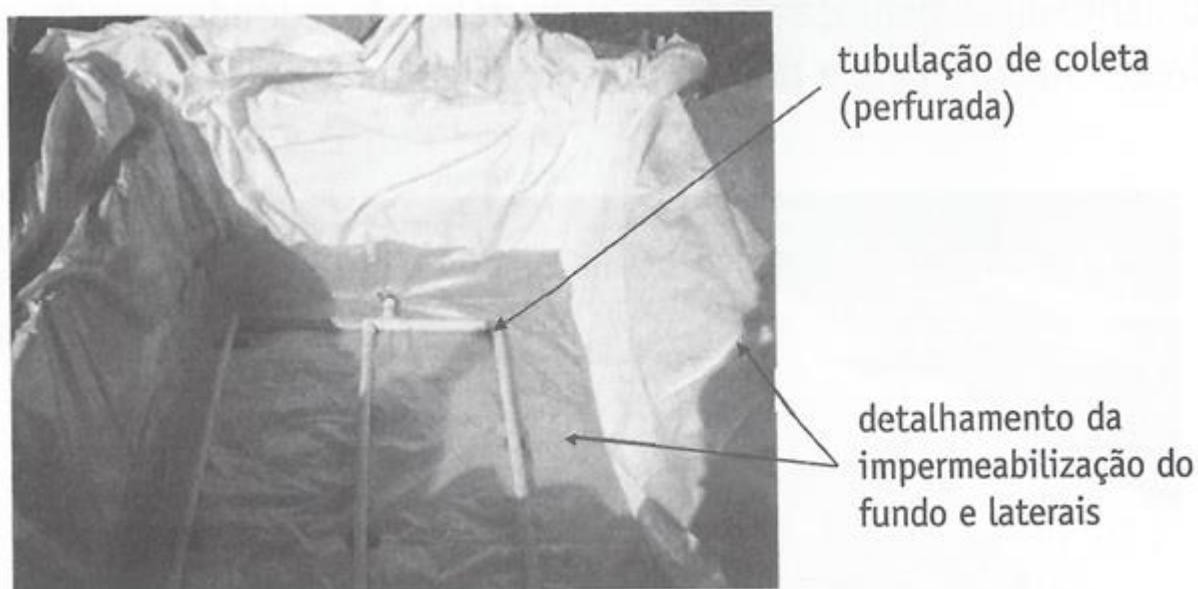


Figura 10 – Detalhamento de manta plástica e da tubulação de coleta do efluente tratado no WC de fluxo vertical.

Fonte: Foto de Sezerino, Faxinal dos Guedes/SC (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Conforme mencionado anteriormente as normas NBR 13969:1997 e NBR 7229:1993 recomendam algumas condições específicas, entre outras, que poderiam ser compreendidas nesse sistema de TS + WC de Fluxo Vertical, como:

- ✓ Os TS devem ter distância horizontal mínima de 1,50m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água;
- ✓ Os TS devem ter distância horizontal mínima de 3,0m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água;
- ✓ Os TS devem ter distância horizontal mínima de 15,0m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.

### **3.4.3 Funcionamento do sistema TS+WCFV**

O propósito deste subitem é apenas descrever como funciona a operação de tratamento complementar de esgoto sanitário utilizando um sistema com TS seguido de WCFV.

Antes de apresentar o funcionamento do TS é pertinente apresentar o conceito do mesmo, sendo que é considerado como um dispositivo de tratamento de esgotos, o qual pode ser explicado da seguinte maneira:

Destinado a receber a contribuição de um ou mais domicílios e com capacidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com a sua simplicidade e custo. Assim, pode ser definida como uma câmara convenientemente construída para reter os esgotos sanitários por um período de tempo criteriosamente estabelecido, de modo a permitir a sedimentação dos sólidos e a retenção do material graxo contido nos esgotos, transformando-os bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis. (JORDÃO, 2005).

No TS o esgoto será retido na fossa por um período que pode variar de 24 a 12 horas, conforme preconiza Jordão (2005), dependendo claro da contribuição do afluente sanitário ao TS.

O TS previsto será de câmara única e que segundo o conceito da NBR 7229:1993 explica que é uma “unidade de apenas um compartimento, em cuja zona superior devem ocorrer processos de sedimentação e de flotação e digestão de espuma, prestando-se a zona inferior ao acúmulo e digestão do lodo sedimentado.”

Após, passar por esse pré-tratamento o efluente parcialmente tratado passará por meio de gravidade para o WCFV. Porém, segundo Trindade, Dreyer e Magalhães (2016) no WCFV ocorrem outros tipos de processos, tais como: “processos físicos – filtração e sedimentação, mas, também químicos – sorção de compostos orgânicos dissolvidos, nitrogênio, fósforo, entre outros; além de biológicos – transformações bioquímicas e de bioacumulação de elementos químicos.” Reforçando o que Conley, Dick e Lion (1991) também destacaram originalmente.

As bibliografias consultadas apresentam uma diversidade de espécies de vegetais que podem ser utilizadas no WCFV. Essas plantas possuem em suas raízes, rizomas, que podem suportar uma grande quantidade de microrganismos, aumentando significativamente a área de contato e aderência para a formação do biofilme<sup>14</sup> na rizosfera – região onde raízes e solo estão intimamente ligados (PHILIPPI; SEZERINO, 2004). Além disso, são capazes de transportar gases atmosféricos, inclusive o oxigênio, da sua parte aérea – folhas até as raízes, promovendo assim, condições favoráveis à degradação aeróbia da matéria orgânica e à transformação de nutrientes, como especificado na Figura 11, tais como:

---

<sup>14</sup> Biofilme – aglomerado de matéria orgânica e microrganismos que se fixam a um meio suporte onde irão atuar na degradação aeróbia e/ou anaeróbia da matéria orgânica e na quebra de compostos mais complexos em elementos mais simples e assimiláveis pela própria planta. (PHILIPPI; SEZERINO, 2004)

- ✓ Transformação da amônia  $\text{NH}_4^+ \rightarrow$  nitrito  $\text{NO}_2^- \rightarrow$  nitrato  $\text{NO}_3^-$  ;
- ✓ Praticamente todos os microrganismos tenham o potencial de aderirem a um meio suporte conforme menciona von Sperling (1996);
- ✓ No biofilme, compostos necessários para o desenvolvimento bacteriano, como matéria orgânica, oxigênio e microrganismos, são adsorvidos à superfície. Após a essa aderência eles são transportados através do biofilme por meio de mecanismos de difusão, onde são metabolizados pelos microrganismos, se tornando compostos mais simples. (von SPERLING, 1996);
- ✓ Consumo de oxigênio pelos microrganismos para poderem metabolizar/transformar os compostos orgânicos complexos em simples.

Portanto nas raízes das plantas, especificamente em seus rizomas, ocorre processo de transformação bioquímica da matéria orgânica (esgoto), auxiliando na transformação e biodegradação dessa carga orgânica.

Essa carga orgânica que atualmente aporta sem tratamento nas águas do reservatório da barragem Mãe d'água, ocorrendo eutrofização. Pois, o sódio, o potássio, o fosfato e compostos inorgânicos de nitrogênio contidos nessa carga são nutrientes que causam proliferação indevida de formas vivas no referido corpo hídricos (OTTAWAY, 1982).

Passando pelas camadas de filtro como solo, rizomas das plantas, camadas de britas ou agregados reciclados de granulometrias menores e rachões ou agregado reciclado de granulometria maior ao fundo do WC, possibilitam processos de filtração, sedimentação, bioquímico, transformando o afluente em efluente tratado.

Os tipos de plantas utilizados variam de acordo com a localidade e o clima. Philippi e Sezerino (2004) destacam ainda que elas auxiliam o sistema de WC na prevenção da colmatação<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Colmatação – redução significativa da capacidade de drenagem do meio; diminuição da condutividade hidráulica.



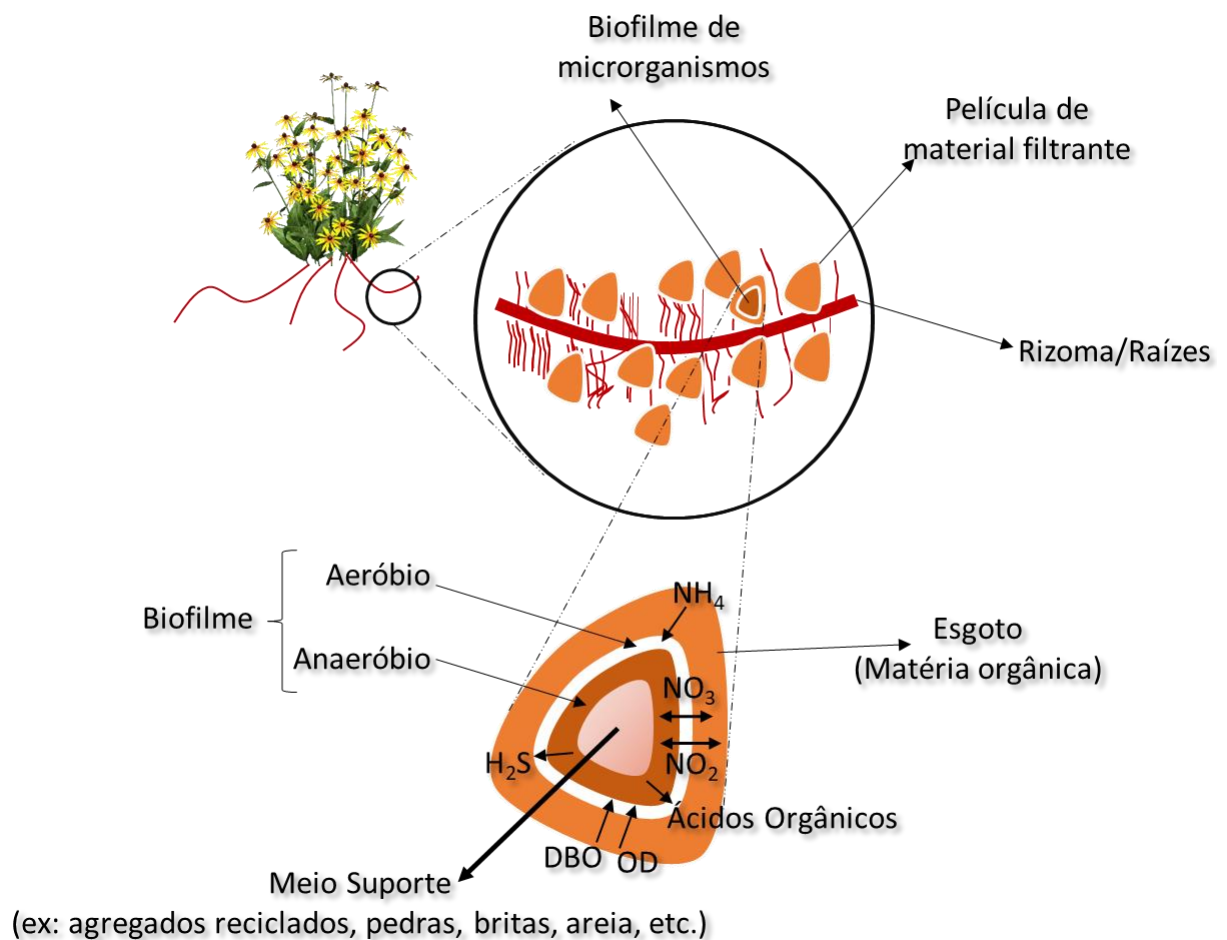


Figura 11 – Desenho esquemático da interação promovida no sistema solo-planta da primeira camada filtrante de um WCFV.

Fonte: Adaptado de Philippi e Sezerino (2004).

Quanto ao tipo de espécies vegetais a serem utilizadas no WCFV foi considerado um compilado bibliográfico e técnico com aspectos específicos que compreenderam: a sazonalidade regional Sul-brasileira, espécies do sul do Brasil potenciais para tal uso e exemplos de espécies utilizadas no País. Os pesquisadores que também abordam os tipos de espécies adotadas em *Wetlands* Construídos de Fluxo Vertical foram os do Grupo de Estudos em Sistemas *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias (GESAD) representados por von Sperling e Sezerino (2018); além de outros autores que também abordaram essa temática como Alencar (2017); Philippi e Sezerino (2004) e Trindade, Dreyer e Magalhães (2016).

von Sperling e Sezerino (2018) listam algumas espécies que estão representadas também na Figura 12:

- ✓ *Cynodon spp* (capim Tifton 85);
- ✓ *Typha (taboa)*, caso o período sem alimentação não seja longo;

- ✓ *Cyperus Papyrus* (papiro);
- ✓ *Zizaniopsis bonariensis*.
- ✓ *Chrysopogon zizanioides* (capim-vetiver).
- ✓ *Eleocharis spp.*
- ✓ *Zantedeschia aethiopica* (conhecido por copo de leite)
- ✓ *Canna L.* (conhecida por *cana índica*) da Família da *Cannaceae*.
- ✓ *Heliconia spp.*

Na Figura 12 estão representadas espécies que foram abordadas pelo GESAD e por Alencar (2017).



Figura 12 – Espécies vegetais utilizadas em *Wetlands* Construídos para tratamento de efluentes.

Fonte: Adaptado de Alencar (2017).

Ainda complementando caracterizam que:

...Preliminarmente, poderão ser utilizadas espécies vegetais de macrófitas emergentes ocorrentes no litoral gaúcho, como: taboas (*Typha sp*) e consorciá-la com juncos (*Scirpus sp*) e bananeiras do gênero *Musa paradisíaca*, podendo ser das variedades de banana-prata ou banana-caturra, para buscar uma diminuição das cargas orgânicas e de nitrogênio e fósforo do efluente tratado final, porém, em caráter experimental (SHUTES, op. cit). Além dessas espécies que poderão ser distribuídas no início da wetland, principalmente as taboas, ...complementam ainda com o uso de plantas como: *Carex*, *Phragmites*, *Pontederia*, *Echinodorus*, *Eleocharis*, que poderão ser utilizadas por meio de consórcio de plantas ao longo do restante da área do banhado construído. Poderá ser aplicada também a tipo *Cymbopogon nardus (L.) Rendle* conhecida popularmente como citronela, por ter grande potencial repelente conforme executado por Crispim, Parolin e Kaick (2012)...

Assim, o princípio básico desse sistema é a formação de biofilme aderido a um meio suporte – camada filtrante de britas, por exemplo – e raízes das plantas, onde comunidades de microrganismos aeróbios e anaeróbios irão depurar a matéria orgânica e promover a transformação da série nitrogenada (nitrificação e desnitrificação). O oxigênio requerido é suprido pelas macrófitas e pela convecção e difusão atmosférica, conforme Philippi e Sezerino (2004), esse layout possivelmente trará uma melhor performance na remoção da matéria orgânica – DBO e SS e nitrificação/desnitrificação, com ênfase para o segundo processo de transformação do nitrogênio, conforme consta em Philippi e Sezerino (2004) e Paoli (2010). (TRINDADE; DREYER; MAGALHÃES, 2016).

De forma prática e portanto a verificação de que é possível implementar um consórcio de plantas Philippi e Sezerino (2004) na Figura 13 apresentam a implantação de um WCFV ao lado de jardim residencial, fazendo parte do cenário paisagístico local.

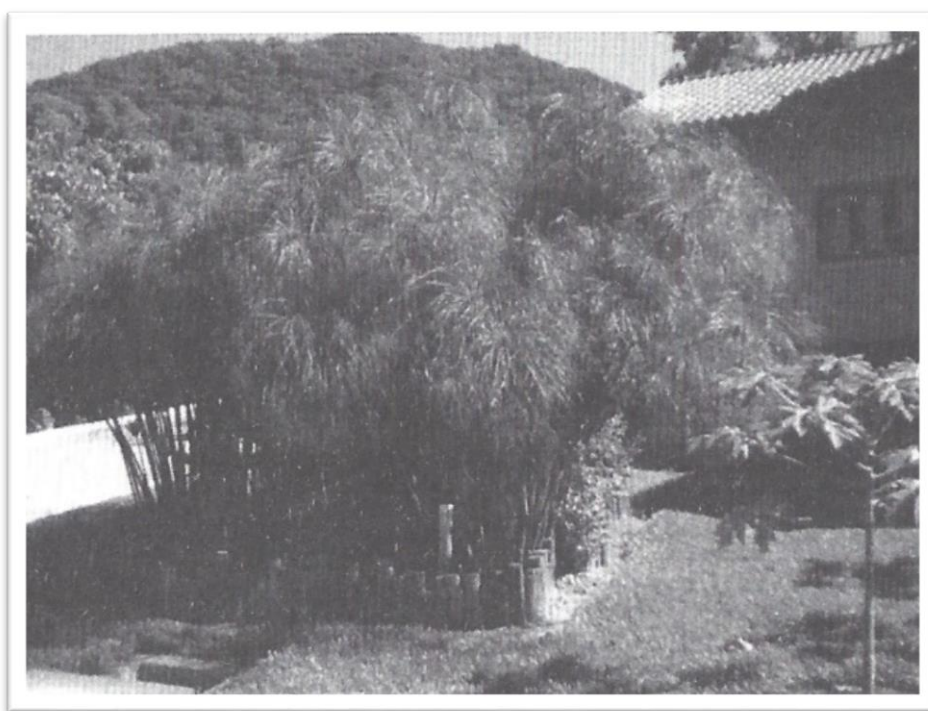


Figura 13 – Unidade de tratamento residencial (5 pessoas) locado junto à área de jardim, empregando dois tipos de macrófitas emergentes – Papiros (*Cyperus papyrus*) e a Taboa (*Typha spp*).

Fonte: Adaptado de Philippi e Sezerino (2004).

Estudos ainda recomendam a utilização de espécies locais:

Outras espécies podem ser utilizadas, desde que se adaptem às condições operacionais impostas. As plantas cumprem importante papel pela função de movimento do caule, proporcionando a existência de espaços livres na camada de sedimento acumulado no topo, por onde o líquido afluente pode penetrar e dirigir-se ao leito. As plantas devem ser também resistentes aos períodos de descanso da unidade, em que não há alimentação. (von SPERLING; SEZERINO, 2018).

A possibilidade de se utilizar plantas ornamentais consorciadas com plantas nativas em WC também é pertinente, característica de sistema do tipo *Wetlands Gardens*, os quais Nelson *et al.*

(2007) explicam que esse tipo de consórcio de plantas permite uma biodiversidade no WC, proporcionando otimização de espaço e beleza paisagística. Além disso, informaram também que a manutenção das plantas geravam resíduos sólidos que eram compostados e o efluente tratado – proveniente de águas residuárias<sup>16</sup> residenciais – lançado em solo ou curso hídrico ou ainda retornava ao WC. Porém esses autores, em testes e práticas laboratoriais ou *in situ*, reutilizavam totalmente a água do efluente tratado, retornando-o para o próprio sistema de WCFV, ou seja, para a irrigação do mesmo proporcionando maior absorção de nutrientes remanescentes deste tratamento.

Portanto, esse é um viés dos WC que pode ser aplicado nesse estudo de caso, os *Wetlands Gardens*, ou seja, a aplicação de um WC como fazendo parte do jardim ou pátio de uma residência. Porém, o propósito desse estudo é apresentar que existe uma diversidade de plantas que podem ser utilizadas no País e, neste caso, no sul do Brasil e que promoverão a transformação da carga poluidora e compostos mais simples, por meio de seus rizomas com reações bioquímicas e auxílio das outras camadas filtrantes.

Portanto, o afluente que passará pelo TS sofrerá separação dos sólidos em suspensão, por meio de decantação sedimentação; digestão do lodo e da espuma<sup>17</sup> realizada por bactérias anaeróbias no interior do TS.

### **3.5 Critérios de Educação Ambiental utilizados na Seleção de Áreas**

Alguns critérios importantes que foram utilizados na metodologia de análise para a escolha das áreas propícias para a planificação e implantação de um tratamento descentralizado, também, foram interligados com aspectos inerentes à educação ambiental. Pesquisadores apresentam o termo "bacias-escola", que se define como uma bacia experimental utilizada para pesquisas científicas e atividades de educação ambiental, os quais, nesse caso de estudo, auxiliam a comunidade local a entender a relação entre os recursos hídricos e florestais. Esse projeto elaborado entre Universidade Pública e empresa local de reflorestamento, permite que comunidades locais solicitem à algumas universidades que forneçam apoio técnico-científico para esclarecer dúvidas e propor projetos para a prevenção e/ou recuperação dos recursos naturais da região. (KOBAYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008).

Esses mesmos autores descrevem que é difícil estabelecer uma bacia experimental sem a colaboração de empresas. Neste contexto, a cooperação entre universidade pública

---

<sup>16</sup> Águas residuárias – líquidos que contêm resíduo de atividade humana. (NBR ABNT 7229:1993).

<sup>17</sup> Espuma – Matéria graxa e sólidos em mistura com gases, que flutuam no líquido em tratamento. (NBR ABNT 7229:1993).

(Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC) e empresa florestal, possibilitou transformar as bacias de cabeceiras em bacias experimentais, além disso, os pesquisadores supracitados informam que a realização de educação ambiental com a participação das comunidades locais e da prefeitura possibilita convertê-las em bacias-escola (Figura 14). Desta forma, a bacia-escola aumenta o conhecimento do indivíduo sobre a hidrologia, o que reforça sua participação na comunidade em termos de gerenciamento dos recursos hídricos.

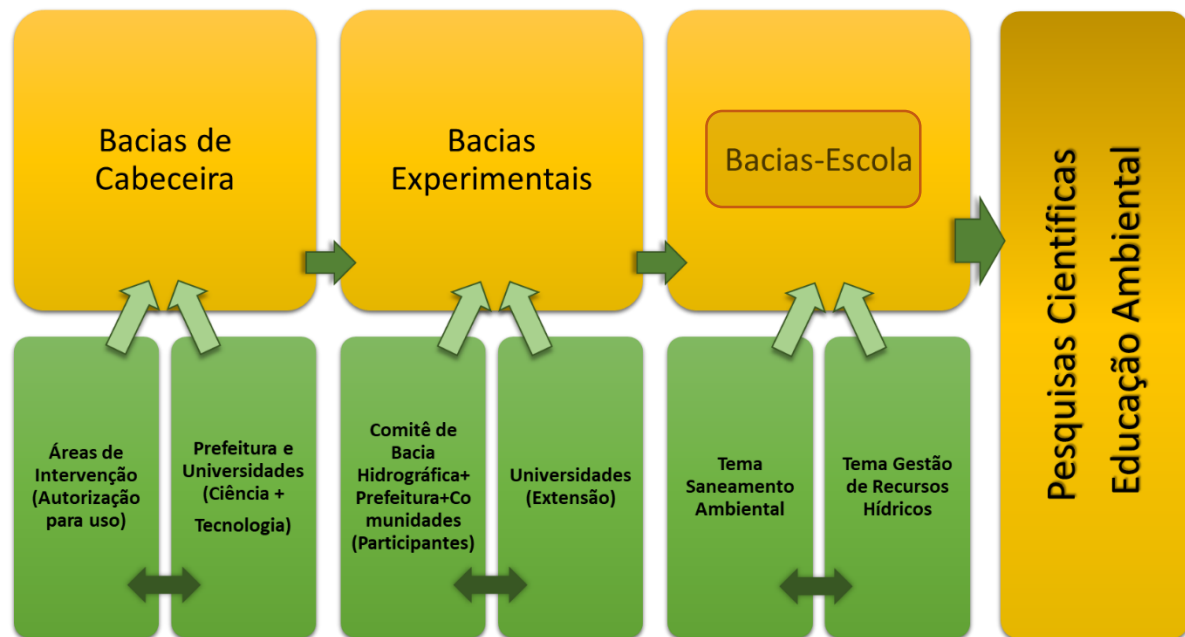


Figura 14 – Transformação das bacias-escola.

Fonte: Adaptado de Kobiyama; Mota; Corseuil (2008).

Para considerar a sustentabilidade local, sugere-se relacionar com o saneamento ambiental. Kobiyama, Mota e Corseuil (2008) descrevem que a água depois de consumida dá origem ao que denomina-se de esgoto e que pode ser classificado de três formas: doméstico, pluvial e industrial. Sendo os dois primeiros predominantes no ambiente de estudo atual.

O propósito de se utilizar as bacias-escola na análise de seleção de áreas foi pensando na abordagem contínua do tema junto às escolas locais e às associações de moradores locais. Portanto, o uso de cenários como os caracterizados a seguir representaram o que atualmente ocorre na bacia da barragem Mãe d'Água.

- ✓ Cenário 1: O uso da água nas residências dá origem ao esgoto doméstico e quando chove, a água das chuvas que carrega poluentes atmosféricos, escorre por telhados, ruas e calçadas limpando a região, originando o que chamamos de esgoto pluvial, que possui alta carga de poluente e que somadas às águas que contêm esgoto sanitário não tratado, caracterizam muitas vezes, a complexidade que é de conter esse fluxo e tratá-lo.
- ✓ Cenário 2: O que se degrada à montante se sente à jusante, onde a população situada em cotas altimétricas mais baixas sentirá em minutos ou horas ou dias o efeito indesejado da poluição hídrica.
- ✓ Cenário 3: Doenças da população local por contato de águas contaminadas.

- ✓ Cenário 4: Sabe-se de um curso hídrico que não recebe um suprimento adequado de diluente bem oxigenado, consiste ter um elevado teor de matéria sólida, que se deposita no fundo em forma de lama anaeróbica, da qual podem subir bolhas de H<sub>2</sub>S e CH<sub>4</sub>, se tornando um estado de qualidade da água, em péssimas condições se receber esgoto bruto sem excremento. Mesmo a água de um rio tão poluído purificar-se-ia naturalmente, por si mesma, depois de percorrer muitos quilômetros. Frequentemente, contudo, urbanizações existentes rio abaixo do foco original de poluição adicionam mais carga poluidora, antes que a primeira seja removida, de modo que o rio permanece estéril, até chegar ao oceano. Portanto, o objetivo do controle de poluição em águas doces é impedir o surgimento dessa esterilidade, ou eliminá-la nos casos em que já foi permitido o seu estabelecimento. (OTTAWAY, 1982). Este caso pode ser representativo, porém em escala menor, ao reservatório da barragem Mãe d'Água que recebe o aporte dos quatro cursos d'água à montante.

Por isso, é fundamental buscar o planejamento dos recursos hídricos com o saneamento básico, pois, o mesmo, visa adequar o uso, controlar e proteger a água às demandas sociais e/ou governamentais, fornecendo subsídios para o gerenciamento destes, conforme instrui Lanna (2004).

Esse planejamento e determinação de área de intervenção passa pela interface de elaboração de mapas temáticos, gerados por softwares de geoprocessamento a partir do uso de um Sistema de Informação Geográfico (SIG), utilizando softwares tipo ArcGIS ou QGIS.

O uso de um SIG está relacionado à geração de um espaço heurístico, pois permite extração seletiva de variáveis, conforme lembra Moura (2003). Sendo que essas variáveis se referem a componentes ambientais situados na área analisada e que foram detalhadas no subitem 4.3.

Neste sentido que a intenção de transformar a área em estudo em área de bacia-escola e, conseqüentemente, aumentar o conhecimento dos atores sociais com pesquisas científicas e educação ambiental sobre a interação dos recursos hídricos urbanos e o saneamento ambiental, poderá suprir a necessidade atual de planejamento e execução de uma gestão de recursos hídricos mais eficiente à comunidade local. Conforme pode ser verificado na sequência da transformação de uma bacia-escola em estudos e análises ambientais e educação ambiental, conforme consta na Figura 14.

### **3.6 Aspecto da Governança da Gestão dos Recursos Hídricos e Gestão Compartilhada**

Para estabelecer uma governança dos recursos hídricos, a promoção da governança social deve ser lembrada, pois, se interagem e ligam-se, diretamente, com o saneamento ambiental. Isto

implica dizer que os princípios direcionadores e a metodologia empregados no planejamento e na gestão desse tipo de política pública, devem ensejar a ampliação, a consolidação e o fortalecimento de um espaço público democrático, multicêntrico e plural, no qual participam diversos atores (THEODORO; MATOS, 2015).

Considerando a situação local do problema, pesquisadores do IPH (2008) e orientações de Carlos E. M. Tucci entre outros, sabendo que a bacia da barragem Mãe D'água situa-se na divisa dos municípios de Porto Alegre e Viamão, recomendam que:

...em bacias intermunicipais a tendência é o controle deve ficar com o Estado, o comitê de bacia ou de um consórcio entre os municípios. Essa bacia pertence ao “Comitê de Bacia Hidrográfica Lago Guaíba”, nesse sentido seria importante levar a instância do comitê de bacia uma avaliação técnica da situação da “Barragem Mãe D'água” e junto todos os setores envolvidos discutam qual a melhor solução para melhor as condições da bacia. É preciso somar forças para resolver os problemas, não devemos esquecer que a legislação de recursos hídrico tanto nacional como estadual busca a gestão descentralizada e integrada com os vários setores da sociedade (IPH, 2008, p.47).

A gestão de recursos hídricos tem relação direta com o saneamento ambiental na definição de políticas ambientais nesta temática. Porém, essa governança de gestão está sendo revisada, em função de conflitos socioambientais crescentes nas bacias hidrográficas urbanas, principalmente, e por consequência, comprometendo a qualidade das águas superficiais e subterrâneas dessas áreas, bem como a saúde da população local.

Theodoro e Matos (2015) compilam uma série de exemplos que serviram como base para a determinação de uma governança eficiente da gestão de recursos hídricos urbanos.

Portanto, modelos de governança de recursos hídricos foram listados a seguir para que se possa exemplifica-los como trabalhos norteadores para alguma etapa da planificação do tratamento descentralizado desse estudo.

- ✓ Gestão participativa dos recursos hídricos no Estado da Bahia, com o desenvolvimento de Projeto de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (PGRH), com a organização dos usuários da água em áreas prioritárias. Destacou-se o papel das universidades públicas na realização de trabalhos de mobilização dos usuários da água, que desenvolveram estudos com recursos do próprio Estado e da União. Dentre as faculdades particulares, realizaram-se estudos com a Faculdade de Turismo da Bahia/Factor, através da demanda da SRH/Seinfra, voltaram-se para a questão do lazer ao redor dos reservatórios em área do semiárido, com a elaboração pelos seus alunos de um inventário turístico, sensibilização da comunidade para o uso adequado do entorno do Reservatório de Ponto Novo, em balneários dimensionados para que não trouxessem conflitos de usos com o



abastecimento humano, piscicultura e irrigação, dentre outros conforme apresentado por Ogata (2001).

- ✓ Criaram-se bacias-escola entre Universidade e Empresas, como bacia experimental que serviram para pesquisas científicas e atividades de educação ambiental. Projeto de bacias-escola que puderam ser usadas para atividades de educação ambiental das comunidades locais e também para cursos de capacitação dos técnicos que trabalhavam com recursos hídricos, conforme descreveram Kobiyama, Mota e Corseuil (2008).
- ✓ A participação dos atores sociais na política pública pode ocorrer em processos como: na construção coletiva de diretrizes, objetivos e planos; na implementação de políticas públicas e/ou produção de bens públicos; no acompanhamento, monitoramento e avaliação da política, programa, projeto, ação ou omissão pública, por meio de diversos mecanismos e canais democráticos de prestação de contas e responsabilização - assegurando transparência, *accountability* e o efetivo controle social (THEODORO; MATOS, 2015).

A implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi de grande importância no contexto da gestão das águas no Brasil. O conceito de gestão descentralizada, entre outras concepções que constam na PNRH, são essenciais ao funcionamento da aplicação da política nos comitês de bacia hidrográfica (COSTANZI, 2014).

A Educação Ambiental (EA) também pode se tornar uma possibilidade de ferramenta a ser inserida nesse Projeto; haja vista que é essencial que os problemas dos usos múltiplos da água sejam fundamentados na EA e que nela encontrem subsídio para soluções referentes à utilização e proteção desse recurso. Ao considerarmos as escolas, esse mesmo autor informa que muitas escolas se utilizam do tema "água" para alcançar tanto alunos quanto pais e comunidade, em geral, sobre a problemática da escassez e poluição da água. Além disso, existe o programa em EA "Cultivando Água Boa", promovido e financiado pela empresa hidrelétrica Itaipu binacional (SEREIA; FAURO e MORETTO, 2014).

Essas poucas iniciativas supra listadas ilustram o quão necessário é o envolvimento das várias esferas da sociedade para a ação em prol da preservação e manutenção dos recursos hídricos, pois é a integração do poder público e privado juntamente com a sociedade que promoverão e incentivarão novas iniciativas (SEREIA; FAURO e MORETTO, 2014).

As opções de gestão de recursos hídricos preliminarmente supracitadas, contribuem para uma gestão descentralizada dos recursos hídricos e as mesmas foram discutidas nesse Projeto, sobre

o propósito de se compor um plano de gestão dos corpos hídricos envolvidos, formalizado numa proposta de projeto de revitalização.

### 3.7 Descentralização do tratamento de esgoto sanitário com tecnologias alternativas

O tratamento descentralizado de esgoto sanitário já é uma realidade no Brasil.

Diversas tecnologias podem ser aplicadas sob o contexto do tratamento descentralizado de esgotos, estando sua escolha relacionada com as condições específicas do local, dos recursos financeiros disponíveis e do requerimento legal de lançamento do efluente tratado. Essas tecnologias combinadas com um sistema clássico de esgotamento sanitário centralizado, compreendendo a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final, auxiliarão na universalização dos serviços de saneamento.

O processo de tratamento descentralizado de esgoto passa pelo nível coletivo (pequenas comunidades e/ou conjunto de edificações), até o individual, conhecido na literatura internacional como sistema on site. Inúmeras são as tecnologias aplicáveis, sendo algumas delas apresentadas nas normas brasileiras NBR 7229 (ABNT, 1993) e NBR 13969 (ABNT, 1997), as quais destacam a necessidade da promoção, minimamente, dos níveis de tratamento primário e secundário.

Diferentes modalidades de decantodigestores, tais como o tanque séptico (TS) com câmara simples ou câmaras duplas, além dos reatores anaeróbios compartimentados com subdivisões longitudinais de câmaras (RAC, traduzido do inglês *Anaerobic Baffled Reactor*), são as alternativas usualmente mais empregadas para a promoção do tratamento primário de esgoto. (TREIN *et al.*, 2015).

Trein *et al.* (2015) concluíram que, em uma operação de 2 anos de monitoramento em dois sistemas de tratamento descentralizado de esgoto, ambos contendo tratamento primário com tanque séptico (TS) seguido de *wetland* construído de escoamento sub-superficial de fluxo vertical; sendo que o primeiro sistema estava em operação há 5 anos à época, com um Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) ou TS, seguido de *wetlands* construídos de fluxo vertical (WCFV), recebendo esgotos de banheiros, cozinha e lavagem de pisos de uma empresa apresentou variações no desempenho, destacando-se o seguinte:

- (a) submetendo o WCFV a um carregamento médio de 13 g SS m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> e 87 g DQO m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, identificaram-se indícios de colmatção nele;
- (b) apesar de o WCFV ter operado com alto carregamento orgânico, apresentou eficiência média de remoção de DQO de 70%;
- (c) a eficiência média de remoção global de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nesse sistema foi da ordem de 47%, sendo 38% devidos à transformação de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em N-NO<sub>3</sub>; e
- (d) a nitrificação foi evidente nesse módulo, contudo o início do fenômeno de colmatção do maciço filtrante no *wetland* teve influência negativa nesse processo. (TREIN *et al.*, 2015).

Já o segundo sistema de tratamento de esgotos composto de RAC seguido de WCFV com fundo saturado em operação há 9 anos recebendo esgotos sanitários de um condomínio residencial (com ocupação referente a 5% da população máxima de projeto) apresentou, a partir do monitoramento contínuo de 2 anos, variações no desempenho, apresentou os seguintes resultados:

- (a) submetendo o WCFV a reduzidos carregamentos médios de 0,94 g DBO m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, 1,8 g DQO m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> e 0,25 g SS m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, ele apresentou eficiências médias de remoção em termos de concentração de 94%, 93% e 94% para DQO, SS e P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, respectivamente;
- (b) observou-se remoção média de 93% de nitrogênio amoniacal, sendo 27% desta remoção devidos à nitrificação no WCFV; e
- (c) apesar da alta remoção da amônia, a baixa formação de nitrato indica outras vias de remoção, como a desnitrificação. (TREIN *et al.*, 2015).

Assim, esses mesmos autores concluem que a avaliação do projeto e o modo de operação dos sistemas demonstram que o desempenho do tratamento é dependente das condições hidráulicas, da taxa de carregamento, do tempo de retenção hidráulica e do modo de alimentação e que recomenda-se a utilização dos WCFV como alternativa tecnológica de tratamento de esgoto sob o contexto da descentralização.

Os autores Massoud, Tarhini e Nasr (2009) afirmam ainda que para o tratamento secundário, as tecnologias mais indicadas para a abordagem descentralizada foram os reatores, fundamentados em processo depurativo de biomassa aderida em material suporte, podendo ser: filtros anaeróbios, biofiltros aerados submersos, filtros de areia, valas de filtração e wetlands construídos.

Com relação ao tratamento de esgoto sanitário para pequenas comunidades, Crespo (2005) explica que "no tratamento dos esgotos, a regra de ouro é separar inicialmente a parte sólida da parte líquida. A seguir se tratam, de forma independente, a parte líquida e a parcela do lodo. Qualquer tentativa de tratar os esgotos desrespeitando este princípio básico pagará um tributo operacional ou de resultados."

Este mesmo autor destaca os tratamentos anaeróbios e sistemas de tratamento de efluentes pré-decantados, para pequenas vazões, como descrito na Tabela 2.

<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO PARA PEQUENAS COMUNIDADES</b>
<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO ANAERÓBIO</b>
Tanque/Fossa séptica
Filtro anaeróbio
<b>PROCESSOS DE FOTOSSÍNTESE</b>
Lagoas de estabilização fotossintéticas facultativas
<b>SISTEMAS DE TRATAMENTO PARA ESGOTO PRÉ-DECANTADO</b>
Infiltração no terreno

Tabela 2 – Resumo das tecnologias abordadas

Fonte: Modificado de Crespo (2005).

Com relação ao tratamento complementar de esgoto sanitário para sistemas individuais e coletivos, até aqueles reagrupados e descentralizados, Philippi e Sezerino (2004, p. 7) descrevem que a "abordagem de tratamento é dirigida para o pré-tratamento através de tanques sépticos, seguido de disposição no solo".

Portanto, o desafio desse estudo foi delimitar áreas na microbacia da barragem mãe d'água onde possam ser aplicadas essas técnicas de tratamento primário e secundário de esgoto sanitário, de simples aplicabilidade e eficiência, em locais onde a rede pública de sistema de esgotamento sanitário não atinge, relacionando-se diretamente com uma gestão descentralizada dos recursos hídricos.

A determinação dessas áreas passou pelo uso de instrumentos e métodos de avaliação de impactos ambientais, que auxiliaram na determinação das mesmas, conforme sugeridos por Calijuri e Cunha (2013); Vesilind e Morgan (2015); Braga *et al.* (2002) e detalhados no subitem 4.3 desse estudo.

Sabe-se que dentre várias causas desse problema uma é a inexistência de sistema integrado de esgotamento sanitário na região de estudo – ausência de coleta e tratamento de esgoto sanitário residencial, no momento. Porém, está na iminência de respectiva implementação, consoante informações de técnicos da Corsan (2018). Sezerino, no II Encontro Sul-Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária em 2018<sup>18</sup> apresenta em evento do corrente ano, alternativas de tratamento de esgoto sanitário de forma descentralizada como ferramenta para alcançar a universalização do saneamento, pois, informou ainda que 57,4% da situação do esgotamento no Brasil não é tratado e no Rio Grande do Sul a realidade é apresentada na Figura 15.

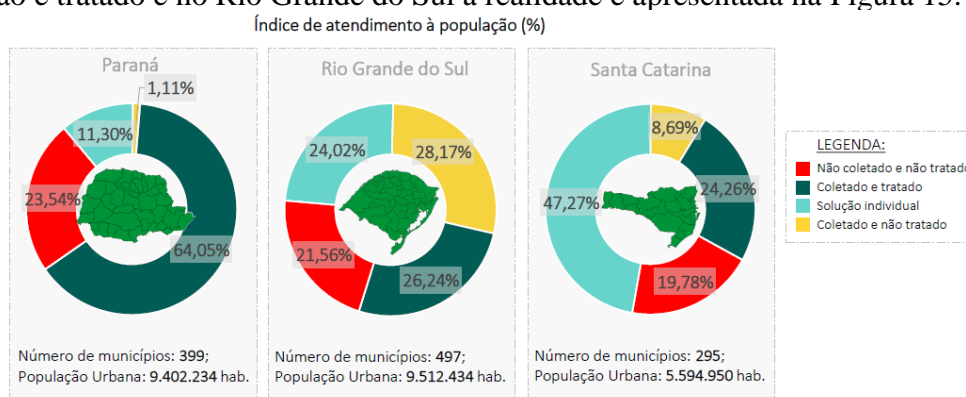


Figura 15 – Situação do esgotamento no Sul.

Fonte: Adaptado de Sezerino (2018): Atlas Esgoto. (ANA, 2019)<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> Informações fornecidas pelo Professor Dr. Pablo Heleno Sezerino no II Encontro Sul-Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária, em Foz do Iguaçu, no ano de 2018.

<sup>19</sup> Atlas Esgoto – Despoluição das Bacias Hidrográficas. Retirado do site:

<<http://www.snirh.gov.br/portalsnirh/snirh-1/atlas-esgotos>> Acessos em: 05 de março de 2018 e 29 de agosto de 2019.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de Estudo: delimitação e componentes ambientais da microbacia hidrográfica da barragem mãe d'água

A área de estudo delimitada no software de geoprocessamento foi a da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água, além de inserir componentes ambientais reais interpretados e manipulados gerando os mapas temáticos como produtos finais.

A coleta e manipulação dos dados de entrada, transformando-os em dados de saída foram representados por Moura (2003) numa forma simplificada de fluxograma operacional. Apresentando a caracterização dos processos envolvidos, com a adoção do SIG, representando a análise realizada, conforme pode ser verificado na Figura 16.

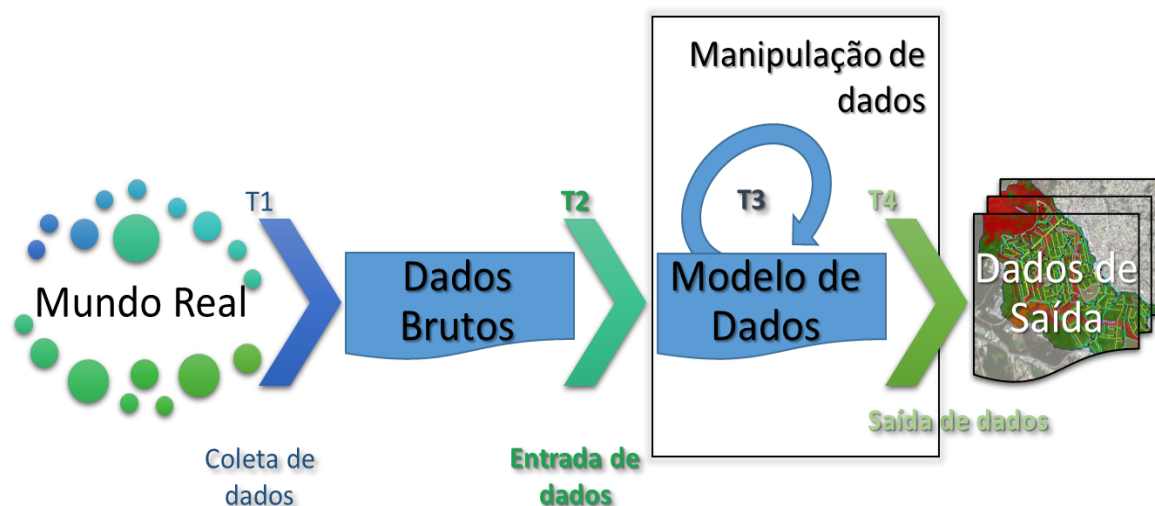


Figura 16 – Operações de transformação no GIS ou SIG.

Fonte: Adaptado de Moura (20013).

A Tarefa (T1) caracteriza a coleta de dados disponíveis nas instituições pertinentes e atividades de campo, os quais conforme a Tarefa 2 (T2) foram inseridos no SIG e, posteriormente manipulados – Tarefa 3 (T3), obtendo como resultados os mapas temáticos consoante Tarefa 4 (T4) e as necessidades do estudo de caso.

O uso da ferramenta de geoprocessamento foi fundamental para o estudo, pois, possibilitou a elaboração do mapeamento da microbacia hidrográfica da barragem Mãe D'Água.

Os pesquisadores Zanandrea, Valério e Silveira (2015), delimitaram a microbacia hidrográfica e a denominaram como “Mãe d'Água, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Porto Alegre e Viamão e constitui uma das nascentes da Sub-bacia do arroio Dilúvio, que cruza grande parte do perímetro urbano de Porto Alegre.”.

A microbacia em questão compreende a barragem Mãe D'Água e quatro afluentes na sua bacia de contribuição, fazendo parte da Sub-bacia do arroio Dilúvio que, por sua vez, está compreendida na bacia hidrográfica do Lago Guaíba. Uma parte da área da Microbacia da barragem Mãe D'Água encontra-se nos limites internos da UFRGS, no Campus do Vale e a maior parte distribuída nos bairros de Viamão: Vila Santa Isabel e Jardim Universitário. Este corpo receptor é o exutório dessa bacia de contribuição, totalizando uma área de 352 ha e inaugurada em 1962 pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), em IPH (2008).

Essa delimitação preliminar colaborou para se retificar alguns trechos o que resultou na delimitação da microbacia dessa dissertação.

A área da microbacia localiza-se no município de Viamão e a barragem propriamente dita, ou seja, seu exutório - à jusante - situa-se no município de Porto Alegre. Sendo que microbacia da barragem Mãe d'Água possui uma área de 3,38 km<sup>2</sup> ou seja 338 ha, determinada e delimitada (Figura 17) por meio de análise de banco de dados espacial em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), contendo informações cartográficas e tabulares referentes ao mapeamento dos temas propostos.

Essa área de 338 ha está representada pelas vertentes Sul e Sudeste do Morro Santana e do adensamento urbano da Vila Santa Isabel (maior área), Jardim Universitário e Nossa Sra. Aparecido, todos bairros do município de Viamão.

Além do Morro Santana essa área apresenta importantes Áreas de Preservação Permanente (APP) de córregos, nascentes e declividade, conforme preconizam as normas ambientais e que podem ser verificadas no Mapa de APP nos Resultados dessa dissertação, utilizando-se o software de geoprocessamento ArcGis 10.3 na sobreposição de informações, resultando nos mapas temáticos desse estudo.

Assim, o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) foi elaborado seguindo as disposições dos artigos 2º e 3º da Resolução CONAMA nº 303 de 2002 e parecer 1181/2013

- ✓ APP em topo de morro. Nova definição pelo artigo 4º, inciso IX, da Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que instituiu o Novo Código Florestal.

Assim, foram mapeadas as seguintes categorias de APP:

- ✓ Margens dos cursos d'água: 30 metros para cursos d'água com menos de 10 metros de largura;
- ✓ Entorno das nascentes, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura;

- ✓ Encostas ou elevações com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- ✓ Topo de morro: Fornecido pela Secretaria do Meio Ambiente e da Sustentabilidade de Porto Alegre;
- ✓ Para a determinação das APP ao longo dos cursos d'água utilizou a hidrografia acima referida a partir do qual foi gerado um buffer de 30m para cada lado da drenagem com até 10 metros de largura.
- ✓ Para a delimitação das APP ao redor das nascentes, foi gerado um buffer com raio de 50 metros em torno das nascentes.

O mapa das APP (representado na Figura 29) referente a APP de declividade superior a 100% (45°) foi obtido a partir elaboração do mapa de declividade (representado na Figura 30) que pode ser verificado no Mapa de Declividade nos Resultados dessa Dissertação. O mapa de declividade foi reclassificado para 1 classe de declividade de >100% (45°).

O mapa de declividade foi obtido a partir da importação do arquivo digital das curvas de nível com equidistância de 1 metro, disponibilizado na base altimétrica vetorial contínua de Porto Alegre na escala 1:1. (Hasenack, H.; Weber, E.J.; Lucatelli, L.M.L. 2010). Este procedimento possibilitou a criação do Modelo Digital de Elevação (MDE), que representa uma imagem onde o valor armazenado em cada pixel representa a altitude do terreno naquela posição. O referido modelo foi gerado automaticamente a partir da interpolação das curvas de nível, utilizando-se o modelo de grade triangular TIN (Triangular Irregular Networks). A reclassificação do MDE resultou na declividade do terreno. As classes de declividade foram discriminadas em quatro intervalos distintos de acordo com os critérios sugeridos Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS (FEPAM) em: 0-30%, 30-58%, 58-100%, > 100%, resultando no Mapa de Declividade.

A imagem de alta resolução, datada de 2014 foi cedida pela pesquisadora Zanandrea (2016), que utilizou imagem do satélite Quickbird de 2014 cedida pela Ufrgs, previamente georreferenciada e com resolução de 0,5 metros, permitindo analisar a ocupação do solo na bacia hidrográfica Mãe d'Água nesse período.

Essa bacia é composta por quatro afluentes principais, conforme descrito anteriormente e tem uma estimativa de 18.246 habitantes e 5.907 domicílios de acordo com o Censo de 2010 do IBGE."

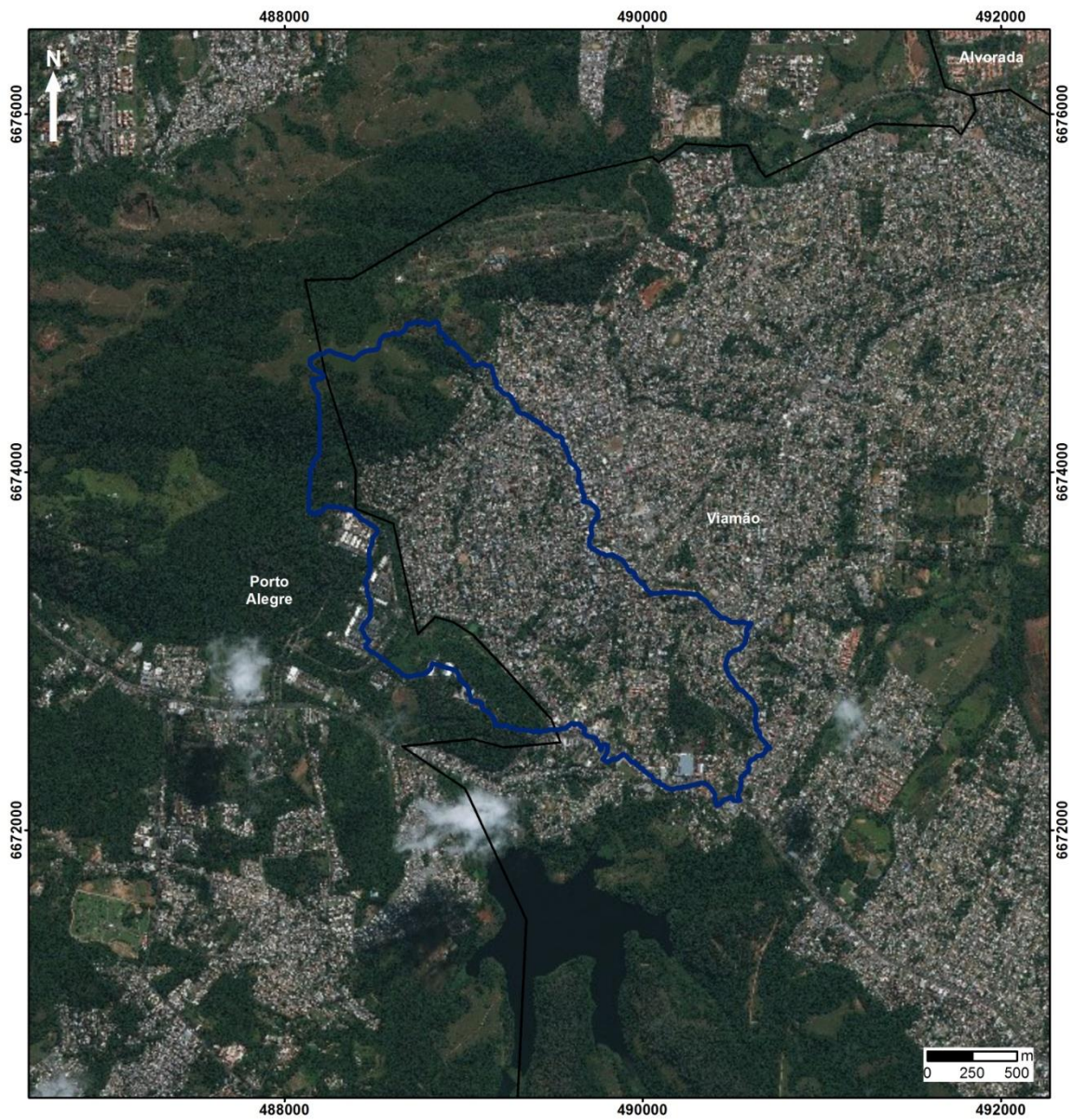


Figura 17 – Mapa de Situação e Localização da Microbacia da Barragem Mãe d'Água.  
 Fonte: Elaborado pelo Autor.



## **4.2 Descentralização do saneamento e ferramentas de gestão de recursos hídricos**

Esse estudo buscou junto à CORSAN, a informação de projeto do sistema de esgotamento sanitário da região em questão.

Utilizando a metodologia de avaliação de impactos ambientais denominada "sobreposição de informações/mapas", e caracterizada por Braga *et al.* (2002); Calijuri e Cunha (2013); Vesilind e Morgan (2015) buscou-se a elaboração de um mapa que determinou a aptidão de áreas para a implantação de técnicas de baixo impacto referentes ao tratamento primário e secundário de esgoto sanitário e de forma descentralizada, ou seja, em áreas urbanas onde o sistema de esgotamento sanitário público não chegará.

O sistema de água e esgoto de Viamão é gerido pela CORSAN, que forneceu dados e informações inerentes ao projeto hidráulico da rede coletora do sistema de esgotamento sanitário de Alvorada/Viamão, onde se insere o objeto de estudo.

A bacia hidrossanitária onde se situa a microbacia de estudo, segundo a CORSAN (2018), é denominada como AF-15 representada na Figura 18, e que possui uma população estimada para 2018 de 15.542 e uma projeção populacional para 2047 de 21.386 habitantes. Esta mesma publicação ainda informa que a bacia hidrossanitária AF-15 foi dividida em 12 sub-bacias, cada uma equipada com uma estação de bombeamento própria. Sendo que as sub-bacias AF-15.2, AF-15.7, AF-10.10 e AF-15.12 irão transpor suas vazões para a bacia AF-09; enquanto as demais bacias farão transposições dentro da própria bacia AF-15, a maioria em direção a sub-bacias AF-15.10, que é onde estará instalada a maior estação elevatória de esgoto da bacia.



As informações inerentes à bacia hidrossanitária, AF-15, da CORSAN foram fundamentais para a compilação e elaboração do Mapa final (ver Figura 33) denominado “Mapa das Áreas Seleccionadas”, em função de que se sobrepôs as informações da rede coletora do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) – com extensão de arquivos '.dwg', em AutoCAD - , e convertidos em shapefiles para inclusão no software de geoprocessamento, resultando num Mapa que contemple áreas seleccionadas e possíveis para se trabalhar a planificação de futura implantação de tratamento descentralizado alcançando áreas urbanas onde o SES público não poderá atingir.

#### **4.2.1 Características das ferramentas de gestão de recursos hídricos utilizadas**

A ferramenta utilizada foi o Diagrama de Ishikawa, que abordou de forma acessível a identificação de outras causas do problema/efeito indesejado.

Nessa dissertação foram utilizadas informações consultadas ao longo do estudo junto a colaboradores da Corsan, profissionais do mercado e bibliografia, bem como dados coletados por meio de saídas de campo, onde se abordou de forma informal representantes de Associações de moradores locais.

De posse desses dados e sua respectiva manipulação concebeu-se o resultado que foram as principais causas que geraram o conflito socioambiental/efeito indesejado. O resultado final foi a elaboração do Diagrama Espinha de Peixe apresentado nos resultados.

Alguns especialistas foram consultados (Geógrafo, Engenheiro Sanitarista e Engenheiros Civis). Refletindo na identificação de algumas causas do problema/conflito socioambiental. O mesmo sendo realizado por Lucena e Martins (2016) que a partir de um *brainstorming* com especialistas aplicaram o Diagrama de Espinha de Peixe, em conjunto com outros métodos de gestão, para apontar as principais causas de consumo excessivo de água em um clube de campo. A partir do levantamento das possíveis causas da poluição das águas locais dos afluentes da barragem Mãe d'Água planejou-se o Diagrama de Ishikawa. Para a dissertação não foi utilizado o método 6M: Medidas, Métodos, Meio Ambiente, Máquinas (ou Equipamentos), Materiais e Mão de Obra (ou Pessoas) do referido Diagrama, sendo mais utilizado para o controle de qualidade em uma Organização.

No contexto dessa análise os parâmetros foram diferentes, utilizando-se portanto o método dos 4P: Políticas, Procedimentos, Pessoas, Planta/Projeto/Esopo<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> SBCOACHING. Diagrama de Ishikawa: Guia Completo Passo a Passo, 2018. Disponível em: <<https://www.sbcoaching.com.br/blog/avaliacoesdiagnosticos-e-assessments/diagrama-de-ishikawa/>> Acesso em: 20 mai. 2019.

Conforme preconizado por Lucena e Martins (2016) “cada um desses eixos representa uma causa, e serão determinadas subcausas, de modo a preencher o diagrama.”.

O objetivo da elaboração deste Diagrama de Ishikawa é conhecer o principal motivo do problema indesejado, para que se possam sugerir ações mais assertivas aos tomadores de decisões e descobrir a melhor maneira de ajudar a dirimir ou anular essa adversidade ambiental. Integrada ao Diagrama de Causa e Efeito esse Estudo considerou também o uso de Matriz de Priorização, que conforme orientações do portal denominado SITEWARE (2017)<sup>21</sup>, método de uso simples e que pode ser adaptado também para as necessidades específicas de cada situação. Portanto, a Matriz foi utilizada e adaptada para o cenário em estudo, tendo a seguinte caracterização:

✓ Determinação das Notas:

Nota 5 – Extremamente grave e urgente. Se não for resolvido a piora será imediata.

Nota 4 – Muito grave, muito urgente e vai piorar a curto prazo.

Nota 3 – Grave, urgente e vai piorar a médio prazo.

Nota 2 – Pouco grave, pouco urgente e vai piorar a longo prazo.

Nota 1 – Não é grave nem urgente e não traz prejuízos.

✓ Quanto a caracterização de Gravidade / Urgência / Tendência:

Gravidade: É necessário avaliar qual a seriedade do problema e como ele afeta a região e as pessoas, a curto e longo prazo.

Urgência: De acordo com sua gravidade, é aqui que se analisa em quanto tempo o problema precisa ser resolvido para não ser agravado.

Tendência: É o potencial que o problema tem de crescer e se agravar, prejudicando os processos/procedimentos/ações.

Portanto, as Notas da Matriz GUT (Gravidade / Urgência / Tendência) estão representadas na Tabela 3, sendo que as Notas são arbitrárias.

---

<sup>21</sup> SITEWARE. Como utilizar a matriz de priorização de processos? 2017. Disponível em: < <https://www.siteware.com.br/metodologias/matriz-priorizacao-processos/> > Acesso em: 01 jun. 2019.

NOTA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não mudar nada
2	Pouco grave	Pouco urgente	Piorar em longo prazo
3	Grave	O mais rápido possível	Piorar em médio prazo
4	Muito grave	É urgente	Piorar em curto prazo
5	Extremamente grave	Precisa ser resolvido já	Piorar rapidamente

Tabela 3 – Distribuição das Notas da Matriz GUT.

Fonte: Adaptado de Siteware (2017).

As notas iguais e acima de 100 ( $N (G \times U \times T) \geq 100$ ), a partir do cálculo do Fator de Multiplicação,  $G \times U \times T$ , chega-se ao valor (nota final) das Causas e utilizando-se do critério estabelecido, destacaram-se as mais Significativas, as quais foram as primeiras a serem discutidas. Recomenda-se também que essa análise seja realizada por equipe multidisciplinar, quando da sua aplicação no mercado de trabalho. Tabela 4, sendo que as Notas foram arbitradas.

FATOR DE MULTIPLICAÇÃO	
$G \times U \times T$	= Valor da Causa (Nota Final da Causa)

Tabela 4 – Método de cálculo do Valor da Causa.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 4.3 Seleção das áreas e das alternativas de tecnologias de baixo impacto descentralizadas

Os autores Calijuri e Cunha (2013); Vesilind e Morgan (2015); Braga *et al.* (2002) descreveram métodos de avaliação de impactos ambientais em suas publicações. Especificamente, para o auxílio na determinação das áreas aptas para a projeção de implantação de tratamento descentralizado de esgoto sanitário, trabalhou-se com a sobreposição de mapas.

O uso dessa metodologia foi necessária para se dirimir o efeito da subjetividade trabalhada durante a elaboração do Diagrama de Ishikawa, complementando com a apresentação de mapas temáticos como resultados.

Essa ferramenta do geoprocessamento também é considerada com um método de avaliação/análise de impactos ambientais de uma atividade/serviço/obra potencialmente poluidora, conforme abordam Calijuri e Cunha (2013).

A sobreposição de informações: APP, Declividade e o Projeto do SES previsto para Viamão pela CORSAN gerou o mapa de áreas aptas para a implantação de tecnologia de tratamento de esgoto sanitário descentralizada.

Ressalta-se que a questão da profundidade do lençol freático também seria um fator importante para a escolha da área ideal. Porém, a área em estudo não possui dados de nível do lençol freático tanto da prefeitura de Viamão quanto da Corsan. Lembrando portanto que esse critério deve ser considerado quando do planejamento de projetos semelhantes.

#### Etapas de seleção de Área

A partir da sobreposição de informações nos Mapas e consoante descreve Braga *et al.* (2002), delimitaram-se as áreas selecionadas como Aptas para a implementação futura de tecnologias de tratamento de esgoto descentralizado.

A sobreposição de mapas temáticos gerará o Mapa de Áreas Aptas, conforme caracterizado fluxograma da Figura 19:

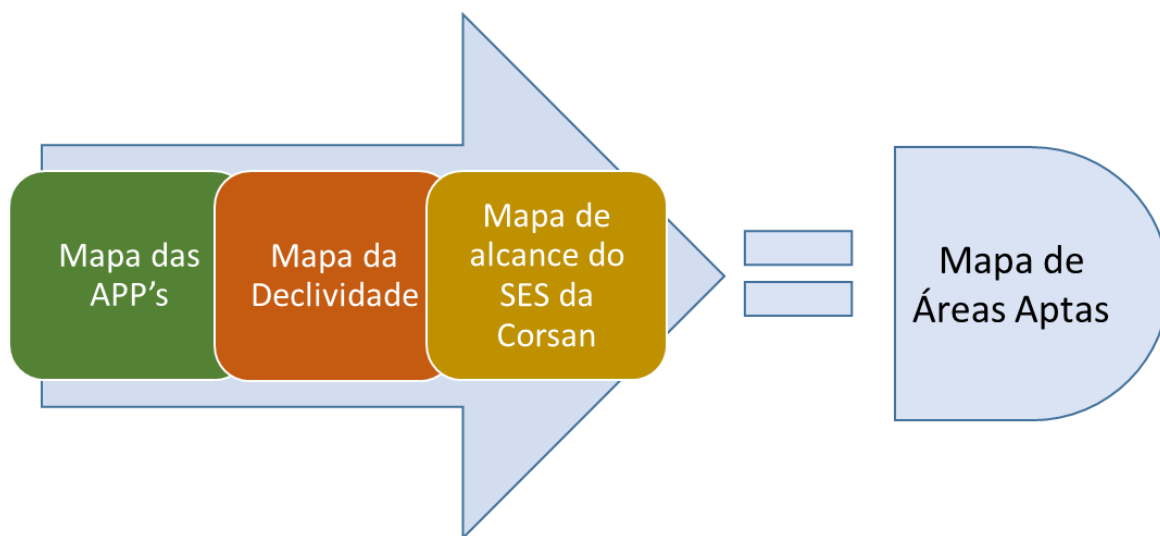


Figura 19 – Esquema de sobreposição de mapas.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após, por meio de saída de campo estimou-se um universo populacional para cada área, em função das economias residenciais existentes que pudessem ser previstas participarem do referido tratamento descentralizado.

Portanto, a área apta deverá apresentar os seguintes critérios:

- ✓ Fora das faixas de APP;
- ✓ Ter declividade baixa entre 0-30%;
- ✓ Inexistência da rede coletora de esgoto sanitário prevista para instalação futura;
- ✓ Possuir escolas e associações de moradores locais nas proximidades.

Este último item, converge exatamente com o que preconizam Kobiyama; Mota e Corseuil (2008), referente ao uso do método de Bacia-escola, no intuito de tornar a escola um centro local disseminador de conhecimentos sobre a hidrologia e desenvolvimento de tecnologias de baixo impacto, reforçando a participação da comunidade em termos de gerenciamento dos recursos hídricos e do saneamento ambiental local.

Resultando, portanto na elaboração do Mapa de Áreas Prioritárias.

Em função do que já foi citado anteriormente, o lençol freático não foi considerado como um dos critérios de escolha de área apta para a implementação do projeto, pois exigiria a realização de sondagens para a determinação do nível do lençol freático, dificultando a viabilidade da análise das hipóteses. Entretanto, na concepção do projeto de WC está contemplado o uso de geomanta de impermeabilização nas suas paredes laterais e fundo, sendo descritas especificações técnicas nos resultados.

A partir da elaboração dos Mapas de APP e de Declividade se chegou a uma área de 2,38 km<sup>2</sup> ou de 238 ha que podem ser consideradas como Aptas e de áreas não Aptas: 1,00 km<sup>2</sup>; que podem ser verificadas no Mapa de Áreas Aptas nos Resultados dessa Dissertação.

A partir das informações recebidas pela CORSAN com relação à planta da rede coletora de esgoto sanitário prevista para a região da Vila Santa Isabel nos resultados será apresentado o Mapa de Áreas Prioritárias possíveis para a implantação do Projeto em estudo.

Salienta-se que o Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da UFRGS (LabGEO) disponibiliza em seu portal<sup>22</sup> oficial diversos dados, os quais foram utilizados para a elaboração dos mapas temáticos, tais como: curvas de nível. O LabGEO foi criado em 1988, tendo como função prestar apoio às atividades de ensino, pesquisa e extensão do Instituto de Biociências da UFRGS nas áreas de sistemas de informação geográfica (SIG), cartografia temática e sensoriamento remoto.

#### **4.4 Alternativa de tecnologia apropriada**

Posteriormente à aplicação do Diagrama Espinha de Peixe definiu-se a alternativa do tratamento complementar apropriado, e após estimou-se o capital a ser investido para a instalação e operação do projeto de sistema de tratamento descentralizado-complementar com TS e WC.

##### **4.4.1 Tratamento Complementar: TS + WC**

Nessa dissertação o tratamento complementar de esgoto sanitário utilizado foi para pequenas vazões, em áreas onde a rede pública urbana de sistema de esgotamento sanitário não alcança.

---

<sup>22</sup> Portal do LabGEO. < <https://www.ufrgs.br/labgeo/>>, acessado em 15/01/2019.

A fundamentação técnica das tecnologias de dimensionamento tanto de TS quanto de WC proveram de publicações e normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), tais como:

- ✓ ABNT NBR 7229/1993 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos;
- ✓ ABNT NBR 13969/1993 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação;
- ✓ Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas, pelos pesquisadores Luiz Sérgio Philippi e Pablo Heleno Sezerino, de 2004;
- ✓ *Vertical flow constructed wetlands: Eco-engineering systems for wastewater and sludge treatment.*, pelos pesquisadores Alexandros Stefanakis, Christos S. Akratos, Vassillios A. Tsihrintzis, de 2014.
- ✓ Manual de projeto de estações de tratamento de esgotos, por Patricio Gallego Crespo, de 2005, enfatizando sistemas de tratamento para pequenas comunidades;
- ✓ Tratamento de esgotos domésticos, por Eduardo Pacheco Jordão e Constantino Arruda Pessoa, de 2005, 4ª edição;
- ✓ Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Princípios básicos do tratamento de esgotos, por Marcos Von Sperling, de 1996.

A alternativa de técnica em sistemas de tratamento primário e secundário abordada nesse trabalho foi a seguinte:

Tanque séptico (TS) com retirada de subproduto lodo por Caminhão + *wetland* construído sub-superficial de fluxo vertical;

Entre essas Alternativas busca-se a tecnologia mais apropriada que deverá seguir os seguintes preceitos da sustentabilidade, conforme consta na Figura 20:



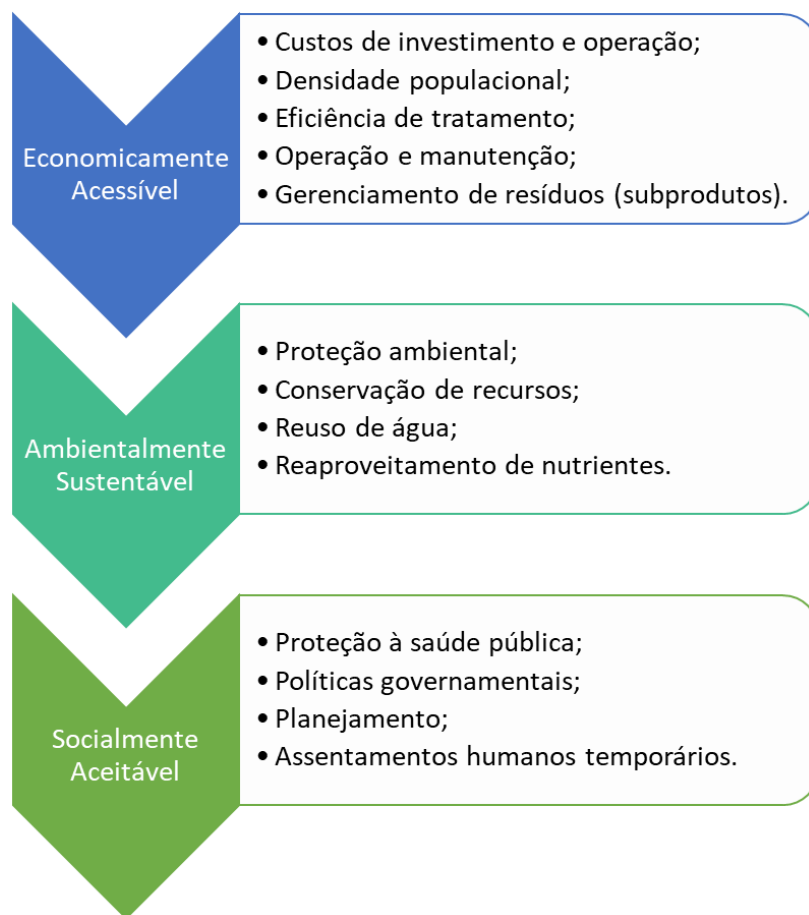


Figura 20 – Aspectos a considerar para tecnologias adequadas.

Fonte: Adaptado de apresentação do Professor Pablo Heleno Sezerino no II ESBEA<sup>23</sup>, em 2018.

Sabe-se que a implementação de WC é economicamente mais acessível do que os tratamentos convencionais como Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), por exemplo.

A ferramenta de análise das informações ambientais e respectivo mapeamento tem a diretriz de se fundamentar em critérios ambientalmente sustentáveis, conforme a Figura 20.

Em função disso, o objetivo deste estudo não é comparar a possibilidade de instalação de tratamento complementar descentralizado de esgoto sanitário com os tratamentos complexos e convencionais, e sim, apresentar que é possível o planejamento e implementação do referido projeto em área selecionada que está de acordo com as questões de acessibilidade econômica, ambientalmente sustentável e socialmente aceitável.

A alternativa de técnica a ser utilizada no sistema de tratamento complementar e descentralizado de esgoto sanitário: primário e secundário e recomendadas por Sezerino no II

<sup>23</sup> II Encontro Sul Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, de 24 a 26 de outubro de 2018, em Foz do Iguaçu/PR.

ESBEA de 2018<sup>24</sup> e pesquisadores que trabalharam nessa temática, podem ser verificadas nas Figura 21 e Figura 22.

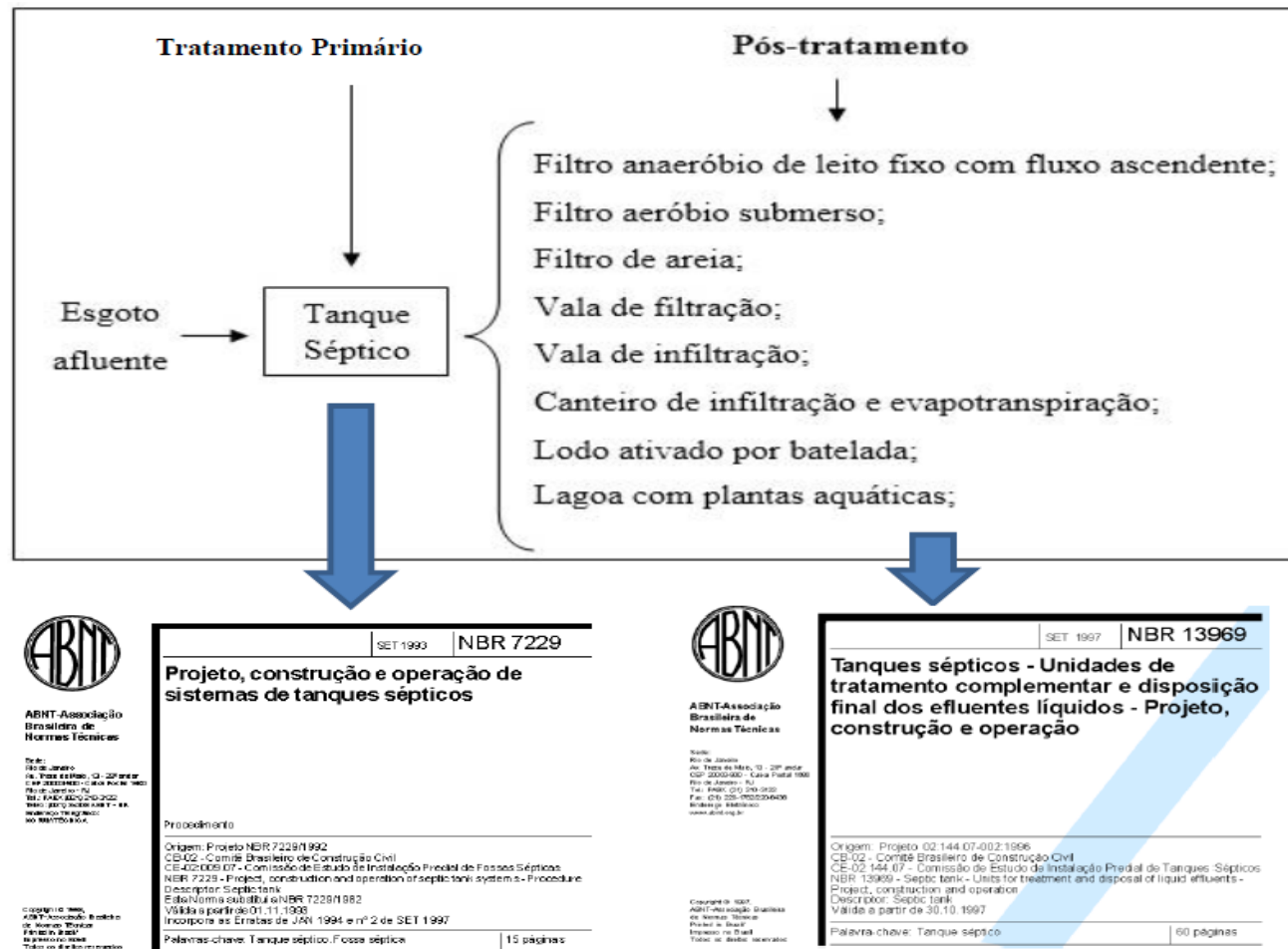
No sistema descentralizado de tratamento é necessário o gerenciamento do lodo, conforme orienta Sezerino (2018), entre outras necessidades adicionais.

Para facilitar a concepção do dimensionamento e estimativa de custo de instalação e operação, o projeto-piloto de sistema integrado de tratamento descentralizado de esgoto sanitário a ser considerado é o de TS+WCFV com retirada de lodo de esgoto tratado no TS (frequência de coleta de 1ano). Pois, é um sistema efetivamente implantado e operando no País, com vários exemplos de funcionamento, conforme verificado nos subitens 3.4.1 e 3.4.2.

Ressalta-se que os TS projetados para o estudo de caso foram dimensionados em conjunto com a empresa TORRI, que trabalha há mais de 20 anos com projetos de tratamentos complementares de esgoto sanitário. Além disso, a projeção se fundamentou nas orientações das normas brasileiras NBR ABNT 13969:1997 e 7229:1993 e em autores como Jordão (2005) e von Sperling (1996) que serão detalhadas a posteriori.

---

<sup>24</sup> Informações fornecidas pelo Professor Dr. Pablo Heleno Sezerino no II Encontro Sul-Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária, em Foz do Iguaçu, no ano de 2018.



**Em processo de REVISÃO no ano de 2017...**

Figura 21 – Tecnologia convencional: Tanques Sépticos. Normas Técnicas da ABNT 7229 e 13969 consideradas nesse estudo de caso.

Fonte: Adaptado de Sezerino (2018).



Figura 22 – Tecnologias alternativas de tratamento complementar: *wetlands* construídos.

Fonte: Adaptado de Sezerino (2018).

Após a saída do TS o efluente irá para WCFV passando por todas as camadas filtrantes com escoamento de fluxo vertical, por gravidades. Entre cada unidade de tratamento recomenda-se a instalação de Caixa de Inspeção (CI), para que sejam realizadas três coletas de amostra de efluente: 01 coleta do afluente bruto, antes de entrar no TS; 01 coleta do efluente na saída do TS; 01 coleta do efluente na saída do WCFV.

A quantidade de coletas, os tipos de parâmetros a serem utilizados e a frequência de coleta determinarão o custo desta etapa, podendo alterar o planejamento de coleta e análise dessas amostras em função do custo de cada coleta.

Na Figura 23 e Figura 24 foram apresentados um fluxograma de funcionamento do escoamento do efluente sanitário no sistema contendo: Tanque Séptico (TS) + *Wetland* Construído de Fluxo Vertical (WCFV) e o próprio WCFV.

FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DO ESCOAMENTO  
NO SISTEMA: TS + WCFV

CAMADAS FILTRANTES DO WCFV

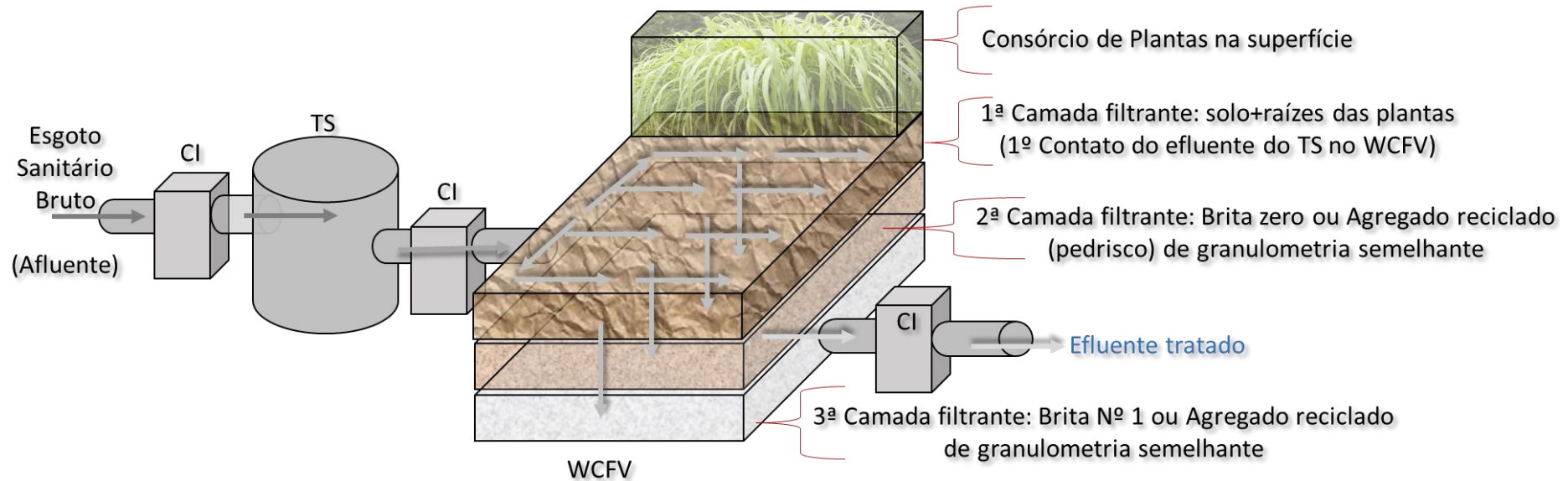
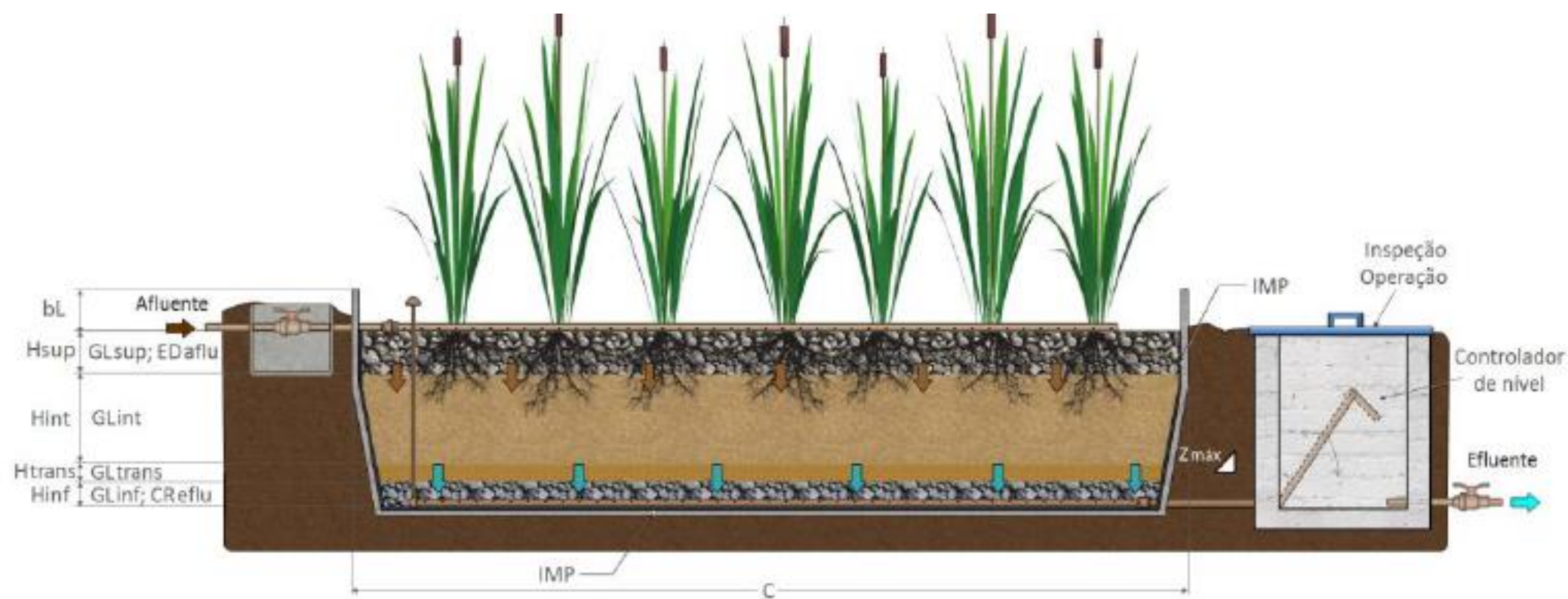


Figura 23 – Desenho esquemático do Fluxograma de funcionamento do escoamento do esgoto sanitário no Sistema: TS + WCFV.

Legenda: CI = Caixa de Inspeção.

Fonte: Elaborado pelo Autor.



**Legenda:**

Hsup - altura da camada superior do meio suporte (camada opcional);	GLsup - granulometria do leito na camada superior do meio filtrante;
Hint - altura da camada intermediária, principal, de filtração;	GLint - granulometria do leito na camada intermediária, principal, de filtração;
Htrans - altura da camada de transição;	GLtrans - granulometria do leito na camada de transição
Hinf - altura da camada inferior, de drenagem;	GLinf - granulometria do leito na camada inferior, de drenagem;
bL - borda livre; distância vertical entre o nível superior do meio suporte e o topo do talude ou parede	ED aflu - zona de entrada e distribuição do afluente, na camada superior do meio filtrante;
C - comprimento;	CR eflu - zona de coleta e retirada do efluente na camada de drenagem, no fundo.
Zmáx - declividade máxima do talude (quando necessário);	
IMP - impermeabilização (fundo e laterais);	

Figura 24 – Esquema representativo do perfil longitudinal do wetland construído de escoamento vertical.

Fonte: Adaptado de von Sperling e Sezerino (2018, p. 23)

#### **4.5 Levantamento de custos da alternativa selecionada**

Nos resultados foram apresentados os custos de implantação e operação do sistema de TS com WC e apresentadas oportunidades que possam fomentar a implantação da atividade.

Foram tomados como base os valores de mercado por meio de consultas a empresas fornecedoras de insumos pertinentes ao estudo de caso e levantamento de preços de serviços de sistemas de custos referenciais de obras do DNIT/RS – Departamento Nacional de Infraestrutura, com valores atualizados de Janeiro/2019 – e DAER – Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem, do Estado do Rio Grande do Sul, com preços de prestação de serviços atualizados de 2018.

Esse levantamento de custo adianta as questões inerentes às informações de que se essa tecnologia selecionada está adequada ao pilar do "Economicamente Acessível", conforme enfatizado por Sezerino (2018) e verificado na Figura 20.

A concepção deste projeto pode gerar a possibilidade de fomento de pesquisa à UFRGS com as partes interessadas, para a implementação da tecnologia descentralizada de tratamento primário e secundário de esgotamento sanitário, em área urbana desassistida pelo SES público, segundo a concepção dessa dissertação.

#### **4.6 Interface do Estudo com políticas públicas de gestão de recursos hídricos**

Conforme o problema socioambiental da comunidade local, entendida como Coletividade, descarta seus resíduos sólidos e lança seu efluente sanitário bruto diretamente nas águas dos cursos d'água locais, poluindo-os.

Os Planos de Bacias Hidrográficas recomendam parcerias com outras instituições para a execução de suas ações, compartilhadas também com os outros atores sociais. O Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba<sup>25</sup> tem como seu objetivo principal: “operacionalizar as disposições do Plano Estadual de Recursos Hídricos, compatibilizando os aspectos de quantidade e qualidade da água e orientando a sociedade sobre a utilização futura deste bem público”.

Diante do supra exposto, a possibilidade de planejamento e execução desse Estudo de Caso passa pelo entendimento de sua interface com as Políticas Públicas. No caso, de vincular sua

---

<sup>25</sup>Consulta ao site do Comitê de Gerenciamento do Lago Guaíba. PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA – RELATÓRIO EXECUTIVO. Revisão 02/Julho 2016.  
<[http://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Relat%C3%B3rio\\_executivo\\_REV02\\_completo-comp.pdf](http://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Relat%C3%B3rio_executivo_REV02_completo-comp.pdf)>, acessado em 24/07/2019.

planificação a partir de um entendimento do funcionamento do SINGERH e do programa de ações do Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. Identificando possíveis atores sociais inseridos no contexto da gestão de recursos hídricos da microbacia da barragem Mãe d'Água (que faz parte da Sub bacia hidrográfica do arroio Dilúvio e esta da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba).

Sabendo que o SINGERH tem como alguns de seus objetivos:

- ✓ Coordenar a gestão integrada das águas.
- ✓ Arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos.
- ✓ Planejar, regular, e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos.

Considerando que o SINGERH de âmbito federal compreende o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, este criado pela Lei Estadual N.º 10.350/1994, e que o Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba – estabelecido pelo Decreto Estadual N.º 38.989/1998 tem as atribuições que constam nos seguintes incisos do Art. 19 da Lei N.º 10.350/1994:

- ✓ VIII - aprovar os programas anuais e plurianuais de investimentos em serviços e obras de interesse da bacia hidrográfica tendo por base o Plano da respectiva bacia hidrográfica;
- ✓ IX - compatibilizar os interesses dos diferentes usuários da água, dirimindo, em primeira instância, os eventuais conflitos.

No Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, em relatório de execução de 2016<sup>26</sup>, o Comitê do Lago Guaíba é o seu principal “Articulador” e indica parceiros como colaboradores para a execução de diversas linhas de ações. Dentre as 19 Linhas de Ações e potenciais parceiros institucionais definidos pelo Plano, os que podem ter relação com o referido Estudo de Caso para a possibilidade de futuras discussões quanto a sua implementação estão listados a seguir.

- ✓ Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos:

Articulação com outros Planos e Programas (Parceiros potenciais: Corsan, Executivos e Legislativos Municipais);

- ✓ Setorial:

---

<sup>26</sup>Consulta ao site do Comitê de Gerenciamento do Lago Guaíba. PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA – RELATÓRIO EXECUTIVO. Revisão 02/Julho 2016.  
<[http://comitedolagoguaiba.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Relat%C3%B3rio\\_executivo\\_REV02\\_completo-comp.pdf](http://comitedolagoguaiba.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Relat%C3%B3rio_executivo_REV02_completo-comp.pdf)>, acessado em 24/07/2019.



Saneamento (Parceiros potenciais: Legislativos municipais, Fepam, ONGs ambientalistas e sociedade em geral);

✓ Ambiental:

Recuperação, Preservação e Conservação Ambiental em Áreas de Interesse para os Recursos Hídricos (Parceiros potenciais: DRH/SEMA, Fundação Zoobotânica, Executivos e Legislativos Municipais, Comando Ambiental da BM, Ministério Público Estadual, Instituições de Ensino e Pesquisa, ONGs Ambientalistas, Consema, CRH/RS, Ministério do Meio Ambiente (Ibama e ICMBio) e Seduc.).

Fomento a Programas Indutores de Boas Práticas Ambientais (Parceiros potenciais: Executivos Municipais, SEMA (DRH, Dbio, Fepam), ANA, Seduc, Instituições de Ensino e Pesquisa, ONGs Ambientalistas, Consema, CRH/RS, Assembleia Legislativa, Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Banrisul e sociedade e usuários de água em geral); e

Articulação com outros Instrumentos de Gestão do Território Aplicados na Bacia (Parceiros potenciais: Consema, Fepam, Seplan, Casa Civil e Gabinete do Governador (Centro de Governo ou Governadoria), Executivos Municipais, Instituições de Ensino e Pesquisa e proprietários de RPPN);

✓ Comunicação e Educação:

Implementação de Plano de Comunicação Social Permanente (Parceiros potenciais: DRH/SEMA, CRH/RS, Centro de Governo, Coordenação de Comunicação do Governo do Estado, Legislativos Municipais e Estadual, Famurs, Executivos Municipais, sempre através das suas assessorias de comunicação, bem como as assessorias de comunicação e imprensa das instituições integrantes do Comitê da Bacia do Lago Guaíba); e

Educação Ambiental (Parceiros potenciais: Instituições públicas e privadas que desenvolvam ações na área da educação ambiental, como: SOP, meios de comunicação, instituições de ensino e pesquisa, ONGs ambientalistas e demais Dmae e Corsan, entre outros).

Portanto, na busca do propósito de dirimir o conflito socioambiental da microbacia estudada e na busca de uma crescente melhoria da qualidade dos corpos de água dessa região, se buscará apresentar os resultados desse Estudo de Caso para o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba no intuito de compartilhá-los aos atores sociais envolvidos. Além de planejar a obtenção de parceiros públicos e/ou privados para a planificação e execução do tratamento descentralizado do espaço analisado, por meio de implementação de um projeto-

piloto referente ao tratamento complementar de esgoto sanitário, utilizando-se de um Sistema com: TS e WCFV.

A intenção desta iniciativa é associar os objetivos do Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba verificados acima com os propósitos dessa dissertação e as políticas públicas de saneamento básico do Estado do Rio Grande do Sul e no caso do município de Viamão.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Solução esta que pretendeu-se trazer à tona soluções que pudessem prever a melhoria a qualidade das águas dos recursos hídricos urbanos, conforme estabeleceu a PNRH e, recentemente, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): 6 “Água potável e saneamento” e 11 “Cidades e comunidades sustentáveis”.

Os resultados dessa dissertação foram discutidos em tópicos, sendo que no primeiro subitem (5.1) descreveu-se uma sucinta caracterização da bacia hidrográfica e seu problema ambiental, já no subitem (5.2) foi aplicada a ferramenta de gestão denominada de Diagrama de Ishikawa conectada a uma matriz de priorização, que com *brainstorming* e discussões técnicas propões soluções para o problema indesejado. No subitem (5.3) utilizou-se da ferramenta de sobreposição de mapas auxiliando na determinação de áreas prioritárias onde se pudesse trabalhar com tratamento descentralizado, buscando não atuar em áreas protegidas e de riscos ambientais. O próximo tópico referiu-se ao subitem (5.4) que detalhou sobre a tecnologia de baixo impacto a ser recomendada para o tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário. O subitem (5.5) apresentou a viabilidade de implementação desta tecnologia com a discussão de seu custo de investimento. Finalizando com o subitem (5.6) que expõe de forma concisa o esquema de planificação de tratamento descentralizado na estrutura da gestão de recursos hídricos.

A associação dessas ferramentas auxiliou na busca da identificação das causas que geravam/geram o efeito indesejado: poluição das águas dos cursos d’água urbanos locais. Hierarquizaram-se essas causas. Escolheu-se a solução para a causa prioritária identificada e se estimou sua precificação para possível implementação.

Porém, a recomendação futura é que essa solução seja discutida pelos tomadores de decisão utilizando-se da ótica de coordenar uma visão integrada de gestão dos recursos hídricos, conforme estabelece a PNRH.

### **5.1 Características da área de estudo**

Em função de que a bacia da barragem Mãe D’Água possui contribuição de efluente sanitário do anel viário da UFRGS, cabe ressaltar que atualmente há projeto – a ser implementado nos próximos anos – inerente à coleta do esgoto bruto do anel viário pelo Campus do Vale da Ufrgs e seu transporte para o coletor do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) que, conseqüentemente, escoará o efluente sanitário para a ETE Serraria, na zona sul de Porto Alegre conforme informações da Superintendência de Infraestrutura (SUINFRA/UFRGS).

Além disso, o corpo hídrico tem aportes de quatro cursos d'água à montante, localizados no município de Viamão. Nestes cursos d'água ocorrem lançamentos clandestinos de esgoto bruto e descarte de resíduos sólidos urbanos como, por exemplo: entulho, latas de tintas, garrafas de vidros e de plásticos, restos de comidas, entre outros, conforme verificados em atividades de campo e registrados nesse estudo no subitem 5.2. As qualidades de suas águas, aparentemente, encontram-se comprometidas.

Os cursos d'água que se localizam à montante da barragem Mãe D'Água, no município de Viamão estão compreendidos pelos bairros: Passo do Sabão e Jardim Universitário. Ambos recebem aporte clandestino de esgoto bruto das residências e comércio, bem como resíduos sólidos diversos. Consoante o estudo de IPH (2008), a bacia de captação da Barragem Mãe D'Água está assentada precisamente no espaço denominado de Grande Vila Santa Isabel, composta atualmente por outras vilas, originalmente conhecida como Passo do Dorneles.

A ocupação desordenada e o traçado das ruas não apresentam planejamento. São ocupadas inclusive áreas de risco nas encostas do morro Santana e às margens dos cursos d'água, com supressão de vegetação natural. Houve algum investimento em infraestrutura por parte dos loteadores ou Poder Público, porém, atualmente a comunidade sofre com a carência de serviços básicos, principalmente, de esgoto.

A área da microbacia da barragem Mãe D'Água está situada na bacia hidrossanitária AF-15, como informa CORSAN (2018), que contempla a Vila Santa Isabel no município de Viamão. Conforme verificado anteriormente e em consulta à Corsan no corrente ano, sabe-se que tem previsão de implantação uma rede coletora tipo separador absoluto, com interligação ao sistema integrado Alvorada – com sua Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), localizada em Alvorada. O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Integrado compreende rede e estações elevatórias, na área citada, sendo encaminhado para a ETE em Alvorada.

Por intermédio do Censo de 2010 do IBGE, para a área da bacia hidrossanitária AF-15 a população estimada no corrente ano era de 18.632 pessoas e a CORSAN projetou para o ano de 2047: 21.386 habitantes. Assim, todo o esgoto sanitário ligado a esta rede coletora e localizado na bacia AF-15 será conduzido para estação elevatória e direcionado para a ETE de Alvorada, para seu respectivo tratamento. Porém, mesmo com a implantação do SES Integrado da CORSAN na Vila Santa Isabel, ainda, ocorrerão espaços ocupados ou invadidos por domicílios irregulares, desassistidos de infraestrutura sanitária básica, o que pode ser verificado no subitem 5.4.3.

## **5.2 Uso de ferramenta de gestão Diagrama de Ishikawa na gestão de recursos hídricos**

O Diagrama de Espinha de Peixe foi utilizado para auxiliar no rastreamento das principais causas do problema ambiental, ou seja, um efeito indesejado, no caso: a poluição das águas de recursos hídricos urbanos dessa região.

Sabe-se por IPH (2008) e Poletto (2011) bem como atividades de campo realizadas nessa dissertação a confirmação de contínua degradação ambiental dos cursos d'água locais.

O uso de ferramentas de análise desses impactos ambientais adversos levantaram os possíveis aspectos ambientais<sup>27</sup>, ou seja, as causas que geram o efeito indesejado.

Uma vez determinado esse problema elaboraram-se os eixos principais denominados como as “categorias” do Diagrama de Causa e Efeito:

- ✓ Políticas, Procedimentos, Pessoas, Planta.

A partir do levantamento das possíveis causas da poluição das águas dos afluentes da barragem Mãe d'Água, listaram-se as sub-causas.

Nas atividades de campo verificaram-se a degradação ambiental local por meio de ocupação desordenada das áreas de APP da microbacia, além de evidências de recursos precários ou inexistentes de infraestrutura sanitária local tais como: drenagem pluvial e rede de coleta de esgoto sanitário, conforme pode ser evidenciado nas Figura 25 e Figura 26.

Na Figura 25, podem ser verificados cursos d'água (arroyos) que interceptam a microbacia e aportam no reservatório da barragem. O curso d'água representativo pela Foto A da Figura 25 apresentou alguns trechos de sua extensão canalizados e/ou modificados pela presença de ocupações irregulares, principalmente, nas proximidades com as margens do reservatório da barragem Mãe d'Água.

---

<sup>27</sup> Aspectos ambientais = atividades, serviços ou ações do homem e seus processos produtivos que alteram/alterarão um ambiente socioambiental.

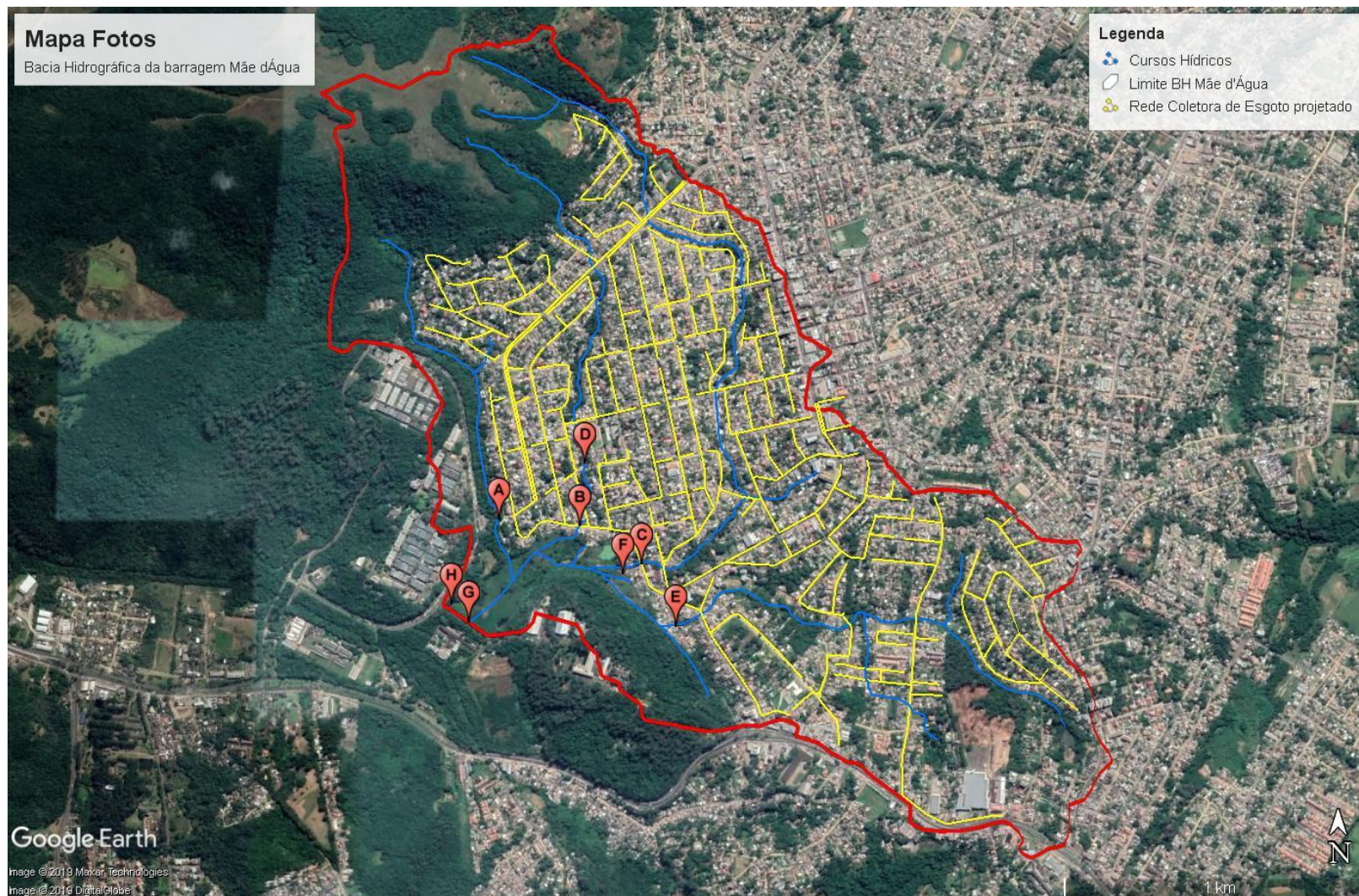


Figura 25 – Visitas à Campo. Obs.: as letras (A, B, C, ...) visualizadas nesta Figura estão ilustradas na **Figura 26**.

Fonte: Imagem Google Earth modificada pelo Autor.



Figura 26 – Representação de alguns pontos visitados a campo por meio de Fotos.

Fonte: Fotos do Autor (2018/2019).

A representatividade de cada ponto visitado em atividades de campo foi evidenciada nas fotos da Figura 26 e que suas imagens significam:

- A. Lançamento de esgoto residencial no sistema de esgotamento pluvial que, por sua vez, encaminha essas águas residuárias diretamente para afluente da Barragem Mãe d'Água. **Obs.:** esse cenário se revela em toda a área da microbacia localizada na Vila Santa Isabel.
- B. Acúmulo de matéria orgânica de esgoto sanitário em leito de afluente da Barragem Mãe d'Água.
- C. Margens de afluente degradada e lançamento de esgoto sanitário e descarte de resíduos sólidos urbanos diretamente nas margens e leito do referido curso hídrico.
- D. Residência ocupando margem esquerda de afluente, com encanamento de águas residuárias desta lançando diretamente no curso hídrico. Pilares de concreto de base-estrutural da residência marcados pelo nível de cheia do curso hídrico adjacente.
- E. Margens de afluente degradadas com estrutura residencial lançando águas residuais diretamente no arroio.
- F. Unidades residenciais em área de APP de arroio degradado. Acúmulo de matéria orgânica proveniente de esgoto sanitário em leito de curso hídrico e descarte de resíduos sólidos diversos nas águas e margens.
- G. Acúmulo de resíduos sólidos diversos em reservatório da barragem Mãe d'Água.
- H. Exutório da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água. Presença de matéria orgânica no leito concretado da barragem, com acúmulo de limo e percepção de odor fétido de esgoto sanitário.

O principal efeito indesejado identificado também nas atividades de campo foi a “Poluição das águas superficiais da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água por lançamento irregular de esgoto sanitário residencial”.

O Diagrama de Espinha-de-peixe foi elaborado com os seguintes passos sequenciais:

- 1) Definiu-se o problema: Poluição por esgoto sanitário das águas superficiais da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água; respondendo à pergunta “*Por que isto está acontecendo?*”;
- 2) Juntaram-se informações e dados concretos desse problema por meio de verificações à campo, compilações bibliográficas e consulta a especialistas;
- 3) *Check List* de *brainstorming* realizado para identificar as diferentes causas desse efeito indesejado;



- 4) Elaboração do Diagrama de Ishikawa por categorias de causas: utilização dos 4P<sup>28</sup>, em função do estudo de caso ser pertinente também à gestão de pessoas;
- 5) Estabelecimento de uma hierarquia – com a Matriz GUT – para as informações com suas principais causas, seguidas de suas subcausas e eliminação de informações dispensáveis para o momento;
- 6) As categorias das causas encontradas foram: Procedimentos, Políticas, Pessoas, Projeção/Esboço/Planta.
- 7) Diagrama de Causa e Efeito estruturado, conforme representado na Figura 27.

Portanto, os componentes do Diagrama de Espinha de Peixe foram caracterizados da seguinte maneira, fundamentando-se em Marques (2018)<sup>29</sup>:

- ✓ Efeito: o indicador de qualidade e o problema em questão;
- ✓ Eixo Central: é a flecha horizontal que aponta para o efeito;
- ✓ Categoria: são as flechas que partem do eixo central e que indicam os grupos de fatores/causas mais importantes relacionados com o efeito;
- ✓ Subcausa: a potencial causa que contribui para uma causa específica, ou seja, as derivações de uma causa.

Assim, encontrando a raiz do problema pode-se entender o seu contexto numa visão sistêmica de ações que o geraram e sugerir soluções para dirimi-lo ou extingui-lo.

---

<sup>28</sup> SBCOACHING. Diagrama de Ishikawa: Guia Completo Passo a Passo, 2018. Disponível em: <<https://www.sbcoaching.com.br/blog/avaliacoesdiagnosticos-e-assessments/diagrama-de-ishikawa/>> Acesso em: 20 mai. 2019.

<sup>29</sup> MARQUES, José Roberto. Aprenda como fazer um Diagrama de Ishikawa, 2018. Portal IBC. Disponível em: <<https://www.ibccoaching.com.br/portal/aprenda-como-fazer-um-diagrama-de-ishikawa/>> Acesso em: 01 jun. 2019.

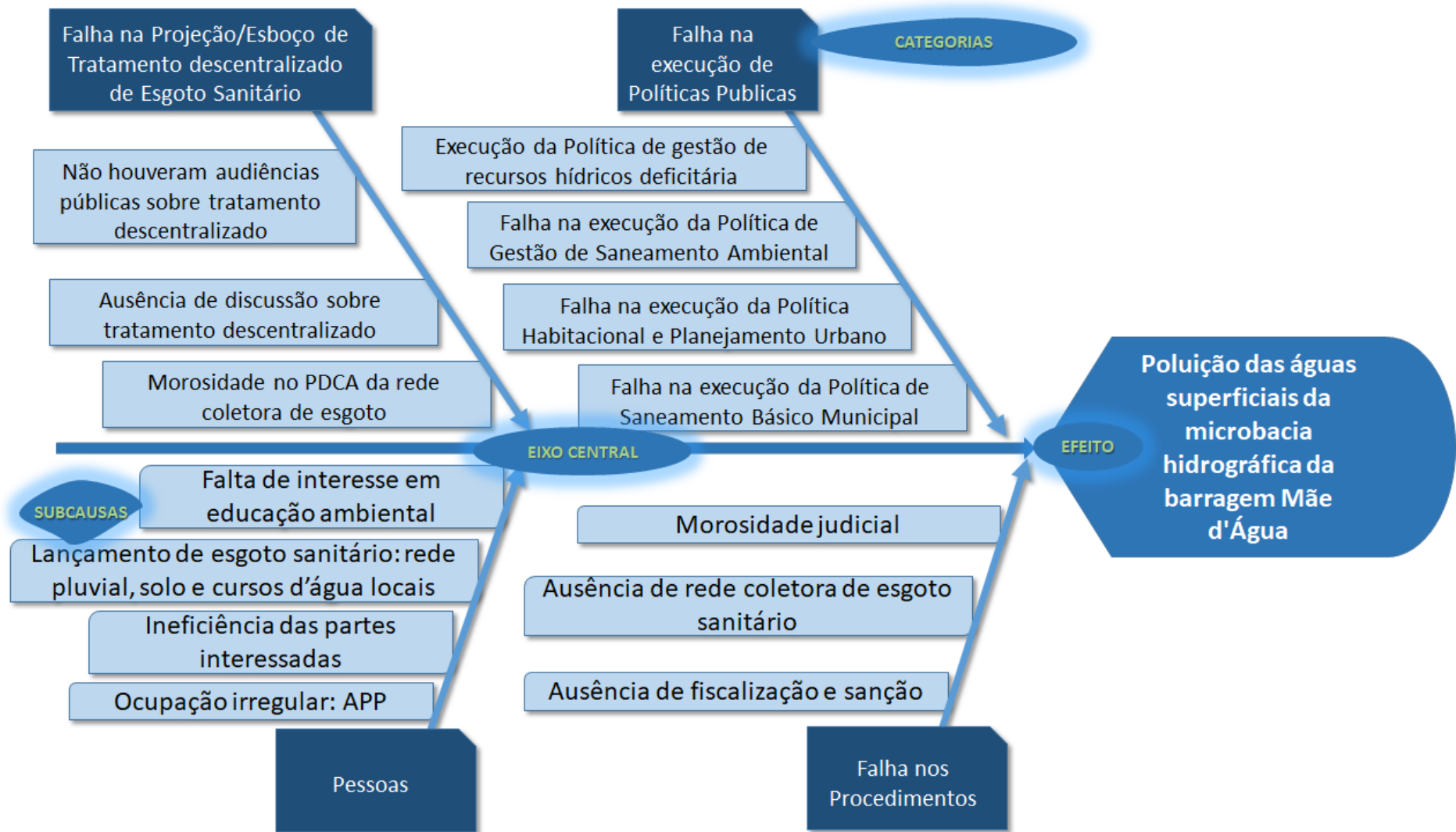


Figura 27 – Representação do Diagrama de Espinha de Peixe/Ishikawa.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

### **5.2.1 Discussão sobre resultado do Diagrama Ishikawa e Matriz de Priorização**

Considerando a compilação de estudos e análises de documentos técnicos da área de estudo.  
Considerando as anotações de campo realizados nas atividades de campo entre 2017 e 2019.  
Considerando o contexto de saneamento básico, especificamente: esgoto sanitário, e o problema identificado: "*Poluição das águas superficiais da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água (Efeito)*", listaram-se as causas principais que geraram esse efeito indesejado: (Categorias de Causas: Políticas, Procedimentos, Pessoas, Planta/Projeto/Escopo)

- ✓ (PROCEDIMENTOS) Falhas nos procedimentos de controle/fiscalização ambiental e sanitária da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água;
- ✓ (POLÍTICAS) Falhas na execução das políticas públicas: saneamento básico;
- ✓ (PESSOAS) Falhas na gestão das pessoas (atores sociais): interesses; e,
- ✓ (PLANTA) Ausência de uma Projeção/Esboço de Tratamento descentralizado de Esgoto Sanitário na concepção da política de saneamento básico municipal.

Todas as causas e subcausas identificadas foram fundamentais para o entendimento e a busca para a erradicação do conflito socioambiental. O passo seguinte foi o tratamento das causas consideradas significativas, ou seja, aquelas com Notas/Valores/"Graus Críticos" acima ou iguais à 100 na Matriz de Priorização, integrada ao Diagrama de Ishikawa, conforme arbitrado nessa dissertação.

As Causas e Subcausas foram listadas nessa Matriz – conhecida também como Matriz GUT, conforme verificadas na Tabela 5, e após aplicaram-se as Notas (de 1 a 5 atributos já definidos pelo próprio Método) para cada Subcausa que, por sua vez, foram multiplicadas:  $G \times U \times T$  (conforme explicado no subitem 4.2.1), resultando num valor identificado como "Grau Crítico".

O resultado foi uma nota final para cada Subcausa, as quais foram priorizadas numa sequência de hierarquização decrescente. Sendo analisados, primeiramente, os "Graus Críticos" de valores  $\geq 100$ , os quais foram considerados como Alto Grau Crítico e que deveriam ser priorizados.

CAUSAS E SUBCAUSAS DO PROBLEMA	MATRIZ GUT				
	GRAVIDADE (G)	URGÊNCIA (U)	TENDÊNCIA (T)	GRAU CRÍTICO (G x U x T)	HIERARQUIZAÇÃO
<b>CAUSAS DO PROBLEMA</b>					
Falhas nos procedimentos de controle/fiscalização ambiental e sanitária					
<b>SUBCAUSAS</b>					
Ausência de fiscalização e sanção	4	4	3	48	
Ausência de rede coletora de esgoto sanitário	5	5	5	125	5º
Morosidade judicial	5	5	3	75	
<b>CAUSAS DO PROBLEMA</b>					
Falha na execução de Políticas Públicas					
<b>SUBCAUSAS</b>					
Execução da Política de gestão de recursos hídricos deficitária	3	4	3	36	
Falha na execução da Política de Saneamento Ambiental	5	5	5	125	3º
Falha na execução da Política Habitacional e Planejamento Urbano	4	4	4	64	
Falha na elaboração e execução da Política de Saneamento Básico Municipal	5	5	5	125	4º
<b>CAUSAS DO PROBLEMA</b>					
Falhas na gestão das pessoas (atores sociais)					
<b>SUBCAUSAS</b>					
Ocupação irregular: APP's	5	5	3	75	
Falta de interesse das partes interessadas (Stakeholders)	4	4	3	48	
Lançamento de esgoto sanitário: rede pluvial, solo e cursos hídricos locais	5	5	5	125	1º
Falta de interesse em conscientização e educação ambiental	5	5	5	125	2º
<b>CAUSAS DO PROBLEMA</b>					
Falha na Projeção/Esboço de Tratamento descentralizado de Esgoto Sanitário					
<b>SUBCAUSAS</b>					
Não houveram audiências públicas sobre tratamento descentralizado	4	4	5	80	
Ausência de discussão sobre tratamento descentralizado	4	4	3	48	
Morosidade no PDCA da rede coletora e de tratamento de esgoto	4	4	5	80	

Tabela 5 – Matriz GUT de priorização das Subcausas.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As principais Subcausas hierarquizadas foram:

- 1ª Lançamento de esgoto sanitário: na rede pluvial e nos cursos d'água locais;
- 2ª Ineficiência em conscientização e educação ambiental;
- 3ª Falha na execução da Política de Saneamento Ambiental;
- 4ª Falha na elaboração e execução da Política de Saneamento Básico Municipal;
- 5ª Ausência de rede coletora de esgoto sanitário.

Ao dar prioridade às causas do problema com maior valorização segundo a análise da Matriz GUT, o estudo de seus pontos fracos foi o próximo passo para o entendimento do cenário do efeito indesejado.

1ª Lançamento de esgoto sanitário: na rede pluvial e nos cursos d'água locais:

Verificou-se o lançamento de esgoto sanitário bruto na rede pluvial – quando esta existe – e nos arroios afluentes da barragem Mãe d'Água. Verificou-se essa situação em todos os quatro cursos d'água principais da área em estudo.

Essa Subcausa está inserida na Gestão de Pessoas, mas também pode ser representativa na Causa de “Falhas nos Procedimentos”. Com relação a “Gestão de Pessoas” essa subcausa pode refletir na falta de interesse da comunidade e das autoridades locais e regionais em sanar o lançamento irregular de esgoto sanitário bruto. Quanto aos “Procedimentos” se evidenciou uma inexistência de controle e fiscalização dos próprios atores sociais supracitados, haja vista que a irregularidade não cessou.

Os atores sociais: comunidade local e responsáveis pelas instituições públicas e empresas privadas locais, ainda lançam esgoto bruto por meio de seus estabelecimentos.

2ª Ineficiência em conscientização e educação ambiental:

Essa causa também está relacionada com a 1ª descrita acima. A elaboração e execução de um plano de ação para o desenvolvimento efetivo da Conscientização e Educação Ambiental nas escolas públicas e privadas da área em estudo é fundamental para dirimir o Problema principal identificado. As autoridades públicas e a direção dessas escolas devem contribuir de forma permanente com a conscientização e educação ambiental (no viés de tratamento descentralizado e apresentação de tipos de tratamentos complementares de esgoto sanitário) aos seus discentes. Sabe-se que a prefeitura de Viamão e escolas públicas e privadas locais possuem programas e projetos socioambientais implementados: programas de educação ambiental. No entanto, não atingem a comunidade local de forma eficaz e eficiente.

3ª Falha na execução da Política de Saneamento Ambiental;

Não se verificou ações da política de saneamento ambiental eficientes para a região. Pois, ainda se constata vários pontos de lançamento de esgoto bruto em rede pluvial danificada ou inexistente e diretamente nos cursos d'água locais.

A Corsan finalizou em 2018 projeto de implantação de Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) integrado na área de estudo. Este mesmo estudo descreve que a água potável é encaminhada para quase todas as unidades residenciais e prediais da região. As ocupações irregulares em

Áreas de Preservação Permanente são problemas constantes na região e se localizam em áreas onde o poder público com seus procedimentos de esgotamento sanitário não consegue atingir.

#### 4ª Falha na elaboração e execução da Política de Saneamento Básico Municipal;

O bairro “Vila Santa Isabel” situado no município de Viamão/RS, compreende a área montante da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d’Água, sendo o principal contribuinte de carga orgânica proveniente do lançamento irregular de esgoto sanitário bruto nos afluentes da barragem Mãe d’Água.

Cabe ressaltar que a referida Prefeitura possui uma política municipal de saneamento básico e de resíduos sólidos urbanos – que está sendo revisada no momento, conforme Lei Municipal Nº 4.374/2015, entrando em consonância com os projetos da Corsan de implantação de rede coletora tipo separador absoluto, com interligação no sistema integrado com o município de Alvorada pela ETE localizada nesta cidade, sendo um SES Integrado: em execução de forma gradativa de acordo com cronograma físico e orçamentário público.

Porém, se verifica que a criação desta norma municipal ainda não refletiu no sistema de esgotamento cloacal municipal da área de estudo, em função de que ainda ocorre o impacto negativo nas águas locais, por meio do lançamento clandestino de esgoto sanitário, conforme verificado nas Fotos da Figura 26.

#### 5ª Ausência de rede coletora de esgoto sanitário.

A ocupação histórica da região compreendida pela Vila Santa Isabel se deu de forma irregular, principalmente, ao atingir as APP e áreas de risco como encostas do Morro Santana ou taludes íngremes dos cursos d’água locais. Essas foram algumas causas da dificuldade em se instalar rede coletora de esgoto sanitário local, além de considerar a ineficiência das autoridades políticas (legislativas e executivas municipais e estaduais) em controlar a ocupação irregular por meio de fiscalizações e sanções, bem como em colocar em prática as ações de implantação do SES. O relevo acidentado também potencializa o problema de distribuição da rede coletora. Porém, a partir da análise detalhada da sobreposição de mapas apresentada no subitem 5.3 evidenciaram-se áreas em que não se verificaram o alcance da instalação do SES Integrado projetado pela Corsan e inserido neste mapeamento. Fundamentando-se nessas áreas, o estudo apontou no subitem 5.4 tecnologia apropriada para implementação de proposta-piloto de sistema de tratamento descentralizado.

Salienta-se também que o reservatório da barragem Mãe d’Água recebe o aporte de esgoto sanitário *in natura* do Campus do Vale da UFRGS, o qual já possui anteprojeto de rede coletora de esgoto do Anel Viário do Campus do Vale, que será interligado ao interceptor público do

Arroio Dilúvio já instalado e em funcionamento pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. A execução do Projeto do Interceptor do arroio Dilúvio foi possível em função da instalação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Ponta da Cadeia e inseridos efetivamente no Projeto Integrado Socioambiental (PISA), com tratamento dos esgotos na ETE Serraria, este também concluído e em operação.

### **5.3 Análise de sobreposição de mapas: determinação de áreas prioritárias**

A análise de sobreposição de mapas realizou-se no intuito de espacializar potenciais áreas para a planificação de um tratamento descentralizado sustentado numa projeção de implementação de projeto-piloto de tratamento complementar de esgoto sanitário, em áreas onde o sistema integrado de esgotamento sanitário público não alcançará, quando for instalado.

Antes de se iniciar com a análise das informações e dados tratados para a sobreposição dos mapas, trataram-se alguns dados brutos conforme mencionado na Figura 16 e descritos a seguir. A rede hidrográfica foi corrigida de acordo com a imagem de alta resolução de 2014 e com as saídas de campo, para verificar as alterações antrópicas existentes nos cursos d'água e relatadas por IPH (2008) e Zanandrea (2016). Utilizou-se uma imagem de alta resolução pertencente à UFRGS e fornecida pela pesquisadora citada.

Para a verificação do uso do solo com enfoque para as APP já caracterizadas no subitem 4.3 foi realizada a interpretação da imagem de satélite referida, do tipo Quickbird, georreferenciada e com alta resolução (de 0,5 metro). Permitindo a análise de ocupação do solo em toda microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água.

A análise da Microbacia localizada nos municípios de Porto Alegre e Viamão foi elaborada a partir de um banco de dados espacial em ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG), contendo informações cartográficas e tabulares referentes ao mapeamento dos temas pertinentes ao estudo proposto. Para isso utilizou-se o software ARCGIS 10.3.

Retirou-se os dados das curvas de nível e pontos cotados de Porto Alegre na escala 1:1.000, disponíveis no *site* do Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da UFRGS (LabGEO/Ufrgs) elaborado por Hasenack, Weber e Lucatelli (2010).

O restante dos dados que compuseram os *layers* das camadas de cada mapa elaborado foram descritos a seguir. Esse banco de dados foi inserido em quadro de dados “*Data Frames*”, onde esses dados foram agrupados em camadas, para que possam ser produzidos Mapas temáticos com os *layers/camadas* desejadas.

Assim, para a elaboração desses Mapas arbitraram-se alguns critérios, os quais foram apresentados nos subitens 5.2 e 5.4. No subitem 4.1 foram descritas como se adquiriram os dados que serviram para a elaboração dos mapas temáticos em SIG e como foram trabalhados. No subitem 5.3.2 os mapas temáticos representados pelas Figura 29, Figura 30, Figura 31, Figura 32 e, por fim, a Figura 33 como resultado final dessa sobreposição de informações. Apresentaram-se três principais áreas selecionadas. Porém, nada impede que ao se iniciar o planejamento de um projeto de implementação de tratamento descentralizado local, outras áreas possam ser determinadas. Nos subitens 5.3.4, 5.3.5 e 5.3.6 foram analisadas as áreas selecionadas na Figura 33.

### **5.3.1 Critérios para a seleção de áreas para o tratamento descentralizado**

Os critérios considerados nesse estudo foram arbitrários e adaptados à peculiaridades abordadas nesse estudo, mas também seguiram legislação ambiental e características naturais da região.

- 1) Obedeceu-se a critérios de legislação ambiental pertinente como: não realizar empreendimento, atividades ou serviços em áreas protegidas, no caso, em áreas de APP.
- 2) Neste estudo de caso outro critério também utilizado foi a seleção de áreas que apresentassem no seu perímetro ou nas proximidades: escolas pública e/ou privada e associação de moradores locais. Buscando integrar futuramente os atores sociais locais na implementação do projeto-piloto por meio do uso de Bacias-Escola (ver subitem 3.5 e Figura 14). Diante disso foram realizadas atividades de campo para a evidência dessas instituições socioeducativas.
- 3) Os critérios naturais considerados nesse estudo foram os dados de Declividade, transformados em áreas restritivas para a implementação do projeto previsto, principalmente, os terrenos que apresentavam/apresentam declividade maior do que 30% ou 18°. Ressalta-se que não foram consideradas nesse estudo de caso análises de profundidade do lençol freático – porém é um fator importante a ser considerado quando da elaboração da planificação do projeto-piloto de tratamento descentralizado utilizando-se de TS+WCFV – em função de que não era o propósito desse estudo, além de que se necessitaria despende recursos financeiros para sondagens, o que inviabilizaria a elaboração do referido Estudo.

### **5.3.2 Fontes de aquisição dos Dados**

A rede hidrográfica que compõem a Bacia hidrográfica Mãe d'Água foi adquirida em formato *shapefile*, através de solicitação junto a Prefeitura Municipal de Viamão e CORSAN.



Como visto anteriormente os dados das curvas de nível que representaram o planialtimétrico da área em estudo foram disponibilizados pelo LabGEO.

Para o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP), seguiram-se as disposições dos artigos 2º e 3º da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Nº 303 de 2002 e Parecer Técnico Nº 1181/2013 - APP em topo de morro. Nova definição pelo artigo 4º, inciso IX, da Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que instituiu o Novo Código Florestal.

Diante disso foram mapeadas as seguintes categorias de APP:

- ✓ Margens dos cursos d'água: 30 metros para cursos d'água com menos de 10 metros de largura;
- ✓ Entorno das nascentes, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura;
- ✓ Encostas ou elevações com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- ✓ Topo de morro: Fornecido pela Secretaria do Meio Ambiente e da Sustentabilidade de Porto Alegre;
- ✓ Para a determinação das APP ao longo dos cursos d'água utilizou-se hidrografia supracitada a partir do qual foi gerado um *buffer* de 30m para cada lado da drenagem com até 10 metros de largura.
- ✓ Para a delimitação das APP ao redor das nascentes, foi gerado um *buffer* com raio de 50 metros em torno das nascentes.
- ✓ O mapa das APP correspondente à declividade superior a 100% (45°) foi obtido a partir do mapa de declividade. O mapa de declividade foi reclassificado para 1 classe de declividade de >100% (45°).

O mapa de declividade foi obtido a partir da importação do arquivo digital das curvas de nível com equidistância de 1 metro, disponibilizado na base altimétrica vetorial contínua de Porto Alegre na escala 1:1. (Hasenack, H.; Weber, E.J.; Lucatelli, L.M.L. 2010). Este procedimento possibilitou a criação do Modelo Digital de Elevação (MDE), que representa uma imagem onde o valor armazenado em cada pixel representa a altitude do terreno naquela posição. O referido modelo foi gerado automaticamente a partir da interpolação das curvas de nível, utilizando-se o modelo de grade triangular TIN (Triangular Irregular Networks). A reclassificação do MDE resultou na declividade do terreno. As classes de declividade foram discriminadas em quatro

intervalos distintos de acordo com os critérios sugeridos Fundação Estadual de Proteção Ambiental - RS (FEPAM) em: 0-30%, 30-58%, 58-100%, > 100%.

O Sistema de Esgotamento Sanitário Integrado (SES) com seus elementos: rede coletora de esgoto sanitário, sub-bacias hidrossanitárias, poços de visita, emissários, Estação de Bombeamento de Esgoto, rede inicial de recebimento de esgoto sanitário; e que compõem a Microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água foi adquirido por meio de solicitação junto a CORSAN. Esses arquivos foram disponibilizados em formato *.dxf* e *.dwg* de AutoCAD, os quais foram convertidos em *layers* para o ArcGIS, transformando-os em *shapefiles* ao serem finalizados geraram o Mapa da Bacia Hidrossanitária e posterior Mapa das Áreas Seleccionadas. Podendo-se verificar exatamente a localização de áreas desassistidas de rede coletora pública de esgotamento sanitário.

O fluxograma de sobreposição dos mapas representado na Figura 28 descreveu a sequência de elaboração dos Mapas Temáticos com seus respectivos componentes imprescindíveis para sua leitura e propósito.

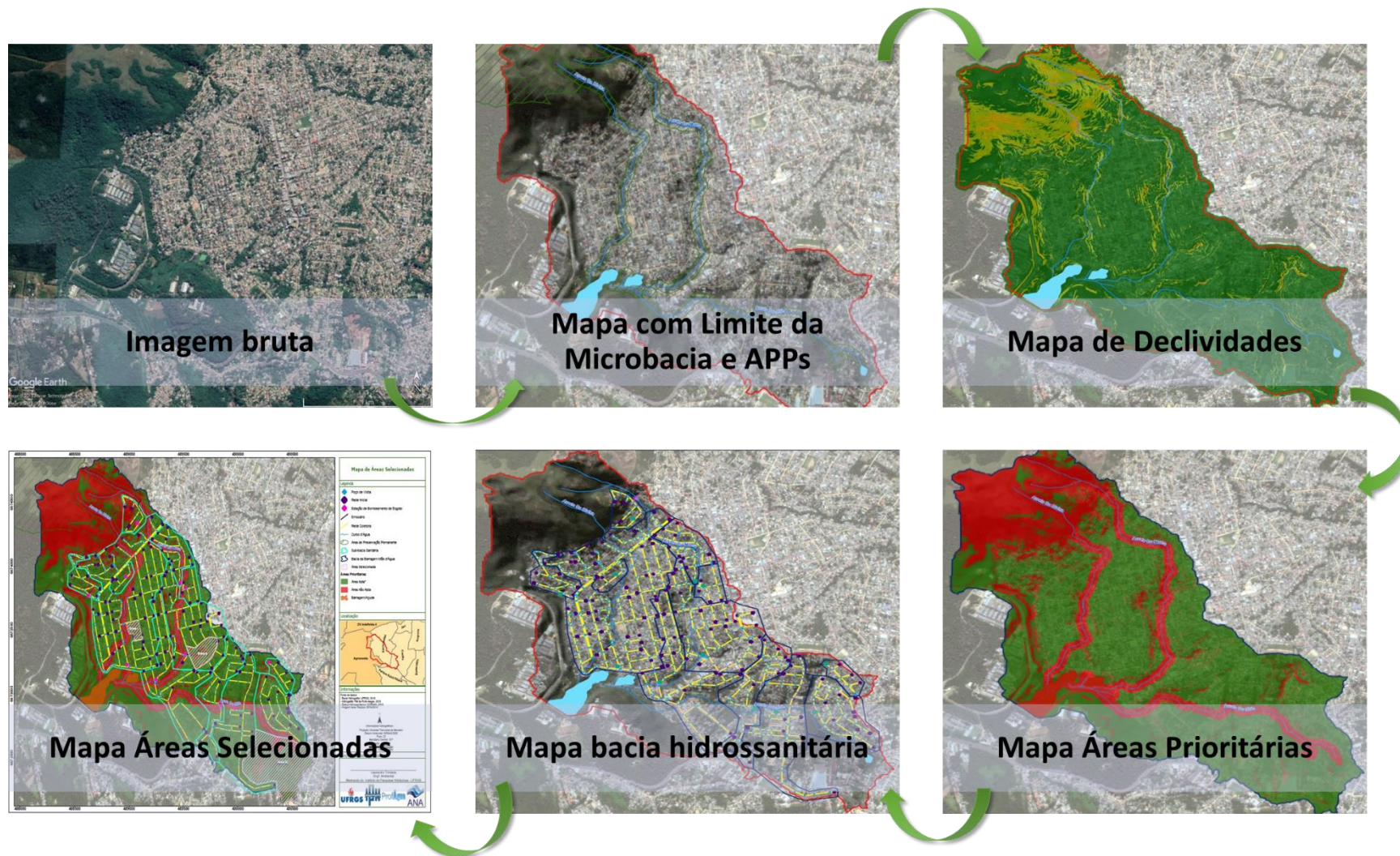


Figura 28 – Fluxograma de sobreposição dos Mapas até resultar no definitivo Mapa das Áreas Seleccionadas.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

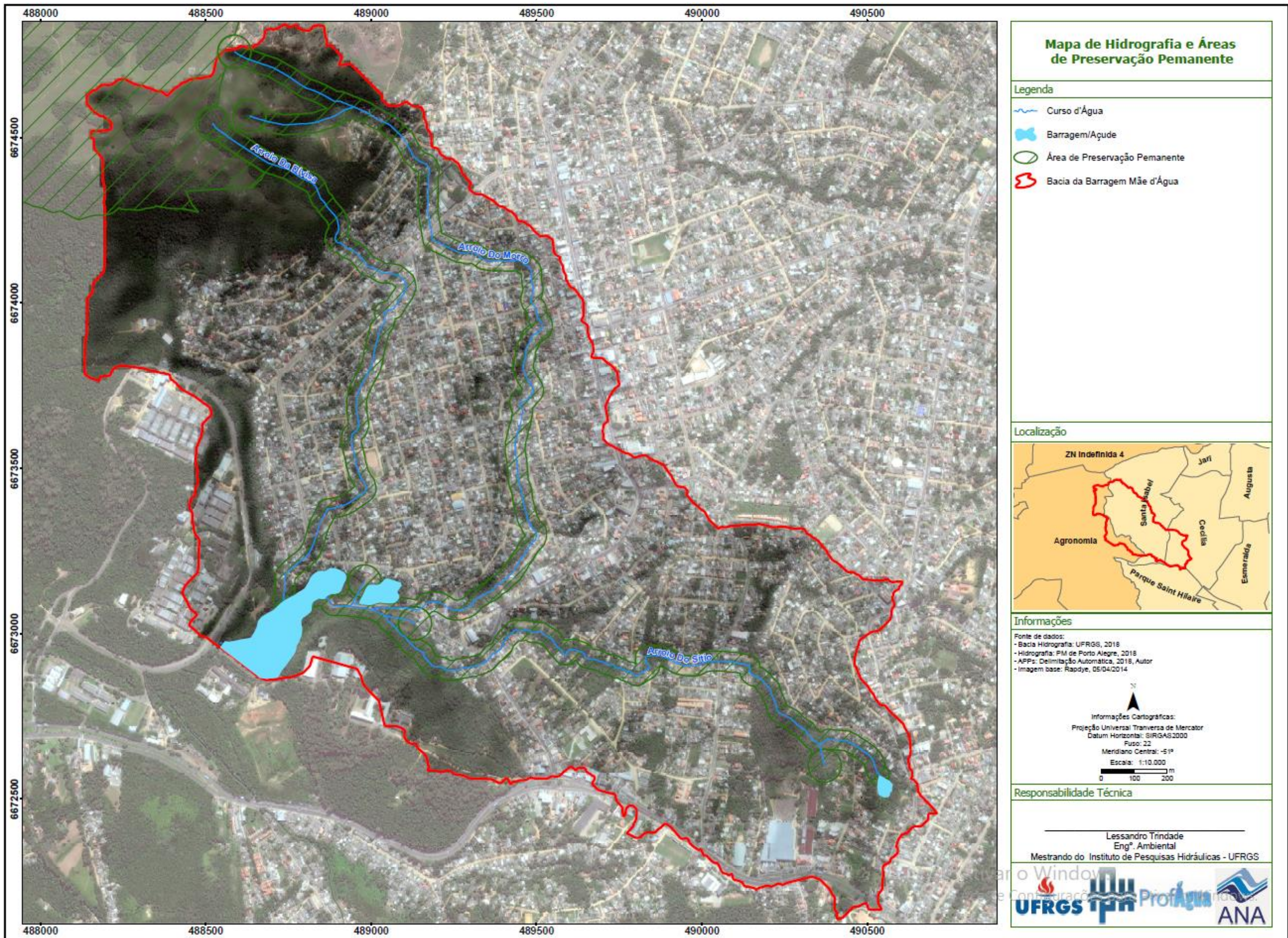


Figura 29 – Mapa de Áreas de Preservação Permanente.

Fonte: Imagem de satélite, Zanandrea (2016) fornecido pela UFRGS. Mapa temático elaborado pelo Autor.

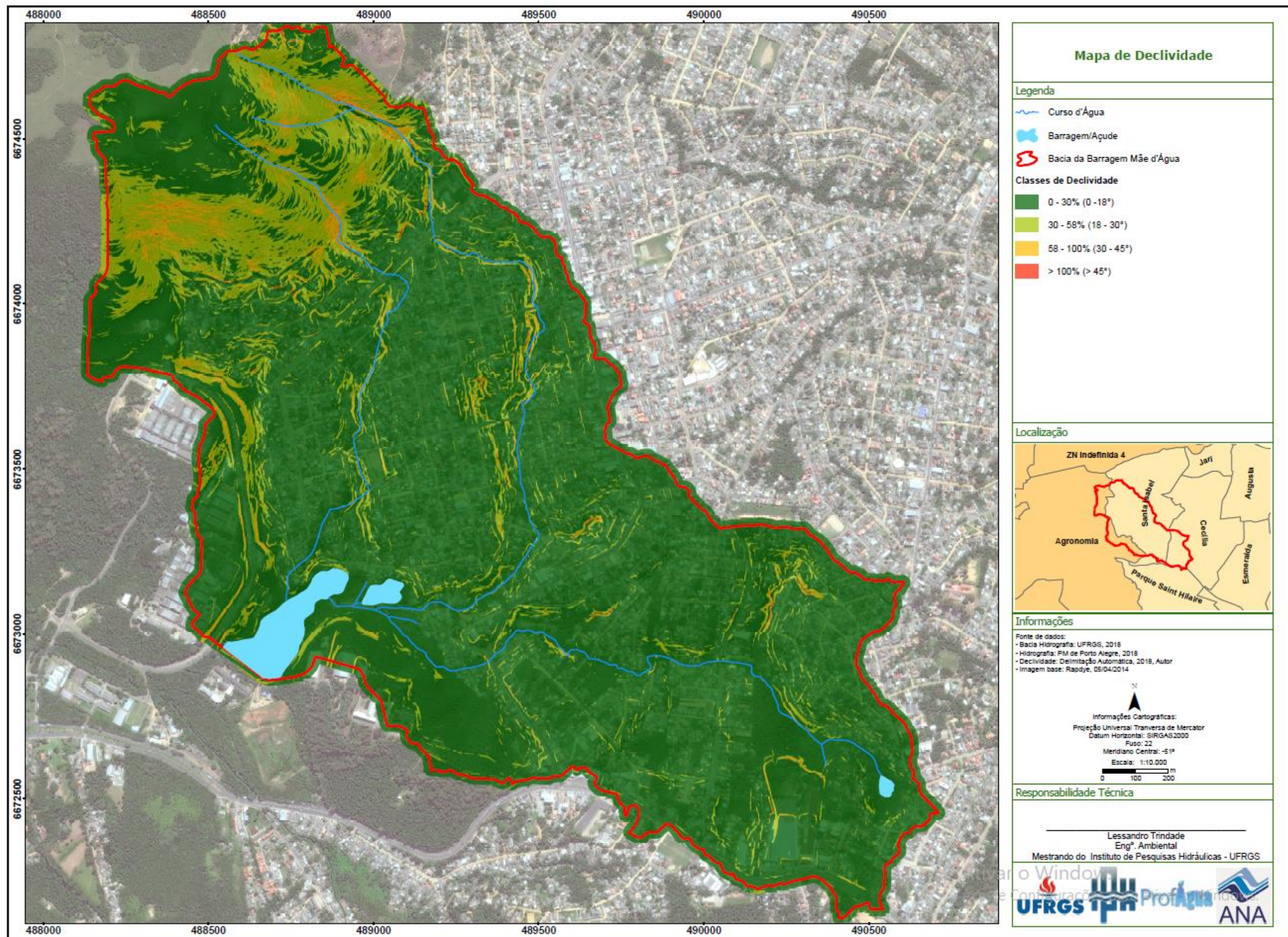


Figura 30 – Mapa de Declividade.

Fonte: Imagem de satélite, Zanandrea (2016) fornecido pela UFRGS. Mapa temático elaborado pelo Autor.

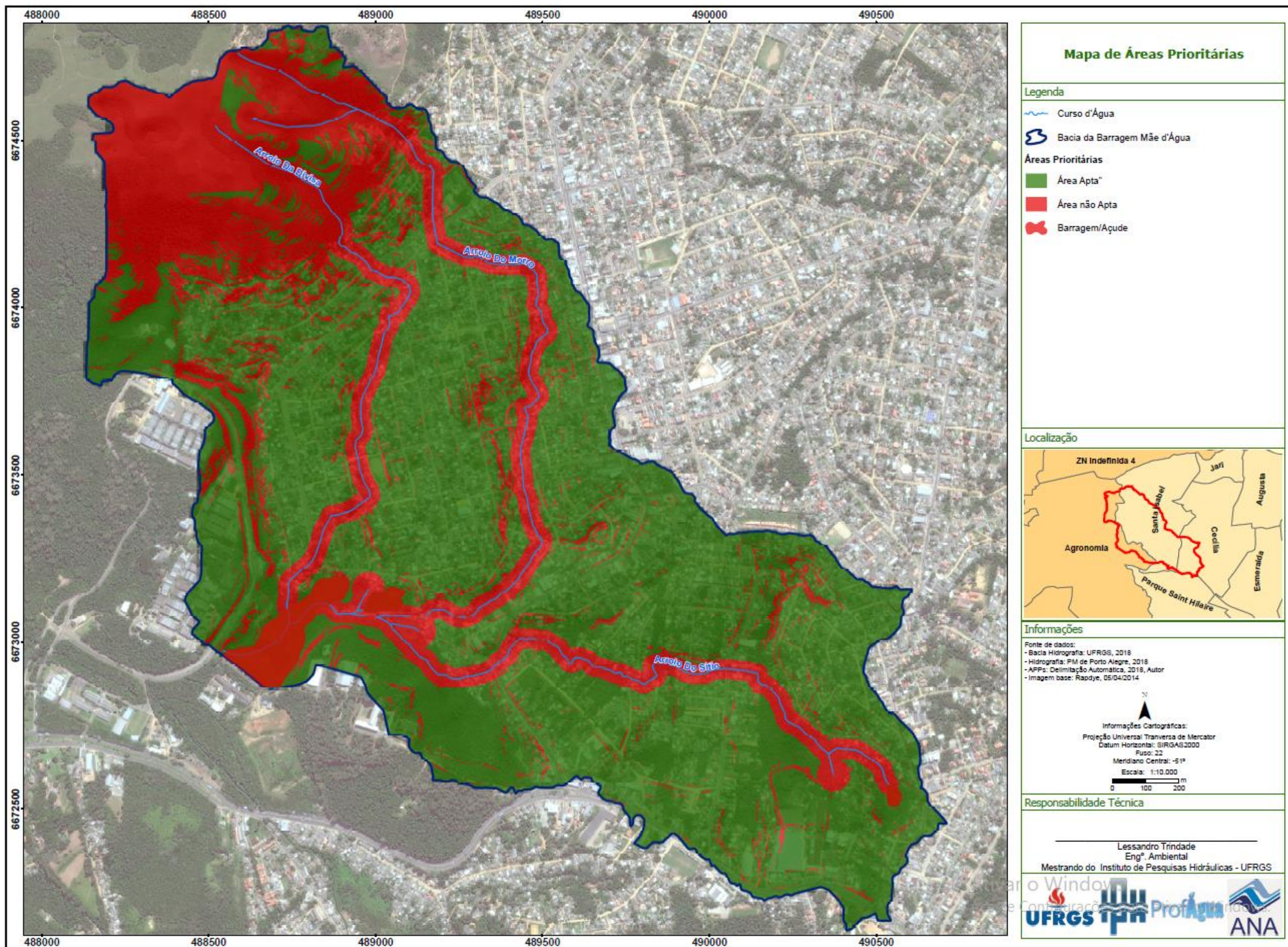


Figura 31 – Mapa de Áreas Prioritárias/Aptas.

Fonte: Imagem de satélite, Zanandrea (2016) fornecido pela UFRGS. Mapa temático elaborado pelo Autor.

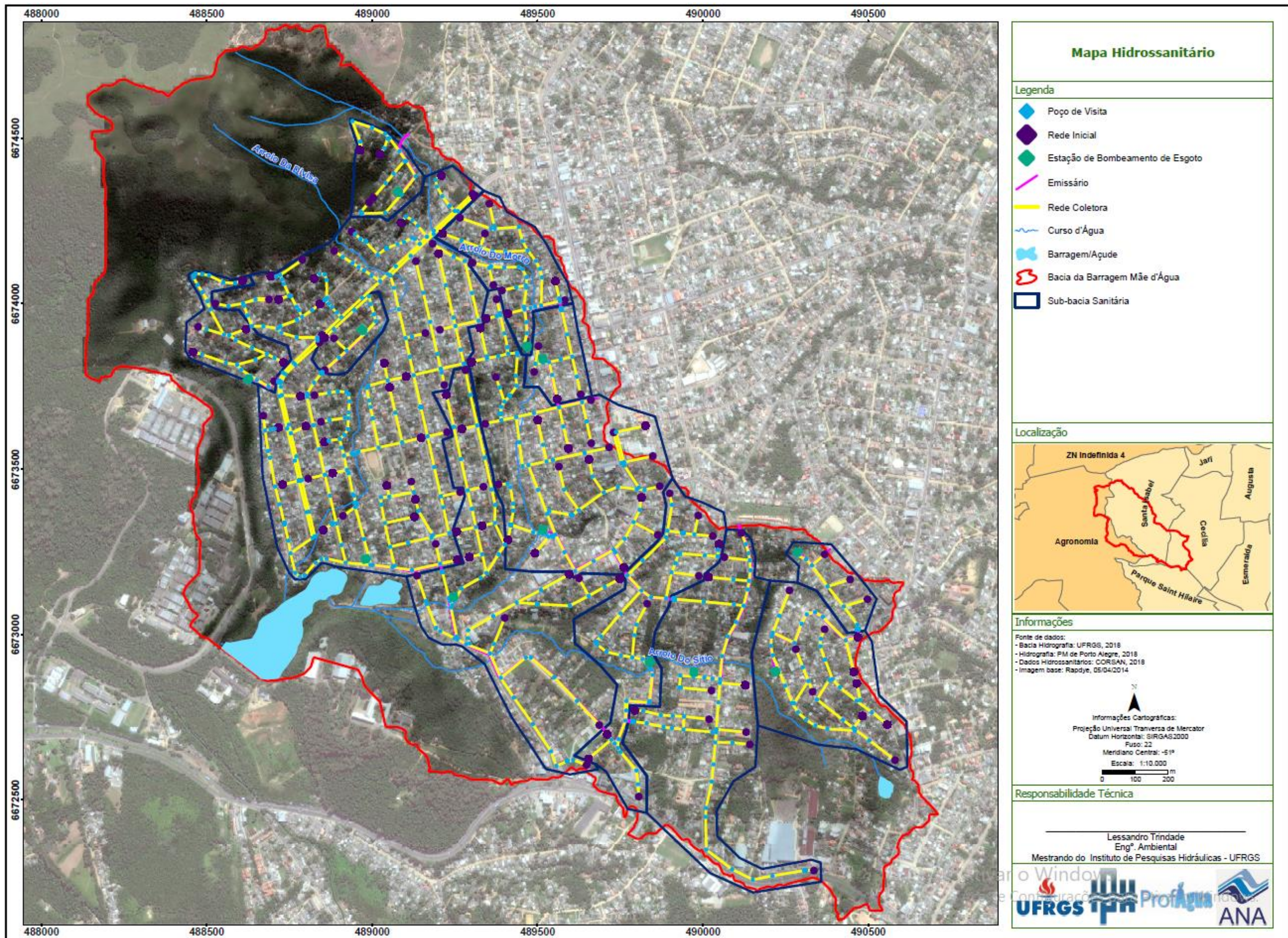


Figura 32 – Mapa da Bacia Hidrossanitária.

Fonte: Imagem de satélite, Zanandrea (2016) fornecido pela UFRGS. Mapa temático elaborado pelo Autor.

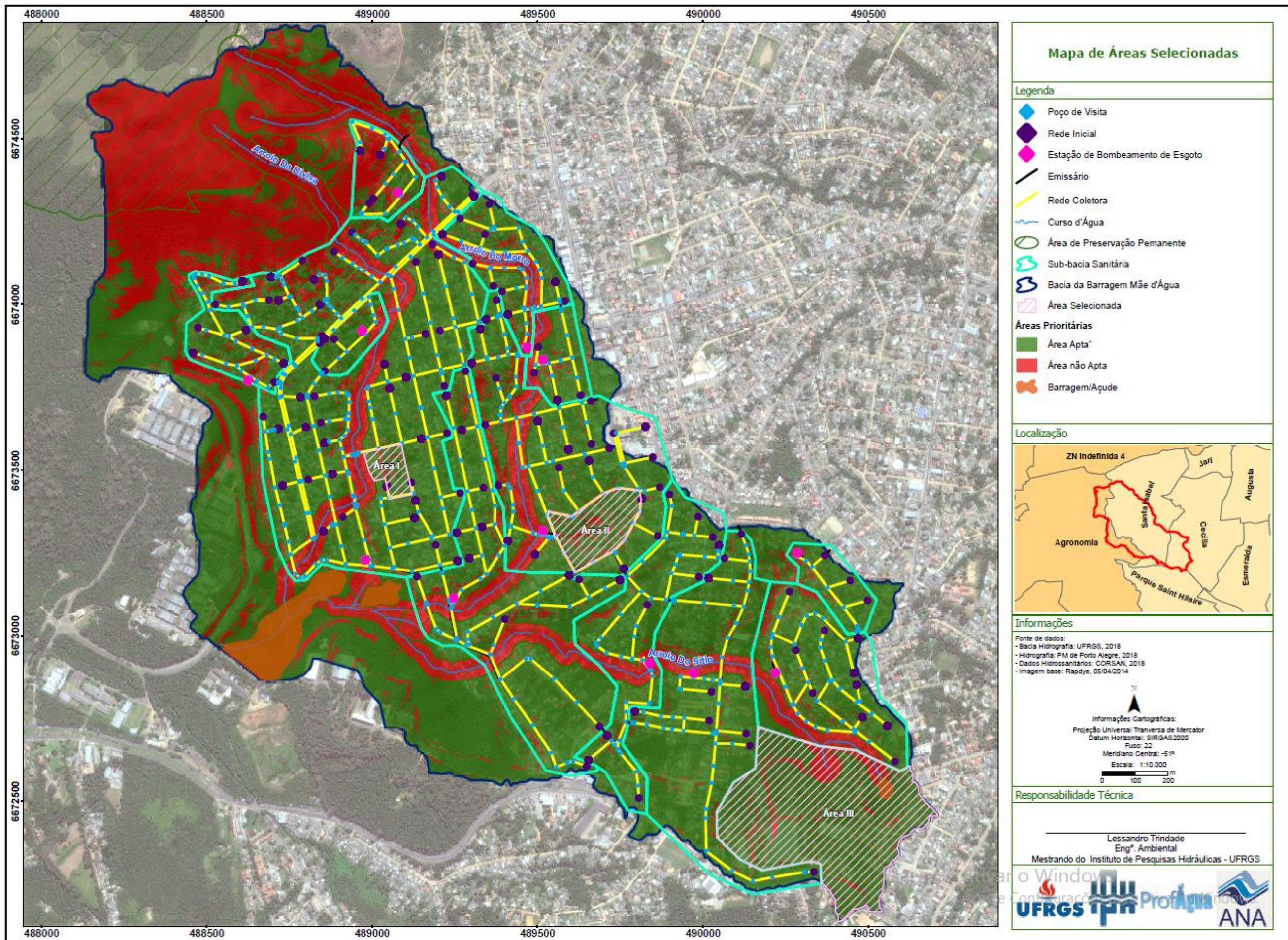


Figura 33 – Mapa das Áreas Seleccionadas.

Fonte: Imagem de satélite, Zanandrea (2016) fornecido pela UFRGS. Mapa temático elaborado pelo Autor.



### **5.3.3 Análise dos Mapas Temáticos**

A Figura 29 representa de forma singular as APP em questão: de topo de morro e encosta com declividades fortes, faixas marginais ao longo dos cursos d'água superficiais e nascentes.

Comparando dados fornecidos por Zanandrea (2016) os limites da Microbacia foram corrigidos pois havia discrepância em alguns trechos de limites em dados adquiridos. Sendo ajustado um shapefile do limite da Microbacia com modelo digital fundamentado nas curvas de nível do levantamento de Porto Alegre, este fornecido pelo LabGEO da UFRGS.

Salienta-se que quase todas as APP foram alteradas em função da instalação de ocupações irregulares, consequência do crescimento urbano desordenado e atualmente consolidado na região. Os arroios verificados possuem os nomes: arroio Divisa, arroio do Sítio, arroio do Morro e arroio Sem Nome.

Verificaram-se que as margens Norte, Nordeste, Leste e Sudeste do reservatório da barragem Mãe d'Água apresentaram-se alteradas por ocupações irregulares e recebiam o aporte de sedimentos, matéria orgânica e resíduos sólidos urbanos continuamente de áreas à montante. Sedimentos e cargas orgânicas assoreavam gradativamente o referido reservatório. Em função de atividades de campo, obteve-se relatos da comunidade local residente nas proximidades da barragem, de que foram afetados por alagamentos que chegavam até 1m de altura, atingindo suas casas como pode ser notado na Figura 34 e nas Figura 25 e Figura 26(Foto F), onde as APP foram alteradas drasticamente.



Figura 34 – Residências em áreas de APP e nas proximidades da margem Leste da Barragem Mãe d'Água (Ver Figura 25).

Fonte: Foto do Autor.

A Figura 30 caracterizou o Mapa de Declividades onde somente as áreas com declividade fraca (0 – 30% ou 0 – 18°) foram consideradas áreas potenciais para se prever a implementação de tratamento complementar e descentralizado de esgoto sanitário com TS e WCFV. Percebe-se que paralelamente aos arroios verificaram-se declividades fortes a moderadas, caracterizando cursos d'água encaixados, como pode ser evidenciado à Campo.

A Figura 31 representativa do Mapa de Áreas Prioritárias enfatizou em verde as áreas aptas para a previsão da implementação de tratamento complementar de esgoto sanitário. Neste caso, foram desconsideradas as áreas com declividade acima de 30% ou 18° e de APP. Pois, a declividade forte afetaria a carga hidráulica do projeto, podendo aumentá-la e, conseqüentemente gerar problemas estruturais no WCFV, além de que poderiam gerar mais custo na implantação desse tipo de projeto em função da reconformação do terreno. As áreas de APP não foram atingidas pelo projeto-piloto em função de que são áreas preservadas por lei e importantes para a proteção das margens dos cursos d'água locais, salvo se permitido pelo órgão ambiental regulador. Pois, evitando a supressão de vegetação não ocorreria a descaracterização do terreno e não se daria início aos processos erosivos, assoreamento de áreas a jusante e geração de alagamentos de cotas altimétricas mais baixas.

A Figura 32 apresenta a área do mapa da bacia hidrossanitária que contempla a área de estudo, bem como suas sub-bacias hidrossanitárias. Os dados foram trabalhados e convertidos em *layers* com simbologia específica para: poços de visita, rede inicial do sistema de esgotamento sanitário, estação de bombeamento de esgoto, emissários, rede coletora de esgoto propriamente dita e sub-bacias hidrossanitárias. Essas informações foram disponibilizadas pela Corsan em Abril de 2019, conforme pode ser verificado no Anexo I.

O principal dado nesse contexto foi saber por onde passa a rede coletora prevista no projeto do SES Integrado de esgoto sanitário da CORSAN. Pois, onde a rede coletora projetada não atinge foram considerados espaços potenciais para a planificação do tratamento descentralizado, sendo onde essa dissertação se concentrou. Sendo essas áreas potenciais para a referida planificação.

### **5.3.4 Análise Área I do Mapa Áreas Selecionadas**

A Figura 33 apresentou as áreas selecionadas potenciais para se prever a planificação do projeto de TS com WCFV. Foram áreas aleatórias, porém, com algumas peculiaridades:

- ✓ Proximidades com Escolas Pública ou Privada e de APP;

- ✓ Proximidade com associação de moradores locais;
- ✓ Área de baixa declividade;
- ✓ Trecho paralelo à APP com ocupações irregulares onde o SES Integrado previsto não alcançará.

Verificaram-se nas imagens e na Figura 35, em detalhe, que as ocupações irregulares se situam de uma forma mais crítica e de risco nas adjacências ou nas faixas de APP dos arroio.

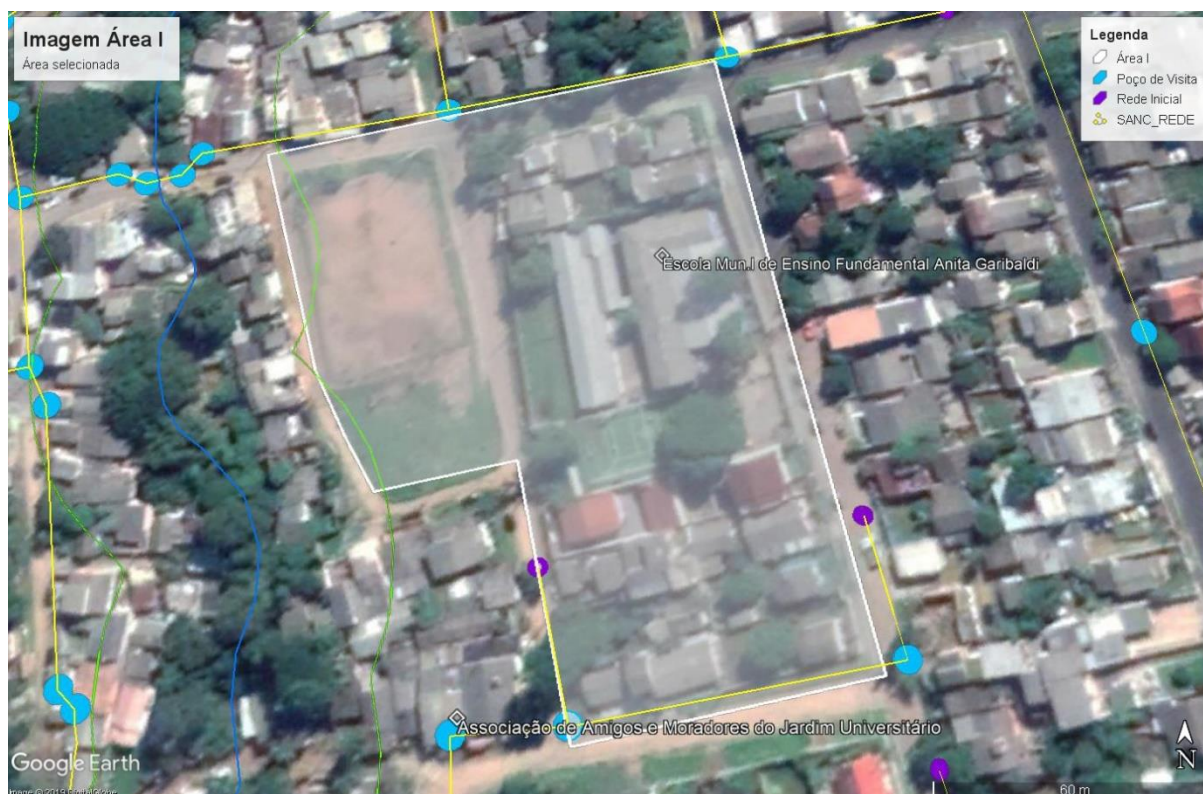


Figura 35 – Áreas Seleccionadas: Área I, próxima à Escola Municipal e Associação de Moradores.

Fonte: Imagem adaptada de Google Earth, com Dados do SES Integrado Viamão de CORSAN (2018).

As camadas da Poligonal da Área I, cursos d'água, faixas de APP, poços de visita, rede inicial e rede coletora foram os elementos da Figura 32, do Mapa da Bacia Hidrossanitária. Esses componentes do banco de dados foram manipulados e transformados em layers que possibilitaram gerar arquivos com extensões: .kmz ou .kml, os quais puderam ser inseridos no software Google Earth Pro, resultando na Figura 35.

Considerando o método da Bacia-Escola, um dos motivos da escolha dessa área foi a sua proximidade com escola municipal, no qual pode-se prever o estabelecimento de uma parceria, sob o pretexto de criar uma interface com a “educação e conscientização ambiental”. Propondo aumentar o conhecimento do indivíduo (discentes) sobre a gestão de recursos hídricos e

saneamento ambiental e suas interações, o que pode reforçar sua participação na comunidade em termos de disseminadores de uma conscientização ambiental contínua para a população local.

Na Área I, de acordo com as circunstâncias verificadas *in loco* e no resultado do Mapa das Áreas Seleccionadas se sugere o planejamento para a possível planificação de tratamento descentralizado com TS e WCFV.

Esse tipo de WC permite que seja instalado em pequenas áreas, que é o caso. Verificou-se espaço onde a instalação do tratamento complementar com TS e WCFV pudesse ser previsto. O referido tratamento estaria representado por plantio de espécies vegetais sobre sua superfície, não permanecendo aos olhos dos moradores locais que naquela área teriam unidades de tratamento de esgoto.

Em atividade de campo verificou-se que as residências (5 a 6 residências) não possuem ligação de esgoto sanitário e que o mesmo é ligado por tubulação instalada por eles mesmos. A partir deste ponto o esgoto escoar por gravidade a uma drenagem pluvial com seu final em um bueiro e deste, essa carga orgânica é lançada diretamente para o curso d'água adjacente. Sendo portanto o cenário “ideal” para se propor a planificação e elaboração de projeto para instalação de tratamento descentralizado.

### **5.3.5 Análise Área II do Mapa Áreas Seleccionadas**

A Área II, representada na Figura 36 compreende o Centro Educacional Santa Isabel (CESI Santa Isabel), considerando o aspecto de Bacia-Escola caracterizado anteriormente.

A possibilidade de implementar um WCFV nessa área seria para contemplar uma (01) ou algumas unidades residenciais situadas próximas à APP. Salienta-se que, como em toda a Microbacia Hidrográfica em questão, essa área também apresenta ocupações residenciais em áreas irregulares, no caso, em APP de arroio encaixado e nascente descaracterizada. No Mapa de Declividades (ver Figura 30) é uma área com declividades moderadas a fortes situadas exatamente no traçado do curso d'água.

Diante disso, exatamente nas proximidades da APP, onde na Figura 31 (ver Mapa de Áreas Prioritárias) também se verificaram áreas aptas com baixa declividade poderia ser planejada a implantação de uma Unidade de Tratamento Complementar e Descentralizado. Pois, observou-se que na área de risco da APP e nas suas proximidades com ocupações irregulares a rede coletora de esgoto sanitário projetada e prevista não chegará.

Neste cenário poderiam ser utilizados alguns testes de tratamento descentralizado realizando comparativos entre sistema convencional de tratamento complementar com: fossa e filtro e

sistema descentralizado complementar com TS e WCFV, porém, para Unidades de Tratamento Individuais e não Unidades Coletivas.



Figura 36 – Áreas Selecionadas: Área II, próxima ao CEMI Santa Isabel.

Fonte: Imagem adaptada de Google Earth, com Dados do SES Integrado Viamão de CORSAN (2018).

### **5.3.6 Análise Área III do Mapa Áreas Selecionadas**

A Área III, representada na Figura 37 tem peculiaridades de compreender APP de nascentes e de curso d'água e de se encontrar em cotas de terreno mais altas, localizada à montante da barragem Mãe d'Água.

Não se tem escolas e associações de moradores nessa Área, porém, apresenta uma grande área sem a previsão de implantação da rede coletora de esgoto sanitário e por esse aspecto poderia ser uma Área provável para a implementação de um Sistema de Tratamento Descentralizado com TS e WCFV.

A Área III apresentou poucas áreas com declividades fortes, predominando áreas de fraca declividade, estando essas áreas aptas para a possibilidade de planificação da implementação de tratamento descentralizado.

Em trechos afastados da rede coletora de esgoto prevista pela CORSAN verificaram-se ocupações residenciais sem planejamento de construção em lotes e o predomínio de ocupações irregulares nas APP e em suas adjacências.

É uma grande área que parece não estar previsto a instalação de SES da CORSAN em pontos mais altos do terreno, como pode ser verificado na Figura 37. Porém, apresenta limitações na instalação de um sistema descentralizado para Unidade Coletiva. Para isso, essa área deveria receber mais vistorias de campo e o contato com os moradores locais e, principalmente, com os órgãos públicos pertinentes, sobre a possibilidade de se planificar esse tipo de tratamento complementar. Pois nessa área verificaram-se duas APP de nascentes e de cursos d'água que podem ser consideradas muito importantes para o contexto da microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água, em função de que são APP de nascentes que também originam o arroio Dilúvio que desaguará no Lago Guaíba.

Mesmo assim, analisando em conjunto os Mapas das Figura 31, Figura 32 e Figura 33 podem ser contempladas outras áreas que podem ser utilizadas para essa mesma análise e potencial implantação de um WCFV.



Figura 37 – Áreas Seleccionadas: Área III.

Fonte: Imagem adaptada de Google Earth, com Dados do SES Integrado Viamão de CORSAN (2018).

Como resultado final de área selecionada e considerando os critérios do subitem 5.3.1, em consonância com o subitem 5.3.3 de análise dos mapas temáticos, escolheu-se a Área I, que pode ser verificada sua localização nas Figura 33 e Figura 35.

Logo, obedecendo a um planejamento que se buscou uma visão integrada entre a gestão dos recursos hídricos locais e do saneamento ambiental, sustentados no que preconiza a PNRH, a Política Municipal de Saneamento Básico de Viamão, nas diretrizes do SINGERH e do Comitê de Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, chegou-se à área selecionada: Área I. Na qual se pretenderá implementar projeto-piloto de tecnologia de baixo impacto e custo, representativa de um sistema de tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário.

#### **5.4 Seleção de tecnologia descentralizada de tratamento de esgoto sanitário**

Neste item detalhou-se a tecnologia de tratamento complementar e descentralizada para o tratamento de esgoto sanitário, a ser planejada para planificação na área selecionada Área I, conforme Figura 33 e Figura 35.

O sistema integrado de tratamento descentralizado contendo TS e WCFV foi concebido para áreas desassistidas de rede coletora de esgoto sanitário público. Sendo área que atualmente não possui sistema integrado de esgotamento sanitário, sendo o efluente sanitário residencial lançado totalmente em curso d'água adjacente, descumprindo com o objetivo principal da PNRH e do Comitê de Bacia Hidrográfica, a busca pela melhor qualidade das águas dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica.

Para isso, se estudou o tratamento complementar de esgoto sanitário com a seguinte tipologia: *Wetland* Construído de Fluxo Vertical, ou seja WCFV, recebendo um esgoto pré-tratado de um Tanque Séptico. Ambos dimensionados conforme normas técnicas vigentes e descritas no subitem 5.4.2. Cabe salientar que, quanto a normatização dos WC, tal documento técnico formal de regramento ainda não existe no País, sendo discutido atualmente pelo Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos (Wetlands Brasil<sup>30</sup>) no evento “4º Simpósio Brasileiro sobre Wetlands Construídos” em Belo Horizonte entre julho/agosto do corrente ano.

Além disso, essa tecnologia é conhecida por apresentar custos baixos de implementação e manutenção. Porém, o projetista e tomador de decisão deve ter em mente de que há outros fatores que interferem nestes custos e que devem ser levados em consideração, os quais foram estimados nos subitens 5.4.1 e 5.5.

---

<sup>30</sup>Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado da UFSC. Disponível em: < <http://gesad.ufsc.br/boletins/>>  
Acesso em: 10 jul. 2019.

#### **5.4.1 Apontamentos sobre: nível do lençol freático, impermeabilização de fundo e laterais da unidade de WCFV**

Ressalta-se que não foram considerados nesse estudo de caso sondagens em pontos específicos das áreas selecionadas para a averiguação da profundidade do nível do lençol freático. Em função de que não era o propósito do referido estudo e de que este tipo de atividade geraria um custo operacional para a elaboração da dissertação, não tornando-a viável.

Porém, para o Projeto de WCFV devem ser planejadas e elaboradas sondagens, para se verificar o nível do lençol freático local, onde o WCFV for instalado, obedecendo a normas técnicas como a ABNT NBR 9603:2015 Procedimento, referente a orientações de execução de sondagens a trado.

As sondagens à trado são manuais e não requerem o uso de logística e equipamentos mais complexos do que sondagens à percussão. As sondagens à trado, portanto, são as sugeridas nessa planificação, ou seja, para a verificação do nível de lençol freático, o qual recomenda-se por norma técnica de instalação de TS, por exemplo, que o nível máximo do lençol freático esteja, no mínimo, a 1,50m do fundo do TS, conforme orienta a norma ABNT NBR 13969:1997.

Poderá ser realizado no máximo até três sondagens, à trado, as quais seus custos são menores se comparados às sondagens de percussão - SPT. Esse número de sondagens varia conforme tamanho do terreno que será utilizado para a projeção do WCFV.

Quanto à impermeabilização é previsto para o referido Estudo de Caso o uso de geomanta de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), de 2mm de espessura, ideal para atividades de tratamento de efluentes sanitários ou industriais.

#### **5.4.2 Dimensionamento do Tratamento Complementar e Descentralizado**

A Área I (ver Figura 33 e Figura 35) escolhida para se iniciar o planejamento de implantação de um Sistema de Tratamento Descentralizado: TS+WCFV na região de estudo contemplou a possibilidade de se usar dois cenários para o dimensionamento desse projeto-piloto.

Esse estudo de caso permitiu que se fizesse uma estimativa do dimensionamento do Sistema de Tratamento Complementar contendo: TS e WCFV, contemplando as peculiaridades locais fundamentadas nas atividades de campo e nas análises dos mapas temáticos (conforme subitem 5.3.3). A partir do dimensionamento permitiu-se elaborar estimativas de custos de implantação e de operação desse Sistema, apresentadas no item 5.5.

Para se iniciar o dimensionamento arbitrou-se a geração de esgoto residência para e seu respectivo tratamento com TS e WCFV para dois cenários:



- ✓ Cenário A: dimensionamento para 01 unidade familiar com 04 pessoas;
- ✓ Cenário B: dimensionamento para 30 pessoas.

❖ Cenário A:

**Para o TS:**

Ø interno = 120 x 180cm (adotado) (Ver Anexo III)

Para o dimensionamento do TS recomenda-se considerar:

O número de pessoas a serem atendidas e a finalidade da futura construção. A partir disso é realizado o cálculo do TS, de acordo com a norma técnica vigente. O correto dimensionamento do volume total útil do TS é necessário para garantir a ocorrência dos processos de transformação da carga orgânica.

Empresas de saneamento, como a TORRI por exemplo, informam que o TS com dimensões menores que o necessário foram as causas do rápido colapso de filtro anaeróbico, sumidouros ou vales de infiltração por material orgânico não retido pelo TS. No estudo de caso, o colapso poderá acontecer no WCFV.

Esse colapso se refere, basicamente, ao “entupimento” dos vazios das camadas de filtragem do WCFV por matéria orgânica e sólidos não retidos adequadamente no TS, diminuindo a capacidade de drenagem desse meio e, conseqüentemente, reduzindo a condutividade hidráulica do WC.

- a) Cálculo do Volume útil em litros de TS para 04 pessoas (Consultar Jordão (1939, p.388); NBR ABNT 7229:1993)

$$V = 1000 + N(C.T + K.Lf)$$

N = Número de contribuintes ou população equivalente;

C = Contribuição de esgotos em litros por pessoa e por dia (Ver Tabela 1 da NBR ABNT 7229:1993, p.4; ou Ver mesma tabela no Anexo II Tabela I);

T = Período de detenção em dias (Ver Tabela 3 da NBR ABNT 7229:1993, p.5; ou Ver mesma tabela no Anexo II Tabela III);

K = Taxa de acumulação de lodo (em dias), de acordo com o intervalo entre limpezas da fossa e a temperatura do mês mais frio (Ver Tabela 3 da NBR ABNT 7229:1993, p.5; ou Ver mesma tabela no Anexo II Tabela III); esta taxa considera que o volume de lodo diminui pela ação da compactação e da digestão, correspondendo ao volume do lodo em digestão e do lodo já digerido; e

Lf = Contribuição de lodo fresco em litros por pessoa e por dia (Ver Tabela 1 da NBR ABNT 7229:1993, p.4; ou Ver mesma tabela no Anexo II Tabela I).

Resultando em  $V_{\text{ÚTIL}} = 1000 + 4(100.1 + 65.1) = 1660 \text{ l (Litros)}$

b) Cálculo do  $h_{\text{útil}}$  (NBR ABNT 7229:1993)

O tipo de TS a ser utilizado é o de câmara única e cilíndrico: Área do cilindro ( $A = \pi.D^2/4$ )

∴ Sabendo que o D = 120cm, então,  $A = 1,13\text{m}^2$  ∴

Sabendo que:  $h_{\text{ÚTIL}} = V_{\text{útil}}/\text{ÁREA}$  ∴

$$h_{\text{ÚTIL}} = 1,66\text{m}^3/1,13\text{m}^2 = 1,47\text{m}$$

Adota-se um  $h_{\text{útil}} = 1,50\text{m}$  ∴

**Considerando,  $V_{\text{útil}} = h_{\text{ÚTIL}}.A = 1,695 \text{ l (Litros)}$  ∴**

Então,  $h_{\text{TOTAL}} = h_{\text{ÚTIL}} + 30\text{cm}$

Obs.: Sabendo-se que os 30cm é a diferença da altura da tubulação de Entrada no TS pela altura da tubulação de Saída do TS.

c) Cálculo da Contribuição diária  $Qd = N . C$  (Ver Tabela 2 da NBR ABNT 7229:1993, p.5; ou Ver mesma tabela no Anexo II Tabela II)

Considerando:

N = 4 pessoas; e

C = 100 l (Litros) ∴

$$Qd = 400 \text{ Litros/dia}$$

∴ Para TS o tempo de detenção deverá ser de 1 dia.

**Para o WCFV:**

d) Cálculo de Dimensionamento do WCFV (Ver Boletim Wetlands Brasil (2018, pp. 23 à 34; pp 55 à 62) <sup>31</sup>)

---

<sup>31</sup> von SPERLING, Marcos Von; SEZERINO, Pablo Heleno. Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias. Edição Especial. Publicação online Boletim Wetlands Brasil, Dezembro/2018 – ISSN 2359-0548. Disponível em: < <http://gesad.ufsc.br/files/2018/12/Boletim-Wetlands-Brasil-Edi%C3%A7%C3%A3o-Especial-Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdos-no-Brasil-von-Sperling-Sezerino-2018-2.pdf> >. Acesso em 14 dez. 2018.

As orientações dos pesquisadores von Sperling e Sezerino (2018) nas páginas supra indicadas explicam a realização de um pré-dimensionamento, indo diretamente ao encontro do propósito deste estudo de caso.

A seguir, consta o passo a passo do pré-dimensionamento do WCFV:

**1ºPasso:** determinação da Carga de DBO do esgoto bruto (g/d)

- Carga per capita (g/hab.d)<sup>32</sup> = 40 g/hab.d

- População (hab) = 4 hab

**∴ Estimativa de Carga de DBO = 160g/d**

**2ºPasso:** determinação da carga de DBO afluente à etapa de wetland construído (g/d)

- Carga de DBO do esgoto bruto (g/d) = 160g/d

- Eficiência de remoção do tratamento prévio (%)<sup>33</sup> = 50%

**∴ Estimativa de Carga de DBO afluente à etapa de wetland construído = 80 g/d**

**3ºPasso:** Cálculo da área superficial requerida usando o conceito da taxa de aplicação orgânica superficial (Wetlands verticais recebendo efluente previamente tratado)

- Carga de DBO afluente ao wetland (gDBO/d) = 80 gDBO/d

- Taxa de aplicação orgânica superficial<sup>34</sup> (gDBO/m<sup>2</sup>.d) = 10 gDBO/m<sup>2</sup>.d

**∴ Estimativa de Cálculo da área superficial = 8m<sup>2</sup> (considerando 01 unidade WCFV).**

Obs.: Porém o estudo de Sperling e Sezerino (2018) recomendam que haja no mínimo 02 unidades, para que facilite na manutenção de 01 unidade enquanto que a outra opera.

∴ Portanto, o **Cálculo estimado da área superficial para o WCFV será de 16m<sup>2</sup>** (correspondente a 02 unidades).

**4ºPasso:** Vazão média afluente aos Wetlands (m<sup>3</sup>/d) Vazão média que corresponde ao volume médio de esgoto que presumivelmente deverá ingressar ao Wetland.

- Considerar o valor da Vazão de Contribuição diária de saída do TS = 400 l/d

Ou ainda, considerar:

- População atendida (hab) = 04 hab

---

<sup>32</sup> Tabela 3 da NBR 13969:1997: Contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes. Portanto, sendo considerado nesse Estudo de Caso contribuição de carga orgânica gDBO/d para Ocupantes permanentes de padrão baixo.

Retirado da Norma Técnica NBR 13969:1997 Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

<sup>33</sup> Tabela 5 da NBR 7229:1993: Possíveis faixas de variação de eficiências na remoção da DBO das fossas sépticas, valas de filtração e filtro anaeróbio (válida para as capacidades previstas nesta Norma). Portanto, sendo considerado nesse Estudo de Caso eficiência na remoção de DBO para o sistema de tratamento complementar do tipo: Fossa Séptica de câmara única ou de câmaras sobrepostas.

Retirado da Norma Técnica NBR 7229:1993 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

<sup>34</sup> Publicação Wetlands Brasil (von SPERLING; SEZERINO (2018, p.31)). Considerando para esse Estudo de Caso uma Taxa de aplicação orgânica superficial máxima numa faixa de: 10 a 20 gDBO/m<sup>2</sup>.d (pg. 31).

- Contribuição "per-capita" de esgoto doméstico (l/hab.d) = 100(l/hab.d)

∴ **Vazão média afluente aos Wetlands (m<sup>3</sup>/d) = 400 l/d ou 0,4m<sup>3</sup>/d.**

**5ºPasso:** Verificação da taxa de aplicação hidráulica superficial resultante

- Vazão média afluente aos wetlands (m<sup>3</sup>/d) = 0,4 m<sup>3</sup>/d

- Área superficial requerida (m<sup>2</sup>) = 16m<sup>2</sup>

❖ Cenário B:

Os mesmos passos e consultas bibliográficas de dimensionamento do TS e do WCFV se fez para 30 pessoas. Portanto os dados para o dimensionamento dessas Unidades serão apenas listados a seguir.

**Para o TS:**

Ø interno = 200cm x 215cm (adotado) (Ver Anexo IV)

- a) Cálculo do Volume útil em litros de TS para 30 pessoas (Consultar Jordão (1939, p.388); NBR ABNT 7229:1993)

$$V_{\text{ÚTIL}} = 1000 + 30(100.1 + 65.1) = \mathbf{5.956 \text{ l (Litros) ou } 5,96\text{m}^3}$$

- b) Cálculo do **h<sub>útil</sub>** (NBR ABNT 7229:1993)

$$\mathbf{h_{\text{útil}} = 1,85\text{m} \text{ estimando para } \underline{1,90\text{m}}. \text{ recalculando } V_{\text{útil}}$$

$$\mathbf{V_{\text{ÚTIL}} = 5.966 \text{ l (Litros) ou } 5,96\text{m}^3}$$

**Considerando, V<sub>útil</sub> = 5,966 l (Litros) ∴**

- c) Cálculo da Contribuição diária  $Qd = N \cdot C$  (Ver Tabela 2 da NBR ABNT 7229:1993, p.5; ou Ver mesma tabela no Anexo II Tabela II)

$$\mathbf{Qd = 3000 \text{ Litros/dia}}$$

**Para o WCFV:**

- d) Cálculo de Dimensionamento do WCFV (Ver Boletim Wetlands Brasil (2018, pp. 23 à 34; pp 55 à 62)).

1º Passo: Estimativa de Carga de DBO do esgoto bruto (g/d) = **1200g/d**

2º Passo: Estimativa de Carga de DBO afluente à etapa de wetland construído = **600 g/d**

3º Passo: Estimativa de Cálculo da área superficial = **60m<sup>2</sup>** (considerando 01 unidade WCFV):

∴ Considerando 02 unidades de WCFV, o Cálculo estimado da área superficial para o WCFV será de **120m<sup>2</sup>**.

4º Passo: Vazão média afluente aos Wetlands (m<sup>3</sup>/d) = **3000 l/d ou 3m<sup>3</sup>/d**

5º Passo: Verificação da taxa de aplicação hidráulica superficial resultante

∴ Vazão média afluyente aos wetlands ( $\text{m}^3/\text{d}$ ) = **3  $\text{m}^3/\text{d}$**

∴ Área superficial requerida ( $\text{m}^2$ ) = **120 $\text{m}^2$** .

Ambos os Cenários A e B estão compreendidos na Área I selecionada e que pode ser visualizada nas Figura 33 e Figura 35.

### **IMPORTANTE:**

A relação comprimento/largura e a profundidade não foram computados neste momento, em função de que o propósito desse dimensionamento é dar uma base para estimar os custos de instalação e de operação. Haja vista que von Sperling e Sezerino (2018, p. 24) norteiam que “...as relações geométricas entre comprimento e largura são menos importantes, e estão mais associadas a uma distribuição adequada da vazão afluyente em toda a área superficial disponível.” Sendo, portanto, componentes do dimensionamento importantes de serem detalhados na elaboração de projeto executivo para antes da instalação.

Provavelmente a alimentação de efluente sanitário no WCFV obedecerá a estratégia operacional de alimentação intermitente (intervalada por pulsos); eventual alternância entre leitos em paralelo para que esse dimensionamento em um universo de 30 pessoas pudesse adotar duas unidades. Sendo uma unidade em alimentação/operação e outra em descanso.

Para a alimentação por batelada prevê-se a utilização de bomba ou sifões dosadores. O dimensionamento da bomba ou sifão dosador, conforme orientam von Sperling e Sezerino (2018, p. 27). O detalhamento em projeto executivo dessas unidades de tratamento descentralizado se realizará na etapa de elaboração de projeto para seu respectivo licenciamento ambiental, quando pertinente. Sabe-se que a vazão durante a aplicação é calculada multiplicando-se o valor adotado da taxa hidráulica instantânea ( $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ ) pela área do leito em operação ( $\text{m}^2$ ), que para no projeto abordado nessa dissertação estima-se que seja de  $0,062\text{m}^3/\text{h}$ . Porém, nessa etapa ainda será estimada a potência da bomba para conduzir o esgoto, onde as bombas centrífugas são também utilizadas para o recalque de esgoto.

Sabe-se que para a estimativa de custo de projeto de rede de esgoto fundamentou-se em trabalho realizado como colaborar de dimensionamento de projetos desse tipo em conjunto com engenheiros civis, na Superintendência de Infraestrutura da UFRGS, no seguinte dado:

- ✓ Estima-se com base em projetos anteriores realizados para a UFRGS, um custo de R\$ 250.000,00 por km de rede sem a incidência de BDI para a execução desta obra, sobre esta estimativa foi adotado um percentual de 1,5 % para formação do valor de projeto;

- ✓ Chegando a um valor de elaboração de Projeto de Instalação da rede coletora em aproximados R\$170,00 (ver Tabela 6).

#### **5.4.3 Eficiência prevista para o Sistema: TS+WCFV**

Esses dados devem ser detalhados quando o projeto do referido Sistema for efetivamente planejado/elaborado para respectiva execução.

Entretanto, se espera que este tipo de tratamento complementar de esgoto sanitário tenha uma eficiência conforme possíveis faixas de eficiência de remoção de DBO<sub>5</sub>, por exemplo, concebidas pela norma NBR 7229:1993 (p.28), onde para sistema de tratamento com fossa séptica + filtro anaeróbio a capacidade prevista de remoção de matéria orgânica seja de 75% a 95%. Mesmo assim, no item 3.7 e autores como Trein *et al.* (2015) e Sezerino *et al.* (2015), a eficiência pode chegar a 94% de eficiência de redução de matéria orgânica.

Diante disso, as eficiências de remoção esperadas para a etapa de wetlands e para o sistema como um todo ao ser projetado para execução se fundamentará em faixas típicas esperadas para esgotos domésticos. Sendo que, em contrapartida ao exposto anteriormente, no estudo do Grupo Wetlands Brasil representado por Sperling e Sezerino (2018, p. 33) a eficiência de remoção global, ou seja, do Sistema: TS + WCFV de DBO<sub>5</sub>, por exemplo, pode chegar a mais de 90%. Portanto, estes mesmos autores informam que as eficiências apresentadas retratam faixas esperadas, caso o projeto, a construção e a operação sejam adequados. Poderão ocorrer valores de eficiência diferenciados aos apresentados nesse estudo, também, para os outros parâmetros de qualidade do efluente, pois, caberá ao projetista considerar fatores de segurança, para se chegar a valores mais próximos ao limite inferior ao previsto.

Lembrando que por recomendações de von Sperling e Sezerino (2018) e Stefanakis, Akrotos e Tsihrintzis (2014), o sistema de tratamento descentralizado resultante e proposto foi a utilização de um tratamento primário com Tanque Séptico, anterior ao WCFV. Assim, considerando esses critérios foi elaborado uma concepção de projeto-piloto de WCFV para o estudo de caso com um layout universal e original, que poderá ser alterado ao longo de seu planejamento, se assim for desejado pelos Tomadores de Decisão e evidenciado na Figura 38.

DESENHO 01 – WETLAND  
 ESC. 1:100

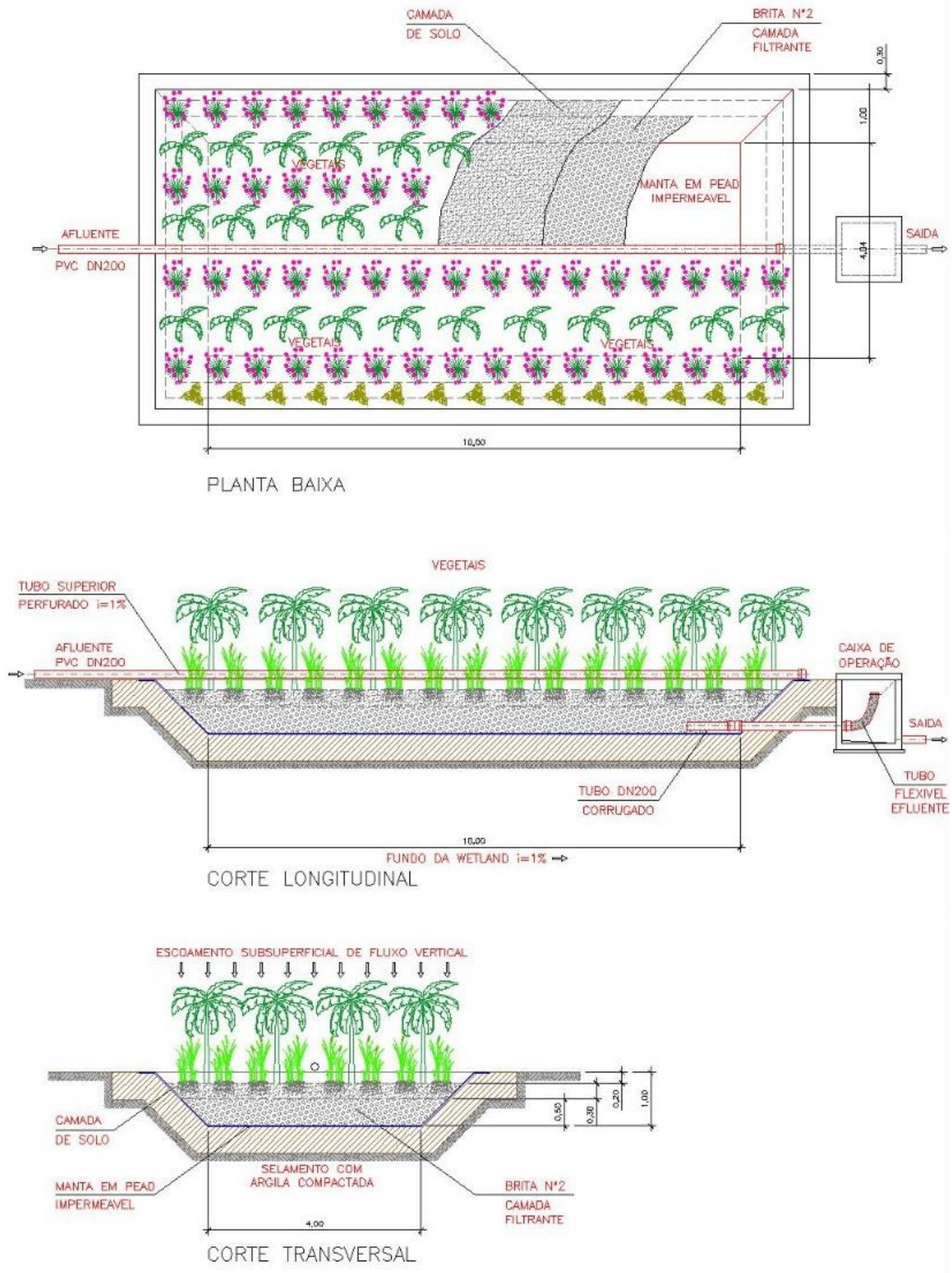


Figura 38 – Desenho de concepção do WCFV, apenas ilustrativo.  
 Fonte: Elaborado pelo Autor.

## **5.5 Estimativa da precificação da tecnologia de tratamento de esgoto sanitário adequada**

### **5.5.1 Estimativa da precificação: TS + WCFV– Custos de Investimento e de**

#### **Operação**

Neste caso se trabalhou de forma estimada com o levantamento de custos de produtos e serviços consultados em empresas especializadas, tirando-se uma média de valores entre três orçamentos solicitados para o item específico, quando necessário, conforme verificado na Tabela 6.

Onde inicialmente representou-se a estimativa de custo para a instalação das unidades de tratamento complementar e descentralizado: TS e WCFV.

Utilizou-se o termo Custo, pois tecnicamente para fins contábeis, está ligado à aquisição de mercadorias e insumos para o funcionamento de determinada atividade (PADOVEZE, 2006).

Já para a operação, o capital necessário para manutenção/operacionalizar/otimizar um projeto, levantaram-se as despesas operacionais relacionadas para o projeto de descentralização, pertinentes a: coleta anual de lodo do TS; coleta trimestral e análise de amostras de efluente bruto e tratado; manutenção anual ou 2x ao ano das espécies vegetais (prazo que pode se alterar em função das plantas a serem selecionadas para o WCFV e da sazonalidade do Clima regional); limpeza das tubulações principais do WCFV por meio de jato, porém, com frequência de limpeza somente após início da operação, com provável frequência de limpeza/manutenção arbitrada nessa dissertação a cada dois anos e verificação da eficiência do tratamento por intermédio de análises das coletas de efluente tratado.

Portanto, a estimativa da precificação do projeto de tratamento descentralizado para: TS + WCFV está representada nos valores da Tabela 6.



ESTIMATIVA DA PRECIFICAÇÃO: TS + WCFV						
Item	INSTALAÇÃO	Quant.	Un.	VALORES UNITÁRIOS		
					Unidades para 04 pessoas	Unidades para 30 pessoas
1	TS: FOSSA SÉPTICA Ø 120x180 cm	1	Conjunto		R\$ 1.140,00	
2	TS: FOSSA SÉPTICA Ø 200x215 cm	1	Conjunto			R\$ 2.315,00
3	CHAMINÉ INSPEÇÃO Ø 60x30 cm	3	Conjunto	R\$ 45,00		R\$ 135,00
4	SELANTE NORMAL CS-101 13 mm x13 mm x 5 m p/ juntas dos anéis Ø 120 cm	8	m	R\$ 21,80	R\$ 174,40	
5	SELANTE NORMAL CS-101 24 mm x 21 mm x 5 m p/ juntas dos anéis Ø 200 cm	20	m	R\$ 32,80		R\$ 656,00
6	CAMINHÃO COM GUINCHO (TRANS OBRA TRANSPORTES) CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA NA OBRA	1	un.	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
7	<sup>1</sup> SONDAGEM MANUAL E MISTA EM SOLO/ALTERAÇÃO DE ROCHA. Obs.: previsão, do estudo de caso, de até no máximo 02 furos de 4m/cada.	8	m	R\$ 145,50	R\$ 1.164,00	R\$ 1.164,00
8	<sup>2</sup> Pedreiros: p/escavação para instalação do TS e WCFV e preparação das paredes laterais e fundo do WCFV. 02 pedreiro trabalhando em 01 dia (08 horas).	16	h	R\$ 19,77	R\$ 316,36	R\$ 316,36
9	Média de custo de Geomanta PEAD (2mm): instalação no WCFV. Obs.: para Unidade de 04 pessoas.	16	m <sup>2</sup>	R\$ 23,00	R\$ 368,00	
10	Média de custo de Geomanta PEAD (2mm): instalação no WCFV. Obs.: para Unidade de 30 pessoas.	120	m <sup>2</sup>	R\$ 23,00		R\$ 2.760,00
11	Estimativa de Compra de mudas de espécies vegetais. Contatos com Floriculturas em Porto Alegre/RS e Viamão/RS			R\$ 30,00	R\$ 300,00	R\$ 600,00
12	Bombas ou sifões dosadores	4	un.	R\$ 20,00	R\$ 80,00	R\$ 80,00
				R\$/Diaria	Comprimento estimado de rede (em km)	
13	Elaboração de Projeto de instalação de rede coletora de esgoto condominial (p/30 pessoas) <sup>3</sup>			R\$ 3.750,00	0,045	R\$ 168,75
<b>(A) SUBTOTAIS INSTALAÇÃO:</b>					<b>R\$ 3.942,76</b>	<b>R\$ 8.595,11</b>
<b>OPERAÇÃO</b>						
14	Valor Médio da Coleta de Lodo de Esgoto do TS	1	ANO	R\$ 250,00	R\$ 250,00	R\$ 250,00
15	Média da Coleta de amostras de efluente: 01 na saída do TS; 01 na saída do WCFV. Total: 02 coletas; para uma Frequência de coleta Trimestral/Ano (02col. X 04/ano ). Consultado preços de Laboratórios credenciados na FEPAM.	8	Coletas/ANO	R\$ 338,00	R\$ 2.704,00	R\$ 2.704,00
16	Obs.: Manutenção da plantas poderá ser realizado por voluntários treinados da Comunidade abrangida pelo Projeto.					
<b>(B) SUBTOTAIS OPERAÇÃO:</b>					<b>R\$ 2.954,00</b>	<b>R\$ 2.954,00</b>
<b>(A + B) TOTAL:</b>					<b>R\$ 6.896,76</b>	<b>R\$ 11.549,11</b>
<sup>1</sup> Retirado de Tabela de Serviços do DAER/RS: Disponível em: < <a href="https://www.daer.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/06120239-2018-01-tabservicterceiros-vigente-2018-versao-2.pdf">https://www.daer.rs.gov.br/upload/arquivos/201803/06120239-2018-01-tabservicterceiros-vigente-2018-versao-2.pdf</a> > acesso em: 20 jun. 2019.						
<sup>2</sup> Retirado do SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO do DNIT-RS: Disponível em: < <a href="http://dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/sul/rio-grande-do-sul/2019-1/janeiro/janeiro-2019">http://dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/sul/rio-grande-do-sul/2019-1/janeiro/janeiro-2019</a> > acesso em: 20 jun. 2019.						
<sup>3</sup> Estima-se com base em projetos anteriores realizados para a UFRGS, um custo de R\$ 250.000,00 por km de rede sem a incidência de BDI para a execução desta obra, sobre esta estimativa foi adotado um percentual de 1,5 % para formação do valor de projeto, conforme valores trabalhados entre 2016 e 2017.						

Tabela 6 – Planilha de Valores de implantação e manutenção do TS + WCFV, estimados.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ressalta-se que para o **Item 15** da Tabela 6, os parâmetros que foram considerados para a coleta e análise do efluente de esgoto:

- ✓ Amônia (NH<sub>3</sub>) (mg NH<sub>3</sub>/L);
- ✓ Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL);
- ✓ Coliformes Totais (NMP/100mL);
- ✓ Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg DBO<sub>5</sub>/L);
- ✓ Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg O<sub>2</sub>/L);
- ✓ Escherichia Coli (NMP/100mL);
- ✓ Fosfato (mg P-PO<sub>4</sub>/L);
- ✓ Fósforo Total (mg P/L);
- ✓ Nitrato (como N) (mg N-NO<sub>3</sub>/L);
- ✓ Nitrogênio Total Kjeldahl (mg N/L);
- ✓ pH (à 25°C);
- ✓ Sólidos Sedimentáveis (mL/L);
- ✓ Sólidos Totais (mg Sól. Totais/L).

A maioria das empresas consultadas para o levantamento dos custos foram do Rio Grande do Sul, somente algumas que fornecem a Geomanta PEAD se localizam fora do RS: uma situa-se em São Paulo e outra em Santa Catarina, de três empresas pesquisadas.

O valores levantados tem uma validade que varia de 15 a 30 dias, conforme informações dessas próprias empresas. Portanto, será necessário realizar novo levantamento para atualização dos valores respectivos, se for o caso de efetividade do projeto.

Nos **Itens 9, 10, 12 e 14** da Tabela 6 foram consultadas no mínimo três empresas e para a determinação de um Valor Unitário considerou-se o menor preço de mercado, no momento consultado.

No **Item 13** não foi contemplado o custo de instalação da rede coletora de esgoto sanitário condominial, pois, arbitrou-se aguardar às exigências e orientações dos órgãos públicos responsáveis pela aprovação e licenciamento ambiental da referida atividade, pois, suas sugestões poderão alterar parte ou todo o escopo tanto do projeto de rede coletora condominial quanto do projeto de dimensionamento das unidades de tratamento: TS + WCFV.

Do **Item 1 ao 6** os valores se referem aos serviços de mercado da empresa TORRI Engenharia e Saneamento, por servir como base de fornecimento de produtos qualificados e reconhecidos a nível nacional, sendo de Novo Hamburgo/RS.

Quanto ao **Item 16** como no próprio está descrito, a manutenção das plantas poderá ser 1x ou 2x ao ano e por algum colaborador da própria comunidade ou se for determinado pelo órgão

público responsável, por funcionário de referida Instituição. Os restos/sobras dos vegetais podados e/ou retirados podem ser utilizados para adubar canteiros de plantas locais. Outras espécies podem ser utilizadas, desde que possam se adaptar às condições operacionais impostas. Como pode ser verificado na Tabela 6 os valores de instalação e operação totais para uma unidade familiar com 04 pessoas pode chegar a quase R\$7.000,00 (Sete mil reais). Sendo um valor alto para os padrões médios de baixa renda populacional no RS ou no País. Porém, para a unidade coletiva de 30 pessoas o custo estimado ficaria em R\$385,00/Pessoa, tornando-se um projeto viável de execução.

Os materiais filtrantes representativos das Camadas são agregados reciclados (de granulometria semelhante a Brita 01, Pedrisco e Rachões) que poderão ser fornecidos por empresas recicladora de resíduos de construção civil e que possivelmente não gerariam custos para a implantação do Projeto: empresas de Porto Alegre/RS ou Canoas/RS.

Porém, este custo pode baixar se forem consideradas ações como:

- ✓ Pesquisa de outras empresas para os custos de fornecimento de insumos.
- ✓ Atualizar informações pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)<sup>35</sup>, quando da efetivação de Planejamento de implantação do Projeto de Descentralização de Tratamento complementar de esgoto sanitário;
- ✓ Busca de financiamentos a fundo perdido, capitalização ou outros tipos de financiamentos, além de parceiros que possam se tornar financiadores ou investidores.

Essas análises poderão ser realizadas com maiores detalhes utilizando-se inclusive sondagens nas áreas consideradas Aptas para a implementação desse tipo de Projeto Planificado para um Tratamento Descentralizado. Consequentemente, o universo de pessoas e o tamanho de áreas disponíveis podem ser alterados, refletindo na alteração da precificação.

### **5.5.2 Financiamentos, Capitalização, Parceiros Investidores**

Neste item foram apresentadas algumas possibilidades de se buscar financiamento ou parceiros que possam colaborar no planejamento da implantação e operação do Estudo de Caso, especificamente, a instalação e manutenção de projeto de tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário com TS e WCFV.

---

<sup>35</sup> SINAPI - é considerado como fonte oficial de referência de preços de insumos e de custos de composições de serviços pelo Decreto 7983/2013 que estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos orçamentários da União, e pela Lei 13.303/2016 que dispõe sobre o estatuto jurídico das empresas públicas, das sociedades de economia mista e de suas subsidiárias, conforme consta no site da CAIXA

O Fundo Nacional do Meio Ambiente – FNMA pertence ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), estabelecido pela Lei nº 7.797 de 10 de julho de 1989 e regulamentado pelo Decreto nº 3524, de 26 junho de 2000. Tem a missão de contribuir, como agente financiador, por meio da participação social, para a implementação da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA e pode ser consultado no seu Portal Oficial<sup>36</sup>.

Essa análise proporcionou o contato com algumas empresas de construção civil e de serviços de saneamento ambiental, deixando claro que poderiam se tornar parceiras e/ou colaboradoras de alguma parte de execução do projeto referido.

Ainda tem a possibilidade de se criar campanha virtual de *crowdfunding* – é a captação de contribuições para se implementar projetos inclusive socioambientais. Existem alguns portais específicos que podem ser consultados no site<sup>37</sup> desse tipo de serviço.

A própria Prefeitura de Viamão/RS em conjunto com a Corsan e a própria UFRGS poderiam se tornar parceiras na implantação desse projeto.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES) tem um ramo de meio ambiente que permite esta Organização apoiar projetos de saneamento<sup>38</sup>, com dois tipos de crédito ambiental: instrumentos de financiamento ao meio ambiente; e apoio via fundos de investimento.

Finalizando a Fundação Nacional de Saúde (Funasa)<sup>39</sup> tem em seu Departamento de Engenharia de Saúde Pública fomentar soluções de saneamento para prevenção e controle de doenças. Esta instituição pública tem em seus programas na área de Engenharia de Saúde Pública: Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES); Cooperação Técnica e Estudos e Pesquisas, a possibilidade de suprir as necessidades desse Estudo de Caso.

## **5.6 Esquema de planificação do tratamento descentralizado: TS+WCFV na gestão de recursos hídricos**

As análises realizadas nessa dissertação provêm da necessidade de auxiliar os tomadores de decisão na planificação de um tratamento descentralizado de esgoto sanitário com WC, seguindo preceitos da Lei das Águas e política de saneamento básico local. Entre eles, estabelecer uma visão integrada, com uma gestão descentralizada e participativa foi o que se

---

<sup>36</sup> FNMA. Disponível em: <<http://mma.gov.br/apoio-a-projetos/fundo-nacional-do-meio-ambiente.html>>. Acesso em 05 jul. 2019.

<sup>37</sup> Crowdfunding. Disponível em: <<https://www.crowdfundingnobrasil.com.br/>>. Acesso em 05 jul. 2019.

<sup>38</sup> BNDES. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/onde-atuamos/meio-ambiente>>. Acesso em 07 jul. 2019.

<sup>39</sup> Funasa. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/web/guest/saneamento-para-promocao-da-saude>>. Acesso em 08 jul. 2019.

tentou elaborar ao ser apresentado o esquema de planificação conforme consta na Figura 39. Esse desenho esquemático facilitará no entendimento e rastreamento das ações a serem tomadas, para que se busque o propósito principal desse estudo.

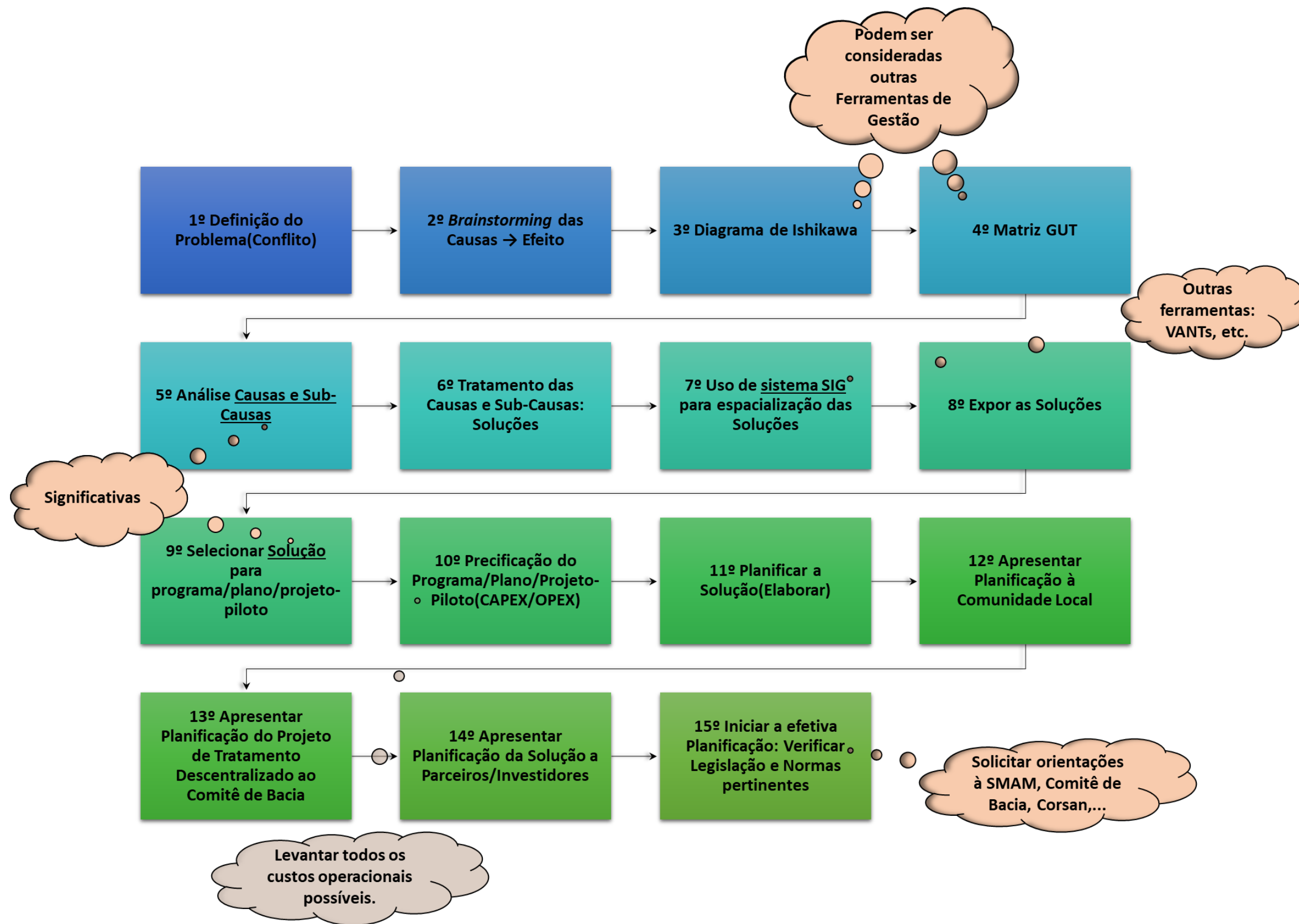


Figura 39 – Desenho esquemático da planificação do tratamento descentralizado: auxílio para Tomadores de Decisão.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 Conclusão

Utilizando-se das ferramentas de gestão como o Diagrama de Ishikawa, Matriz de Priorização e Sobreposição de Mapas, alinhadas às atividades de campo e análises de estudos técnicos percebeu-se do déficit de gestão entre as entidades intervenientes na gestão de recursos hídricos e na gestão do saneamento ambiental, refletindo na ineficiente integração entre estas duas políticas.

Com a ferramenta do diagrama de causa e efeito constatou-se a ocorrência contínua do efeito indesejado: poluição das águas superficiais na microbacia da barragem Mãe d'Água por lançamentos irregulares de esgoto sanitário domiciliar em redes pluviais e nesses afluentes da barragem.

Além dessa causa outras foram consideradas significativas e prioritárias segundo a Matriz GUT, tais como: ausência de Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Integrado em Viamão que colete e trate o esgoto sanitário da área.

Essas consequências vão em sentido contrário ao arcabouço da gestão de recursos hídricos, ou seja, opostas a um dos fundamentos da Lei das Águas: aplicação de gestão descentralizada e participativa nos recursos hídricos do País, a qual dificilmente privilegia as decisões locais. Sendo inobservado durante o desenvolvimento dessa dissertação uma articulação eficiente entre as entidades participativas (atores socioambientais), haja vista que a poluição hídrica continua recorrente.

Na estrutura do SINGREH – instituído pela PNRH – está o Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, o qual pode arbitrar os conflitos relacionados aos recursos hídricos e além disso, promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes. Em função disso e do contexto desse Trabalho considerou-se o Comitê como uma peça chave para que esse conflito socioambiental seja de conhecimento de todos os *stakeholders* (poder público: municipal, estadual e federal, dos usuários e da comunidade local). A concepção de implementação de um sistema tratamento descentralizado e complementar de esgoto sanitário utilizando-se de TS seguido de WCFV, em áreas urbanas de ocupações irregulares desassistidas de um SES Integrado será abordada em Plenária do referido Comitê em Novembro do corrente ano, para que se estabeleça um início da Planificação e consolidação de uma visão integrada entre as partes interessadas.

O resultado de se chegar às áreas selecionadas potenciais para a implementação do sistema de tratamento descentralizado foi possível por meio do uso da ferramenta SIG (com a sobreposição de mapas), obtendo-se a espacialização e localização dessas áreas conforme critérios estabelecidos na própria dissertação e que foram determinantes na escolha da Área I.

Portanto, as ferramentas de gestão de recursos hídricos tais como: Diagrama de Ishikawa, Matriz de Priorizações e SIG foram úteis para os propósitos dessa dissertação.

A solução para dirimir ou anular o efeito indesejado foi planejar, portanto, tratamento descentralizado local. Sendo que a implementação desta tecnologia proposta foi considerada viável, consoante estimativas de custos de implantação e operação para um universo populacional de 30 pessoas, além de obedecer a critérios estipulados nessa dissertação.

A solução proposta para o tratamento descentralizado foi um tratamento complementar de esgoto sanitário utilizando TS seguido de WCFV. Podendo-se resultar numa redução de carga orgânica do esgoto sanitário tratado em mais de 90%, se o sistema for projetado, instalado e operado de forma adequada. Complementar a isso, o WCFV apresentou-se como uma planificação de projeto-piloto de tratamento descentralizado-complementar possível de ser implementada. Em função de que se determinou viável sua elaboração para um Universo de 30 pessoas o que custaria pouco mais de R\$ 300,00/Pessoa.

Porém, alguns detalhamentos do sistema de tratamento previsto como: custo de instalação/execução da rede condominial serão considerados somente quando houverem tratativas diretas com os órgãos responsáveis pela aprovação e licenciamento do referido estudo e em local desejado por ambas as partes. Pois, são trâmites que podem influenciar diretamente na precificação do produto de instalação e operação, haja vista que a extensão da rede pode ser alterada. Porém, estabeleceu-se um custo de elaboração de projeto da rede condominial.

Quanto aos resíduos gerados deve-se tomar uma atenção especial ao lodo gerado pelo TS, pois, para esse recurso poderá ser previsto sua utilização em compostagem, ou ainda em digestão anaeróbia ou ser coletado e transportado para aterro sanitário. Ambos são recursos de destinação que deverão ser acordados com o órgão ambiental licenciador para que se entre em comum acordo e posteriormente essa etapa seja inserida nos custos operacionais de Projeto.

Portanto, o entendimento do uso dessas ferramentas de gestão para a planificação de um sistema de tratamento descentralizado de esgoto sanitário, está em consonância com o que é destacado pela PNRH: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Sendo um princípio também dos ODS 6 e 11. Os quais convergem com a ideia de se buscar uma melhor qualidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica.



Como resultado efetivo, a realização dessa dissertação permitiu estabelecer um passo-a-passo para se planificar um tratamento descentralizado de esgoto sanitário, inserido no arcabouço estrutural da gestão dos recursos hídricos e que pode ser elaborado e adaptado para todo o País. Logo, a utilização de ferramentas específicas de gestão de recursos hídricos colaboraram para rastrear e determinar que o tratamento descentralizado pode ser um recurso colaborativo para melhorar a qualidade das águas superficiais de uma bacia hidrográfica urbana. Fundamental em um cenário onde o serviço público/privado de esgotamento sanitário não atinge/não atingirá determinada parcela da população de uma cidade desassistidas por essa infraestrutura básica.

### **6.1.1 Questionamentos CORSAN**

Como verificado anteriormente, o tratamento complementar de WCFV foi o escolhido, por ser uma tecnologia LID de baixo impacto ambiental e de custos reduzidos de implantação, além de ser a ideal para o tratamento secundário de esgoto sanitário no contexto em questão.

Ressalta-se que a assertiva da CORSAN (ver ANEXO I) de que o projeto de tratamento descentralizado com TS como tratamento primário e WC como tratamento secundário, é de operação problemática e de custo de implantação elevado, descrevendo problemas operacionais tais como: manutenção periódica com podas de vegetação; recuperação de taludes; o combate aos mosquitos; necessidade de se requerer grandes áreas para o tratamento e cercamento das unidades de tratamento para evitar invasões.

Salienta-se ainda que em contato com representantes dessa Instituição, os quais informam que a CORSAN tem sistemas de “banhados construídos” em Guaíba/RS (de sistema Lat/Long: 30°5'42.00''S – 51°21'34.86''O) e Passo Fundo/RS (de sistema Lat/Long: 28°13'18.16''S – 52°22'5.44''O); constatando-se de que ambos são de fluxo superficial e requerem de extensas áreas para seu dimensionamento e implantação.

Portanto, esse argumento permitiu ratificar de que a planificação do projeto-piloto de tratamento descentralizado com o uso de TS e WCFV é possível e viável, pois, como já se comprovou é um tipo de WC que não requer grandes áreas de implantação, é sub-superficial onde o efluente que aporta nessa unidade não fica exposto ao ar livre, inibindo a emissão de odores desconfortáveis que liberam gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) semelhante ao odor de ovo podre e dependendo das espécies vegetais a serem utilizadas os mosquitos (vetores de doenças) podem ter suas proliferações impedidas de ocorrerem. Sendo que os próprios moradores locais, os interessados em participar, podem ser treinados a manusear as plantas de forma adequada, conforme orientações de operação e acordos entre as partes interessadas em implementar o referido tratamento. Além disso, as vazões trabalhadas se referem a pequenas vazões de

projetos, conforme mencionado anteriormente, bem como ao longo dessa dissertação já se confirmou a eficiência em histórico de operações deste tipo de sistema de tratamento pelo País. Mesmo assim, as peculiaridades locais e de fatores ambientais devem sempre serem observadas e discutidas com os órgãos responsáveis pela aprovação e licenciamento de tal atividade. Obedecendo-se a critérios técnicos definidos em conjunto, porém, cabe ressaltar que para os WC e mais ainda para o WCFV, no Brasil, ainda não há norma técnica específica ou norma regulamentadora, somente, algumas portarias ou instruções normativas de órgãos públicos municipais de saneamento que abordam algumas orientações quanto a instalação de unidades de tratamentos complementares de esgoto sanitário domiciliar. Sendo mais um motivo de que deve haver uma discussão entre os responsáveis pela elaboração da Planificação do Tratamento Descentralizado e os órgãos públicos responsáveis pelo saneamento e licenciamento ambiental locais.

### **6.1.1 Questionamentos Dimensionamento do TS**

A empresa TORRI em parceria e em conjunto com o autor da dissertação ofereceu-se para elaborar os projetos de dimensionamento de TS para os Universos de 04 pessoas e de 30 pessoas. Obedecendo às normas técnicas da NBR ABNT 7229/93 e 13969/97.

Escolheu-se a parceria de projeção com esta empresa, apesar de que outras duas foram consultadas, em função de que se tornou referência em produtos consolidados no mercado e aferidos pelo INMETRO. Oferecendo produtos comprovadamente eficazes para seus propósitos, no caso de biodegradação da carga orgânica e decantação de matéria orgânica grosseira (lodo do TS).

### **6.2 Condições restritivas de implantação de projeto**

A análise de causas foi realizada de forma subjetiva, sendo um fator limitante do trabalho, porém, não evasivo, pois, se alcançou a identificação do efeito indesejado e, mais ainda, a identificação de causas que direta ou indiretamente o geram.

O interesse das entidades participativas de um Comitê de Bacia (seus representantes) pode ser um fator limitante e preponderante para a continuidade na busca da elaboração da Planificação do projeto-piloto de tratamento descentralizado. Caberá ao responsável por sua planificação realizar a negociação com as partes interessadas (atores socioambientais).

Os recursos financeiros para a instalação e operação do referido tratamento descentralizado, em universos de 04 pessoas e 30 pessoas se mostrou diverso. Pois, estimou-se um valor para unidade familiar que se mostrou relativamente alto, se considerado os padrões médios de renda da população de baixa renda, que poderia ser prevista a instalação de tratamento complementar

com TS, Filtro Anaeróbio e/ou Sumidouro. Porém, para o universo de 30 pessoas o sistema de tratamento descentralizado de esgoto sanitário se revelou viável porque o custo total de instalação e operação de um TS+WCFV estimado em R\$11.549,11, ao ser diluído apresentou um valor de R\$384,97/Pessoa. A partir deste quesito pode-se tomar a iniciativa de apresentação do projeto de descentralização aos *stakeholders* para efetivar a implementação do projeto.

Quanto ao aspecto físico do projeto-piloto os fatores limitantes para sua execução são o lençol freático raso e sua implantação em áreas de cotas de terreno baixas, onde pode haver alagamentos.

### **6.3 Proposições futuras**

A análise de causas foi realizada de forma subjetiva. Porém, para minimizar essa subjetividade sugere-se a utilização de métodos de avaliação de impactos ambientais tais como: ad hoc e/ou método de Sorensen (Rede de Interação) com especialistas na determinação das causas que geram o efeito indesejado, na etapa de início da Planificação do Sistema de Tratamento Descentralizado.

A partir do resultado dos Valores estimados de instalação e operação dos cenários supracitados, pode-se buscar parcerias de potenciais investidores, ou ainda, financiamentos a fundo perdido ou parcerias entre os entes públicos e sociedade local, tais como: Prefeitura de Viamão, Comitê da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, Corsan, Associação de Moradores locais e Escolas locais.

Esse projeto poderá estabelecer um canal de comunicação direta e contínua entre as escolas públicas e privadas locais com a Ufrgs e outras entidades participativas do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba e potencializar a criação de projetos de educação ambiental e conscientização ambiental, consolidando um cenário da “Bacia-Escola” por intermédio da discussão sobre a relação entre a gestão de recursos hídricos e saneamento ambiental de uma cidade.

Conseqüentemente, para se realizar um adequado projeto de estruturação desse Sistema Descentralizado: TS+WCFV (de tratamento complementar de esgoto sanitário), deve-se contemplar as exigências normativas e de legislação ambiental pertinente. Salienta-se que a normatização técnica para a concepção e o dimensionamento de um WC está em fase de discussão em plenárias técnicas pelo País.

O Projetista em conjunto com Tomadores de Decisão deve considerar:

- ✓ Contatar Tomadores de Decisão da Gestão de Recursos Hídricos e de Saneamento Ambiental para um *brainstorming* de implantação da concepção de Tratamento

Descentralizado de esgoto sanitário residencial como alternativa de gerenciamento de recursos hídricos em bacia hidrográfica urbana;

- ✓ Selecionar área conforme orientações desse Estudo de Caso;
- ✓ Em ambas as Áreas selecionadas não se verificaram problemas de inundação ou alagamentos, quanto a enxurradas as áreas deverão ser vistoriadas à campo durante dias com chuva para verificar o caminho que a água percorre em cada local para prever algum dispositivo de desvio de águas pluviais para que não afetem as Unidades de Tratamento Descentralizado. Além disso, essa etapa deve estar prevista na Planificação do referido Tratamento e detalhada no seu respectivo projeto-piloto, quando este for para a apreciação do órgão ambiental regulador.
- ✓ Vazão do efluente a ser tratado (quantas pessoas serão atingidas pelo Projeto);
- ✓ Projetar TS segundo as normas ABNT NBR 7229:1993 e NBR 13969:1997;
- ✓ Dimensionar o WCFV conforme sugere Sperling e Sezerino (2018) e o referido Estudo de Caso;
- ✓ O lodo do TS deverá ser retirado e poderá ter os seguintes destinos: compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares (reciclagem do resíduo orgânico, no caso, o lodo de TS), podendo ser cultivada uma horta comunitária local ou digestão anaeróbia ou retira de lodo por caminhão limpa-fossa e seu transporte para aterro sanitário como destino final (porém, este geraria um custo para o projeto);
- ✓ Os resíduos das podas das plantas serão dispostos em canteiros de jardins locais para decomposição natural, mineralizando-se ao compor-se ao solo servindo como adubo;
- ✓ Os responsáveis pela manutenção/operação das Unidades de Tratamento seriam os representantes e responsáveis técnicos de Organização/Instituição que adote a ideia da planificação e elaboração do Tratamento Descentralizado: Equipe Técnica da UFRGS, ou Equipe formada por Empresa Privada/Técnicos da UFRGS/Representantes da Associação de moradores locais;
- ✓ Prospear parcerias e/ou buscar investidores contemplando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), quais sejam: 6 “Água potável e saneamento” e 11 “Cidades e comunidades sustentáveis”.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-ISAWI, R.; SCHOLZ, M.; WANG, Y.; SANI, A. Clogging of vertical-flow constructed wetlands treating urban wastewater contaminated with a diesel spill. *Environmental Science and Pollution Research*, Berlin, v. 22, p. 12779-12803, 2014.
- ALENCAR, J. C. *Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação. Um estudo da bacia do Jaguaré*. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2017. Cartilha retirada da tese de doutorado da Juliana Alencar. Disponível em: <<https://issuu.com/julianaalencar3/docs/livro-revitalizacao-rios-tese>>. Acesso em: 30 out. 2017. 66p.
- ALENCAR, J. C.; RIZZI, D.; PEREIRA, L.; VASCONCELOS, I. G. D.; PEDUTO, T. de A. G.; TRINDADE, L. M.; BECKER, V. C. S.; SOUZA, M. H. de; MADUREIRA, R. G. *Proposta de Infraestrutura Verde e Azul para uma bacia urbana em São Paulo para redução de picos de cheia*. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 4., 2018. Porto Alegre, **Anais ...** Porto Alegre: ABRH, 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>. Acesso em: 30 ago. 2019.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. "Infrastructure — the substructure or underlying foundation...on which the continuance and growth of a community or state depends". Webster's New World Dictionary. The Conservation Found. Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series. Whashington, D.C.: Sprawl Watch Clearinghouse. 36p.
- BRAGA, Benedito. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305p.
- BRANCO S. M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. 3ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 640p.
- BRANCO, S. M. *Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente*. São Paulo: Blucher, 1999.
- BRASIL. O novo Código Florestal: lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, Brasília, maio. 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 08 mai. 2017.
- CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789p.
- CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N.T. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

- COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. CORSAN. **Estudos e projetos executivos para os sistemas de abastecimento de água e para os sistemas de esgotamento sanitário da CORSAN – Lote 1: Sistema de Esgotamento Sanitário Alvorada/Viamão**. Porto Alegre: CORSAN. v. 3, Tomo 1, 254p. 2018.
- CONLEY, L. M.; DICK, R. I.; LION, L. W. 1991. An Assessment of the Root Zone Method of Wastewater Treatment. **Research Journal of the Water Pollution Control Federation**, 63(3), 239-247. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/25043987>>. Acesso em 20 fev. 2019.
- COSTANZI, Ricardo Nagamine. Saneamento ambiental e reuso de água integrado aos recursos hídricos. In: *Bacias hidrográficas e recursos hídricos*. 1 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. p. 159-177.
- CRESPO, Patricio, Gallego. **Manual de projeto de estações de tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: ABES, 2005. 332p.
- CRISPIM, J. de Q.; KAICK, T. S. V.; PAROLIN, M. **Tratamento de esgoto por zona de raízes: análise e eficiência**. Revista GEOMAE, Campo Mourão, v. 3, n. 1, p 45-57, 2012.
- DUARTE, F. *Planejamento urbano*. 2ª ed. Curitiba: IBPEX, 2011. 199p.
- ECKART, K.; MCPHEE Z.; BOLISSETTI, T. *Performance and implementation of low impact development - A review*. Science of The Total Environment. 31. Vol. 607-608:413-432. Elsevier. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.254>> Acesso em: 19 dez. 2017.
- FORNARI, Junior, C. C. M. Inovação, Gestão e Produção. Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde. Publicação revista Ingepro. Documento online: <[http://www.ingepro.com.br/Publ\\_2010/Set/307-836-1-PB.pdf](http://www.ingepro.com.br/Publ_2010/Set/307-836-1-PB.pdf)> acessado em maio de 2019
- FREITAS, Camila. *Caracterização ecológica da represa Mãe D'água, Campus do Vale da UFRGS, morro Santana, Porto Alegre - RS (Brasil)*. 2005. 54f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- HASENACK, H.; WEBER, E. J.; LUCATELLI, L. M. L. 2010. Base Altimétrica Vetorial Contínua do município de Porto Alegre na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica. Porto Alegre, UFRGS-IB- Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-03-6. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acesso em 19 de junho de 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. *Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente*. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.
- INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS IPH (2008). *Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica da barragem mãe d'água*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, elaborado por discentes da disciplina Gestão de Recursos Hídricos do

Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas-IPH/UFRGS.

- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005. 932p.
- KOBIYAMA, M.; MOTA, A. de A.; CORSEUIL, C. W. *Recursos Hídricos e saneamento*. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160p.
- LADWIG, N. I.; SCHWALM, H. *Espaço urbano sustentável: planejamento, gestão territorial, tecnologia e inovação*. Florianópolis: Insular, 2012.
- LANNA, A. E. *Gestão dos Recursos Hídricos*. In: Tucci, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 3ª edição, Porto Alegre: Ed. da UFRGS/ABRH/EDUSP, 2004. p. 727-768.
- LEITE, C; AWAD, J. di C. M. *Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*. Porto Alegre: Bookman, 2012. 264p.
- LIBRALATO, Giovanni; GHIRARDINI, Annamaria Volpi; AVEZZÙ, Francesco. *To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management*. **Journal of Environmental Management**, Venice, v. 94, p. 61-68, 2012.
- LUCENA, Beatriz Silva de; MARTINS, Joyce Teofilo. Propostas para redução do consumo de água em um clube de campo. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2016. João Pessoa, PB, **Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil**. João Pessoa: ENEGEP, 2016. Disponível em:<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_234\\_363\\_29235.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_234_363_29235.pdf)>. Acesso em: 05 jun. 2019.
- MARTINS, S. V. *Recuperação de matas ciliares*. 2ed. rev. E ampl. Viçosa: CPT, 2007. 255p.
- MASSOUD, May A.; TARHINI, Akram; NASR, Joumana A. *Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries*. **Journal of Environmental Management**, Beirut, v. 90, p. 652-659, 2009.
- MAZON, H.; HOCHHEIM, N. Ferramentas de planejamento e gestão ambiental urbana. In: LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo. (Ed.) *Espaço urbano sustentável: planejamento, gestão territorial, tecnologia e inovação*. Florianópolis: Insular, 2012. p 245-262. (Capítulo XI, 247).
- MIGUEZ, M. 2012. *Requalificação Fluvial em Áreas Urbanas: o caso do Rio Dona Eugênia*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Civil - PEC-COPPE/UFRJ e Programas de Engenharia Ambiental e de Engenharia Urbana - POLI/UFRJ Slides de apresentação em 12/11/2012.
- MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Belo Horizonte: Ed. Da autora, 2003. 294p.

- NELSON, M; CATTIN, F.; TREDWELL, R.; DEPUY, G.; SURAJA, M.; CZECH, A. Why there are no better systems than constructed wetlands to treat sewage water: Advantages, Issues and Challenges. 2007. Disponível em: <[http://www.wastewatergardens.com/pdf/2007\\_SMALLWATspain.pdf](http://www.wastewatergardens.com/pdf/2007_SMALLWATspain.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2017. 19p.
- NEWMAN, Peter W. G. Sustainability and cities: extending the metabolism model. *Landscape and Urban Planning*. v. 44, p 219-226, 1999.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A., 1983. 434p.
- OGATA, Maria Gravina. A experiência de gestão participativa dos recursos hídricos no Estado da Bahia. In: Experiência de gestão de recursos hídricos. Brasília: MMA/ANA, 2001. p. 91-106.
- OKAWA, Cristhiane Michiki Passos; POLETO, Cristiano. Gerenciamento de Recursos Hídricos. In: **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. p. 001-027.
- OTTAWAY, J. H. *Bioquímica da Poluição*. São Paulo: E.P.U. EDUSP, 1982.
- PADOVEZE, Clóvis Luís. **Curso básico gerencial de custos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. 410 p.
- PAOLI, A. C. de. **Análise de desempenho e comportamento de “wetlands” horizontais de fluxo subsuperficial baseado em modelos hidráulicos e cinéticos**. 2010. 165p. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- PHILIPPI, Luiz Sérgio; SEZERINO, Pablo Heleno. *Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas*. Florianópolis: Edição do Autor, 2004. 144 p.
- POLETO, Cristiano P. Alterações morfológicas em um canal fluvial urbano no contexto antrópico, social e ambiental: um estudo de caso. *Acta Scientiarum. Technology*. Maringá, v. 33, n. 4, p. 357-364, 2011.
- PREFEITURA DE VIAMÃO. Viamão, Prefeitura de Viamão, 2017. Apresenta notícias referentes ao esgoto da cidade. Disponível em: <<https://www.viamao.rs.gov.br/portal/noticias/0/3/2779/Corsan-apresenta-plano-de-investimentos-em-saneamento-para-o-munic%C3%ADpio-de-Viam%C3%A3o>>. Acesso em: 23 out. 2018.
- SEREIA, Desses Aparecida de Oliveira; FAURO, Janice Costa da Silva; MORETTO, Yara. A educação ambiental e os recursos hídricos. In: **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. p. 48-71.
- SEZERINO, Pablo Heleno; SANTOS, Mayara Oliveira dos; PELISSARI, Catiane; CELIS, Giovanna Sánchez; PHILIPPI, Luiz Sérgio. *Wetlands* construídos horizontais aplicados no tratamento descentralizado de esgotos. **Revista Engenharia e Construção Civil**, Curitiba, v. 2, n.2, p. 1-9, 2015.



SEZERINO, P. H. Informações fornecidas pelo Professor Dr. Pablo Heleno Sezerino no II Encontro Sul-Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária. Foz do Iguaçu. 2018.

SHUTES, R. B. E. **Artificial wetlands and water quality improvement. Environment International.** London, n. 26, p. 441-447, 2001.

SITWARE. Como utilizar a matriz de priorização de processos? 2017. Disponível em: < <https://www.siteware.com.br/metodologias/matriz-priorizacao-processos/>> Acesso em: 01 jun. 2019.

STEFANAKIS, Alexandros; AKRATOS, Christos S.; TSIHRINTZIS, Vassilios A. *Vertical Flow Constructed Wetlands: Eco-engineering Systems for Wastewater and Sludge Treatment.* Oxford: Elsevier, Elsevier's Science & Technology Rights Department, 2014. 378p.

TANNER, Chris C.; SUKIAS, James P. S.; HEADLEY Tom R.; YATES Charlotte R.; STOTT, Rebecca. *Constructed wetlands and denitrifying bioreactors for on-site and decentralised wastewater treatment: Comparison of five alternative configurations. Ecological Engineering,* New Zealand, v. 42, p. 112-123, 2012.

THEODORO, H. D.; MATOS, F. *Governança e Recursos Hídricos: Experiências Nacionais e Internacionais de gestão.* Fernanda Matos e Ivan Beck Ckagnazaroff Governança e gestão de recursos hídricos: proposta de instrumento de avaliação de proposição de políticas. pp 17-36. Belo Horizonte: Editora D'Plácido, 2015. 390p.

\_\_\_\_\_. *Governança e Recursos Hídricos: Experiências Nacionais e Internacionais de gestão.* Rogério Braga Silveira e Glauco da Costa Knopp Governança social na política de saneamento ambiental: o caso do município de Penápolis - SP. pp 123-140. Belo Horizonte: Editora D'Plácido, 2015. 390p.

TREIN, C. N.; PELISSARI, C.; HOFFMANN, H.; PLATZER, C. J.; SEZERINO, P. H. Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 351-367, out./dez. 2015.

TRINDADE, Lessandro Morini; DREYER, Ana Lúcia Richter; MAGALHÃES, Ruane Fernandes de. *Wetland como unidade de tratamento complementar de esgoto sanitário: uma proposta de formato orgânico.* In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, III, 2016. Porto Alegre, **Anais ...** Porto Alegre: ABRH, 2016.

TUCCI, Carlos E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação.* Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. Porto Alegre: UFRGS:ABRH:EDUSP. 1993. 943p.

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. *Estudos Avançados.* São Paulo, v. 22, n. 63, p 97-112, 2008.

TUNDISI, José G. Água, a sustentabilidade vital. *Scientífica American Brasil Terra 3.0,* São Paulo, v. 4, p. 14-19, 2009.

UACDC. UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER. *Low Impact Development: a design manual for urban areas.* 29p, 2010. Disponível em: <

<http://uacdc.uark.edu/work/low-impact-development-a-design-manual-for-urban-areas>. Acesso em: 08 jun. 2018.

UFRGS. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Programa de revitalização da Bacia do arroio Dilúvio: Plano de Ação. Organizadores deste documento: UFRGS, PUC. Porto Alegre: UFRGS. 2012. 73p.

UN-Habitat - Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos. *Competências-chaves para melhorar a governança local* volume 3: conceitos e estratégias. UN-HABITAT: Nairobi, 2005.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 438p.

VILLELA, S. Marcondes; MATTOS, Arthur. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 247p.

von SPERLING, Marcos Von. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 211 p.

von SPERLING, Marcos Von; SEZERINO, Pablo Heleno. Dimensionamento de *wetlands* construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias. Edição Especial. Publicação online Boletim Wetlands Brasil, Dezembro/2018 – ISSN 2359-0548. Disponível em: < <http://gesad.ufsc.br/files/2018/12/Boletim-Wetlands-Brasil-Edi%C3%A7%C3%A3o-Especial-Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdos-no-Brasil-von-Sperling-Sezerino-2018-2.pdf> >. Acesso em 14 dez. 2018.

ZANANDREA, Franciele. Avaliação de técnicas de baixo impacto no controle de impactos hidrológicos em uma bacia urbana em consolidação. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 93p.

ZANANDREA, Franciele; VALERIO, Erick de L. S.; SILVEIRA, André L. L. Avaliação do efeito da dinâmica da expansão urbana na vazão máxima de uma bacia urbana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21, 2015. Brasília, Anais... Brasília: ABRH, 2015.

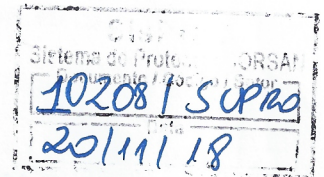
## 8 ANEXOS

## Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Porto Alegre 19 de novembro de 2018

Ao Eng. Carlos Machado

SUPRO - SUPERINTENDÊNCIA DE PROJETOS DA CORSAN



Prezado Senhor :

Encaminho este ofício, como mestrando do Curso de Mestrado Profissional PROFÁGUA, apoiado pela Agência Nacional das Águas (ANA) e universidades públicas do País, entre elas o Polo IPH/UFRGS.

Minha dissertação intitulada: "Aplicação de ferramentas de gestão na determinação de áreas para o tratamento descentralizado de esgoto sanitário", tem como objeto de estudo - já mencionado em reunião anterior - a microbacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água, localizada entre os municípios de Viamão, a maior parte, e Porto Alegre.

O tratamento descentralizado se refere ao uso de tratamento primário (tanque séptico) e secundário ("wetland" construída) de esgoto sanitário em áreas onde o Sistema de Esgotamento Sanitário público não alcança, em áreas urbanas. Ressalto que na própria dissertação, fundamento-teoricamente nas normas da ABNT, NBR 7229/93 e 13969/97, em função de outros trabalhos e projetos já realizados, implementados e com sucesso, pelo Brasil, compilados para esse meu projeto dissertativo

Diante do exposto, venho por meio desta solicitar à Corsan, representada pelo Sr., o seguinte:

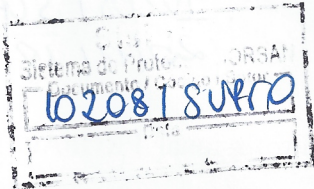
1º) informações sobre as ações realizadas até o momento e o que está previsto pela Corsan no município de Viamão - que compreenda minha área de estudo: bairros Vila Santa Isabel, Jardim Universitário, quanto à implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário. Seria possível encaminharem a mim planos e programas inerentes ao tema, em meio digital?

2º) uma opinião técnica e oficial da Corsan, quanto à possibilidade de implantação deste tipo de tratamento descentralizado: tratamento primário convencional (TS) + tratamento secundário complementar (*wetland* construída), em área a ser selecionada ainda por esta dissertação. E se pode haver, também, a possibilidade de parceria entre a Corsan e Universidade (IPH) no âmbito do Acordo de Cooperação CORSAN/UFRGS/IPH já firmado?

Atenciosamente,

*LESSANDRO MOREIRA TRINDADE*  
LESSANDRO MOREIRA TRINDADE

*ante*  
*[Assinatura]*  
Prof. André Luiz Lopes da Silveira  
Coordenador PROFÁGUA  
UFRGS - IPH



Ao DOPNE

P/ Informar e/ Planos.

22/11/17

Engº Carlos Alberto B. Machado  
Superintendente de Projetos  
SUPRO/DEXP/CORSAN  
CREA 98175-D

A Supro

Segue CD com  
projetos.

*Angela Cocio Martins*  
Eng. Angela Cocio Martins  
CREA RS 083850 - Mat. 159111  
Gestor DEPRE/SUPRO/DEXP  
08/4/19



## COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

*A vida tratada com respeito*

Administração: Rua Caldas Junior, 120 – 18º Andar – CEP 90018-900 – Porto Alegre – RS

Protocolo: Rua Sete de Setembro, 641 – 6º Andar – CEP 90010-190 – Porto Alegre – RS

**Informação 027/2019-SUPRO**

**Porto Alegre, 05 de Abril de 2019.**

**AO IPH**

**Ao Lessandro Trindade**

**Assunto: Projeto de SES na bacia Mãe D'água - Viamão**

<b>S i s P r o C</b>		
Sistema de Protocolo CORSAN		
<small>Documento / Código / Setor</small>		
<b>10208/SUPRO</b>		
<small>Data</small>		
<b>05/04/2019</b>		

Em atendimento ao solicitado pelo Eng. Leandro Trindade, documento em anexo, sobre o projeto de esgotamento da região da Microbacia Hidrográfica da barragem Mãe D'água, entre Viamão e Porto Alegre, nos questionamentos solicitados no documento, informamos:

1 – a Corsan tem previsão de implantação de rede coletora tipo separador absoluto, com interligação não sistema integrado com Alvorada – a ETE está localizada em Alvorada. O SES Integrado compreende rede e estações elevatórias, na área citada, sendo encaminhado para a ETE em Alvorada. O projeto, em arquivo digital, está sendo entregue juntamente com este documento.

2 - Quanto a implantação de tratamento primário convencional (TS) + tratamento secundário complementar por Wetland construído a Companhia informa (por experiência) que a operação é muito problemática, pois esse processo requer manutenção periódica podendo-se citar as constantes podas de vegetação, a recuperação de taludes e, principalmente, o combate aos mosquitos, além de que requer grandes áreas para o tratamento, que precisam ser cercadas para evitar as invasões o que aumenta o custo de implantação. A Corsan tem sistemas de banhados, entre eles Guaíba e Passo Fundo, os quais a superintendência de tratamento solicita que não deve-se mais projetar esse tipo de sistema, quer a nível secundário ou terciário, devido realmente a problemas de operação.

  
Eng.º Carlos Alberto Bertuol Machado  
Superintendente da SUPRO

**TABELA I - Contribuição Diária de Esgoto (C) e Lodo Fresco (Lf)  
 Tipo de Prédio e de Ocupantes (Atividades).**

PRÉDIOS	UNIDADE	CONTRIBUIÇÃO (UNID.: litros)	
		ESGOTO (C)	LODO FRESCO (Lf)
<b>1- OCUPANTES PERMANENTES</b>			
RESIDÊNCIA			
Padrão Alto	Pessoa	160	1,00
Padrão Médio	Pessoa	130	1,00
Padrão Baixo	Pessoa	100	1,00
HOTEL (EXCETO LAVANDERIA E COZINHAS)	Pessoa	100	1,00
ALOJAMENTO PROVISÓRIO	Pessoa	80	1,00
<b>2- OCUPANTES TEMPORÁRIOS</b>			
Fábricas em Geral	Pessoa	70	0,30
Escritório	Pessoa	50	0,20
Edifícios Públicos ou Comerciais	Pessoa	50	0,20
Escolas (Externatos) e Locais de Longa Permanência	Pessoa	50	0,20
Bares	Pessoa	6	0,10
Restaurantes e Similares	Refeição	25	0,10
Cinemas, Teatros e Locais de Curta Permanência	Lugar	2	0,02
Sanitários Públicos	Bacia Sanitária	480	4,00

**TABELA II-Período de detenção, por faixa de  
 contribuição diária**
**TABELA III-Taxa acumulação total de lodo (K) em  
 dias, por intervalo entre limpezas e temperatura  
 do mês mais frio**

CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA Qd = NXC	Tempo detenção				Intervalos entre limpezas (anos)	Valores de K. por faixa de temperatura ambiente (°C)							
	Dias		Dias (t<15°)			t < 10	10 < t < 20	t > 20					
ATÉ 1500 LITROS	Fossa Séptica	1,00	NBR 7229/93	1,17	1	((94))	R2	65	57				
DE 1501 A 3000		0,92		1,08						2	134	105	97
DE 3001 A 4500		0,83		1,00						3	174	145	137
DE 4501 A 6000		0,75		0,92						4	214	185	177
DE 6001 A 7500		0,67		0,83						5	254	225	217
DE 7501 A 9000		0,58		0,75									
MAIS QUE 9000		0,50		0,75									

**DIMENSIONAMENTO: TANQUE SÉPTICO**
**DIMENSIONAMENTO: FILTRO ANAERÓBIO**

$V = 1000 + N (CT + KLf)$	NBR 7229/93	$V = 1,6 NCT$	NBR 7229/93 -> $S = V/1,80$
			NBR 13969/97 -> $S = V/1,20$

**DIMENSIONAMENTO: CAIXA DE GORDURA**

$$V = 2N + 20$$

NBR 8160/96

**ONDE:**

V: VOLUME ÚTIL, EM LITROS

N: NÚMERO DE PESSOAS OU UNIDADES DE CONTRIBUIÇÃO

C: CONTRIBUIÇÃO DE DESPEJOS, EM LITROS / PESSOAS x DIAS (TABELA I)

T: PERÍODO DE DETENÇÃO, EM DIAS (TABELA II)

K: TAXA DE ACUMULAÇÃO DE LODO DIGERIDO EM DIAS EQUIVALENTE AO TEMPO DE ACUMULAÇÃO DE LODO FRESCO (TABELA III)

Lf: CONTRIBUIÇÃO DE LODO FRESCO, EM LITRO / PESSOA x DIA (TABELA I)

S: SEÇÃO HORIZONTAL DO FILTRO ANAERÓBIO - m<sup>2</sup>

TABELAS ELABORADAS DE ACORDO COM A NORMA DA ABNT-NBR 7229/93 E NBR 13969/97  
 condensadas pela TORRI ENGENHARIA E SANEAMENTO LTDA.

PARA MAIORES INFORMAÇÕES TÉCNICAS: ENG. NABOR TORRI - FONE (51) 3527-0703

FOSSAS SÉPTICAS e FILTROS ANAERÓBIOS Pré-moldados em concreto armado têm nome:

# TORRI Sistema ANELFÁCIL®

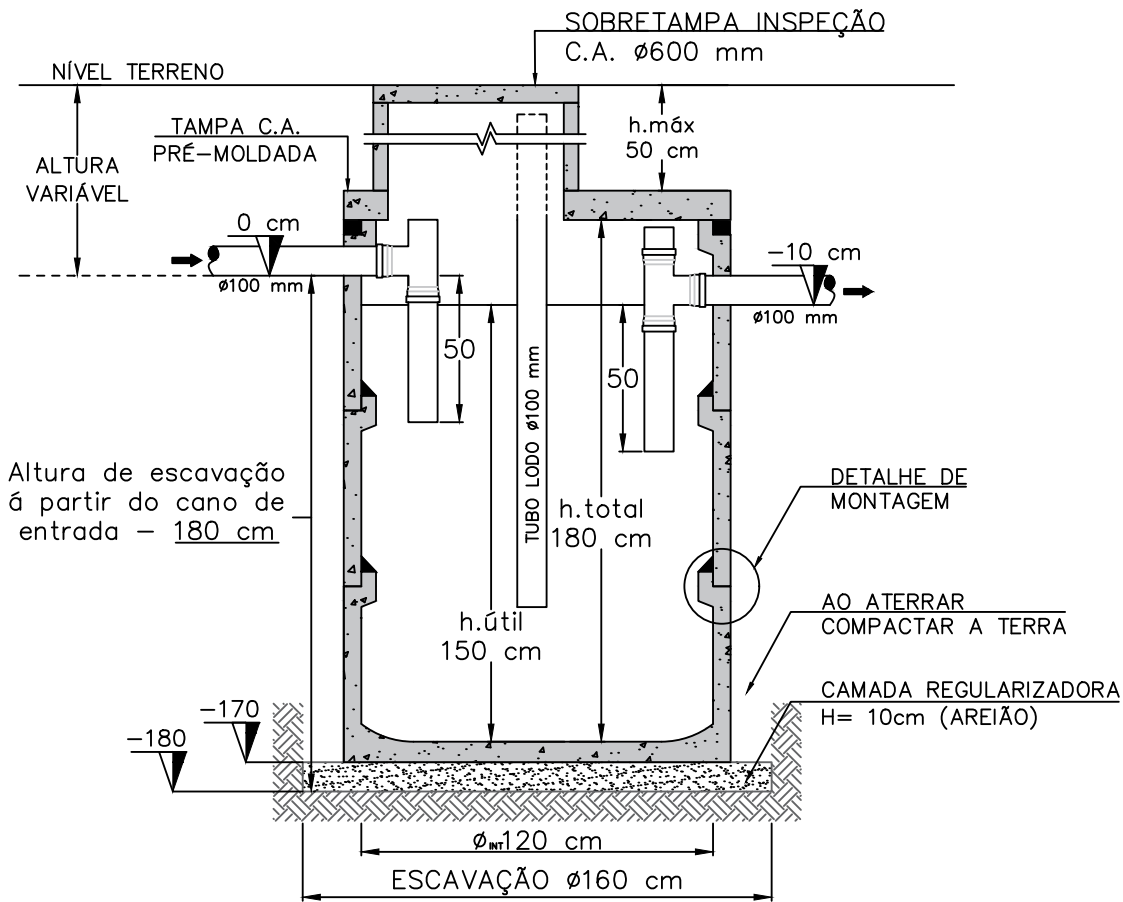
UM MARCO CONCRETO NO MERCADO DE FOSSAS SÉPTICAS.

CONCRETO ARMADO PRÉ-MOLDADO NO SISTEMA ANELFACIL® TORRI

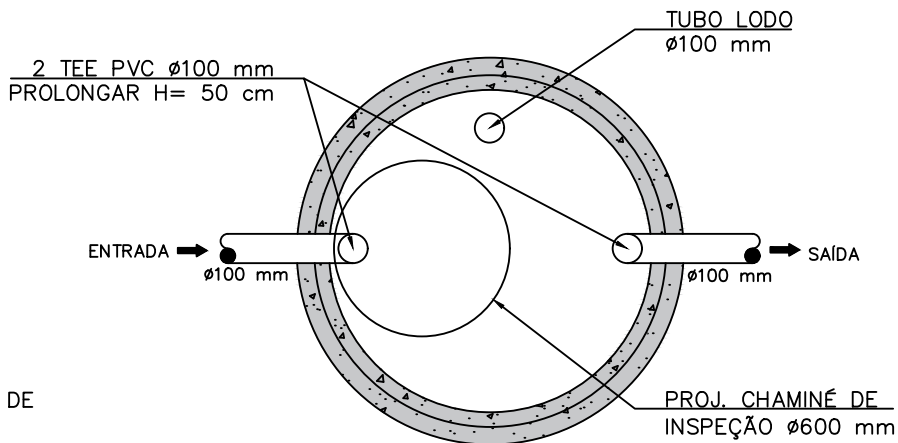
# FOSSA SÉPTICA DE CÂMARA ÚNICA

Ø1,20 X 1,80 m

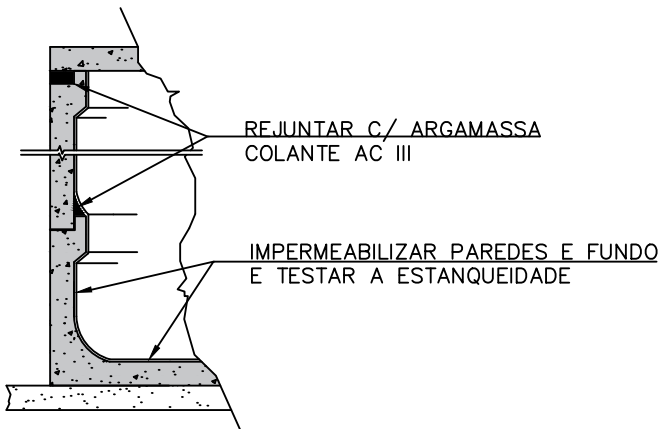
H.ÚTIL= 150 cm V.ÚTIL= 1.695 l



Altura de escavação  
ã partir do cano de  
entrada - 180 cm



DETALHE BÁSICO DE  
MONTAGEM



\*NO FORNECIMENTO DOS  
PRÉ-MOLDADOS P/ MONTAGEM DA FOSSA  
ACIMA NÃO ACOMPANHAM: TUBOS, CONEXÕES  
DE PVC E CHAMINÉ DE INSPEÇÃO.

ATENÇÃO QUANTO AO EMPUXO DEVIDO A  
PRESENÇA DE ÁGUA EXTERNA AO TANQUE.



(51) 3527.0703  
www.torri.com.br  
Rua Caxias do Sul, 312,  
Novo Hamburgo - RS - Brasil

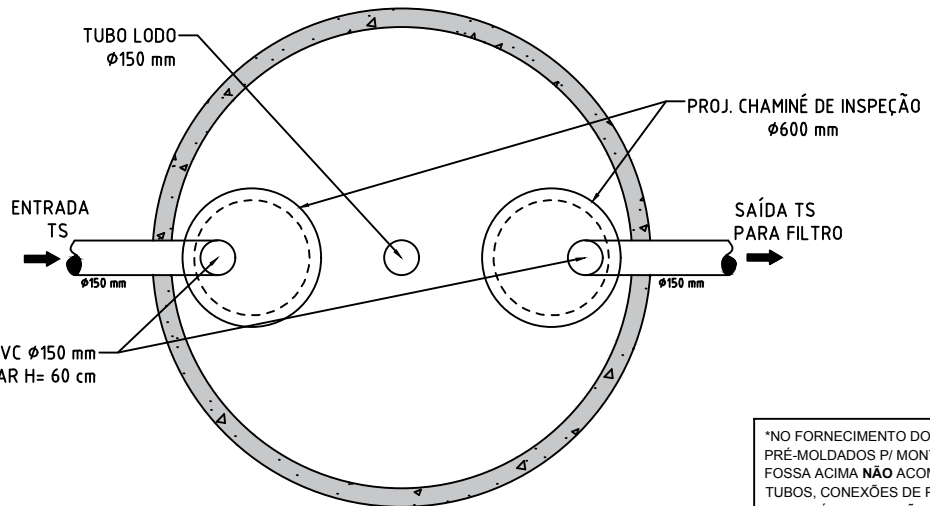
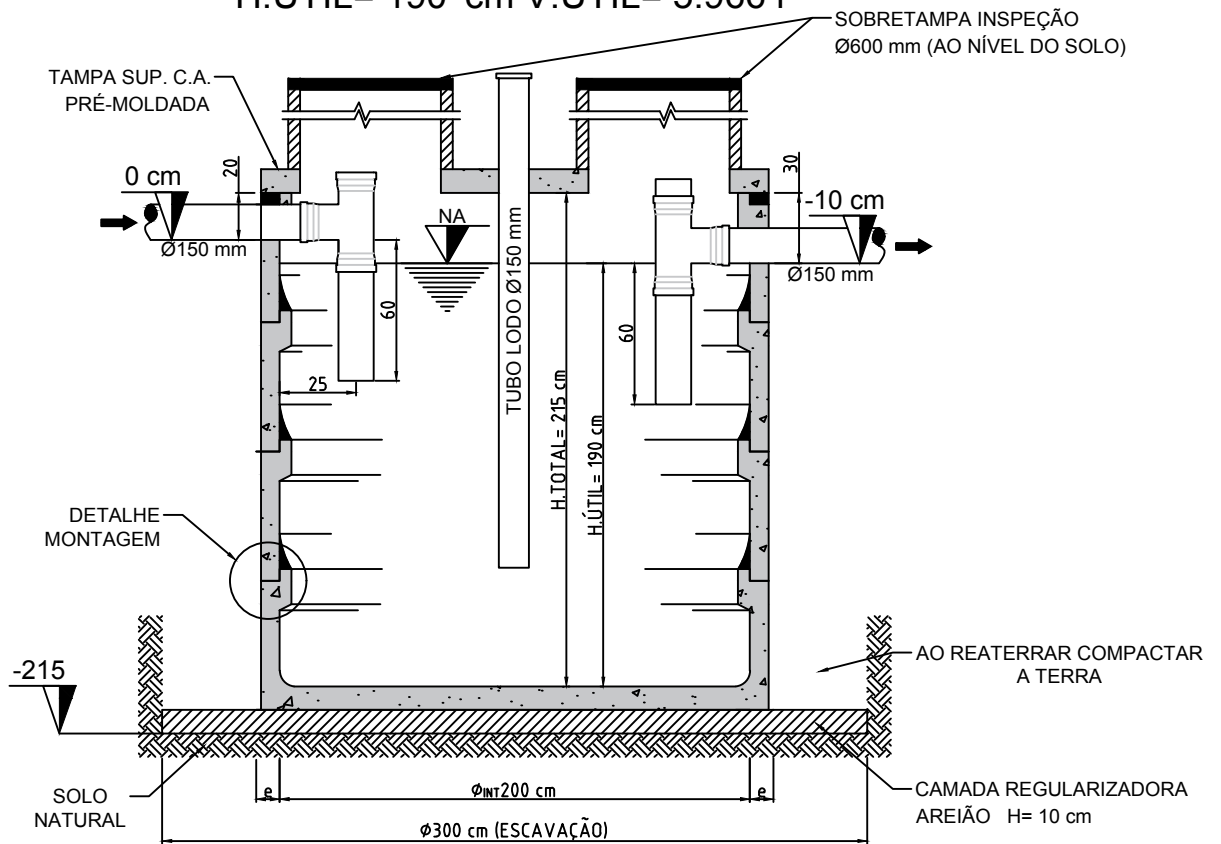


# CONCRETO ARMADO PRÉ-MOLDADO NO SISTEMA ANELFACIL® TORRI

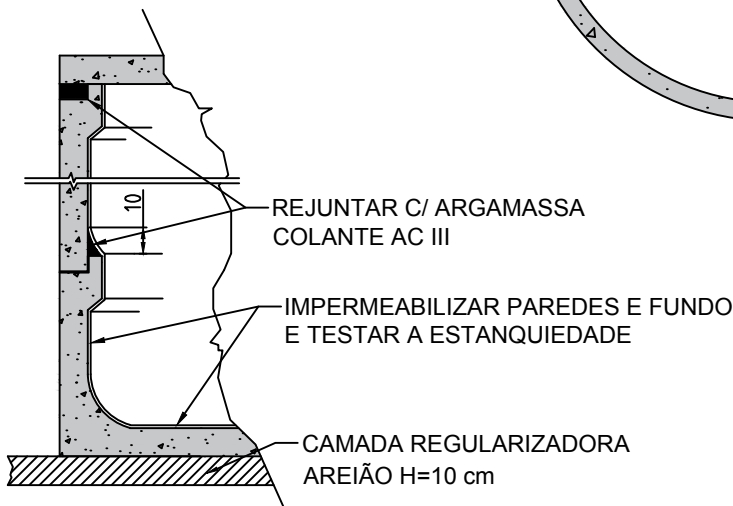
## FOSSA SÉPTICA DE CÂMARA ÚNICA

Ø2,00 x 2,15 m

H.ÚTIL= 190' cm V.ÚTIL= 5.966 l



DETALHE BÁSICO DE MONTAGEM



\*NO FORNECIMENTO DOS PRÉ-MOLDADOS P/ MONTAGEM DA FOSSA ACIMA **NÃO** ACOMPANHAM: TUBOS, CONEXÕES DE PVC E CHAMINÉ DE INSPEÇÃO.

ATENÇÃO QUANTO AO EMPUXO DEVIDO A PRESENÇA DE ÁGUA EXTERNA AO TANQUE.



(51) 3527.0703  
www.torri.com.br  
Rua Caxias do Sul, 312,  
Novo Hamburgo - RS - Brasil