

Projeto **TRATAS** **N**

CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA Nº 002/I/2018

ESGOTAMENTO SANITÁRIO MUNICIPAL Diagnóstico de situação e proposição de alternativas

Rio Rufino - Santa Catarina



Outubro de 2020

CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA Nº 002/2018

ORGANIZAÇÃO

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO RUFINO

Thiago Costa Prefeito Municipal

Jair Pires Vice-Prefeito Municipal

AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO

Adir Faccio Diretor Geral

Antoninho Luiz Baldissera Diretor de Regulação

Daniel Fontana Coordenador de Normatização

Willian Jucelio Goetten Coordenador de Fiscalização

EXECUÇÃO

Prof. Everton Skoronski

Departamento de Engenharia Ambiental
e Sanitária – CAV/UEDESC

Prof^a. Viviane Trevisan

Departamento de Engenharia Ambiental
e Sanitária – CAV/UEDESC

Prof. Eduardo Bello Rodrigues

Departamento de Engenharia Ambiental
e Sanitária – CAV/UEDESC

Alunos de Graduação e Mestrado

Departamento de Engenharia Ambiental
e Sanitária – CAV/UEDESC

Equipe Técnica Municipal

Juliana Willeman

Secretária de Saúde

Bruno dos Santos

Secretário de Administração e Finanças

Karla Oselame Vieira Oliveira

Secretária de Educação e Cultura

Telmo Cabral

Secretário de Obras

Antônio Rogério Brunatto

Secretário de Agricultura

Antônio Márcio Pereira

Diretor do SASB – Rio Rufino

Selênio Sartori

Diretor Executivo do Cisama

Katynara Goedert

Coordenadora de Projetos de
Saneamento Básico do Cisama

Tiago Costa

Prefeito de Rio Rufino

Jair Pires

Vice-Prefeito de Rio Rufino

Sumário

1	Apresentação	9
2	Aspectos gerais do município.....	10
3	Características físicas	12
3.1	Hidrologia	12
3.2	Solos.....	16
3.3	Uso e ocupação do solo	17
3.4	Diagnóstico socioambiental.....	17
4	Estudo populacional	18
5	Cenário atual do saneamento básico.....	22
5.1	Sistema de abastecimento de água.....	22
5.2	Esgotamento sanitário.....	24
5.3	Drenagem e manejo de águas pluviais.....	24
6	Projeção da geração de lodo e esgoto.....	24
6.1	Esgoto na área urbana	24
6.2	Lodo na área urbana.....	26
6.3	Esgoto na área rural	27
6.4	Lodo na área rural	28
7	Diagnóstico.....	29
7.1	Informações do município sobre a gestão do sistema de esgotos sanitários....	29
7.2	Sistemas individuais na área urbana	29
7.2.1	Metodologia de aplicação dos questionários	29
7.2.2	Tratamento de dados.....	30
7.3	Resultados obtidos	30
7.3.1	Diagnóstico e análise	30
8	Legislação.....	37
9	Soluções para o tratamento de esgoto sanitário.....	38
9.1	Tanques sépticos	39

9.1.1	Dimensionamento do tanque séptico	40
9.1.2	Limpeza dos tanques sépticos	41
9.2	Filtro anaeróbio	41
9.2.1	Dimensionamento do filtro anaeróbio	42
9.3	Estudo de caso envolvendo a aplicação de tanque séptico e filtro anaeróbio..	43
9.4	Alternativa baseada no sistema de <i>Wetlands</i>	44
9.4.1	Tratamento de esgoto bruto através de <i>wetland</i> vertical Sistema Francês	44
9.4.2	Tratamento de lodos através de sistemas <i>wetlands</i> construídos	48
9.4.3	Dimensionamento das unidades <i>wetland</i> para tratamento de lodo de tanque séptico e do esgoto bruto doméstico.....	49
9.4.4	Dimensionamento do <i>wetland</i> construído para tratamento de lodo de tanque séptico	50
9.5	Alternativas de disposição do esgoto tratado.....	51
9.6	Edificações sem espaço útil	51
10	Indicação de alternativas para o esgotamento sanitário em Rio Rufino.....	52
11	Custos e cobrança pelos serviços	58
12	Plano de ação	64
13	Considerações finais	69
14	Referências	70
15	Anexos	73

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Distribuição da população no território municipal de Rio Rufino.	10
Tabela 2 - Evolução da população de Rio Rufino entre os anos de 1996 e 2019.....	18
Tabela 3 - Projeção da população urbana de Rio Rufino para o período de 2020-2041 utilizando vários modelos.	19
Tabela 4 - Projeção da população no município de Rio Rufino.....	20
Tabela 5 - Projeção de geração esgoto doméstico na área urbana de Rio Rufino.....	25
Tabela 6 - Projeção de produção de lodo na área urbana de Rio Rufino.	26
Tabela 7 - Projeção de geração esgoto doméstico na área rural de Rio Rufino.	28
Tabela 8 - Projeção de produção de lodo na área rural de Rio Rufino.....	28
Tabela 9 - Referências de taxas de sólidos aplicados em <i>wetlands</i>	48
Tabela 10 - Parâmetros de dimensionamento para tratamento de lodo de TS.	51
Tabela 11 - Custos dos sistemas de tratamento individual.	59
Tabela 12 - Custos de manutenção dos sistemas individuais quando contratada empresa terceirizada de Lages.	59
Tabela 13 - Estimativa de custos para a limpeza considerando a gestão associada entre Painel, Urupema e Rio Rufino.....	61
Tabela 14 - Custos para a implementação e operação de sistema coletivo de esgoto na área urbana e individual na área rural. Nos cenários são previstos custos para um horizonte de 20 anos.	62
Tabela 15 - Custos de implementação e manutenção considerando a tecnologia de <i>wetlands</i> construídos na área urbana.	63

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa do município de Rio Rufino.	11
Figura 2 - Regiões hidrográficas do estado com destaque para a RH 4.	12
Figura 3 - Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Canoas.	13
Figura 4 - Subdivisão da bacia hidrográfica do Rio Canoas.	14
Figura 5 - Localização dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Canoas.	14
Figura 6 - Mapa de situação do município de Rio Rufino (Produzido e gentilmente fornecido).....	15
Figura 7 - Mapa de classes de solo da bacia do Alto Canoas.....	16
Figura 8 - Mapa de uso da terra da bacia do Alto Canoas.....	17
Figura 9 - Modelos de projeção populacional para a área urbana do município de Rio Rufino.	20
Figura 10 - Dados da população total de Rio Rufino entre 1996 e 2019 e evolução populacional entre 2020 e 2041.....	21
Figura 11 - Localização georreferenciada da ETA de Rio Rufino.	23
Figura 12 - Distribuição da forma de resposta à aplicação do questionário em Rio Rufino.	31
Figura 13 - Distribuição do perfil de edificação envolvida na aplicação dos questionários.	31
Figura 14 - Número de pessoas nas edificações do município de Rio Rufino.	32
Figura 15 - Número máximo de pessoas nas edificações do município de Rio Rufino.	32
Figura 16 - Sistemas individuais de tratamento de esgoto adotados nas edificações de Rio Rufino.	34
Figura 17 - Idade do sistema de tratamento nas edificações do município de Rio Rufino.	36
Figura 18 - Tanque séptico	39
Figura 19 - Corte esquemático de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente.	41
Figura 20 - Sistema tanque séptico e filtro anaeróbio.	43
Figura 21 - Configuração de um WSF clássico em alimentação.....	45
Figura 22 - Esquema dos dois estágios do WSF clássico.....	46
Figura 23 - Perfil granulométrico do primeiro e segundo estágio do Sistema Francês. .	47
Figura 24 - <i>Wetland</i> vertical para tratamento de lodo.	49

Figura 25 - Concepção padrão a ser adotada na proposta.	50
Figura 26 - Proposta do programa de gestão associada de tratamento de esgoto sanitário na área urbana para os municípios de Painei, Urupema e Rio Rufino. A área rural pode ser contemplada com sistemas individuais nos três municípios.....	56

Lista de Quadros

Quadro 1 - Características dos filtros anaeróbios de diferentes sentidos de fluxo.....	42
Quadro 2 - Objetivo 1: adequar o município em termos legislativos e executivos sobre os sistemas individuais de tratamento de esgotos e planejar o sistema de cobranças.....	64
Quadro 3 - Objetivo 2: regularizar as edificações do município de Rio Rufino com relação aos sistemas de esgotos sanitários.	66
Quadro 4 - Objetivo 3: implantar o serviço de manutenção dos sistemas individuais...	67
Quadro 5 - Objetivo 4: realizar campanhas de educação ambiental.....	68

1 Apresentação

O saneamento básico envolve quatro pilares em termos de infraestrutura urbana, compreendendo o sistema de distribuição de água, a coleta e destinação de resíduos sólidos, a drenagem pluvial e o sistema de esgotamento sanitário. Este último pode ser implantado em duas categorias, constituídas em sistemas centralizados ou sistemas descentralizados. Neste sentido, a concepção de um sistema de esgotamento sanitário envolve um amplo estudo sob o ponto de vista tecnológico, ambiental, social e econômico, para a escolha do melhor arranjo capaz de coletar e tratar o esgoto sanitário gerado (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009).

Em primeiro lugar, os sistemas centralizados são uma concepção clássica, normalmente aplicada em locais com alta densidade populacional. Nessa condição, geralmente os esgotos são transportados por longas distâncias até uma estação de tratamento de esgoto (ETE), exigindo investimentos em infraestrutura e transporte do esgoto, adicionalmente ao processo de tratamento. Neste sentido, os sistemas centralizados demandam investimentos para a coleta e transporte dos esgotos, envolvendo tubulações com grandes diâmetros, estações elevatórias e escavações com grandes profundidades. Considerando todas as unidades de um sistema de esgotamento sanitário, as redes coletoras podem representar até 75% do valor total de implantação da obra (NUVOLARI, 2011), o que pode inviabilizar a sustentabilidade deste serviço para muitos municípios brasileiros com população abaixo de 15 mil habitantes. Além disso, a possibilidade de aproveitamento do esgoto tratado é reduzida, em função da necessidade de instalações para distribuição do esgoto tratado até o local de reuso, estando normalmente afastado da ETE (METCALF & EDDY; AECON, 2016).

Por outro lado, os sistemas descentralizados são caracterizados por coletar e tratar o esgoto próximo ou na própria fonte geradora, como é o caso dos sistemas individuais. Os sistemas descentralizados são flexíveis e podem ser uma alternativa para viabilizar o reuso do esgoto tratado próximos às fontes geradoras (METCALF & EDDY; AECON, 2016). Neste caso, a gestão dos subprodutos do tratamento, em especial o lodo, pode ser combinada com sistemas centralizados que normalmente possuem capacidade para o processamento destes resíduos. Ainda, em que pese os sistemas descentralizados, os gastos com redes coletoras são minimizados, ficando a maior parte dos custos atribuídos ao tratamento. Neste caso, por serem unidades com menores contribuições, possibilitam a utilização de sistemas muito mais competitivos economicamente, robustos e sustentáveis, como por exemplo a ecotecnologia dos *wetlands* construídos.

Desta forma, o diagnóstico dos sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário

constitui-se em uma importante ferramenta para tomada de decisões por parte dos órgãos responsáveis pela infraestrutura urbana e rural, pelo controle ambiental e pela saúde da população. O presente trabalho destina-se a analisar o estado atual do esgotamento sanitário no município de Rio Rufino, que está localizado no estado de Santa Catarina. Com a realização deste trabalho, pode-se propor melhorias por meio de um plano de ação, que seja adequado para a população em termos de destinação correta dos efluentes gerados, considerando ainda a gestão associada envolvendo outros municípios vizinhos. O presente estudo, traz ainda, uma perspectiva de aplicação de sistemas naturais para o tratamento de esgoto e de lodos de tanques sépticos, através da ecotecnologia dos *wetlands* construídos, podendo ser integrado aos sistemas individuais de tratamento de esgotos.

Este trabalho faz parte do programa TRATASAN, idealizado pela Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS), o qual busca avaliar o diagnóstico do tratamento individual de esgotos domésticos em municípios com menos de 15 mil habitantes e propor ações que busquem a universalização deste serviço nos municípios contemplados. Em geral, os municípios envolvidos não possuem corpo técnico para a realização de um estudo desta natureza e, portanto, a iniciativa da ARIS em parceria com o Consórcio Intermunicipal Serra Catarinense (CISAMA) é fundamental para o planejamento de ações voltadas a universalização dos serviços de esgotamento sanitário em municípios da Serra Catarinense.

2 Aspectos gerais do município

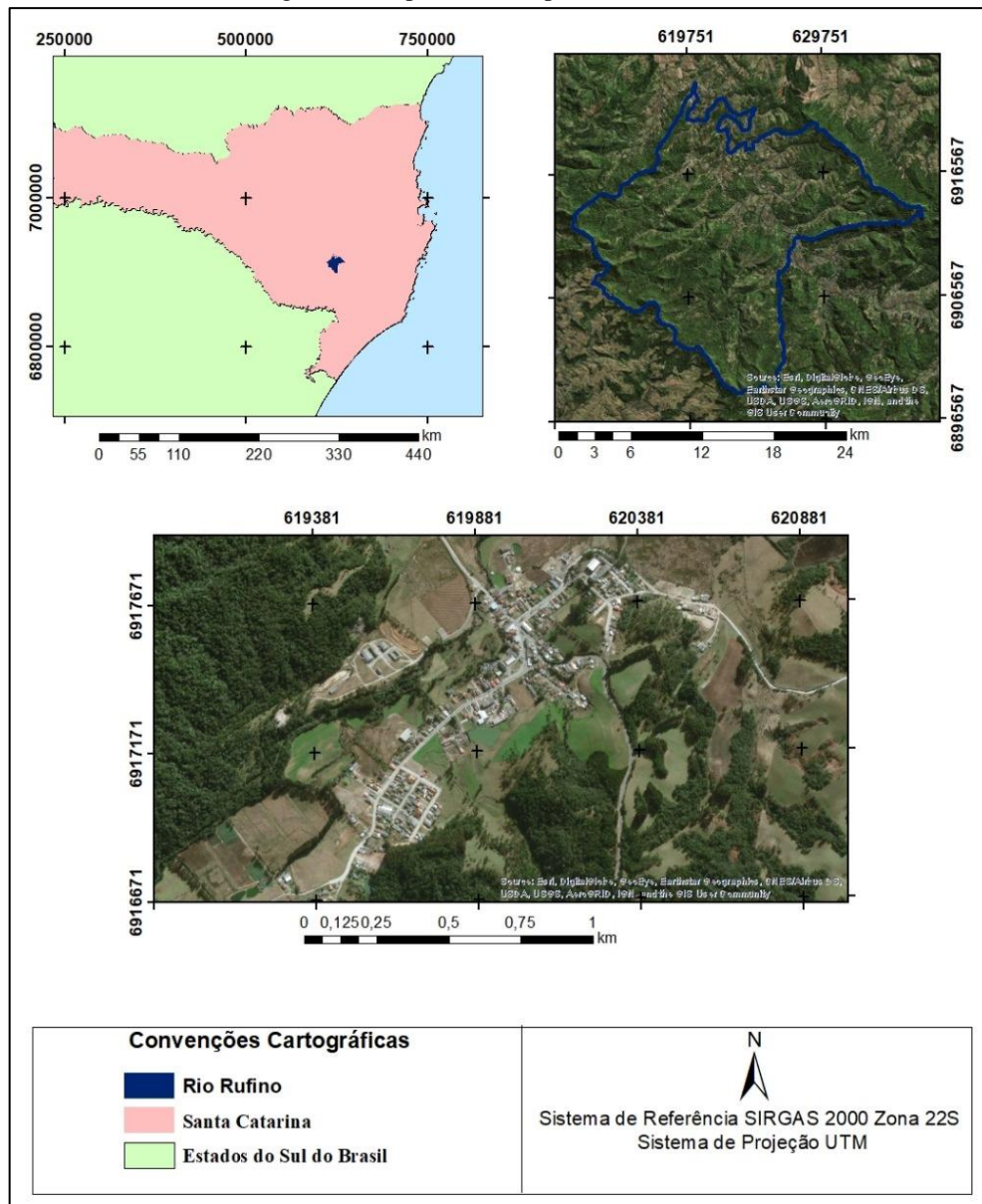
O estudo foi realizado no município de Rio Rufino, uma cidade localizada no estado de Santa Catarina (Figura 1), que possui 2.436 habitantes. O município se estende com uma área territorial de 282,571 km². Na Tabela 1 estão apresentados os dados de distribuição da população e domicílios do município de Rio Rufino, de acordo com censo demográfico de 2010.

Tabela 1 - Distribuição da população no território municipal de Rio Rufino.

Dados	Unidade	Valor
População urbana	Habitantes	688
População rural	Habitantes	1.748
Domicílio na área urbana	Residências	214
Domicílio na área rural	Residências	513

Fonte: Adaptado de (IBGE, 2020).

Figura 1 - Mapa do município de Rio Rufino.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A povoação do município começou por volta de 1905, com Rufino Pereira, que morava onde atualmente é o município de Urupema, mas cultivava as terras férteis das margens dos rios. O primeiro povoado foi fundado por José Serafim dos Santos e Osório Pereira de Medeiros e chamou-se Serra dos Pereiras. Em 29 de dezembro de 1957 foi criado o distrito de Rio Rufino. A emancipação político-administrativa ocorreu em 12 de dezembro de 1991 (SEBRAE, 2019).

O Produto Interno Bruto (PIB) per capita do município de Rio Rufino é de R\$ 20.142,27 (IBGE, 2020). A economia tem como base o setor agropecuário, além de abrigar microempresas

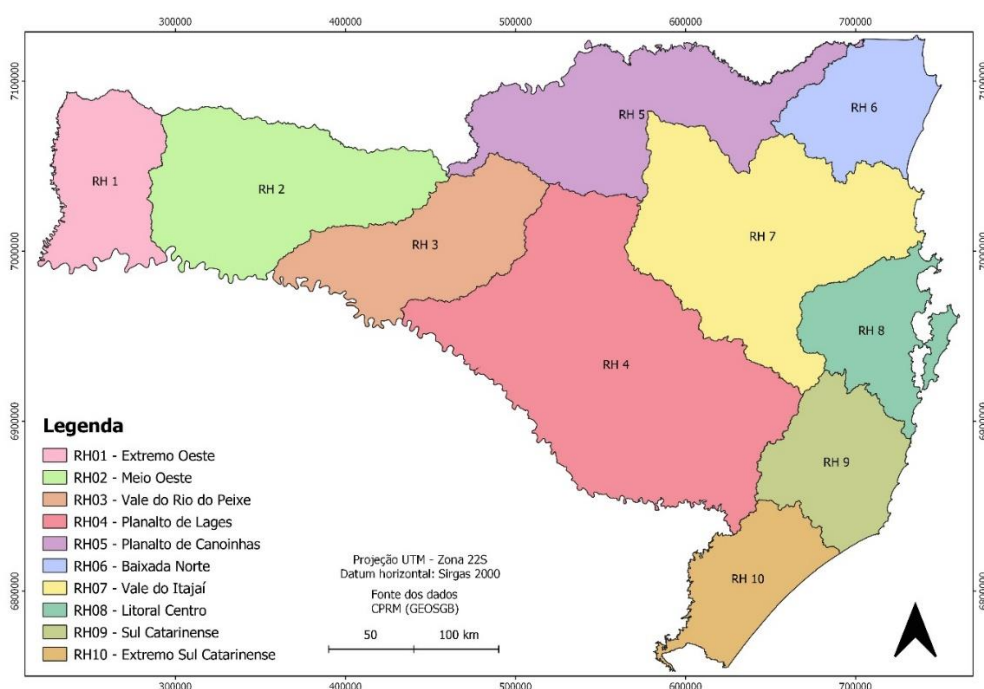
que fazem girar o setor na manutenção da empregabilidade da população local. O município é considerado a capital nacional do vime, destacando-se por ter, cultura, lavouras de ótima qualidade, deste modo, originando a confecção de cestarias e de móveis em geral trabalhados em vime (SEBRAE, 2019).

3 Características físicas

3.1 Hidrologia

A rede hidrográfica catarinense tem seu mais importante divisor de águas na Serra Geral, formando dois sistemas independentes de drenagem: o sistema integrado da Vertente do Interior - bacia do Paraná-Uruguai, com sete bacias principais; e o sistema da Vertente Atlântica, formado por onze bacias isoladas que desaguam diretamente no Atlântico (SDS, 2018). As bacias hidrográficas de Santa Catarina estão agrupadas em dez regiões hidrográficas. O município de Rio Rufino está localizado na Região Hidrográfica (RH) 4, no Planalto de Lages. A Figura 2 apresenta as dez regiões hidrográficas do estado, incluindo a RH 4 onde Rio Rufino está inserido.

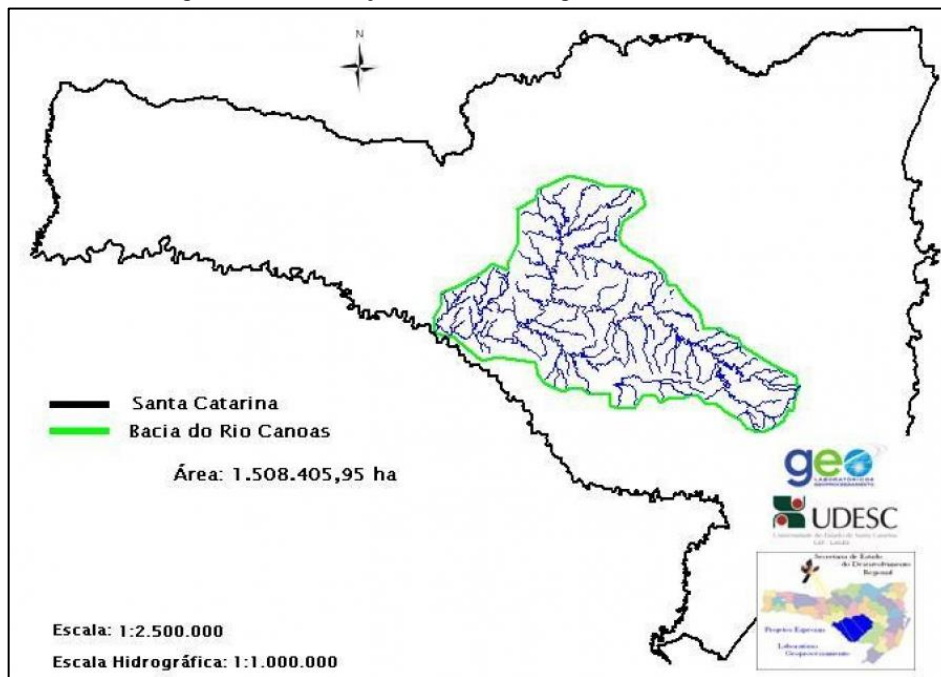
Figura 2 - Regiões hidrográficas do estado com destaque para a RH 4.



Fonte: Acervo da ARIS.

As duas principais bacias hidrográficas da RH 4 são a bacia do Rio Canoas, cuja área aproximada é de 22.808 km² e a bacia do Rio Pelotas, cujo comprimento chega à 437 km, formando a divisa natural entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. (SDS, 2018). Ainda, a área região hidrográfica envolve 32 municípios catarinenses onde, deste total, 30 estão inseridos, total ou parcialmente, na bacia dos afluentes do Rio Canoas e 26 estão sediados na localidade da bacia. Em contrapartida, na bacia dos afluentes do Rio Pelotas estão inseridos, total ou parcialmente, 11 municípios, sendo que 5 tem sede nesta bacia (SDS, 2017). Trata-se da região hidrográfica do Estado de Santa Catarina com maior extensão territorial. A delimitação apenas da Bacia do Rio Canoas, componente da Região Hidrográfica 4 pode ser observada na Figura 3.

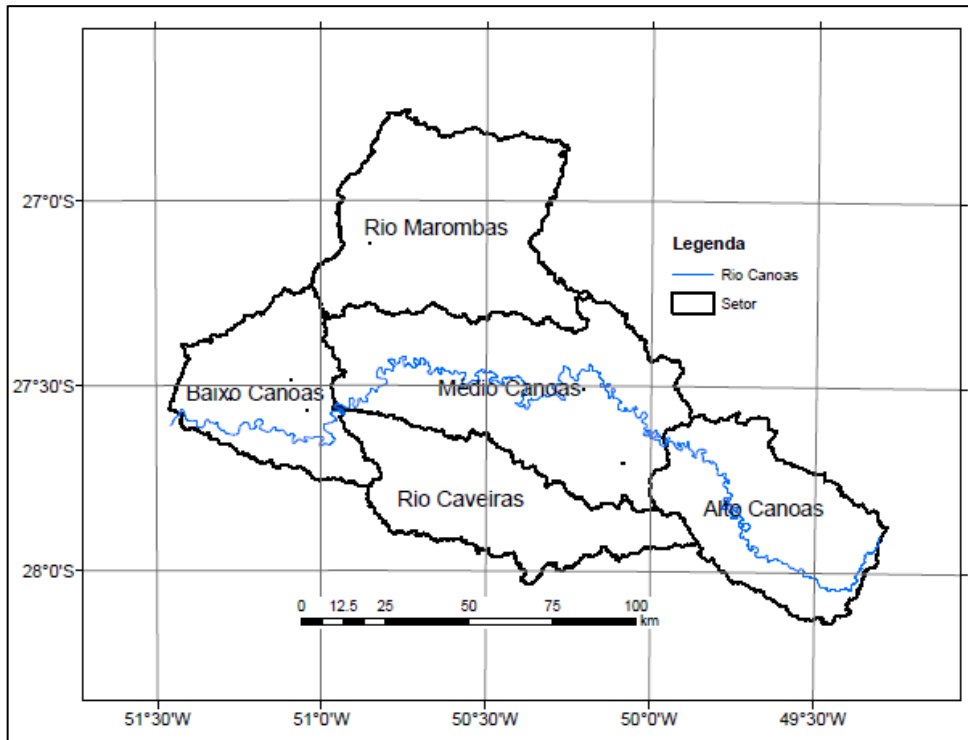
Figura 3 - Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Canoas.



Fonte: (SIRHESC, 2017)

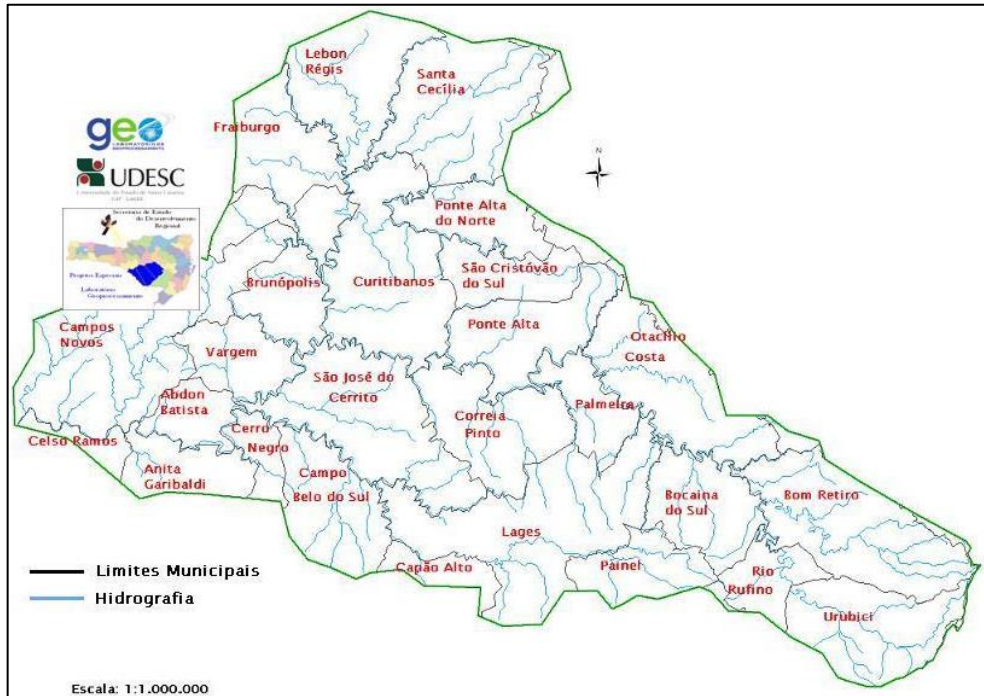
A Bacia Hidrográfica do Canoas é subdividida em 5 regiões, estas sendo Rio Marombas, Baixo Canoas, Médio Canoas, Alto Canoas e Rio caveiras e pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 - Subdivisão da bacia hidrográfica do Rio Canoas.



Fonte: Acervo do laboratório de hidrologia – UDESC – CAV/Lages.

Figura 5 - Localização dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Canoas.

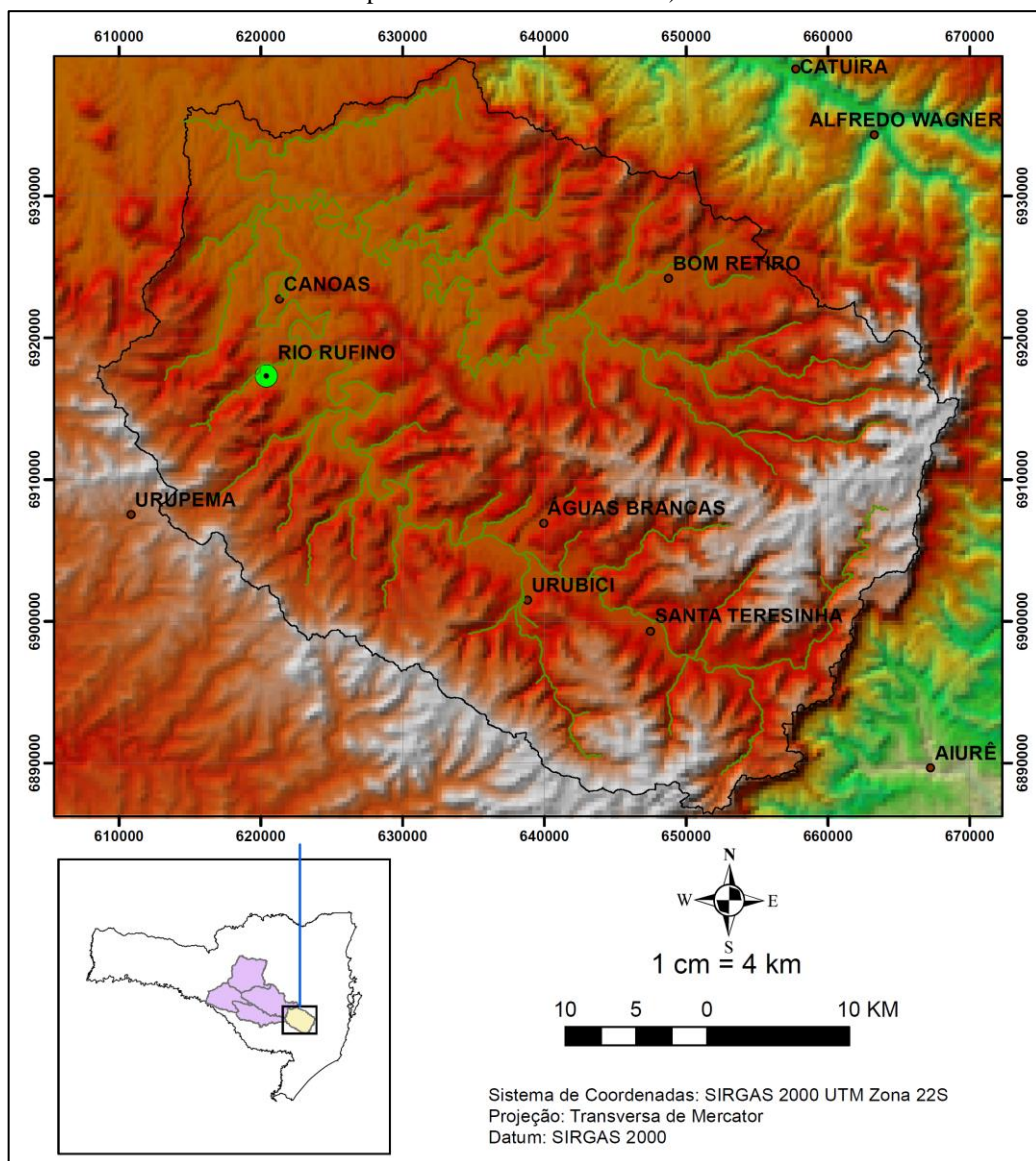


Fonte: (SDS, [s.d.]).

O município de Rio Rufino tem seu limite territorial político delimitado pelo divisor de águas entre as duas bacias que compõem a Região Hidrográfica 4. A sua localização

hidrográfica está situada no sul da Bacia Hidrográfica do Rio Canoas (SDS, 2017), conforme demonstrado nas Figuras 5 e 6, a qual apresenta relevo bastante acidentado, com altitudes variando de 514 a 1.800 m, diferentemente dos outros municípios circunvizinhos, os quais território contemplam as duas bacias hidrográfica da RH4 (SÁ, 2014). Desta forma, é possível observar que o município de Rio Rufino é rico em córregos e riachos, que desaguam no Rio Rufino, localizado ao entorno do município, constituindo assim o sistema de drenagem do município.

Figura 6 - Mapa de situação do município de Rio Rufino (Produzido e gentilmente fornecido por Sílvia Luís Rafaeli Neto).

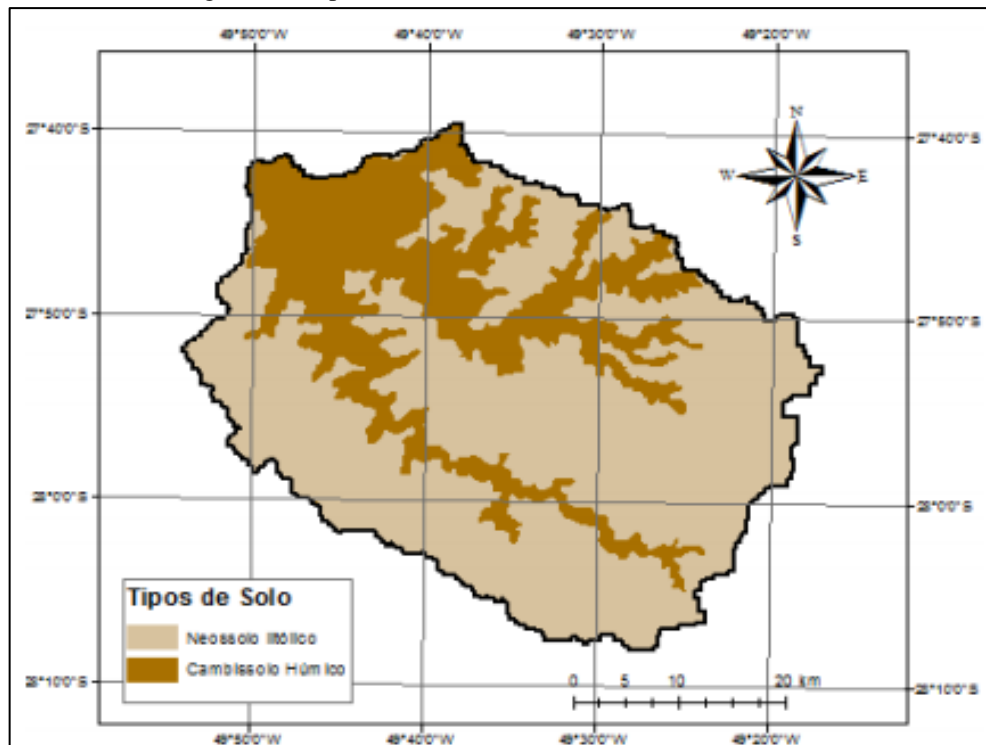


Fonte: Acervo do Laboratório de hidrologia – UDESC – CAV/Lages.

3.2 Solos

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos através do mapa geológico de Santa Catarina da EMBRAPA (EMBRAPA, 2004), na escala 1:250.000, as classes de solo encontradas na bacia do Alto Canoas são classificadas como Neossolo Litólico e Cambissolo Húmico, segundo a Figura 7. Conforme a inserção do município de Rio Rufino nesta bacia hidrográfica e segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2014), este encontra-se na Formação Rio Rastro.

Figura 7 - Mapa de classes de solo da bacia do Alto Canoas.



Fonte: EMBRAPA (2004).

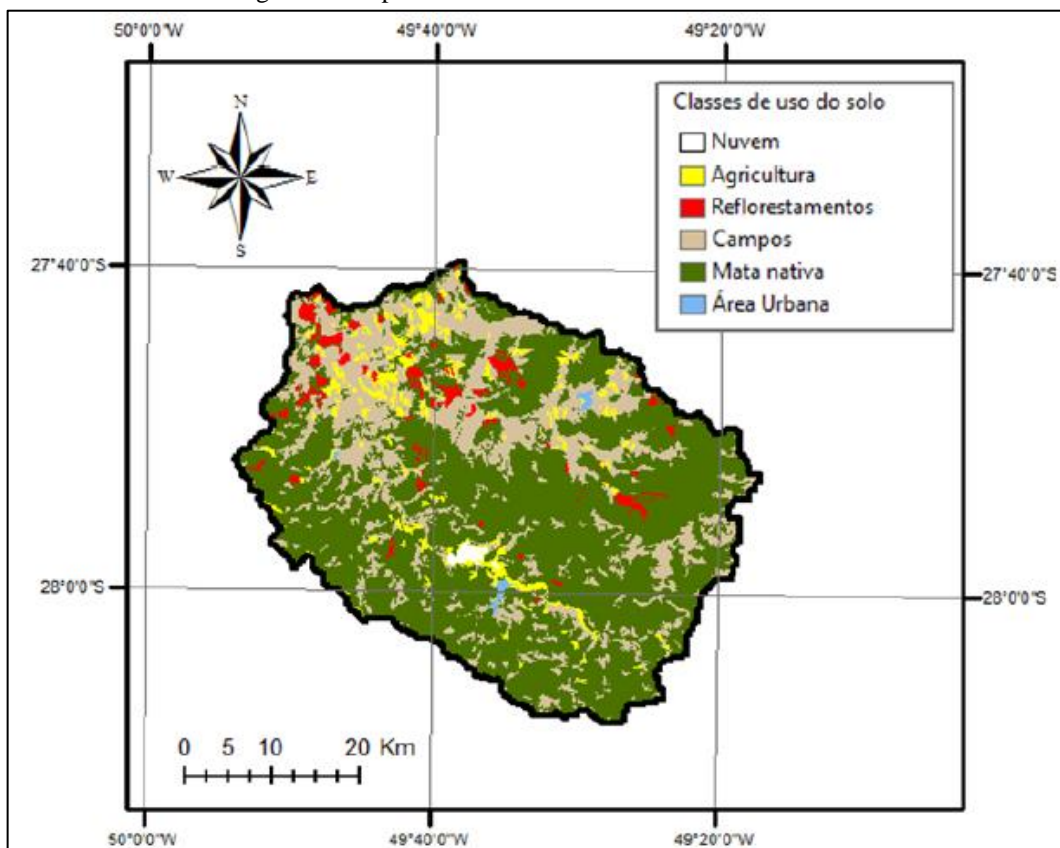
A Formação Rio do Rastro é caracterizada por siltitos cinza-esverdeados permeados por finas camadas de calcário na porção inferior, e na porção superior existe uma alternância de leitos de arenitos, siltitos e folhelhos avermelhados e arroxeados (POTTER *et al.*, 2004).

A drenagem desse solo varia de acentuadamente a bem drenada, sendo a textura predominantemente argilosa e muito argilosa ocorrendo solos com textura média. Ainda, esta classe abrange solos predominantemente de argila atividade alta, álicos e com teor de alumínio extraível elevado (LIMA, 2014).

3.3 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Altos Canoas, onde Rio Rufino está inserido, é classificado em: reflorestamento (6,7%), campos (15,4%), mata nativa (65,3%), agricultura (11%) e área urbana (1%) (SÁ, 2014). O mapa de uso da terra da bacia do Altos Canoas está representado na Figura 8.

Figura 8 - Mapa de uso da terra da bacia do Alto Canoas.



Fonte: (SÁ, 2014).

Observa-se que o município de Rio Rufino (Latitude: 27°51'44" Sul, Longitude: 49°46'47" Oeste) apresenta na sua área a maior parte de Mata Nativa e Campos, com uso também de Agricultura e Área Urbana.

3.4 Diagnóstico socioambiental

De acordo com IBGE, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) para Rio Rufino apresenta o dado de 0,653, sendo considerado médio segundo os critérios

estabelecidos pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). A principal atividade econômica do município baseia-se na agropecuária, compreendendo uma participação de 44,68% na composição do PIB municipal, enquanto o setor industrial representa 4,08% e serviços administrativos, defesa, educação, saúde e segurança corresponde a 51,24% do montante do PIB municipal (IBGE, 2020).

O município possui condições climáticas de inverno intenso, com possibilidade de geadas e até nevadas, e verão brando com uma temperatura média de 10,9°C. Em virtude das condicionantes climáticas, topográficas e o tipo de solo do município, impossibilita o desenvolvimento agrícola em todas as localidades do município. Contudo, a produção de milho, fumo, batata inglesa, feijão e tomate e o cultivo de frutas (maçã, pera e pêsego), e bovinocultura de corte e leite, são os principais insumos produzidos na região e que fortalecem a economia municipal (RIO RUFINO, 2011).

4 Estudo populacional

Para o planejamento das ações visando a universalização do serviço de esgotamento sanitário, foi realizado um estudo de projeção populacional para um horizonte de 20 anos. Neste sentido, foram obtidos dados do IBGE, entre 1996 e 2019, referentes a censos e estimativas de população para avaliar as modificações no número de habitantes do município de Rio Rufino ao longo do tempo. Com base nos dados da Tabela 2, foram aplicados modelos matemáticos, segundo a metodologia desenvolvida e recomendada pela ARIS (ARIS, 2019), permitindo projetar a população urbana e rural ao longo dos próximos 20 anos.

Tabela 2 - Evolução da população de Rio Rufino entre os anos de 1996 e 2019.

Ano	População (hab)		
	Urbana	Rural	Total
1996	532	1.789	2.321
2000	553	1.861	2.414
2007	687	1.746	2.433
2010	688	1.748	2.436
2019	701	1.782	2.483

Fonte: Adaptado de ARIS (2019).

Os modelos matemáticos utilizados envolvem a aplicação de equação linear, equação logarítmica, equação polinomial, projeção aritmética, projeção geométrica e regressão parabólica. Os dados para a projeção da população urbana de Rio Rufino são apresentados na Tabela 3.

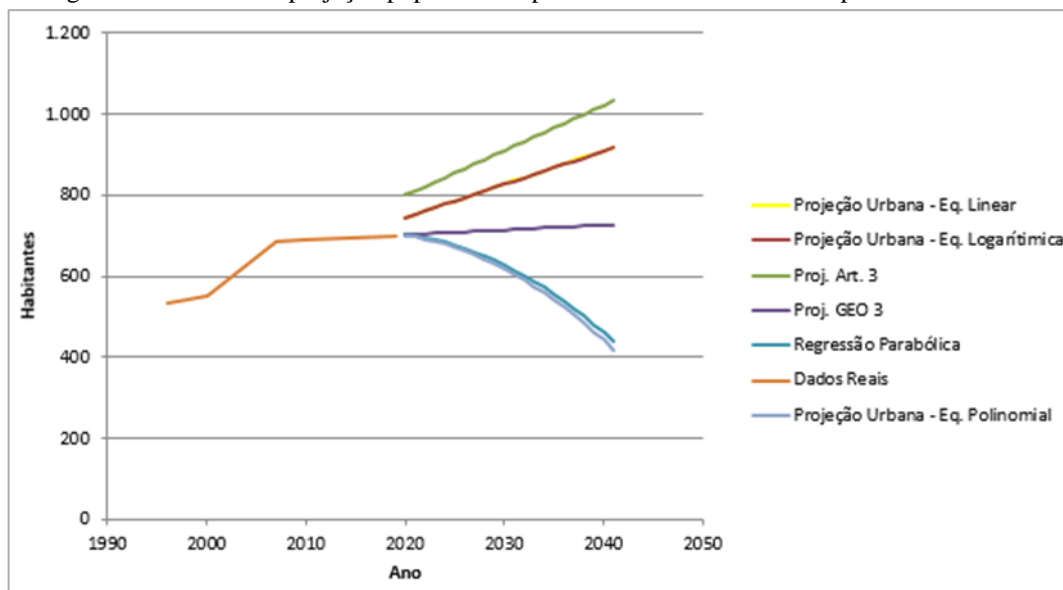
Tabela 3 - Projeção da população urbana de Rio Rufino para o período de 2020-2041 utilizando vários modelos.

Ano	Equação Linear	Equação Logarítmica	Equação Polinomial	Projeção Aritmética	Projeção Geométrica	Regressão Parabólica
2020	745	745	701	800	702	702
2021	753	753	697	811	704	699
2022	761	761	692	822	705	694
2023	770	769	686	833	706	690
2024	778	777	679	844	707	684
2025	786	786	672	855	708	677
2026	794	794	663	867	710	669
2027	803	802	653	878	711	660
2028	811	810	643	889	712	651
2029	819	818	631	900	713	640
2030	827	827	619	911	714	629
2031	836	835	605	922	716	616
2032	844	843	591	934	717	603
2033	852	851	576	945	718	588
2034	860	859	559	956	719	573
2035	869	867	542	967	721	557
2036	877	876	524	978	722	540
2037	885	884	505	989	723	522
2038	894	892	485	1.001	724	502
2039	902	900	464	1.012	725	482
2040	910	908	442	1.023	727	462
2041	918	916	420	1.034	728	440

Fonte: Adaptado de ARIS (2019).

Os valores obtidos foram utilizados para a construção de curvas de crescimento populacional (Figura 9), incluindo os dados do IBGE entre 1996 e 2019 e os valores estimados pelos diversos modelos matemáticos.

Figura 9 - Modelos de projeção populacional para a área urbana do município de Rio Rufino.



Fonte: Adaptado de ARIS (2019).

Desta forma, de acordo com o estudo de projeção populacional, adotando a projeção geométrica, definiu que a população urbana estimada pelo IBGE em 2019 e igual a 701 habitantes, irá aumentar para 728 habitantes em 2041.

Para a área rural, os modelos apontaram para um aumento pouco expressivo em alguns casos ou mesmo a redução na população. Os dados do IBGE apontam para uma estagnação na população dentro de período de 1996 a 2019. Neste sentido, decidiu-se fixar a população rural ao longo do horizonte do plano, resultando em uma população de referência igual a 1.782 habitantes entre 2020 e 2041.

Desta forma, foi definido uma população de final de plano igual a 2.510 habitantes, sendo 728 na área urbana do município e 1.782 na área rural. A Tabela 4 resume a projeção da população total do município de Rio Rufino e as populações urbana e rural.

Tabela 4 - Projeção da população no município de Rio Rufino.

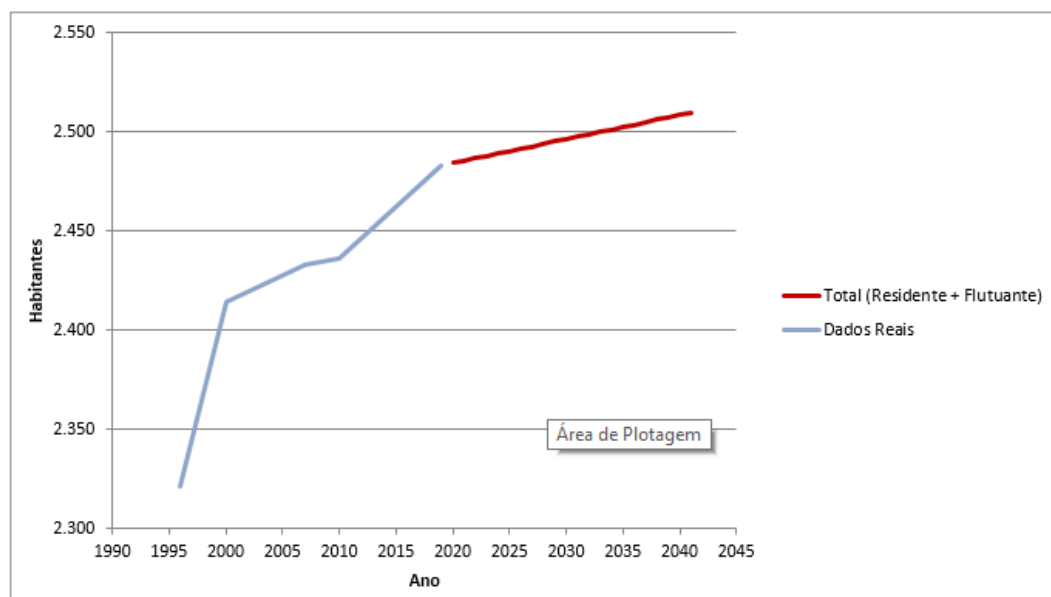
Ano	Projeção Urbana	Projeção Rural	Total
2020	702	1.782	2.484
2021	704	1.782	2.485
2022	705	1.782	2.487
2023	706	1.782	2.488
2024	707	1.782	2.489
2025	708	1.782	2.490
2026	710	1.782	2.491
2027	711	1.782	2.493

2028	712	1.782	2.494
2029	713	1.782	2.495
2030	714	1.782	2.496
2031	716	1.782	2.497
2032	717	1.782	2.499
2033	718	1.782	2.500
2034	719	1.782	2.501
2035	721	1.782	2.502
2036	722	1.782	2.504
2037	723	1.782	2.505
2038	724	1.782	2.506
2039	725	1.782	2.507
2040	727	1.782	2.508
2041	728	1.782	2.510

Fonte: Adaptado de ARIS (2019).

A Figura 10 representa graficamente os dados da população total segundo dados do IBGE entre 1996 e 2019 e projeção considerada no estudo para os anos de 2020 a 2041.

Figura 10 - Dados da população total de Rio Rufino entre 1996 e 2019 e evolução populacional entre 2020 e 2041.



Fonte: Adaptado de ARIS (2019).

Neste sentido, é estimado um aumento de 2.483 para 2.510 habitantes entre 2019 e 2041. Esse aumento equivale a um incremento de aproximadamente 1,07% da população em 20 anos. Neste sentido, esse incremento populacional foi considerado para a realização do plano de ação a ser apresentado na sequência.

5 Cenário atual do saneamento básico

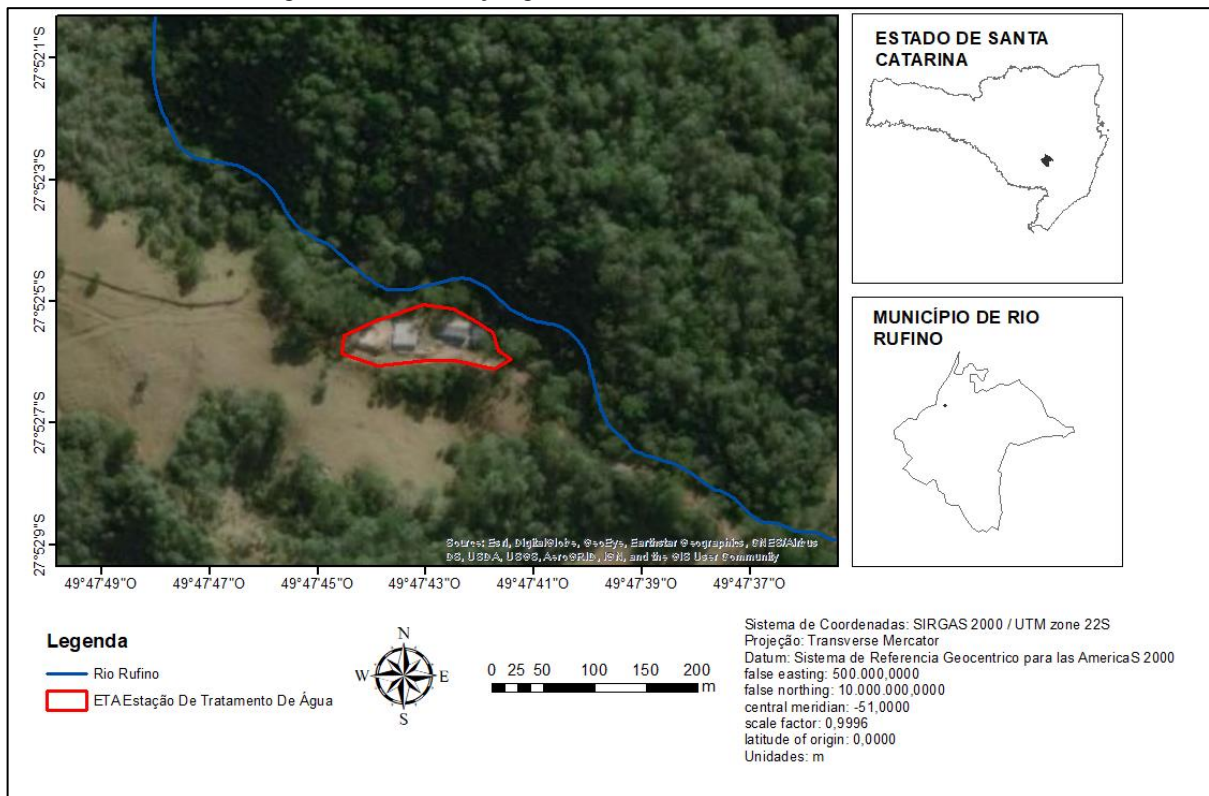
5.1 Sistema de abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água em Rio Rufino é administrado e operado por uma autarquia do município, o Sistema Autônomo de Saneamento Básico (SASB), e atende a uma população urbana de 700 pessoas, sendo 99,86% da área urbana e equivalente a 48,35% do município (SNIS, 2019). Segundo o SASB, o sistema de abastecimento possui 408 ligações e envolve 7.500 m de rede, sendo todas as ligações micromedidas. Em 2018, o consumo médio per capita (IN022) foi de 147,71 litros/hab.dia e o índice de perdas na distribuição (IN049) foi de 22,50% (SNIS, 2019).

Conforme dados levantados junto ao SASB, o processo de tratamento consiste em uma estação de tratamento de água (ETA) que utiliza a tecnologia de Filtração Lenta descendente. O sistema conta com dois filtros operando em paralelo, com áreas individuais de 72 m² (12x6 m), tratando uma vazão de 6 L/s. Assim, a taxa de aplicação hidráulica quando os filtros são operados individualmente é de 7,2 m³/m².dia. O manancial utilizado para a captação é o Rio Rufino onde a captação ocorre por meio de barragem de nível e a adutora de água bruta funciona por gravidade. A localização georreferenciada da ETA encontra-se na Figura 11. O sistema de tratamento envolve as seguintes etapas:

- Captação;
- Filtração lenta descendente;
- Desinfecção e fluoretação;
- Reservação e distribuição.

Figura 11 - Localização georreferenciada da ETA de Rio Rufino.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O sistema possui quatro reservatórios de 25 m³ junto à ETA, totalizando 100 m³ de reservação. Existe ainda um outro reservatório de 10 m³ no bairro Santa Rita. Os bairros atualmente atendidos por este sistema são o Centro, Graciosa, Santa Rita, Paulino Pereira e Rosa. Ainda, segundo o plano municipal de saneamento básico, as comunidades rurais possuem soluções alternativas (RIO RUFINO, 2011).

A UDESC, por meio do seu curso de Engenharia Ambiental e Sanitária já realizou alguns trabalhos de apoio técnico, em parceria com o CISAMA, na ETA de Rio Rufino. Um dos primeiros trabalhos foi um estágio curricular obrigatório. No relatório desta atividade, consta que em 2013, a Secretaria de Estado de Saúde, por meio da Diretoria da Vigilância Sanitária avaliou que quase a totalidade das amostras analisadas em 2012 apresentavam contaminação microbiológica, com base no indicador coliformes termotolerantes. Este fato também se repetiu no primeiro semestre de 2013 (BATISTA, 2013). Vale ressaltar que até então, o SASB não estava constituído e com o apoio do CISAMA e da UDESC, foi criada a autarquia em 10 de dezembro de 2013, e então várias atividades foram realizadas na ETA incluindo a melhoria nas condições de operação, análises de qualidade de água, treinamento da equipe e ações de educação ambiental no município.

5.2 Esgotamento sanitário

O município de Rio Rufino não possui rede coletora de esgoto e estação de tratamento de efluentes que atendam a área urbana ou a área rural. Também não existem sistemas coletivos ou condominiais que podem ser citados. Foram identificados no diagnóstico aplicado em campo apenas sistemas individuais em algumas residências e em prédios públicos.

5.3 Drenagem e manejo de águas pluviais

Com relação ao sistema de drenagem e manejo de água pluviais de Rio Rufino, a água captada pela macrodrenagem do município é encaminhada principalmente ao Rio Rufino (RIO RUFINO, 2011), à jusante da captação do sistema de tratamento. O documento também cita alguns arroios que fazem a macrodrenagem de bairros como o Santa Rita e Graciosa, bem como o Centro do município, sempre encaminhando as águas pluviais para o Rio Rufino.

Os sistemas de captação de água envolvem bocas de lobos e caixas com grelhas na sarjeta. Em 2011, o total de vias urbanas era de 3.870 m (RIO RUFINO, 2011), e a taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana do município (IN020) foi de 99,5% em 2018. Com relação à taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana (IN021), o valor obtido foi de 80,6% (SNIS, 2019). Esse valor é contrastante com aquele obtido in loco pelos autores, que verificaram um percentual de 58% das edificações entrevistadas, servidas de drenagem pluvial na via pública. Desta forma, é possível que a população não tenha conhecimento acerca do sistema de drenagem, o que acabou influenciando as respostas.

6 Projeção da geração de lodo e esgoto

6.1 Esgoto na área urbana

Para o cálculo da projeção de esgoto para a área urbana de Rio Rufino, foi considerada a população estimada em 728 pessoas (considerada população de 2041 que é a população máxima de projeto). Adicionalmente, foi ainda definido um consumo de água por habitante de 120 L/dia. Foram adotados valores em conformidade com a norma técnica da ABNT:NBR

9.649/1986 (ABNT, 1986), usualmente recomendados pela literatura:

- Coeficiente do dia de maior consumo: $k_1 = 1,20$;
- Coeficiente da hora de maior consumo: $k_2 = 1,50$;
- Coeficiente da hora de menor consumo: $k_3 = 0,50$;
- Coeficiente de retorno esgoto/água: $C = 0,80$.

Vazão média

$$Q_{med} = 728hab \times \frac{120L}{hab.d} \times 0,8 = 69.792 \frac{L}{d} \times \frac{1m^3}{1.000L} = 69,88 \frac{m^3}{d}$$

Vazão máxima diária

$$Q = 69,88 \frac{m^3}{d} \times 1,2 = 83,86 \frac{m^3}{d}$$

Vazão máxima horária

$$Q = 69,88 \frac{m^3}{d} \times 1,5 = 104,82 \frac{m^3}{d}$$

Vazão mínima horária

$$Q = 69,88 \frac{m^3}{d} \times 0,5 = 34,94 \frac{m^3}{d}$$

Vazão máxima de fim de projeto

$$Q = 69,88 \frac{m^3}{d} \times 1,5 \times 1,2 = 125,78 \frac{m^3}{d}$$

Os valores resultantes da projeção de geração de esgoto na área urbana são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Projeção de geração esgoto doméstico na área urbana de Rio Rufino.

Ano	Projeção Urbana	Q esgoto (m ³ /d)	Q máx diária (m ³ /d)	Q máx horária (m ³ /d)	Q mín horária (m ³ /d)	Q máx final de projeto (m ³ /d)
2020	702	67,39	80,87	101,09	33,70	121,31
2021	704	67,58	81,10	101,38	33,79	121,65
2022	705	67,68	81,22	101,52	33,84	121,82
2023	706	67,78	81,33	101,66	33,89	122,00
2024	707	67,87	81,45	101,81	33,94	122,17
2025	708	67,97	81,56	101,95	33,98	122,34
2026	710	68,16	81,79	102,24	34,08	122,69
2027	711	68,26	81,91	102,38	34,13	122,86
2028	712	68,35	82,02	102,53	34,18	123,03
2029	713	68,45	82,14	102,67	34,22	123,21

2030	714	68,54	82,25	102,82	34,27	123,38
2031	716	68,74	82,48	103,10	34,37	123,72
2032	717	68,83	82,60	103,25	34,42	123,90
2033	718	68,93	82,71	103,39	34,46	124,07
2034	719	69,02	82,83	103,54	34,51	124,24
2035	721	69,22	83,06	103,82	34,61	124,59
2036	722	69,31	83,17	103,97	34,66	124,76
2037	723	69,41	83,29	104,11	34,70	124,93
2038	724	69,50	83,40	104,26	34,75	125,11
2039	725	69,60	83,52	104,40	34,80	125,28
2040	727	69,79	83,75	104,69	34,90	125,62
2041	728	69,89	83,87	104,83	34,94	125,80

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

6.2 Lodo na área urbana

Os esgotos possuem em sua composição, sólidos com densidade superior ao líquido e que se depositam ao longo do tempo no fundo do tanque séptico, fazendo-se necessária sua remoção. Para que não ocorra a perda total das bactérias e, por consequência, prejuízo ao tratamento do esgoto, deve ser mantido cerca de 20% do lodo no interior da unidade ao realizar a limpeza.

A NBR 7.229 (ABNT, 1993) estima que a quantidade de lodo fresco produzido e encaminhado para os tanques sépticos é de 1 L/hab.dia. Considerando que as fossas serão limpas 1 vez ao ano, que a temperatura média do mês mais frio no município fica abaixo de 10°C e que o valor da taxa de acúmulo de lodo (K) foi de 94 dias, calculou-se o volume de lodo que deverá ser coletado na zona urbana de Rio Rufino. Nesse estudo foram avaliados apenas sistemas individuais. Os sistemas coletivos não foram analisados, pois o volume de lodo gerado apresenta variação de acordo com o sistema de tratamento utilizado. Os dados da projeção de produção de lodo são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Projeção de produção de lodo na área urbana de Rio Rufino.

Ano	Produção de lodo		
	(m ³ /d)	(m ³ /mês)	(m ³ /ano)
2020	0,18	5,50	65,99
2021	0,18	5,51	66,18
2022	0,18	5,52	66,27
2023	0,18	5,53	66,36
2024	0,18	5,54	66,46

2025	0,18	5,55	66,55
2026	0,18	5,56	66,74
2027	0,18	5,57	66,83
2028	0,18	5,58	66,93
2029	0,18	5,59	67,02
2030	0,18	5,59	67,12
2031	0,18	5,61	67,30
2032	0,18	5,62	67,40
2033	0,18	5,62	67,49
2034	0,19	5,63	67,59
2035	0,19	5,65	67,77
2036	0,19	5,66	67,87
2037	0,19	5,66	67,96
2038	0,19	5,67	68,06
2039	0,19	5,68	68,15
2040	0,19	5,69	68,34
2041	0,19	5,70	68,43

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

6.3 Esgoto na área rural

A população da área rural foi definida como 1.782 pessoas (considerada população de 2041 que é a população máxima de projeto). O consumo de água por habitante ao dia: 120 L/hab.dia. Foram adotados valores em conformidade com a norma técnica da ABNT (NBR 9.649/1986), da mesma forma que foi feito para a população urbana:

- Coeficiente do dia de maior consumo: $k_1 = 1,20$;
- Coeficiente da hora de maior consumo: $k_2 = 1,50$;
- Coeficiente da hora de menor consumo: $k_3 = 0,50$;
- Coeficiente de retorno esgoto/água: $C = 0,80$.

Vazão média

$$Q_{med} = 1.782hab \times \frac{120L}{hab.d} \times 0,8 = 171.072 \frac{L}{d} \times \frac{1m^3}{1.000L} = 171,07 \frac{m^3}{d}$$

Vazão máxima diária

$$Q = 171,07 \frac{m^3}{d} \times 1,2 = 205,28 \frac{m^3}{d}$$

Vazão máxima horária

$$Q = 171,07 \frac{m^3}{d} \times 1,5 = 256,60 \frac{m^3}{d}$$

Vazão mínima horária

$$Q = 171,07 \frac{m^3}{d} \times 0,5 = 85,53 \frac{m^3}{d}$$

Vazão máxima de fim de projeto

$$Q = 171,07 \frac{m^3}{d} \times 1,5 \times 1,2 = 307,92 \frac{m^3}{d}$$

No que pese a projeção da população rural do município de Rio Rufino, foi considerada uma população fixa conforme apresentado no estudo populacional. Dessa forma, os dados de projeção de esgoto para a área rural são resumidos na Tabela 7.

Tabela 7 - Projeção de geração esgoto doméstico na área rural de Rio Rufino.

Ano	Projeção Rural	Q esgoto (m³/d)	Q máx diária (m³/d)	Q máx horária (m³/d)	Q mín horária (m³/d)	Q máx final de projeto (m³/d)
2020	1.782	171,07	205,29	256,61	85,54	307,93
2041	1.782	171,07	205,29	256,61	85,54	307,93

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

6.4 Lodo na área rural

Na área rural seguem-se as mesmas recomendações sugeridas para a área urbana. Utilizando a mesma quantidade de lodo produzido e encaminhado para os tanques sépticos, conforme a NBR 7.229 (ABNT, 1993), de 1 L/hab.dia e considerando que as fossas serão limpas 1 vez ao ano, que a temperatura média do mês mais frio no município fica abaixo de 10°C e que o valor da taxa de acúmulo de lodo (K) foi de 94 dias, foi calculado o volume de lodo que deverá ser coletado na zona rural de Rio Rufino, sendo os dados resumidos na Tabela 8.

Tabela 8 - Projeção de produção de lodo na área rural de Rio Rufino.

Ano	Produção de lodo		
	(m³/dia)	(m³/mês)	(m³/ano)
2020	0,46	13,95	167,51
2041	0,46	13,95	167,51

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

7 Diagnóstico

7.1 Informações do município sobre a gestão do sistema de esgotos sanitários

Com relação aos dados administrativos referente ao tratamento de esgotos do município de Rio Rufino (Anexo A), não há legislação que estabelece os procedimentos para instalação de projetos hidrossanitário nos termos da NBR 13.969/97 e NBR 7.229/93. Entretanto, existe fiscalização do projeto do sistema de esgoto e fiscalização da execução do sistema de esgoto por parte da secretaria de obras e serviços públicos. Existe ainda emissão de alvará de construção e emissão de habite-se sanitário. No entanto, não há fiscalização da operação do sistema de esgoto.

No município está sendo elaborado o código de postura e o código de obras para posterior aprovação. Atualmente a secretaria de obras e serviços públicos, por meio do Engenheiro Civil Antônio Márcio Waltrick e o fiscal de obras e posturas sr. Cleiton Fernando Kunhen, são os responsáveis pela fiscalização de projetos e execução de sistemas de esgoto. No entanto, devido à inexistência de legislação, eles trabalham em caráter orientativo e não possuem instrumento para fiscalização.

Adicionalmente, não existe empresa especializada em limpeza de sistemas individuais de tratamento de esgotos, sendo necessário a contratação de serviço de Lages, situada a 70 km do município. Por fim, o município não possui sistema de tratamento de esgotos coletivo, constituído por rede coletora e estação de tratamento de efluentes.

7.2 Sistemas individuais na área urbana

7.2.1 Metodologia de aplicação dos questionários

A pesquisa foi conduzida no dia 6 de abril de 2019 no município de Rio Rufino que está localizado no estado de Santa Catarina. A aplicação dos questionários foi feita no período matutino. O estudo consistiu em uma visita técnica a área urbana, sendo o local de estudo para a aplicação de questionário com perguntas referentes ao saneamento básico no município

Para conhecer a realidade do município de Rio Rufino em relação ao esgotamento sanitário, foi realizada uma pesquisa por meio de aplicação de questionários (Anexo B). O

mesmo foi desenvolvido pela Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS) e adaptado conforme as características observadas no município de Rio Rufino.

A pesquisa teve como objeto de estudo as edificações da área urbana do município. A fim de facilitar a aplicação dos questionários, dividiu-se a área urbana da cidade em 12 setores, escolhidos de forma aleatória. A divisão foi realizada pela ferramenta online *Google Earth*. Separaram-se os setores para o total de 9 pessoas que foram previamente treinadas para abordar os moradores e identificar a situação de cada edificação.

7.2.2 Tratamento de dados

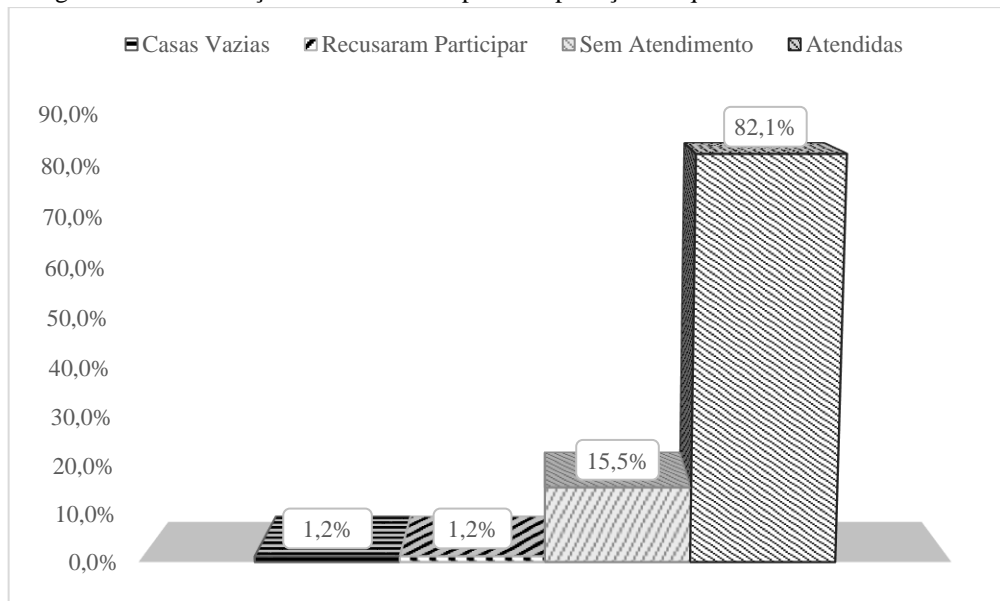
Os resultados das entrevistas obtidas através dos questionários aplicados foram posteriormente tabulados no software *Microsoft Office Excel 2013*. As análises foram feitas através de somatória e estatística simples percentual, onde foi possível realizar a comparação das diferentes destinações de esgoto do município e obteve-se o panorama geral.

7.3 Resultados obtidos

7.3.1 Diagnóstico e análise

Foram aplicados 168 questionários na área central da cidade de Rio Rufino, que embasaram os resultados compilados no software *Microsoft Office Excel 2013*. Importante salientar que dentro destes resultados houve casos onde os moradores não estavam presentes, não quiseram participar da pesquisa, ou então, não detinham das informações necessárias para a validação do questionário aplicado (Figura 12). Os resultados apresentados na Figura 12, podem estar relacionados ao fato de os questionários terem sido realizado em um sábado no período matutino, onde alguns comércios e empreendimento públicos estavam fechados.

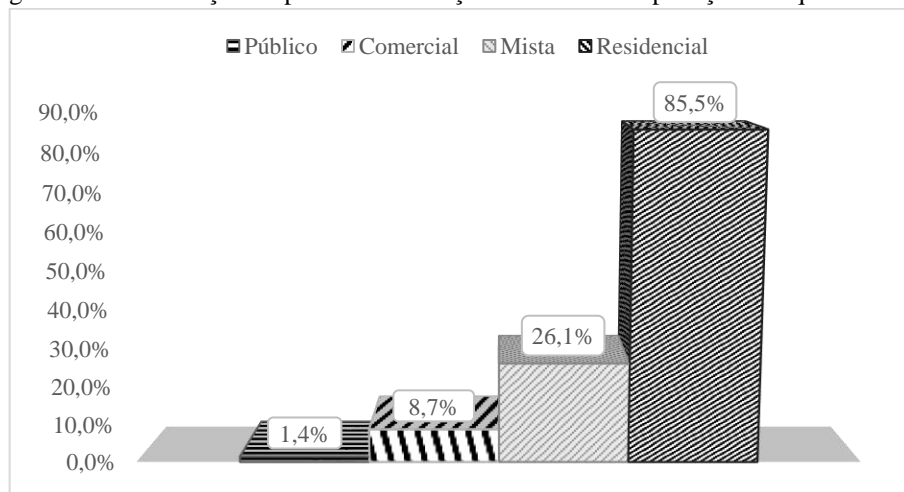
Figura 12 - Distribuição da forma de resposta à aplicação do questionário em Rio Rufino.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A área urbana da cidade é formada principalmente por residências e apresentou 85,5% do perfil de edificação dos dados coletados (Figura 13). Entretanto, observa-se que há uma quantidade significativa de edificação mista, onde encontra-se estabelecimento comercial e residencial no mesmo empreendimento.

Figura 13 - Distribuição do perfil de edificação envolvida na aplicação dos questionários.

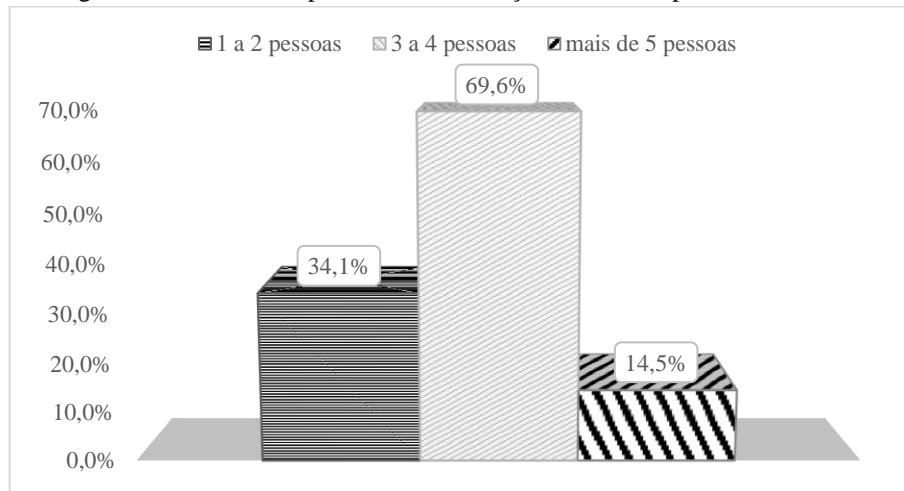


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O perfil da edificação interfere nas características do esgoto gerado, pois serão realizadas diferentes atividades, que conseqüentemente irão gerar diferentes volumes de efluente conforme a demanda da edificação. Aproximadamente 70% das edificações na área

urbana de Rio Rufino possuem de 3 a 4 pessoas, e foram observadas como de perfil residencial e comercial. Contudo, 34% apresentam de 1 a 2 pessoas, caracterizadas com predominância de ambiente residencial. Por fim, 14,5% dos perfis apresentaram mais que 5 pessoas. Esses valores foram observados em famílias grandes, hotéis, residências coletivas e locais públicos, como escolas. Os dados podem ser observados na Figura 14.

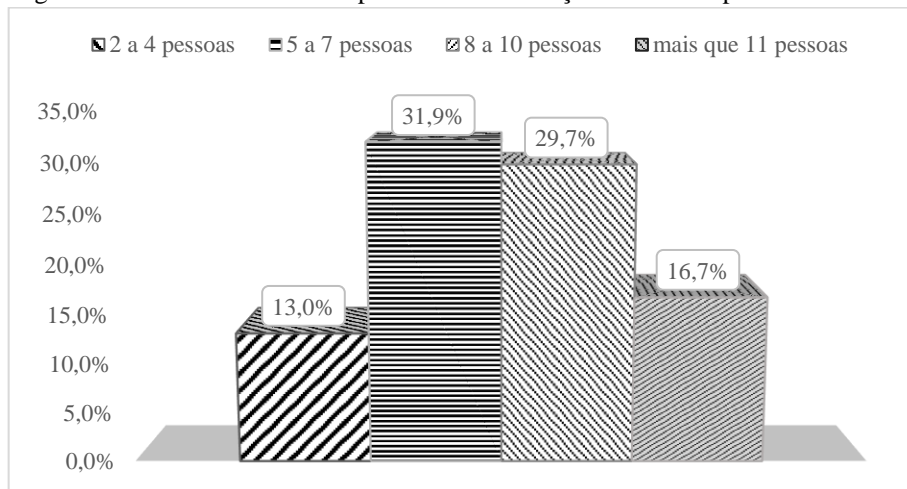
Figura 14 - Número de pessoas nas edificações do município de Rio Rufino.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após observar o número de pessoas fixas na edificação, foi analisado o número máximo de pessoas (Figura 15), onde os valores correspondem a população flutuante das edificações entrevistadas.

Figura 15 - Número máximo de pessoas nas edificações do município de Rio Rufino.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os valores obtidos apresentam que 31,9% das edificações recebem o número máximo de 5 a 7 pessoas e 29,7% responderam que a capacidade máxima de pessoas no empreendimento são de 8 a 10 pessoas. Enfim, 16,7% selecionaram que recebem mais que 11 pessoas. Esse valor é explicado pela maioria dessas edificações que escolheram essa opção serem comércios e serviços públicos ou privados, onde a população flutuante varia conforme os dias.

Mesmo sendo de grande importância para o saneamento básico, em 20,3% das edificações não havia caixa retentora de gordura, e ainda outros 22,5% não possuíam conhecimento do que é esse dispositivo e se havia em sua propriedade. Entretanto, um pouco menos da metade da população entrevistada, 41,3%, possuíam a caixa de gordura em sua edificação e reconhecem a importância do dispositivo. Segundo GASPERI (2012) os óleos e graxas são compostos frequentemente encontrados em despejo de esgoto, provenientes de atividades industriais ou até mesmo o efluente doméstico principalmente da cozinha. Ao depositar-se no interior das tubulações, essas substâncias podem provocar restrições ao fluxo líquido, redução da velocidade do escoamento, elevação da altura da lâmina líquida, deposição de sólidos em transporte por via hídrica e consequentes entupimentos (GNIPPER, 2008). Dessa forma, utiliza-se caixa de gordura nos empreendimentos. Esses dispositivos são instalados a fim de impedir que essas substâncias de gordura causem problemas futuros, como por exemplo, entupimentos e transbordamentos nas edificações.

O município de Rio Rufino não possui rede coletora de esgoto, desta forma, todo o esgoto gerado pela comunidade é tratado de forma individual, onde o sistema adotado fica a critério do proprietário da edificação. Com a aplicação do questionário foi possível obter os valores apresentados na Figura 16 para os sistemas individuais de tratamento utilizados atualmente pela população.

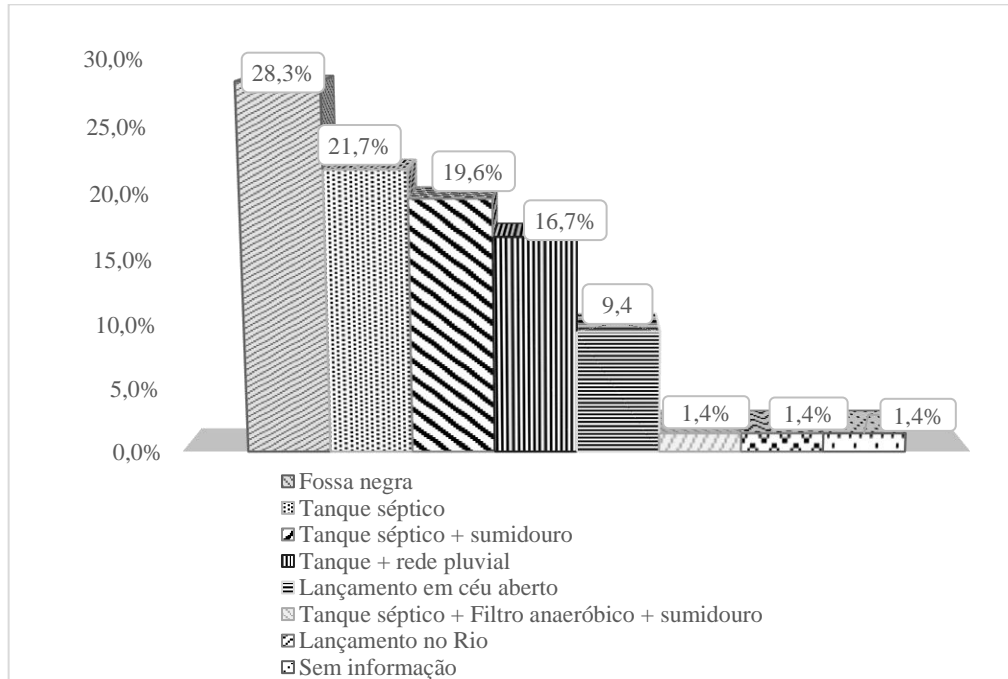
Aproximadamente 28% da população que ocupa a área urbana utiliza a conhecida fossa negra como destinação para o seu esgoto gerado. A fossa negra é caracterizada por uma escavação feita diretamente no terreno, não possui revestimentos e os resíduos caem diretamente no solo, que posteriormente infiltram na terra. Como já foi abordado em tópicos anteriores, a composição do esgoto possui potencial poluidor e não deve ser depositado na natureza sem um tratamento prévio.

A segunda forma mais utilizada pela população do município, caracterizada por cerca de 22%, é o dispositivo de tratamento de esgoto chamado tanque séptico. ÁVILA, (2005), relata que o tanque séptico é um dos instrumentos mais utilizados por comunidades que geram

pequenas vazões pela sua simplicidade de funcionamento. Para CHERNICHARO (1997), os tanques sépticos são unidades de tratamento de esgoto de nível primário, que evitam o lançamento de dejetos humanos diretamente nos solos e rios, mas que devem ser combinados com outros dispositivos para sua melhor eficiência.

Ao analisar a Figura 16, observa-se que um total de 19,6% dos entrevistados também utiliza os tanques sépticos, porém, associados com sumidouro. É necessário observar que para a disposição no solo é importante analisar as características geomorfológicas do local, como por exemplo as condições de percolação e a profundidade do lençol freático, para evitar qualquer tipo de contaminação das águas subterrâneas.

Figura 16 - Sistemas individuais de tratamento de esgoto adotados nas edificações de Rio Rufino.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O sistema de tratamento de esgoto individual composto por tanque séptico, seguido de filtro anaeróbico e sumidouro, foi encontrado em apenas 1,4% das edificações visitadas na cidade de Rio Rufino. Esse conjunto de equipamentos mostra um tratamento mais eficiente do esgoto, por armazenar, tratar e posteriormente dispor o efluente já tratado no solo.

Pode-se observar que na aplicação do questionário mais da metade da cidade de Rio Rufino, totalizando 58,3%, possuem rede de drenagem pluvial em suas ruas. Essas redes estão presentes em alguns pontos estratégicos da cidade, servindo para a coleta e o escoamento das águas pluviais. É possível analisar na Figura 16, que 16,7% das edificações pesquisadas

utilizam a rede de drenagem pluvial das ruas como descarte do seu esgoto. Este escoamento converge para os rios urbanos e o sistema fluvial de jusante gerando os conhecidos impactos na qualidade da água (TUCCI, 2002). A dispersão do esgoto para esses corpos d'água, além de alterar a qualidade da água, também é responsável por transmitir patógenos.

Outra situação encontrada no município foram casos de empreendimentos que destinam o seu esgoto diretamente para rio próximo (Figura 16), caracterizado por 1,4% dos entrevistados. Sobretudo, mesmo sendo uma quantidade pequena que adota esse método de destinação, sabe-se que essas ligações são clandestinas e que não devem ser realizadas.

A existência de rio ou açude próximos as edificações foi outra pergunta presente no questionário aplicado. Entre os entrevistados, 58% responderam afirmativamente à presença desses corpos hídricos próximos. Neste caso, todos encontravam-se entre 5 a 500 metros de algum curso de água. Por outro lado, com relação à proximidade da residência à poços de água, menos de 1% responderam positivamente a esta questão.

Quando questionados, 9,4% dos entrevistados relataram que o esgoto é coletado de várias residências a jusante e lançados em céu aberto. A comunidade demonstrou preocupação com a situação atual, mas descreveram que não conseguem reverter o quadro sozinho. Além do desconforto visual, outra reclamação foi de que o odor dos dejetos perto de suas residências é desagradável, principalmente no verão, onde há maior incidência solar. Outro ponto abordado foi que a comunidade apresenta preocupação com a proliferação de doenças e a contaminação dos solos.

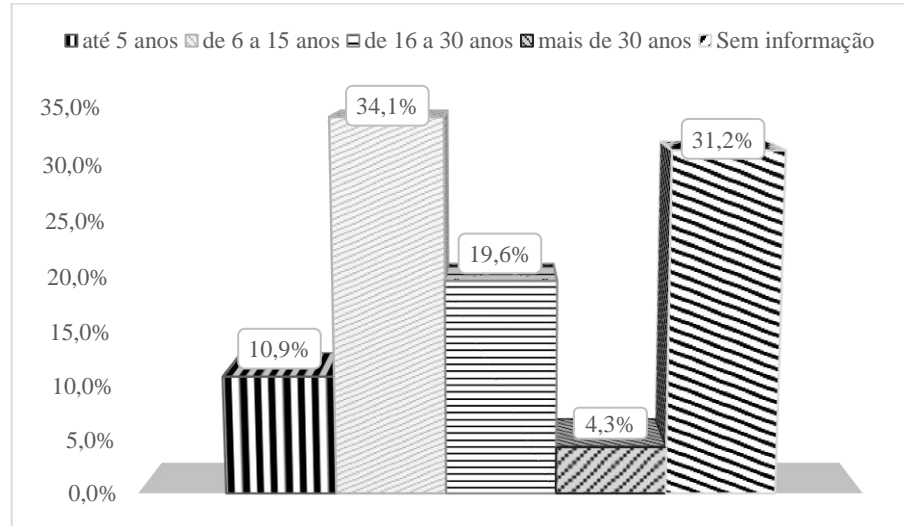
Por fim, 1,4% da população pesquisada não havia conhecimento sobre a destinação do seu esgoto. Alguns dos entrevistados relatavam que o seu esgoto estava ligado na rede de coleta de esgoto, confundindo-se com a rede de drenagem pluvial, visto que o município não possui a rede coletora de esgoto. Nestes casos, observa-se uma falta de educação ambiental no quesito saneamento básico e sua importância.

Atrelado com os sistemas de tratamento adotados pela população urbana de Rio Rufino, pode-se observar que aproximadamente 58% dos pesquisados estimaram que o sistema de suas edificações possuía mais que 6 anos (Figura 17). Contudo, esse dado mostra que o sistema não tem sido atualizado durante anos. Em poucos momentos foram relatados casos de modificação de sistema de tratamento individual de esgoto.

Cerca de 31% não sabiam estimar a idade do sistema da sua edificação, isso se explica pelo fato de o empreendimento ser alugado ou adquirido alguns anos após a sua construção,

onde o novo proprietário continua utilizando o mesmo sistema. Sobretudo, 10,9% das edificações possuem até 5 anos, ou pelo menos houve a mudança de sistema de tratamento individual nesse mesmo período. Essa porcentagem caracteriza as instalações mais novas que possuem um tratamento com no mínimo um tanque séptico ou envolvendo também o filtro anaeróbio e sumidouro.

Figura 17 - Idade do sistema de tratamento nas edificações do município de Rio Rufino.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os dados coletados mostram que apenas 23,2% das pessoas pesquisadas já realizaram ou realizam periodicamente a limpeza da fossa ou tanque séptico, o que representa uma porcentagem muito pequena da comunidade urbana. Por outro lado, cerca de 45% não faz a limpeza, que segundo a norma NBR 7.229 (ABNT,1993) impede que o sistema atue de forma totalmente eficiente. Segundo Mendes, Dias e Rodrigues (2010), para o uso correto de tanque séptico é necessário considerar manutenção e operação, principalmente a sua limpeza periódica, que consistem em retirar o lodo concentrado no sistema por empresas limpa fossa. A NBR 7.229 (ABNT, 1993), condiz sobre o intervalo do tempo de limpeza do tanque séptico, conforme a sua variação de vazões já previstas no projeto. A norma explica que a limpeza não pode ser completa, para que dessa maneira bactérias necessárias para o tratamento não sejam totalmente retiradas.

Outra questão abordada pela pesquisa, foi se há o acesso ao tratamento de esgoto e se há a presença de tubos ou tampas para a sucção e realização de manutenção. Observou-se que 38,4% da comunidade urbana possui acesso ao sistema de tratamento e 24,6% apresenta tampa

ou tubos para a realização de limpeza do lodo presente no sistema. Entretanto, 44,9% não possuem acesso e 58,7% não possuem tubo nem tampa para a sucção. A explicação para essa porcentagem é devido à grande parte dos sistemas do município serem enterrados ou até mesmo concretados, o que impede o acesso e a limpeza periódica.

A comprovação de que é necessário a manutenção dos tanques aparece quando se verifica que 19,6% da comunidade já apresentou problemas como vazamentos e entupimentos no seu sistema de tratamento individual. Sobretudo, dentre os 80,4% restantes que responderam negativamente à presença de problemas, 44,9% não possuem acesso ao sistema, ou seja, há a possibilidade de vazamentos não visíveis pelo proprietário. Apenas 1,37% das residências entrevistadas indicou a presença de laje ou terreno úmido na propriedade e 18,49% não possuem espaço para construção de sistemas individuais de tratamento no terreno.

Em que pese a presença de caixa de água, no município de Rio Rufino foi constatado que aproximadamente 70% da população urbana possui caixa da água em suas propriedades, sendo os volumes de 250 e 500 litros os mais comuns.

8 Legislação

Desde a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB de 2008, o setor de saneamento básico passou por importantes mudanças. Destacam-se a criação da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade – com vigência a partir de outubro do mesmo ano, a qual estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Também, a Lei do Saneamento Básico nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, a qual estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Essa última lei só foi regulamentada três anos depois pelo Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Outras mudanças importantes foram:

- a) O compromisso assumido pelo Brasil em relação às Metas do Milênio, propostas pela Organização das Nações Unidas, em setembro de 2000, o que implica em diminuir pela metade, de 1990 a 2015, a proporção da população sem acesso permanente e sustentável à água potável e ao esgotamento sanitário;
- b) O Lançamento do Programa de Aceleração de Crescimento - PAC, em janeiro de 2007, com previsão de grandes investimentos em infraestrutura urbana;

c) Resolução CONAMA N° 430/2011 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. As condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários para o lançamento direto de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

- pH entre 5 e 9;
- Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;
- Substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- Ausência de materiais flutuantes.

9 Soluções para o tratamento de esgoto sanitário

Os grandes centros urbanos geralmente dispõem de serviço de coleta e destinação de esgoto. No entanto, em pequenas cidades, esse cenário nem sempre é possível e muitas delas carecem de coleta de esgoto, motivando a instalação de sistemas individuais, também chamados de sistemas de tratamento descentralizado. Dentre os sistemas descentralizados, que podem ser aplicados em pequenas cidades, destacam-se os sistemas condominiais, os sistemas convencionais e os *wetlands* construídos.

Nos sistemas condominiais a rede coletora de esgoto passa no interior dos lotes e quintais, cortando-os transversalmente e transformando cada quadra numa unidade de esgotamento. Já nos sistemas convencionais, a rede coletora sai de cada terreno em direção ao coletor tronco e cada terreno torna-se uma unidade de esgotamento (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).

Os *wetlands* construídos são terras irrigadas pelos efluentes em que o líquido está perto da superfície do solo, provocando sua saturação e o desenvolvimento de vegetação

característica (macrófita), que auxilia no controle de sedimentos, de nutrientes ou de cargas orgânicas poluidoras (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

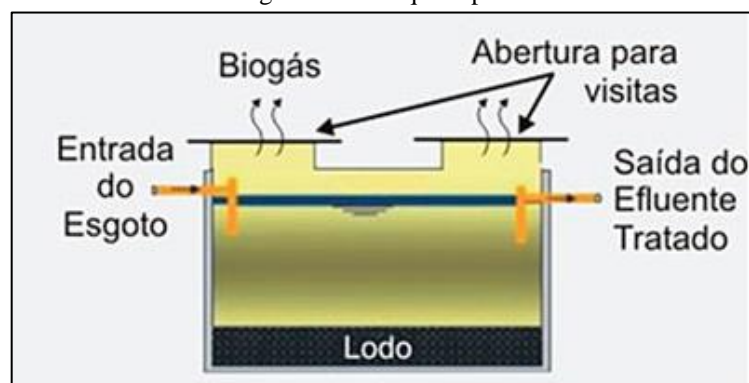
Alguns fatores que influenciam a seleção da tecnologia de tratamento para determinadas circunstâncias, são as exigências de desempenho (o que se espera do tratamento), as condições locais e a caracterização do esgoto (vazão média diária, tipo de efluente, e variabilidade sazonal). As condições de gerenciamento de efluentes podem variar muito de uma região para outra devido as características do local e do esgoto. O uso correto da tecnologia ajuda a proteger a saúde da população e as fontes de água, agrega valor às propriedades e evita gastos desnecessários com reparos. Para o município de Rio Rufino serão apresentadas, a seguir, as alternativas de tratamento de esgotos utilizando tanque séptico acoplado a um filtro anaeróbio e *wetlands* construídos.

9.1 Tanques sépticos

Tanques sépticos são dispositivos destinados ao tratamento de esgotos domésticos. O princípio de funcionamento está baseado no processo de sedimentação, seguido da digestão anaeróbia por microrganismos, promovendo a degradação da matéria orgânica (ABNT, 1993). No interior deste tanque, pode ser formada uma camada superior de espuma constituída de materiais mais leves como óleos, graxas e gases oriundos da decomposição anaeróbia (CH_4 , CO_2 , H_2S). Devido a este efeito, a saída do efluente tratado deve prever um dispositivo que evite o arraste desta espuma juntamente com o efluente tratado (NUVOLARI, 2011).

A configuração dos reatores varia entre cilíndrica ou prismática-retangular, apresentando câmara única (Figura 18), câmaras em série ou sobrepostas.

Figura 18 - Tanque séptico



Fonte: (NATURALTEC, [s.d.])

No Brasil, a norma NBR 7.229 (ABNT, 1993) regulamenta a construção de tanques sépticos, a qual salienta as seguintes condições:

- O sistema de tanques sépticos aplica-se primordialmente ao tratamento de esgoto doméstico e, em casos plenamente justificados, ao esgoto sanitário;
- O uso do sistema de tanque séptico é indicado para área desprovida de rede pública coletora de esgoto; tratamento de esgoto em áreas providas de rede coletora local, e também para retenção prévia dos sólidos sedimentáveis, em casos onde a rede coletora apresenta diâmetro e/ou declividade reduzidos;
- O sistema deve ser dimensionado e implantado de forma a receber a totalidade dos despejos (águas pluviais e provenientes de piscinas e de reservatórios de água não devem ser encaminhadas aos tanques sépticos);
- O sistema em funcionamento deve preservar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas;
- O lodo e a espuma removidos dos tanques sépticos em nenhuma hipótese podem ser lançados em corpos de água ou galerias de águas pluviais;
- A contribuição de despejo deve ser calculada a partir do número de pessoas a serem atendidas;
- Os tanques sépticos podem ser cilíndricos ou prismáticos retangulares. Os cilíndricos são empregados em situações onde se pretende minimizar a área útil em favor da profundidade; os prismáticos retangulares, nos casos em que sejam desejáveis maior área horizontal e menor profundidade.

9.1.1 Dimensionamento do tanque séptico

O dimensionamento do tanque séptico foi realizado baseado nos diferentes perfis de edificações encontradas no município de Rio Rufino, a fim de obter o orçamento para a implementação do sistema descentralizado de tratamento de esgoto. Conforme a NBR 7.229 (ABNT, 1993), as variáveis utilizadas para o cálculo foram retiradas das tabelas dispostas na norma e o volume útil total do tanque séptico foi calculado pela Equação 1:

$$V = 1000 + N (C \times T + K \times Lf) \quad (1)$$

Onde:

V= volume útil, em litros;

N = número de pessoas ou unidades de contribuição;

C = contribuição de despejos, em litros/pessoa.dia ou em litros/unidade.dia;

T = período de detenção, em dias;

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco;

L_f = contribuição de lodo fresco, em litros/pessoa.dia ou em litros/unidade.dia.

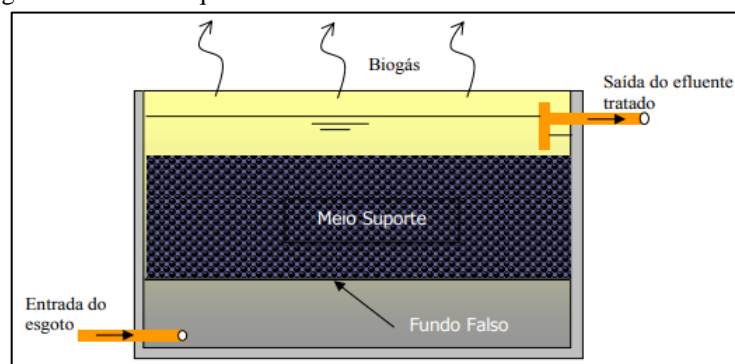
9.1.2 Limpeza dos tanques sépticos

O lodo e a espuma acumulados nos tanques devem ser removidos a intervalos equivalentes ao período de limpeza do projeto (ABNT, 1993). O período utilizado para os cálculos de dimensionamento do tanque séptico foi de uma vez ao ano, sendo necessário uma empresa especializada para realizar esse serviço no município. É importante que os tanques possuam acesso para a sua manutenção, de forma que nada impeça a sua limpeza.

9.2 Filtro anaeróbio

Os filtros anaeróbios são reatores biológicos preenchidos com material inerte com elevado grau de vazios, que permanece estacionário, e onde se forma um leito de lodo biológico fixo. O material de enchimento serve como suporte para os microrganismos facultativos e anaeróbios, que formam películas ou um biofilme na sua superfície, propiciando alta retenção de biomassa no reator (ÁVILA, 2005). Assim, como estabelece a NBR 13.969 (ABNT, 1997) o filtro é composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida com o meio filtrante submerso, onde atuam os microrganismos, como pode-se observar na Figura 19. Os microrganismos formam películas ou um biofilme na sua superfície.

Figura 19 - Corte esquemático de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente.



Fonte: (ÁVILA, 2005).

O sentido do fluxo através do leito acarreta grandes diferenças funcionais para as várias configurações de filtro anaeróbio, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 - Características dos filtros anaeróbios de diferentes sentidos de fluxo.

Fluxo Ascendente	Fluxo Descendente	Fluxo Horizontal
<ul style="list-style-type: none"> - Bom tempo de contato entre o esgoto e o biofilme devido aos lodos em sustentação hidráulica; - Maior retenção de lodo em excesso; - Propiciam alta eficiência e baixa perda dos sólidos que são arrastados no efluente; - São mais indicados para esgotos com baixa concentração; - Maiores riscos de entupimento dos interstícios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentam facilidade para remoção de lodo em excesso; - Menor risco de entupimento no leito; - Podem receber esgotos com maior concentração de sólidos; - Indicado para altas e baixas cargas orgânicas; - Os filtros com fluxo não afogado apresentam baixa eficiência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Funciona com características intermediárias entre o fluxo ascendente e descendente; - Maior dificuldade na distribuição do fluxo; - Desempenho diferenciado ao longo do leito; - Concentração de lodo em excesso mal distribuída; - Remoção do lodo difícil; - Deve ser usado com baixas taxas de carga orgânica.

Fonte: Adaptado de ÁVILA (2005).

Dentre algumas das vantagens da utilização de filtros anaeróbios estão a dispensabilidade de fonte de energia externa e recirculação de lodo, liberdade de projeto e configurações de dimensionamento, baixa produção de lodo e relevante remoção de material orgânico dissolvido. As desvantagens desse sistema são poucas, efluentes podem estar ricos em sais minerais, excesso de microrganismos patogênicos, entupimentos, entre outros (ÁVILA, 2005).

9.2.1 Dimensionamento do filtro anaeróbio

O dimensionamento do filtro anaeróbio foi realizado conforme a NBR 13.969 (ABNT, 1997), os parâmetros utilizados para o cálculo foram retirados das tabelas apresentadas na norma e o volume útil do leito filtrante, em litros, foi obtido pela Equação 2:

$$V = 1,6 \times N \times C \times T \quad (2)$$

Onde:

N = número de contribuintes;

C = contribuição de despejos, em litros/habitantes.dia;

T = tempo de detenção hidráulica, em dias.

Modelos comerciais de tanque séptico e filtro anaeróbio podem ser visualizados no Anexo C.

9.3 Estudo de caso envolvendo a aplicação de tanque séptico e filtro anaeróbio

Devido às restrições impostas pela legislação ambiental para a concentração de DBO no efluente, ou em casos que o corpo d'água receptor tem uma capacidade limitada de assimilar o efluente, autodepuração, faz-se necessário o uso de tratamento complementar à etapa anaeróbia. Porém, existem casos como os sistemas que compostos por tanque séptico seguido por filtro anaeróbico (Figura 20) em que a combinação de diferentes processos anaeróbios pode atender as exigências menos restritivas quanto à sua eficiência e concentração do efluente final.

Figura 20 - Sistema tanque séptico e filtro anaeróbio.



Fonte: Acervo do LABTRAT/CAV/UDESC.

Conforme a NBR 13.969 (ABNT, 1997), apresenta as faixas prováveis de remoção de poluentes através do filtro anaeróbio em conjunto com o tanque séptico, que são:

- DBO_{5,20}: 40 a 75%;
- DQO: 40 a 70%;
- Sólidos suspensos 60 a 90%;
- Sólidos sedimentáveis: 70% ou mais;

- Fosfato: 20 a 50%.

Os valores limites inferiores são referentes às temperaturas abaixo de 15°C; os valores limites superiores são para temperaturas acima de 25°C, sendo também influenciados pelas condições operacionais e grau de manutenção.

Um estudo realizado na cidade de Rio Rufino-SC, avaliou um sistema de tratamento descentralizado de esgotos sanitários, constituído por reator anaeróbio de manta de lodo e biofiltro em polietileno. A eficiência do sistema foi avaliada e o efluente final teve seus parâmetros comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente e a Lei 14.675/2009 do Estado de Santa Catarina. O sistema apresentou uma remoção média da demanda bioquímica de oxigênio de 88,9% e de 95,4% com relação a demanda química de oxigênio. O efluente tratado apresentou-se em conformidade com os requisitos legais vigentes, indicando que o sistema pode ser uma alternativa para o tratamento de esgoto sanitário em regiões de baixa densidade demográfica (SOUZA; SCHROEDER; SKORONSKI, 2019).

9.4 Alternativa baseada no sistema de *Wetlands*

Uma alternativa para o sistema de tratamento descentralizado envolve a aplicação de sistemas naturais para o tratamento de esgoto e de lodos de tanques sépticos, através da ecotecnologia dos *wetlands* construídos, de forma que possa integrar com os sistemas individuais de tratamento de esgotos. A ideia é propor uma possibilidade potencialmente sustentável para gestão do saneamento na dimensão do esgotamento sanitário.

Neste sentido, o tratamento de lodos de tanque séptico e de esgotos domésticos pode ser associado à ecotecnologia dos *wetlands* construídos para ambos os casos. Abaixo segue uma breve descrição da aplicação de *wetlands* para tratamento de lodo e tratamento de esgotos domésticos bruto que serão aplicados nessa configuração proposta.

9.4.1 Tratamento de esgoto bruto através de *wetland* vertical Sistema Francês

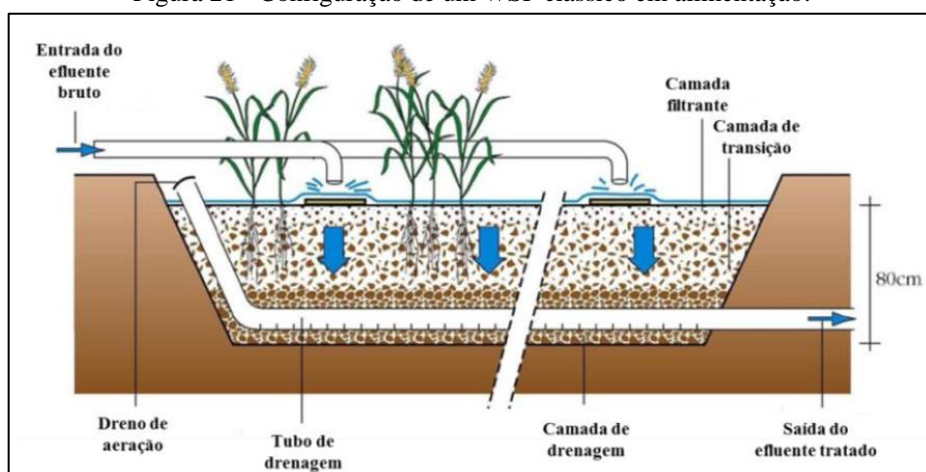
Tradicionalmente e com parâmetros de construção e operação bem definidos o *wetland* vertical Sistema Francês (SWF) possui dois estágios de tratamento compostos de três filtros

verticais em paralelo no primeiro estágio e dois filtros verticais ou um horizontal no segundo estágio. Tem como principal característica a aplicação direta de efluente bruto na superfície do filtro, ou seja, não há necessidade de tratamento primário. Tampouco, há necessidade de etapas posteriores para o tratamento do efluente. Porém, normalmente antes da aplicação nos filtros é feito um gradeamento do efluente para retenção de sólidos grosseiros. Em função das condições climáticas e exigências legais aplicadas no Brasil o Sistema Francês será concebido apenas com o primeiro estágio.

O efluente bruto, após passar por gradeamento, é bombeado para o primeiro estágio. Na primeira etapa, o efluente é filtrado através de uma camada de, no mínimo, 30 cm de brita fina (conhecido como pedrisco) para, posteriormente, passar através de uma segunda camada de transição com material intermediário e, então, atingir a camada de drenagem com material grosso no fundo do filtro. Em relação aos filtros utilizados no segundo estágio, estes possuem praticamente as mesmas características do primeiro, com exceção da camada de filtração composta de no mínimo 30 cm de areia ($0,25 \text{ mm} < d_{10} < 0,40 \text{ mm}$), ao invés do pedrisco.

O dimensionamento e regime operacional é adaptado de acordo com alguns fatores, como o clima, o nível de remoção de poluentes exigido pelas autoridades, a carga orgânica recebida no verão, a carga hidráulica, entre outros. Para o primeiro estágio, é indicado uma superfície de $1,2 \text{ m}^2$ por habitante para o conjunto dos três filtros, com uma carga orgânica de $300 \text{ gDQOm}^2/\text{d}$, $\approx 150 \text{ gSSTm}^2/\text{d}$, $\approx 25 - 30 \text{ gNTKm}^2/\text{d}$ e uma carga hidráulica de $0,37 \text{ m/d}$ sobre um filtro em funcionamento. A Figura 21 mostra a configuração de um sistema em perfil.

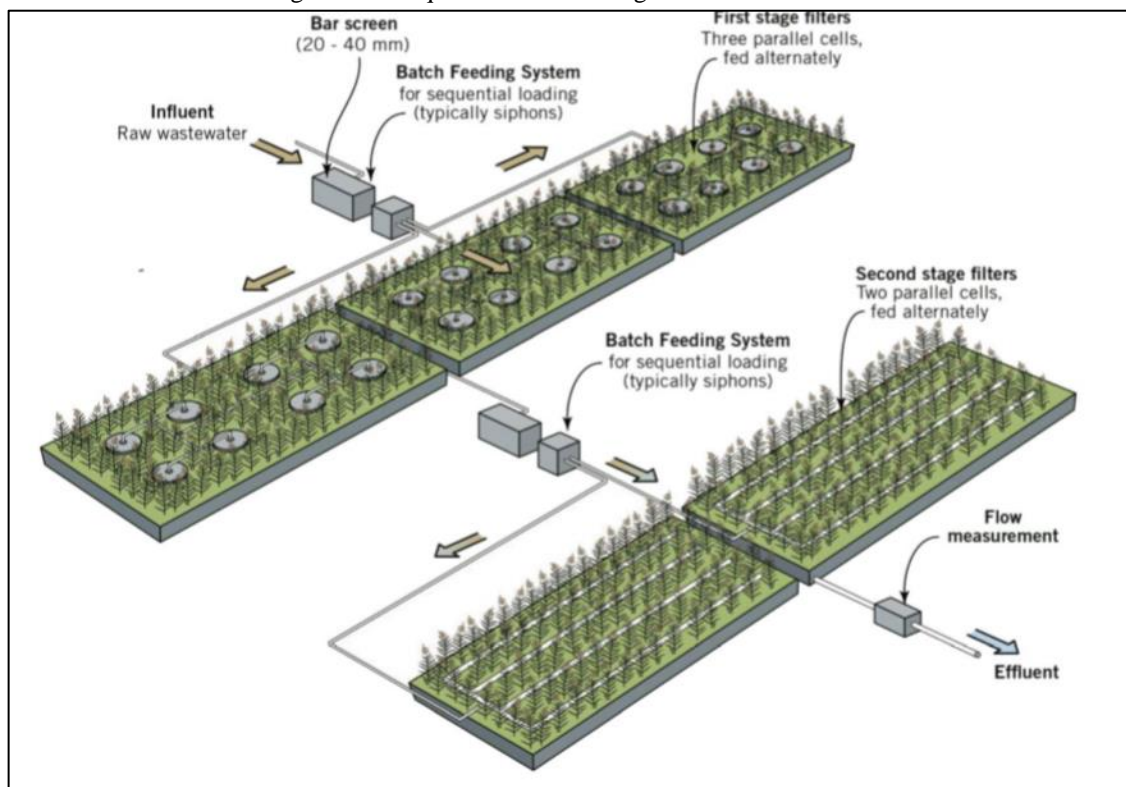
Figura 21 - Configuração de um WSF clássico em alimentação.



Fonte: (MOLLE *et al.*, 2005).

O Sistema Francês opera com alternância de ciclos, tendo um período de alimentação e outro período de descanso. No primeiro estágio, quando um dos 3 filtros entra em alimentação os outros 2 estão em repouso. Cada unidade recebe esgoto bruto por um período de 3,5 dias e descansa por 7 dias, de acordo com a alternância. O mesmo acontece para os outros 2 filtros do segundo estágio, que trabalham com 3,5 dias de alimentação e 3,5 dias de repouso conforme ilustra a Figura 22.

Figura 22 - Esquema dos dois estágios do WSF clássico.



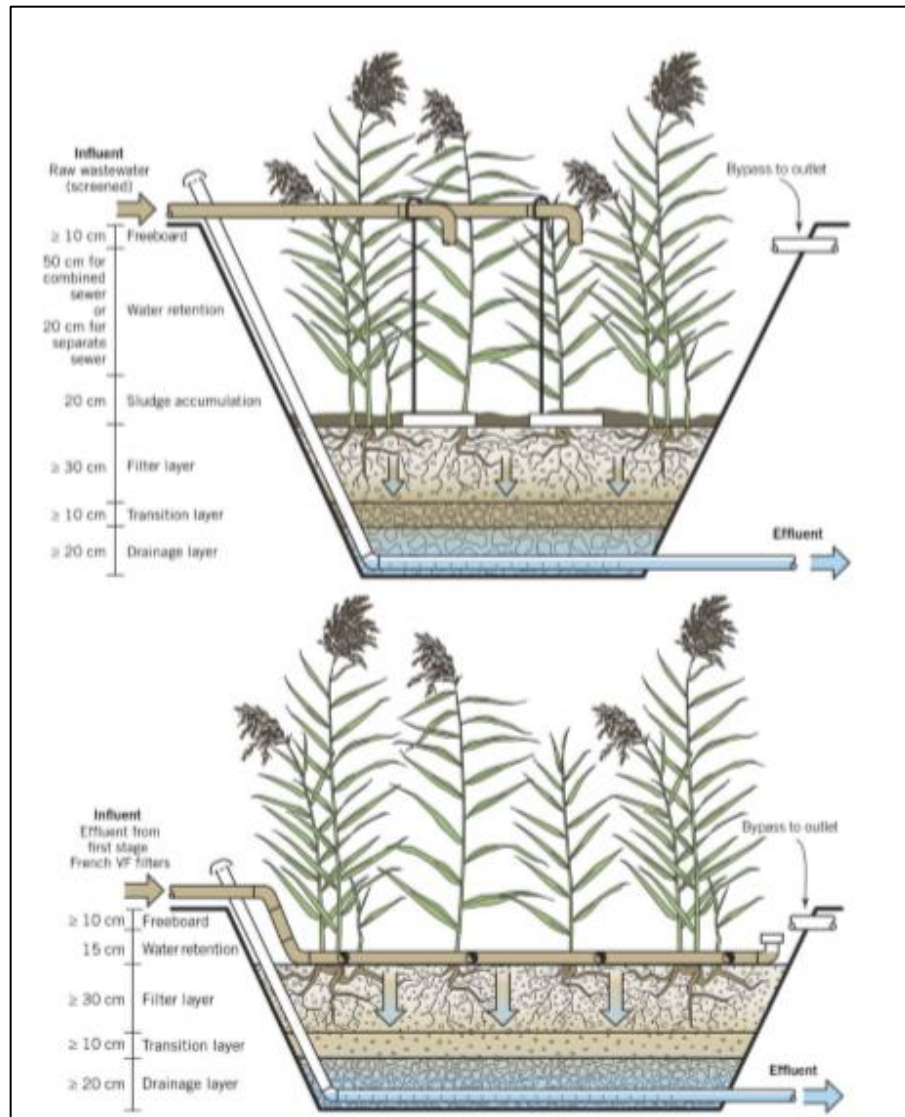
Fonte: (DOTRO *et al.*, 2017).

Essa alternância de ciclos é fundamental para garantir transferência de oxigênio para o interior dos poros, estabilizar a camada de lodo acumulada na superfície do leito e evitar o processo de colmatção (DOTRO *et al.*, 2017).

No primeiro estágio ocorre o maior acúmulo de sólidos na superfície no leito, formando uma camada de lodo que vai crescendo em média 2,5 cm por ano (MOLLE, 2014). O esgoto bruto é distribuído na superfície do leito, que passa pela camada de lodo formado e percola pelo material filtrante até atingir o dreno de fundo. Já no segundo estágio ocorre um polimento final do esgoto, complementando a remoção de sólidos e matéria orgânica, além da remoção parcial da amônia. A Figura 23 mostra a configuração e perfil granulométrico do primeiro e segundo

estágio.

Figura 23 - Perfil granulométrico do primeiro e segundo estágio do Sistema Francês.



Fonte: (DOTRO *et al.*, 2017).

Com relação às eficiências médias Molle *et al.* (2005) atingiram 79% e 86% para DQO e SST respectivamente, seguindo os padrões clássicos de dimensionamento e operação. García Zumalacarregui & Von Sperling (2018) operaram um Sistema Francês no Brasil, com dois módulos no primeiro estágio, sete dias de alimentação e sete dias de repouso. A eficiência média durante o período avaliado foi de 78% e 82% para DQO e SST respectivamente.

9.4.2 Tratamento de lodos através de sistemas *wetlands* construídos

Os sistemas *wetlands* construídos para o tratamento de lodo são basicamente uma alternativa tecnológica que se combinam os princípios de um leito de secagem e de um sistema *wetland* de escoamento vertical. Para Uggetti *et al.* (2010) esses sistemas são uma alternativa não somente para desaguamento do lodo como também possuem potencial para estabilizá-lo.

Nos *wetlands* o desaguamento do lodo ocorre em função do tratamento ser realizado em batelada, sendo que em um primeiro momento é realizada a alimentação dos leitos com lodo, e no período subsequente o lodo passa por um processo de repouso, para possibilitar o seu desaguamento. O período de repouso pode variar de alguns dias a semanas, sendo o mais usual sete dias (NIELSEN, 2008). Na batelada seguinte, o filtro é alimentado novamente, sendo o lodo bruto aplicado sobre o lodo que ficou acumulado no leito.

Por se tratar de uma tecnologia natural, com a utilização de plantas, acaba apresentando uma estética agradável, com maiores possibilidades de aceitação da população. O principal parâmetro de projeto refere-se à aplicação de Taxas de Sólidos Totais por ano por metro quadrado de área superficial. O maior fator de interferência refere-se, basicamente, à temperatura, sendo que em localidades de climas mais quentes há a possibilidade de uma maior taxa de aplicação, em função da maior cinética de degradação.

A Tabela 9 mostra diferentes taxas aplicadas para diferentes autores e em diferentes condições climáticas.

Tabela 9 - Referências de taxas de sólidos aplicados em *wetlands*.

Referência	TAS (KgST/m ² .ano)	Tipo de lodo
Koottatep <i>et al.</i> (1999)	125-250	Tanque séptico
Summerfelt <i>et al.</i> (1999)	30	Tanque séptico
Koné e Strauss (2004)	<250	Tanque séptico
Kengne <i>et al.</i> (2009)	200	Tanque séptico
Sonko <i>et al.</i> (2014)	200	Tanque séptico

Fonte: Adaptado de Andrade (2015).

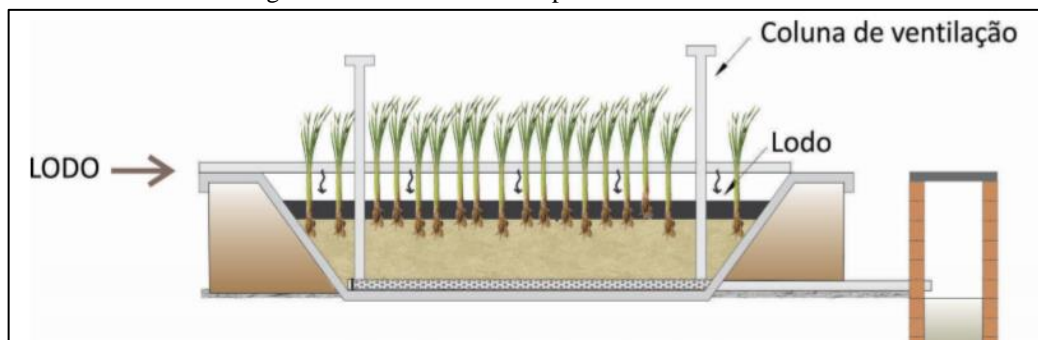
Com o passar do tempo vai se acumulando uma camada de lodo na superfície do leito até um momento que se deva realizar um manejo. A taxa de acúmulo do lodo depende, obviamente, da carga de sólidos aplicada e nas condições climáticas que vão favorecer

processos de desaguamento e estabilização da matéria orgânica.

Koottatep *et al.* (2005), pesquisando um sistema *wetland* para tratamento de lodo de tanque séptico com TAS de 250 kgST/m² ano, encontraram uma taxa de acúmulo de lodo de 12 cm ao ano. Comparado a outras tecnologias convencionais, como os leitos de secagem, centrífugas e filtros prensa, os sistemas plantados possibilitam um maior armazenamento de lodo ao longo do tempo. Geralmente a camada de lodo pode ser removida do leito depois de 2 a 3 anos, podendo ser utilizada na agricultura, a depender do grau de higienização do lodo. De acordo com Suntti (2010), o lodo acumulado, após seco e estabilizado, pode ser aplicado no solo diretamente ou após uma compostagem, levando em consideração as normas e legislações específicas para tais disposições. No Brasil, a Resolução CONAMA n° 375/2006 define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências (BRASIL, 2006).

Para a retirada do lodo recomenda-se um período de repouso de 6 meses de modo que haja uma estabilização adequada para diversos usos agrícolas, por exemplo. A Figura 24 mostra um estereótipo padrão de um leito plantado de tratamento de lodo.

Figura 24 - *Wetland* vertical para tratamento de lodo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

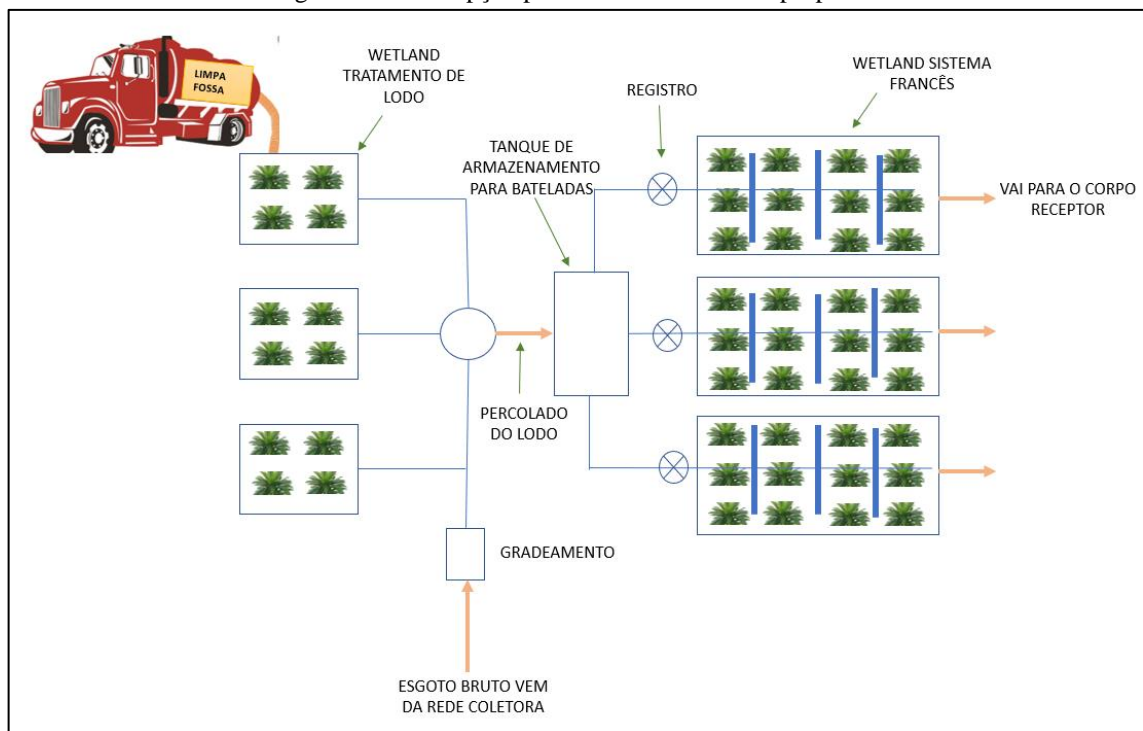
9.4.3 Dimensionamento das unidades *wetland* para tratamento de lodo de tanque séptico e do esgoto bruto doméstico.

Para o dimensionamento das duas unidades de tratamento foram utilizados parâmetros de dimensionamento, dados de entrada e contribuições reportados na NBR 7.229 (ABNT, 1993) e valores de referência da literatura. Cabe ressaltar que todos esses valores remetem a uma simulação hipotética, não havendo um embasamento real de cada município. Este estudo serve

apenas para elencar uma potencialidade de utilização de sistemas *wetlands* para tratamento de esgotos e de lodos de TS nos municípios investigados. Para um estudo de concepção real seria necessário vários outros estudos e dados para um projeto de fato, que não foram considerados aqui por se tratar de um plano de ação.

A Figura 25 mostra uma concepção padrão com as duas unidades integradas. O *Wetland* Sistema Francês recebe o esgoto doméstico bruto, após passar pelo gradeamento, e o percolado do lodo de TS, para então o efluente ser encaminhado para a disposição final.

Figura 25 - Concepção padrão a ser adotada na proposta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

9.4.4 Dimensionamento do *wetland* construído para tratamento de lodo de tanque séptico

A Tabela 10 refere-se aos parâmetros de dimensionamento para o sistema *wetland* para tratamento de lodo de TS, onde define-se a área superficial por indivíduo.

Tabela 10 - Parâmetros de dimensionamento para tratamento de lodo de TS.

Itens	Valores	Referências
Produção de lodo per capita	1 L/dia	NBR 7.229:93
Taxa de acumulação de lodo (K) para intervalo de limpeza de 1 ano e Temp. médio do mês mais frio de 10°C	94 dias	NBR 7.229:93
Volume de lodo gerado per capita em um ano	94 x 1 = 94 L	NBR 7.229:93
Concentração média de ST no lodo após 1 ano de acúmulo	15.000 mg/L	Calderón-Vallejo <i>et al.</i> (2015)
Massa de ST per capita/ano	94L x 15.000 mg/L = 1,41 Kg/ano	
Parâmetros de projeto de dimensionamento		
Taxa de aplicação	100 KgST/m ² .ano	Calderón-Vallejo <i>et al.</i> (2015)
Relação alimentação:repouso	1:7 dias	Calderón-Vallejo <i>et al.</i> (2015)
Volume percolado	0,6xVol. De lodo	-
Concentração média do percolado (SST)	800 mg/L	-
Área superficial	0,014 m ² /hab	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

9.5 Alternativas de disposição do esgoto tratado

A NBR 13.969 (ABNT, 1997) apresenta alternativas para disposição do esgoto tratado utilizando tanque séptico. A melhor alternativa de disposição deve ser selecionada de acordo com as necessidades e condições locais onde é implantado o sistema de tratamento, não havendo restrições quanto à capacidade de tratamento das unidades. A norma cita como alternativas para disposição: valas de infiltração, canteiros de infiltração e de evapotranspiração, sumidouro, galeria de águas pluviais, águas superficiais e reuso local. Conforme as necessidades locais, as alternativas citadas podem ser utilizadas complementarmente entre si, para atender ao maior rigor legal ou para efetiva proteção do manancial hídrico, a critério do órgão fiscalizador competente.

9.6 Edificações sem espaço útil

Conforme os dados obtidos nos questionários aplicados no município de Rio Rufino,

uma das questões mais importantes para a viabilidade e aplicação do sistema proposto para o município, é se o terreno possui espaço para a construção do sistema individual formado por tanque séptico e filtro anaeróbio. O município de Rio Rufino apresentou uma boa porcentagem de terrenos que possuem espaço para a implementação do sistema descentralizado de tratamento de esgoto, totalizando aproximadamente 82% das edificações. Esse valor demonstra que a maioria da população urbana do município pode usufruir desse plano de esgotamento sanitário. Sobretudo, para o restante, uma maneira de contornar esse problema, é a ligação do esgoto para a residência mais próxima que possui o espaço necessário, garantindo então o seu tratamento.

10 Indicação de alternativas para o esgotamento sanitário em Rio Rufino

Com base no diagnóstico realizado e levando em conta as características do município de Rio Rufino, são apresentadas as seguintes alternativas para a implementação do serviço de esgotamento sanitário com base no termo de referência elaborado pela ARIS. Neste sentido, serão exploradas as seguintes alternativas:

- Alternativa 01 – implementar unidades de tratamento individual em edificações;
- Alternativa 02 – implementar unidades de tratamento individual em edificações, associando com sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos;
- Alternativa 03 – implementar sistemas condominiais de esgoto para o atendimento de edificações;
- Alternativa 04 – implementar unidades coletiva de sistemas de esgoto sanitários com rede coletora e estação de tratamento.

A discussão de cada alternativa apresentada a seguir fomentará a discussão da prefeitura municipal acerca da seleção do modelo que poderá ser homologado para execução.

Alternativa 01 – Edificações com solução individual de tratamento

O modelo proposto por essa alternativa pressupõe a instalação de sistemas individuais de acordo com as normas da ABNT e a limpeza dos sistemas por meio de caminhão limpa fossa contratado pelo usuário. Nesse modelo, as prefeituras municipais podem executar ou terceirizar as ações, a saber:

- a) Devem ser realizados ajustes na legislação municipal para que sejam exigidas as instalações

de sistemas de tratamento individual de esgoto sanitário, conforme dimensionamento e recomendações técnicas da ABNT, para emissão de alvará de construção para novas edificações. Deve, ainda, ser previsto a fiscalização do projeto, execução e operação dos sistemas pela prefeitura. Para a operação, devem ser considerados dispositivos que assegurem a limpeza periódica de acordo com a base de dados utilizada para o dimensionamento dos sistemas individuais de esgotamento sanitário;

- b) A prefeitura deve buscar fontes de investimentos e/ou subsídios para a implementação de sistemas individuais nas áreas urbana e rural nos locais onde eles se fazem inexistentes e em substituições aos sistemas em desacordo com as normas técnicas da ABNT;
- c) Podem ser previstos o uso de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou uma alternativa para atualização periódica do cadastro dos sistemas individuais de tratamento de esgoto;
- d) Elaborar projetos tipos para facilitar a concepção e execução dos sistemas pelo usuário e consequentemente a aprovação por parte do órgão responsável na prefeitura;
- e) Executar plano de ação previsto no plano municipal de saneamento básico levando em conta a implementação e adequação dos sistemas individuais de tratamento. Deve-se ainda considerar a elaboração de projetos e prospecção de recursos para implementação de rede coletora e estação de tratamento de esgotos considerando horizonte de médio e longo prazo.

Alternativa 02 – Edificação com soluções individuais de tratamento associadas ao serviço de limpeza via caminhão limpa fossa e tratamento dos subprodutos em sistema coletivo de esgotos sanitários.

A diferença deste modelo para o anterior está ligada à alternativa de manutenção dos sistemas individuais por meio de limpeza com caminhões limpa fossa de propriedade da prefeitura ou terceirizados, que encaminhem o lodo removido para estações de tratamento de esgotos associadas e devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente. Nesse modelo, as prefeituras municipais podem executar ou terceirizar as ações, a saber:

- a) Devem ser realizados ajustes na legislação municipal para que sejam exigidas as instalações de sistemas de tratamento individual de esgoto sanitário, conforme dimensionamento e recomendações técnicas da ABNT, para emissão de alvará de construção para novas edificações. Deve, ainda, ser previsto a fiscalização do projeto, execução e operação dos

sistemas pela prefeitura. Para a operação, devem ser considerados dispositivos que assegurem a limpeza periódica de acordo com a base de dados utilizada para o dimensionamento dos sistemas individuais de esgotamento sanitário;

b) A prefeitura deve buscar fontes de investimentos e/ou subsídios para a implementação de sistemas individuais nas áreas urbana e rural nos locais onde eles se fazem inexistentes e em substituições aos sistemas em desacordo com as normas técnicas da ABNT;

c) Podem ser previstos o uso de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou uma alternativa para atualização periódica do cadastro dos sistemas individuais de tratamento de esgoto;

d) Elaborar e celebrar convênio para a gestão associada de disposição do lodo coletado em sistemas individuais em ETE que possua licenciamento ambiental para a atividade;

e) Elaborar e executar programas de manutenção dos sistemas individuais de tratamento para coleta do lodo e envio para a ETE associada;

f) Elaborar e implementar taxa ou tarifa para a manutenção dos sistemas individuais de tratamento que cubram as despesas com esse serviço e garantam a sua sustentabilidade econômico-financeira;

g) Elaborar projetos tipos para facilitar a concepção e execução dos sistemas pelo usuário e conseqüentemente a aprovação por parte do órgão responsável na prefeitura;

h) Executar plano de ação previsto no plano municipal de saneamento básico levando em conta a implementação e adequação dos sistemas individuais de tratamento e a inclusão de serviços prestados com caminha limpa fossa. Deve-se ainda considerar a elaboração de projetos e prospecção de recursos para implementação de rede coletora e estação de tratamento de esgotos considerando horizonte de médio e longo prazo.

Alternativa 03 – Sistemas condominiais de tratamento de esgotos sanitários.

Nesse modelo, o esgoto gerado por várias residências é encaminhado para uma tubulação que percorre o interior dos terrenos ou a área de passeio, sendo essa tubulação ligada à rede coletora. Esse processo diferencia-se de um sistema tradicional onde cada economia é ligada à rede coletora e, portanto, o sistema condominial envolve uma participação maior da comunidade em manter o sistema em funcionamento pois hidráulicamente todos compartilham a mesma conexão até o coletor. Ainda, podem ser previstas estações descentralizadas para o

tratamento do esgoto. Nesse modelo, as prefeituras municipais podem executar ou terceirizar as ações, a saber:

- a) Devem ser realizados ajustes na legislação municipal para que sejam exigidas as instalações de sistemas de tratamento individual de esgoto sanitário conforme dimensionamento e recomendações técnicas da ABNT para emissão de alvará de construção para novas edificações. Deve ainda ser previsto a fiscalização do projeto, execução e operação dos sistemas pela prefeitura. Para a operação, devem ser considerados dispositivos que assegurem a limpeza periódica de acordo com a base de dados utilizada para o dimensionamento dos sistemas individuais de esgotamento sanitário;
- b) A prefeitura deve buscar fontes de investimentos e/ou subsídios para a implementação de sistemas individuais nas áreas urbana e rural nos locais onde eles se fazem inexistentes e em substituições aos sistemas em desacordo com as normas técnicas da ABNT;
- c) Devem ser apresentadas alternativas para a execução das obras de sistema de esgoto condominial por parte da prefeitura e/ou associação de moradores, sob supervisão dos órgãos competentes da prefeitura, para ligação na rede coletora do município;
- d) Podem ser previstos o uso de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou uma alternativa para atualização periódica do cadastro dos sistemas condominiais de tratamento de esgoto;
- e) Elaborar e implementar taxa ou tarifa para a manutenção dos sistemas condominiais de tratamento que cubram as despesas com os serviços de coleta e tratamento e garantam a sua sustentabilidade econômico-financeira;
- f) Executar plano de ação previsto no plano municipal de saneamento básico levando em conta a implementação e adequação dos sistemas individuais de tratamento. Deve-se ainda considerar a elaboração de projetos e prospecção de recursos para implementação de rede coletora e estação de tratamento de esgotos considerando horizonte de médio e longo prazo.

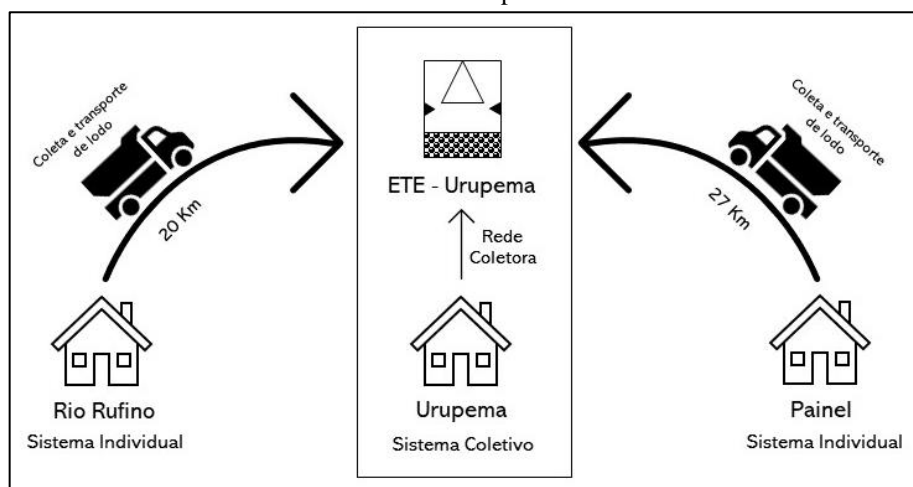
Alternativa 04 – Implantação de redes coletoras de esgoto

Finalmente, a alternativa 04 envolve a implantação de rede coletiva de coleta de esgotos e estação de tratamento de efluentes centralizada. Esse é o modelo previsto para a área urbana do município de Rio Rufino segundo o plano municipal de saneamento. Nesse modelo, as prefeituras municipais podem executar ou terceirizar as ações, a saber:

- a) Implementar as alternativas 01 e/ou 02 e/ou 03 na área rural do município, onde a alternativa 04 se apresenta inviável devido à reduzida densidade populacional;
- b) Elaborar plano de ação, com prazos para a prospecção de recursos para implementação da rede coletora na área urbana do município e da estação de tratamento de efluentes, conforme previsto no plano municipal de saneamento;
- c) Elaborar e implementar taxa ou tarifa para a manutenção dos serviços de coleta e tratamento de esgotos que cubram as despesas com esses serviços e garantam a sua sustentabilidade econômico-financeira.

Com base nas proposições anteriores, considerando as características socioeconômicas do município de Rio Rufino, indica-se as alternativas 01 e 02 para as áreas urbana e rural do município, para a curto e médio prazo. Para estas alternativas devem ser instalados tanques sépticos seguidos de filtro anaeróbico com disposição final do esgoto tratado em sumidouros. A manutenção dos sistemas pode ser realizada sob responsabilidade e fiscalização do município. Alternativamente, a prefeitura municipal pode cobrar uma taxa dos usuários para a prestação do serviço de manutenção dos sistemas individuais por meio de caminhão limpa fossa e envio à ETE de Urupema, conforme viabilidade apresentada a seguir. Desta forma, além de Rio Rufino, a ETE de Urupema poderia receber também o lodo proveniente dos sistemas de tratamento de Painei de forma a compor um programa de gestão associada (PGA) dos sistemas de esgotos sanitários dos três municípios conforme a Figura 26.

Figura 26 - Proposta do programa de gestão associada de tratamento de esgoto sanitário na área urbana para os municípios de Painei, Urupema e Rio Rufino. A área rural pode ser contemplada com sistemas individuais nos três municípios.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Com base nos dados apresentados anteriormente, o volume de lodo que deverá ser coletado e transportado para a ETE de Urupema pelo caminhão limpa fossa será de 235,94 m³ por ano (0,64 m³/d). Multiplicando a concentração de matéria orgânica no lodo que é de 6 kg/m³ (JORDÃO; PESSÔA, 2005) pelo volume de lodo coletado e dividindo o resultado pelo volume do reator anaeróbio, modelo UASB, da cidade de Urupema (144m³), obtemos uma carga orgânica volumétrica de 0,026 kg/m³.d. Um reator anaeróbio do tipo UASB pode receber uma carga orgânica volumétrica de até 15kg/m³.d (JORDÃO; PESSÔA, 2005), muito acima da carga orgânica volumétrica gerada pelo lodo coletado nas fossas da cidade de Rio Rufino. Portanto, o lodo das fossas da cidade de Rio Rufino pode ser enviado a estação de tratamento de efluentes da cidade de Urupema sem causar prejuízos ao tratamento biológico.

Pode ser previsto a médio e longo prazo a implementação de rede coletora no município para o recebimento do esgoto de forma condominial (alternativa 03) ou coletiva (alternativa 04) com tratamento em estação centralizada de tratamento de efluentes. Neste caso, recomenda-se considerar a tecnologia de *wetlands* construídos devido a várias características, principalmente pela robustez do sistema, dispensando mão-de-obra qualificada para sua operação, o qual poderia ser uma limitação para o município. Além disso, outras vantagens podem ser enumeradas, entre elas:

- O tratamento do esgoto e do lodo ocorre simultaneamente, evitando custos operacionais elevados com gestão desse resíduo;
- O sistema possibilita variações de cargas hidráulicas e orgânicas, sem comprometer a eficiência do tratamento;
- O sistema não necessita, necessariamente, de sistemas de bombeamento, ou aeração mecânica;
- Por ser um sistema aeróbio, está muito menos sujeito às variações climáticas e de cargas pontuais tóxicas, comparados aos sistemas anaeróbios;
- Por ser um sistema que utiliza plantas no tratamento, proporciona um viés paisagístico, com boa aceitação da comunidade;
- O lodo que é retirado do sistema após 5-10 anos, apresenta um grau de estabilidade bastante avançada, possibilitando sua utilização como fonte de insumo para agricultura, dependendo do nível de exigência para cada fim.

11 Custos e cobrança pelos serviços

A seguir são apresentados quatro cenários possíveis para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário no município de Rio Rufino. Primeiramente foi considerada a possibilidade de universalização via implementação de sistemas individuais em todo o município com manutenção realizada via contratação de serviço especializado, em um primeiro cenário, ou a manutenção realizada e administrada por três prefeituras, com possibilidade de participação do CISAMA, em um segundo cenário. No terceiro cenário, foi considerada a proposta apresentada no plano municipal de saneamento básico do município em 2011. Finalmente, o quarto cenário considera a tecnologia de *wetlands* construídos para o tratamento de esgoto da área urbana e disposição do lodo gerado nos sistemas da área rural. Cada cenário foi abordado com relação aos custos de implementação e manutenção, servindo como base para a avaliação da possibilidade de sustentabilidade do serviço de saneamento de acordo com a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 que estabelece em seu artigo 29:

Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções, vedada a cobrança em duplicidade de custos administrativos ou gerenciais a serem pagos pelo usuário, nos seguintes serviços:

I - de abastecimento de água e esgotamento sanitário, na forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos, conjuntamente; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

Neste sentido o município de Rio Rufino possui 410 unidades na área urbana e aproximadamente 528 unidades na área rural que necessitam regularização do sistema de esgotamento sanitário. Conforme o levantamento realizado *in loco* na área urbana, somente 1,4% das unidades eram constituídas por sistemas de tanque séptico seguido de pós-tratamento em filtro anaeróbio, o qual constitui-se no sistema individual ideal. Dessa forma, definiu-se que mesmos esses sistemas necessitariam passar por revisão e, portanto, em um cenário conservador, foi considerado a totalidade de unidades para o orçamento. Os valores dos sistemas foram obtidos por consulta no comércio local de Lages e são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Custos dos sistemas de tratamento individual.

Sistemas	Orçamentos		
	A	B	C
Tanque séptico (2 m ³)	R\$1.827,00	R\$ 2.331,75	R\$ 1.512,75
Filtro anaeróbio (1,1 m ³)	R\$ 1.790,90	R\$ 1.059,95	R\$ 1.070,35
Total	R\$ 3.617,90	R\$ 3.391,70	R\$ 2.583,10

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os volumes dos tanques referem-se a unidades para o tratamento de até 5 pessoas, correspondendo aos dados majoritários obtidos no diagnóstico. Desta forma, para a instalação de sistemas individuais de esgotamento sanitário, envolvendo a área urbana e rural, os custos irão variar entre **R\$ 2.422.947,80 e R\$ 3.393.590,20** em função dos custos unitários mínimo e máximo para aquisição dos sistemas individuais. O custo do sumidouro não foi cotado em função da possibilidade de utilização de materiais alternativos para sua construção ou, em alguns casos, ser necessário o lançamento do efluente tratado na rede pluvial. Neste caso, em atendimento à NBR 13.969, em seu item 4.6, o efluente deverá ser clorado, sob responsabilidade do proprietário, anteriormente ao seu lançamento (ABNT, 1997).

Com relação à manutenção dos sistemas, o município de Rio Rufino não possui empresa especializada na limpeza de sistemas individuais de esgoto sanitário. Nesse sentido, o local mais próximo para oferta do serviço é o município de Lages, estando a aproximadamente 70 km de distância. Em consulta a empresa do setor, o custo para limpeza dos sistemas é de R\$ 250,00 acrescido da taxa de R\$ 3,50 por quilômetro rodado (incluindo ida e volta). Considerando a distância média apresentada, o valor para limpeza de cada sistema seria aproximadamente R\$ 740,00. Assim, os valores envolvidos na manutenção dos sistemas podem ser resumidos na Tabela 12, considerando uma limpeza anual dos sistemas.

Tabela 12 - Custos de manutenção dos sistemas individuais quando contratada empresa terceirizada de Lages.

Setor	Número de unidades	Custos
Urbano	410	R\$ 303.400,00
Rural	528	R\$ 390.720,00
Custo anual de manutenção de todas as unidades		R\$ 694.120,00
Custo anual por unidade		R\$ 740,00
Custo mensal por unidade		R\$ 61,67

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Em função da ausência de empresas que realizam o serviço de limpeza de sistemas de

esgotos no município, o valor por unidade resultou elevado para a realidade do município. Diversos moradores relataram não limpar seus sistemas devido à dificuldade em custear esse serviço. A título de comparação, a concessionária responsável pela gestão da água no município cobra uma taxa fixa de disponibilização de infraestrutura no valor de R\$ 7,73, acrescido de R\$ 2,26 para cada m³ de água consumido, para o consumo residencial (A), conhecido como tarifa social. Para o consumo residencial (B), é cobrado R\$ 26,79 de taxa fixa e R\$ 4,91 a cada m³ de água consumido, conforme informações levantadas com o município. Desta forma, o valor estimado para a manutenção mensal do esgoto seria equivalente ao valor cobrado pelo consumo de 23,86 m³ e 7,10 m³ de água, para as tarifas social e residencial (B), respectivamente.

Alternativamente, o município de Urupema situado a 20 km de Rio Rufino possui uma estação de tratamento de esgotos (ETE) que possui capacidade para o recebimento do lodo gerado nos potenciais sistemas individuais que poderiam ser implementados em Rio Rufino, conforme demonstrado anteriormente. Neste sentido, um cenário alternativo para a manutenção dos sistemas individuais envolveria a aquisição de caminhões equipados com tanque contendo hidrojato e sistema de vácuo para sucção, além de tanque com volume de 10 m³ para recolhimento de esgoto e 6 m³ para água limpa. Como referência, o SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Araranguá-SC, adquiriu via licitação em 2019 um caminhão com as características citadas anteriormente, no valor total de **R\$ 520.000,00** (SAMAE/ARARANGUÁ, 2019). Esses caminhões poderiam ser utilizados de forma associada entre os municípios de Painel, Urupema e Rio Rufino para a manutenção dos sistemas individuais. Considerando os sistemas das áreas rurais dos três municípios e os sistemas da área urbana de Painel e Rio Rufino, tem-se um total de 2.396 unidades estimadas. Considerando a limpeza de 5 sistemas por dia, a aquisição de 2 caminhões envolveria o seu uso em 240 dias no ano. Desta forma, observa-se que existe ainda um período que pode ser considerado para manutenções preventivas ou corretivas dos caminhões e/ou do equipamento durante o ano. No que pese a existência da ETE no município de Urupema para a disposição e tratamento do lodo, as distâncias de viagem de Rio Rufino e Painel até a ETE seriam de 20 e 27 km, respectivamente, estando a ETE de Urupema posicionada estrategicamente para essa atividade. O serviço de limpeza poderia ser realizado e administrado pelas prefeituras e/ou pelo Consórcio Intermunicipal Serra Catarinense (CISAMA).

Assim, considerando um valor de referência de R\$ 8.000,00 para o pagamento mensal de dois operadores (salário e encargos), um custo de R\$ 1,8311 por quilômetro rodado segundo

a Resolução ANTT n° 5.899/2020 (ANTT, 2020), a mensalidade do sistema informatizado de cobrança da taxa (R\$ 375,20), foram estimados os seguintes valores da Tabela 13 para os custos de limpeza anual e mensal dos sistemas nas áreas urbana e rural de Rio Rufino. Para a distância percorrida, foi considerado um raio médio de 2 km na área urbana e de 9,0 km na área rural.

Tabela 13 - Estimativa de custos para a limpeza considerando a gestão associada entre Painei, Urupema e Rio Rufino.

Dados	Valores
Produção anual de lodo (Toneladas)	229,04
Número de viagens necessárias	23
Distância para disposição em Urupema (km)	20
Distância média percorrida para coleta (km)	5,94
Custo anual de manutenção de todas as unidades	R\$ 29.717,65
Custo anual por unidade	R\$ 31,68
Custo mensal por unidade	R\$ 2,64

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O valor resultante é inferior ao estimado considerando a contratação de um serviço especializado no município de Lages-SC, podendo ser considerada como uma alternativa potencial para implementação nos municípios de Painei, Rio Rufino e Urupema. Desta forma, a taxa mensal para a limpeza dos sistemas poderia ter como base o custo de manutenção de R\$ 2,64, acrescido do valor de R\$ 2,00 referente à aquisição dos caminhões (R\$ 1.150.080,00 arrecadado em 20 anos), R\$ 2,68 referente à taxa de administração do CISAMA e R\$ 2,68 referente ao fundo Funserra para execução do plano de ação a ser apresentado posteriormente, resultando em uma taxa mensal para cada ligação igual a **R\$ 10,00**. Neste caso, considera-se a participação dos municípios de Painei, Urupema e Rio Rufino contribuindo com esse valor ao longo de 20 anos de horizonte de plano, sendo possível equilibrar o custo de aquisição do caminhão e a manutenção dos sistemas.

Comparativamente, são apresentados os valores previstos para a universalização do serviço de esgoto sanitário previsto no plano municipal de saneamento básico de Rio Rufino (RIO RUFINO, 2011). Nesse caso, é sugerido a implementação de rede coletora e estação de tratamento de esgoto para a área urbana do município e sistemas individuais para a área rural. Foi estimado um valor de **R\$ 2.478.333,22** em 2011. Esse valor se torna **R\$ 4.140.056,49** quando corrigido para 2020 pelo INCC - Índice Nacional de Custo de Construção. Para os sistemas individuais, foi estimado um valor de R\$ 974.365,68 em 2011, o qual equivale a R\$ 1.627.678,20 em 2020 quando corrigido pelo INCC. Desta forma, considerando as 528 famílias

na área rural, verifica-se que o valor previsto para cada sistema segundo o plano, para 2020 é de R\$ 3.082,72 estando na mesma ordem de grandeza dos valores orçados para os sistemas individuais no comércio de Lages. Ainda, deve ser observado que 56% dos sistemas a serem instalados serão na área rural e, portanto, o valor previsto para a universalização do serviço de tratamento de esgoto em Rio Rufino considerando sistema coletivo na área urbana é de 1,22 a 1,71 vezes maior que o estimado considerando apenas implementação de sistemas individuais. Considerando apenas a área urbana, o custo de implementação do sistema coletivo é de 1,69 a 2,37 vezes maior que o custo associado ao sistema individual.

Com relação aos custos de operação previstos pelo plano de saneamento, os valores foram corrigidos pelo IGPM - Índice Geral de Preços do Mercado e são apresentados na Tabela 14. Para a obtenção do custo de operação para o sistema de esgoto foi considerada a informação disponível sobre a possibilidade de implementação de um cenário desejável (100% área urbana atendida e 100% de sistema alternativo na área rural com água e esgoto), devido a indisponibilidade de dados somente para o abastecimento de água.

Tabela 14 - Custos para a implementação e operação de sistema coletivo de esgoto na área urbana e individual na área rural. Nos cenários são previstos custos para um horizonte de 20 anos.

Cenários possíveis	Valores
Cenário desejável em 2011 – custos com água e esgoto	R\$ 2.895.476,01
Cenário desejável para 2020 - custos com água e esgoto	R\$ 5.173.805,71
Custo anual de manutenção de todas as unidades	R\$ 258.690,29
Custo anual por unidade	R\$ 275,79
Custo mensal por unidade	R\$ 22,98

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os dados da Tabela 14 mostram que o custo anual de manutenção de todas as unidades de R\$ 258.690,29, menor que o previsto considerando a universalização apenas com sistemas individuais. Entretanto, apenas a área rural envolvendo 528 unidades envolveria um custo anual de R\$ 390.720,00 devido a necessidade de contratação de um serviço especializado no município de Lages. Desta forma, embora o valor da manutenção do sistema de esgoto previsto no plano municipal seja menor que o observado para a universalização via sistemas individuais, deve-se considerar que o custo de limpeza dos sistemas pode estar acima daquele passível de correção pelo IGPM ou é possível uma negociação com empresas prestadoras deste serviço para que realizem o serviço em Rio Rufino com valor menor que o levantado neste trabalho.

Como último cenário, é apresentada a opção de *wetlands* construídos para o tratamento

de esgotos gerados na área urbana e lodo gerado na área rural. A Tabela 15 apresenta o custo de implantação do sistema de esgotamento sanitário para o município de Rio Rufino, considerando um sistema centralizado atendendo toda a área urbana e sistema individual na área rural.

A tecnologia de tratamento adotada foi o *Wetland Vertical Sistema Francês*, conforme detalhado no item 9.4. Os custos com manejo de lodo referem-se à retirada da ETE após 10 anos de operação. Em média o lodo acumula-se em torno de 2 cm por ano, chegando aos 10 anos com um lodo já estabilizado e desaguado, com potencial de ser utilizado na agricultura. Para este cenário foi considerada uma situação conservadora, envolvendo o transporte de todo o lodo para aterro sanitário, com um custo de R\$ 400,00 por tonelada, o qual inclui transporte e disposição final. Ainda, na área rural foram considerados os sistemas de tratamento individual baseados em tanques sépticos e filtros anaeróbios e a limpeza efetuada pela prefeitura, considerando a aquisição de um caminhão com as características descritas anteriormente. Neste caso, seria necessário um caminhão para o município e o valor a ser arrecadado mensalmente dos munícipes seria R\$ 4,25 por unidade para o custeio deste veículo (R\$ 538.560,00 arrecadado em 20 anos, considerando os 528 sistemas da área rural).

Além disto, considerando um valor de referência de R\$ 4.000,00 para o pagamento mensal de um operador (salário e encargos), um custo de R\$ 1,8311 por quilômetro rodado segundo a Resolução ANTT n° 5.899/2020 (ANTT, 2020), a mensalidade do sistema informatizado de cobrança da taxa (R\$ 633,60), foram estimados os seguintes valores da Tabela 15 para os custos de limpeza anual e mensal dos sistemas nas áreas urbana e rural de Rio Rufino considerando este cenário. Para a distância percorrida, foi considerado um raio médio 9 km na área rural.

Tabela 15 - Custos de implementação e manutenção considerando a tecnologia de *wetlands* construídos na área urbana.

Custo de Implementação	Valores
Implementação dos sistemas na área urbana envolvendo rede coletora e ETE (<i>Wetland Vertical Sistema Francês</i>)	R\$ 2.050.505,05
Sistemas individuais para a área rural (mínimo e máximo)	R\$ 1.363.876,80
	R\$ 1.910.251,20
Total para área urbana e rural (mínimo e máximo)	R\$ 3.414.381,85
	R\$ 3.960.756,25
Custo de Manutenção	Valores
Custo anual de manutenção de todas as unidades na área urbana	R\$ 17.107,20

Custo anual por unidade na área urbana	R\$ 34,00
Custo mensal por unidade na área urbana	R\$ 2,83
Custo anual de manutenção de todas as unidades na área rural	R\$ 29.005,97
Custo anual por unidade na área rural	R\$ 54,94
Custo mensal por unidade na área rural	R\$ 4,58
Custo médio mensal por unidade na área urbana e rural	R\$ 3,81

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para este último cenário, embora os valores sejam compatíveis àqueles considerando a universalização somente com sistemas individuais, o valor obtido para a manutenção dos sistemas é maior que o considerado envolvendo o PGA e valorizando a ETE já construída no município de Urupema (Tabela 13). Além disto, a soma do valor base de R\$ 3,81 com a contribuição para aquisição do caminhão de 4,25 se torna R\$ 8,06. Este valor é superior àquele estimado na Tabela 13 de R\$ 4,64 (R\$ 2,64 + R\$ 2,00), considerando os mesmos fatores, já que neste último cenário as prefeituras administrariam isoladamente os sistemas. Por fim, essa alternativa possui um custo de implementação menor do que o apresentado no plano de saneamento do município e com um valor inferior de manutenção, podendo ser uma opção alternativa para a gestão dos sistemas de esgotos de Rio Rufino.

12 Plano de ação

O plano de ação apresentado a seguir detalha os objetivos, metas, prazos, investimentos, fontes de recursos e os responsáveis pela gestão das ações planejadas para a universalização do serviço de esgotamento sanitário em Rio Rufino. A elaboração deste plano foi discutida com a equipe do CISAMA, que gentilmente orientaram os autores deste relatório a considerar os aspectos mais importantes específicos para o município de Rio Rufino. Cabe ressaltar que a atuação do CISAMA junto aos municípios da Amures é intensa, o qual contribuiu significativamente para a definição de um plano de ação adequado ao município.

Quadro 2 - Objetivo 1: adequar o município em termos legislativos e executivos sobre os sistemas individuais de tratamento de esgotos e planejar o sistema de cobranças.

Meta 1.1	- Adequação e aprovação na legislação municipal disciplinando o projeto, execução e operação de sistemas individuais de tratamento de esgoto.
-----------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptar as adequações ao PMSB de Rio Rufino. - Cumprir o estabelecido no código sanitário do município para emissão de habite-se sanitário pela vigilância sanitária, mediante implantação do sistema individual de esgotos.
Prazo	12 meses
Investimentos	Atualização do PMSB com recurso junto ao governo do estado pela SDE/SC no valor de R\$ 1.317.327,00 para 14 municípios da Serra Catarinense, incluindo Rio Rufino.
Fontes de Recursos	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável do Governo de Santa Catarina (SDE/SC).
Responsáveis	<ul style="list-style-type: none"> - Secretaria de Administração - Vigilância Sanitária - Procuradoria Jurídica - CISAMA

Meta 1.2	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de taxa para a manutenção dos sistemas individuais de tratamento. - Elaboração de mecanismo para arrecadação via fatura da água.
Prazo	12 meses
Responsáveis	<ul style="list-style-type: none"> - Secretaria de Administração - Procuradoria Jurídica - ARIS - SASB - CISAMA

Meta 1.3	Aquisição de sistema informatizado para emissão de taxa e impressão de fatura para as ligações.
Prazo	06 meses
Investimentos	R\$ 17.350,00 (valor a ser rateado entre Painel, Urupema e Rio Rufino)
Fontes de Recursos	Funserra

Responsáveis	- Secretaria de Administração - SASB - CISAMA
---------------------	---

Meta 1.4	Capacitação de agentes municipais para fiscalização do projeto (secretaria de planejamento) e execução e operação (vigilância sanitária) dos sistemas individuais de tratamento de esgoto.
Prazo	03 meses
Investimentos	R\$ 6.000,00 (20 horas de curso, R\$ 300,00/hora)
Fontes de Recursos	- Funserra - Fundo para Recuperação de Bens Lesados (Ministério Público de Santa Catarina) - Ministério Público de Santa Catarina (13ª Promotoria de Justiça da Comarca de Lages/SC) - Prefeitura Municipal de Rio Rufino
Responsáveis	- Secretaria de Administração - Vigilância sanitária - SASB - CISAMA

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 3 - Objetivo 2: regularizar as edificações do município de Rio Rufino com relação aos sistemas de esgotos sanitários.

Meta 2.1	Instalação e/ou substituição de sistemas individuais de tratamento de esgoto em 100% da área urbana e rural, baseados em tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro, dimensionados segundo critérios da ABNT.
Prazo	60 meses
Investimentos	Entre R\$ 2.422.947,80 e R\$ 3.393.590,20
Fontes de Recursos	- Funasa - Funserra - Prefeitura Municipal de Rio Rufino
Responsáveis	- Gabinete do Prefeito

	<ul style="list-style-type: none"> - Secretaria de Administração - Secretaria de Obras - SASB - CISAMA
--	--

Meta 2.2	Implantação do sistema de tratamento coletivo na área urbana do município de Rio Rufino.
Prazo	120 meses
Investimentos	R\$ 2.512.378,29
Fontes de Recursos	Funasa
Responsáveis	<ul style="list-style-type: none"> - Gabinete do Prefeito - Secretaria de Administração - Secretaria de Obras - SASB - CISAMA

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 4 - Objetivo 3: implantar o serviço de manutenção dos sistemas individuais.

Meta 3.1	Celebração de contrato de programa via CISAMA com o município de URUPEMA para a disposição de lodo na ETE municipal.
Prazo	12 meses
Responsáveis	<ul style="list-style-type: none"> - Gabinete do Prefeito - Secretaria de Administração - CISAMA - Prefeitura de Urupema

Meta 3.2	Elaboração, divulgação e realização de edital de licitação para aquisição de caminhão limpa fossa.
Prazo	12 meses

Investimentos	R\$ 1.040.000,00 para aquisição de dois caminhões e R\$ 500,00 para elaboração, divulgação e realização do edital
Fontes de Recursos	Funasa Fundo para Recuperação de Bens Lesados (Ministério Público de Santa Catarina)
Responsáveis	- Gabinete do Prefeito - Secretaria de Administração - Procuradoria Jurídica - CISAMA

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 5 - Objetivo 4: realizar campanhas de educação ambiental.

Meta 4.1	- Divulgar continuamente aos moradores a importância dos sistemas de tratamento de esgotos em termos ambientais e de saúde - Realizar audiências públicas e eventos em datas estratégicas (dia da água, dia do meio ambiente) sobre saneamento básico.
Prazo	Fluxo contínuo
Investimentos	R\$ 5.000,00 por ano
Fontes de Recursos	Funserra Fundo para Recuperação dos Bens Lesados (Ministério Público de SC)
Responsáveis	- Secretaria de Educação e Cultura - CISAMA - SASB - ARIS

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

13 Considerações finais

O diagnóstico realizado no município de Rio Rufino identificou que a ampla maioria das residências não possui sistema de esgotamento sanitário adequado, sendo a disposição realizada diretamente na rede pluvial, no solo ou mesmo resultado da ineficiência de sistemas mal projetados de tratamento. No que pese a instalação e manutenção de sistemas individuais, a necessidade de contratação de serviço em outro município acaba onerando os custos, tornando impraticável para os munícipes custearem esse serviço. Neste sentido, a alternativa baseada na gestão associada, com serviço de limpeza administrado pelo poder público apresenta-se como uma alternativa mais acessível à realidade socioeconômica de Rio Rufino.

Considerando um cenário de médio e longo prazo, conforme já previsto no plano municipal de saneamento básico que irá passar por revisão, deve ser construído um sistema coletivo para a área urbana, constituído de rede coletora e estação de tratamento de efluentes (ETE). Ainda, com relação à alternativa baseada em sistema de *wetlands* construídos para o tratamento de esgoto bruto e de lodo de TS, estes também apresentam grandes potenciais para gestão do saneamento na dimensão do Esgotamento Sanitário. Uma questão que sempre vem à tona, quando se pensa em utilizar tecnologias naturais para o tratamento de esgotos, como os *wetlands* construídos, é sua viabilidade técnica e econômica, comparados a um sistema convencional. Em primeira mão esses sistemas podem não ser tão competitivos quando visto apenas pelos custos iniciais de implantação, pois requerem uma grande área, tanques de grandes dimensões, materiais filtrantes, podendo implicar em custos iniciais não tão competitivos. Entretanto, quando se faz uma análise mais ampla, essas unidades passam a apresentar algumas vantagens, em relação aos sistemas convencionais, que acabam sendo viabilizadas em diferentes realidades.

14 Referências

ABNT. **ABNT NBR 9649:1986 Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1986.

_____. **ABNT NBR 7229:1993 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1993.

_____. **ABNT NBR 13969:1997 Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro: [s.n.], 1997.

ANDRADE, C. F. **Avaliação do tratamento do lodo de caminhões limpa-fossa e do percolado em sistemas alagados construídos de escoamento vertical.** - Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

ANTT. **Resolução no 5.899 de 14 de julho de 2020.** 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-5.899-de-14-de-julho-de-2020-267034742>>. Acesso em: 10/ago./20.

ARIS. **Plano Municipal de Saneamento Básico - Estudo Populacional.** Florianópolis/SC: [s.n.], 2019.

ÁVILA, R. O. De. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte.** 166 p. - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

BATISTA, L. G. **Estudo e proposta de regularização do sistema de abastecimento de água do município de Rio Rufino.** - Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013.

BRASIL. **Resolução Conama Nº 375.** Brasil: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 2006.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: UFMG, 1997.

CPRM. **Mapa geológico do estado de Santa Catarina.** 2014. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17996>>. Acesso em: 20/maio/19.

DOTRO, G. *et al.* **Treatment Wetlands.** *Water Intelligence Online*, [s.l.], v. 16, p. 9781780408774, 2017. ISBN: 9781780408774, ISSN: 1476-1777, DOI: 10.2166/9781780408774.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2004.

GARCÍA ZUMALACARREGUI, J. A.; SPERLING, M. VON. **Performance of the first stage of the French system of vertical flow constructed wetlands with only two units in parallel: influence of pulse time and instantaneous hydraulic loading rate.** *Water Science and Technology*, [s.l.], v. 78, nº 4, p. 848–859, 2018. ISSN: 0273-1223, DOI: 10.2166/wst.2018.355.

GASPERI, R. de L. P. De. **Caracterização de resíduos de caixas de gordura e avaliação da flotação como alternativa para o pré-tratamento.** 71 p. - Universidade de São Paulo, 2012.

GNIPPER, S. F. **Avaliação da eficiência das caixas retentoras de gordura prescritas pela NBR 8160:1999 como tanques de flotação natural.** *Ambiente Construído*, [s.l.], v. 8, nº 2, p. 119–132, 2008.

IBGE. **Rio Rufino/Santa Catarina/Brasil.** *Cidades@*. 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/rio-rufino/panorama>>. Acesso em: 15/abr./20.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 4 ed. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: ABES, 2005. 932 p.

KOOTTATEP, T. *et al.* **Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate: lessons learnt from seven years of operation.** *Water Science and Technology*, [s.l.], v. 51, nº 9, p. 119–126, 2005. ISSN: 0273-1223, DOI: 10.2166/wst.2005.0301.

LIMA, C. L. **Plano de Manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bom Retiro.** In: *Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ*. [s.l.]: [s.n.], 2014.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries.** *Journal of Environmental Management*, [s.l.], v. 90, nº 1, p. 652–659, 2009. ISSN: 03014797, DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.07.001.

METCALF & EDDY; AECON. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos.** 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MOLLE, P. **French vertical flow constructed wetlands: A need of a better understanding of the role of the deposit layer.** *Water Science and Technology*, [s.l.], v. 69, nº 1, p. 106–112, 2014. ISSN: 02731223, DOI: 10.2166/wst.2013.561.

NATURALTEC. **Tratamento Preliminar | Fossa e Filtro Anaeróbio.** [s.d.]. Disponível em: <<https://www.naturaltec.com.br/fossa-filtro/>>. Acesso em: 25/jul./20.

NIELSEN, S. **Sludge treatment and drying reed bed systems 20 years of experience.** In: *Proceedings of the European Conference on Sludge Management*. Liège, Belgium: [s.n.], 2008.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** 2 ed. São Paulo: Blucher, 2011. 520 p.

POTTER, R. O. *et al.* **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E) nº 46.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/964417>>.

RIO RUFINO. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Rio Rufino - VOLUME I: Consolidação do Plano Municipal de Saneamento Básico.** Rio Rufino: [s.n.], 2011.

SÁ, E. A. S. **Estudo do modelo TOPMODEL na bacia hidrográfica do Alto Canoas – SC.**

110 p. - Universidade do Estado de Santa Catarina, 2014.

SAMAE/ARARANGUÁ. **Caminhão limpa fossa já está equipado e à disposição do SAMAE.** 2019. Disponível em: <<http://www.samaeararangua.com.br/noticias/170/caminho-limpa-fossa-j-est-equipado-e-disposio-do-samae>>. Acesso em: 30/jul./20.

SDS. **Plano estadual de recursos hídricos de Santa Catarina - caracterização geral das regiões hidrográficas de Santa Catarina: RH4 - Planalto de Lages.** Florianópolis/SC: [s.n.], 2017. Disponível em: <[https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano Estadual/etapa_a/PERH_SC_RH4_CERTI-CEV_2017_final.pdf](https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_a/PERH_SC_RH4_CERTI-CEV_2017_final.pdf)>.

_____. **Recursos hídricos de Santa Catarina.** Florianópolis: [s.n.], 2018. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/bacias_hidrograficas/bacias_hidrograficas_sc.pdf>. Acesso em: 17/abr./20.

_____. **Mapa hidrocanoas.** *Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina.* [s.d.]. Disponível em: <http://www.sirhesc.sds.sc.gov.br/sirhsc/conteudo_visualizar_estatico.jsp?idEmpresa=23&idMenu=318&idMenuPai=314>. Acesso em: 01/out./20.

SEBRAE. **Rio Rufino - Cadernos de Desenvolvimento.** Rio Rufino/SC: [s.n.], 2019. Disponível em: <[https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Rio Rufino - Cadernos de Desenvolvimento.pdf](https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Rio%20Rufino%20-%20Cadernos%20de%20Desenvolvimento.pdf)>.

SIRHESC. **Comitê de Gerenciamento Bacia Hidrográfica do Rio Canoas do Estado de Santa Catarina.** *Bacia Hidrográfica.* 2017. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/a-bacia-rio-canoas/bacia-hidrografica-rio-canoas>>. Acesso em: 25/abr./20.

SNIS. **Painel de indicadores 2018.** *Painel de Informações sobre Saneamento.* 2019. Disponível em: <http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua>. Acesso em: 20/maio/20.

SOUZA, D. H.; SCHROEDER, A.; SKORONSKI, E. **Upflow anaerobic sludge blanket reactor and biofilter in polyethylene as an alternative of decentralized wastewater treatment in municipality of Rio Rufino – SC.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, [s.l.], v. 23, p. 11, 2019. ISSN: 2236-1170, DOI: 10.5902/2236117038534.

SUNTTI, C. **Desaguamento de lodo de tanque séptico em filtros plantados com macrófitas.** - Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

TSUTIYA, M.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário.** 3 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

TUCCI, C. **Gerenciamento da Drenagem Urbana.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, [s.l.], v. 7, n° 1, p. 5–27, 2002. ISSN: 23180331, DOI: 10.21168/rbrh.v7n1.p5-27.

UGGETTI, E. *et al.* **Sludge treatment wetlands: A review on the state of the art.** *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 101, n° 9, p. 2905–2912, 2010. ISSN: 09608524, DOI: 10.1016/j.biortech.2009.11.102

15 Anexos

Anexo A - Questionário elaborado pela ARIS e adaptado para aplicação em campo para as informações do município.

Anexo B - Questionário aplicado à prefeitura municipal.

Anexo C - Modelos de sistemas individuais de tratamento.

Anexo D - Convênio de cooperação técnica entre a ARIS e o município de Rio Rufino-SC.

Anexo A - Questionário Elaborado pela ARIS e adaptado para aplicação em campo para as informações do município.

SISTEMAS INDIVIDUAIS

PERFIL DA EDIFICAÇÃO

RESIDÊNCIA	
COMERCIAL	
MISTA	
PÚBLICO	
INDUSTRIAL	

OBSERVAÇÕES DA EDIFICAÇÃO

ENDEREÇO	
NÚMERO	
COMPLEMENTO	
BAIRRO	
QUADRA	
LOTE	
CEP	
MUNICÍPIO	

OUTRAS INFORMAÇÕES

NÚMERO DE PESSOAS NA EDIFICAÇÃO:	
NRO. MÁXIMO PESSOAS NA EDIFICAÇÃO:	
NRO. DE QUARTOS: (NA CASA, APARTAMENTO)	
NRO. DE QUARTOS: (HOTEL)	
SISTEMA DE TRATAMENTO É INDIVIDUAL?	() sim () não
SE APLICÁVEL: A FOSSA É EM CONJUNTO COM OUTRA RESIDÊNCIA/COMÉRCIO, OU É SISTEMA COLETIVO COM REDE PÚBLICA DE ESGOTO: () sim () não	

OBSERVAÇÕES DO SISTEMA:

--

COORDENADAS (WGS84)

LATITUDE	
LONGITUDE	
ALTITUDE	

QUESTÕES

POSSUI CAIXA DE GORDURA?	
POSSUI FOSSA NEGRA?	
POSSUI TANQUE SÉPTICO?	() sim () não
POSSUI FILTRO ANAERÓBIO?	() sim () não

POSSUI SUMIDORO?	() sim	() não
POSSUI FILTRO VALA DE FILTRAÇÃO?	() sim	() não
POSSUI FILTRO VALA DE INFILTRAÇÃO?	() sim	() não
POSSUI TANQUE COM CLORADOR?	() sim	() não
POSSUI TUBULAÇÃO DE DRENAGEM NA RUA EM FRENTE A EDIFICAÇÃO?	() sim	() não
POSSUI LIGAÇÃO NA DRENAGEM PLUVIAL?	() sim	() não
HÁ QUANTOS ANOS ESTÁ CONSTRUÍDO O SISTEMA DE ESGOTO?		
É FEITA A LIMPEZA PERIÓDICA? () sim () não		
QUAL A FREQUÊNCIA?		
ANO DA ÚLTIMA LIMPEZA?		
HÁ ACESSO PARA A FOSSA OU SISTEMA DE TRAMENTO DE ESGOTO? () sim () não		
HÁ TUBO PARA SUCÇÃO OU TAMPA DE INSPEÇÃO PARA FAZER A LIMPEZA DA FOSSA/SISTEMA DE TRAMENTO DE ESGOTO?		
() sim () não		
A FOSSA JÁ APRESENTOU PROBLEMAS DE ENTUPIAMENTO OU VAZAMENTO? () sim () não		
EXISTE POÇO DE ÁGUA PRÓXIMO? () sim () não		
QUAL A DISTÂNCIA APROXIMADA DO POÇO?		
EXISTE RIO OU AÇUDE PRÓXIMO? () sim () não		
QUAL A DISTÂNCIA DO RIO OU AÇUDE?		
TEM ESPAÇO NO TERRENO PARA CONSTRUIR TRATAMENTO DE ESGOTO INDIVIDUAL? () sim () não		
POSSUI CAIXA DE ÁGUA? () sim () não		
QUANTOS LITROS?		

Anexo B - Questionário elaborado pela ARIS e aplicado à prefeitura municipal.

DADOS MUNICIPAIS	
DADOS ADMINISTRATIVOS	
MUNICÍPIO	
HÁ LEGISLAÇÃO QUE ESTABELECE OS PROCEDIMENTOS PARA INSTALAÇÃO DE PROJETOS HIDROSSANITÁRIO NOS TERMOS DAS NBRS 13969/97 E 7229/93	
HÁ FISCALIZAÇÃO DO PROJETO DO SISTEMA DE ESGOTO	
QUAL ÓRGÃO?	
HÁ FISCALIZAÇÃO DO EXECUÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTO	
QUAL ÓRGÃO?	
HÁ FISCALIZAÇÃO DO OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTO	
QUAL ÓRGÃO?	
HÁ EMISSÃO DE ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO?	
HÁ EMISSÃO DE HABITE-SE SANITÁRIO?	
NA AUSÊNCIA DE NORMAS, DESCREVER O PROCEDIMENTO ADOTADO PELO MUNICÍPIO PARA APROVAÇÃO, ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTO	
EXISTE SISTEMA DE LIMPEZA DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO?	
QUEM?	