



## **9847 - PROPOSTA TEÓRICA DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO INDIVIDUAL PARA REGIÕES ALAGADIÇAS OU COM LENÇOL FREÁTICO SUPERFICIAL**

**Mirian Sartor<sup>(1)</sup>**

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC.

**Flávia Cauduro<sup>(2)</sup>**

Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC. Docente na área de Infraestrutura Urbana, Saneamento e Instalações Hidráulicas nos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC.

**Christiane Ribeiro da Silva<sup>(3)</sup>**

Doutoranda em Engenharia de Minas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Mestra em Engenharia de Minas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Graduada em Engenharia de Minas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Docente na área Geologia e Mecânica de Solos no curso de Engenharia Civil na Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Universitária, 1105, Bloco R2, Depto Eng. Civil - Bairro Universitário- Criciúma – Santa Catarina - CEP: 88806-000 - Brasil - Tel: +55 (48) 99994-5413 - Fax: +55 (48) 3447-6251 - e-mail: [flavia.cauduro@unesc.net](mailto:flavia.cauduro@unesc.net) .

### **RESUMO**

Na atualidade o apelo pela preservação ambiental se faz urgente, e manter a qualidade dos recursos hídricos tem se tornando um desafio cada vez maior. Existem inúmeras regiões brasileiras com terrenos alagadiços ou com lençol freático superficial que utilizam sistema de tratamento de esgoto individual, com maior popularidade a fossa séptica e o filtro anaeróbio, e que facilitam a contaminação das águas subterrâneas. Visando mudar atitudes com relação ao trato ambiental, e idealizar alternativas para o tratando adequado do esgoto sanitário, este estudo tem por objetivo propor um sistema de tratamento de esgoto individual aplicável para locais com lençol freático superficial. O desenvolvimento baseou-se em pesquisas científicas e estudos de caso e a confrontação destes com os parâmetros normativos de lançamento de efluentes em corpos receptores. Como resultado, foram propostos três diferentes modelos de tratamento para a situação do estudo. Estes modelos apresentaram eficiência na remoção dos agentes poluidores, alcançando os parâmetros normatizados, e apresentaram condições construtivas compatíveis com a realidade brasileira.

**PALAVRAS-CHAVE:** ETE, saneamento, corpo receptor, esgoto sanitário.

### **1 INTRODUÇÃO**

As cidades brasileiras, de modo geral, cresceram sem planejamento em suas infraestruturas o que acarretou a desordem do uso do solo. E como consequência, o tratamento e a disposição final inadequada do esgoto de residências unifamiliares promoveram a contaminação dos reservatórios naturais de água subterrânea, entre outros problemas sanitários e de saúde pública nas zonas urbanas (SOUSA, 2008).

Diante da necessidade atual de preservação à natureza, foi importante criar medidas preventivas, buscando definir critérios para a construção, operação e disposição final dos dejetos provenientes de moradias.

Essas diretrizes não são respeitadas em sua totalidade, e por isso ainda encontramos sistemas de tratamento de esgoto individual que desrespeitam o que é previsto na NBR 13969/97, que tem como objetivo: [...]oferecer alternativas de procedimentos técnicos para o projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico, dentro do sistema de tanque séptico para o tratamento local de esgotos [...]

No que diz respeito à disposição final dos efluentes líquidos, a NBR 13969/97 afirma que deve ser mantida a distância vertical mínima de 1,50 metros entre o fundo da vala/poço e o nível máximo do aquífero.



A NBR 7229/93, que trata do projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, especifica que a distância mínima horizontal entre a face externa mais próxima e os poços freáticos e corpos receptores de qualquer natureza deve ser de 15,00 metros.

Quando essas distâncias não são respeitadas o risco de contaminação do recurso hídrico aumenta, principalmente se a geologia da região não for propícia para bloquear o transporte dos contaminantes, como bem afirmam Cauduro et al. (2018): A textura do solo influencia na taxa de percolação do solo, sendo um atributo importante para o controle da poluição, por exemplo, solos argilosos agem como uma barreira física natural ao deslocamento dos efluentes no solo. Solos argilosos são recomendados para áreas de instalação de aterros sanitários com objetivo de, em casos de vazamento de Chorume, dificultar a contaminação do lençol freático e aquífero.

Hoje é conhecido que usuários de sistema de tratamento de esgoto individual em edificações unifamiliares localizadas sobre lençol freático superficial não dispõem de alternativas técnicas consideradas viáveis e que não causem prejuízo ao meio ambiente.

Verifica-se através de estudos realizados em regiões litorâneas e áreas com lençol freático superficial, que o sistema de tratamento e disposição final adotada atualmente para ser executado na maioria das edificações é o gravimétrico, o qual realiza o escoamento dos efluentes através da gravidade (SOUZA, 2015).

De acordo com Correa (2007), o sistema gravimétrico tem um bom funcionamento quando aplicado em regiões que possuam uma topografia que facilite o funcionamento do sistema, e nos quais o lençol freático não possua um nível muito elevado. No entanto, quando executado em regiões com o lençol freático superficial, ou regiões alagadiças, não é a melhor solução, visto que necessita de grandes escavações, utilização de escoramento e rebaixamento do lençol, o que impacta na economia, e além de dificultar sua execução, sujeita o meio ambiente a receber de forma inadequada os resíduos contidos nas águas cinza ou negra, visto que muitas vezes o sistema de tratamento de esgoto individual está construído, parcialmente ou por inteiro, submersas no próprio lençol.

Para viabilizar as construções em regiões com lençóis freáticos superficiais, estudos devem ser realizados para desenvolver tecnologias que busquem minimizar o problema de contaminação dos mananciais subterrâneos.

Assim, o objetivo deste projeto é propor um ou mais sistemas de tratamento de esgoto individual aplicável para essas localidades em específico. Para tanto, tem como objetivos específicos estudar os sistemas já existentes bem como as normativas/leis que os preconizam, propor sistemas aplicáveis para a região de estudo, avaliar a viabilidade de construção dos sistemas propostos, e como consequência, refletir futuras alterações na NBR 13969/97.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Materiais**

No desenvolvimento do presente estudo foram utilizados para embasamento teórico as Normas Brasileiras Regulamentadoras – NBR – da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, a Lei de âmbito estadual nº 14.675 de 13 de abril de 2009, e referencial bibliográfico baseado em pesquisas científicas e estudos de caso.

As normas utilizadas foram: NBR 7229/93, Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos; e NBR 13969/97, Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

As Resoluções do CONAMA: nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências; e nº 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.



Como referencial bibliográfico foram explorados os trabalhos de: Cruz (2013); Ávila (2005); Backes (2016); Tonetti et al. (2011); Fernandes (2012); Colares e Sandri (2013); Van Kaick (2002); Almeida et al. (2007); Almeida et al. (2010).

## 2.2 Métodos

A busca em facilitar e cumprir prazos para o desenvolvimento do presente estudo promoveu a escolha por dividir o mesmo em ações, delimitadas a seguir:

- a) Estudar os sistemas existentes, normativas, resoluções, leis, etc., que norteiam a atividade de tratamento de esgoto;
- b) Coligir, por meio de planilha, os parâmetros de lançamento de efluentes em corpos receptores, descritas na NBR 13969/97 e CONAMA 430/11, e os parâmetros dos efluentes tratados em diferentes modelos de tratamento, coletados em pesquisas científicas;
- c) Analisar os resultados obtidos nas pesquisas científicas e confrontá-los com os parâmetros da NBR 13969/97 e CONAMA 430/11, na tabela coligida em II;
- d) Identificar os modelos de tratamento com maiores eficiências;
- e) Avaliar a viabilidade construtiva dos modelos identificados em IV;
- f) Definir, a partir de IV e V, o(s) modelo(s) proposto(s) por este estudo para a atividade e situação estabelecida.

## 3 RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

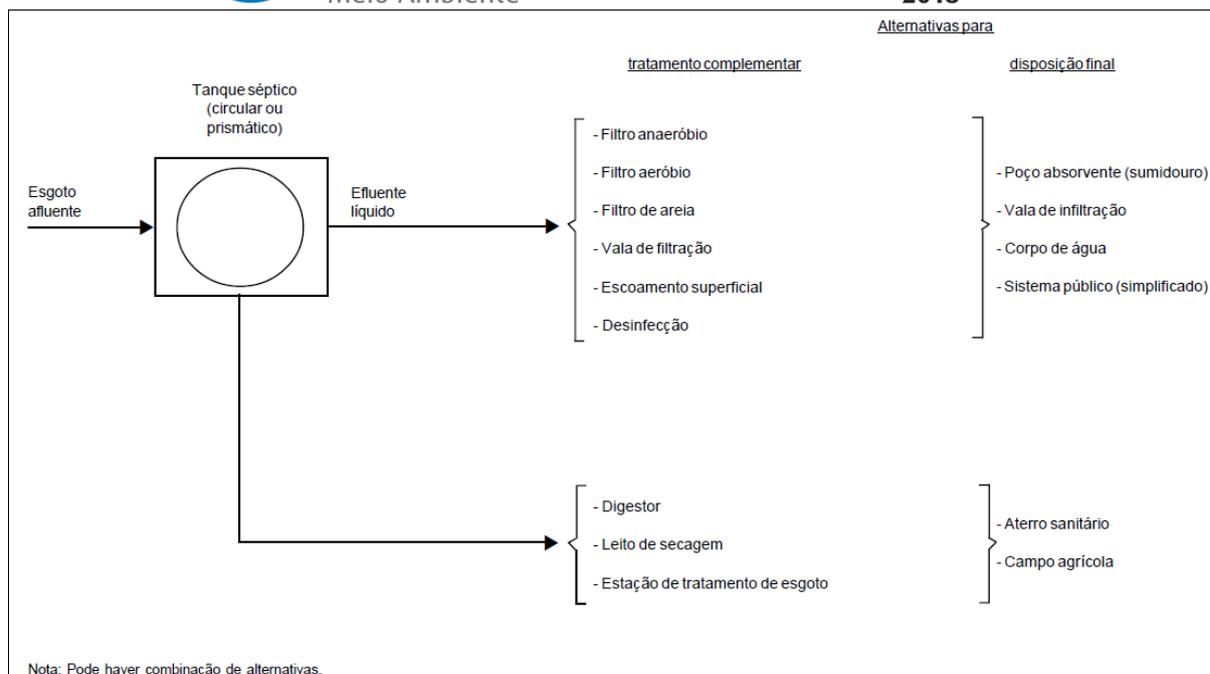
### 3.1. Cenário norteador – normativas e resoluções

Com base na Figura 1, que apresenta as alternativas tanto para o tratamento complementar dos efluentes, quanto para as disposições finais do mesmo já tratado, dispostos pela NBR 7229/93, é possível constatar que existe a possibilidade de acondicionamento final do fluido, fruto do tratamento, diretamente em corpos de água, conforme característica do presente estudo.

Para tanto, os parâmetros dos efluentes tratados devem estar de acordo com os discriminados e fixados na legislação federal, estadual ou municipal, requeridos para efluentes com disposição final em corpos de água. Nos casos em que não se dispõe destes parâmetros regidos por leis/resoluções, a NBR 13969/97 recomenda que se devam atender as classificações descritas na mesma.

Considerando que não há um local objeto de pesquisa específico para implantação do sistema projetado, buscou-se atender somente aos parâmetros discriminados e fixados na legislação federal.

Objetivando determinar os níveis de contaminação na água, órgãos ambientais como o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, estabelece limites máximos de concentração desses elementos para que não ocorra prejuízos à saúde pública e ambiental.



**Figura 1. Sistema de tanque séptico – Alternativas para tratamento complementar e disposição final do esgoto tratado. Fonte: NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, 1993.**

**Tabela 1. Parâmetros de lançamento de esgoto doméstico em corpos receptores.**

Parâmetros	NBR 13969/97				Resolução nº 430/11 - CONAMA	Lei nº 14.675/09
	Classe a*	Classe b**	Classe c***	Classe d****		
Temperatura (°C)	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40	-
pH	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 5 e 9	Entre 6 e 9
DBO5,20 (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 30	Inferior a 50	Inferior a 60	Inferior a 120	Inferior a 60
DQO (mg/L)	Inferior a 50	Inferior a 75	Inferior a 125	Inferior a 150	-	-
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2	-	-
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	Inferior a 0,1	Inferior a 0,1	Inferior a 0,5	Inferior a 1	Inferior a 1	-
SNF totais (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 50	Inferior a 60	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5	20,0	-
Nitrato - N (mg/L)	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20	-	-
Fosfato (mg/L)	Inferior a 1	Inferior a 1	Inferior a 2	Inferior a 5	-	-
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	Inferior a 1000	Inferior a 1000	Inferior a 500	Inferior a 1000	-	-
Óleo e graxas (mg/L)	Inferior a 30	Inferior a 30	Inferior a 10	Inferior a 50	Inferior a 100	Inferior a 30

\*Classe a: na represa destinada ao abastecimento público, ou nos rios formadores da represa até 10 km a montante dela, independente da distância do ponto de captação e do volume de reservação da represa;

\*\*Classe b: nos corpos receptores com captação a jusante para abastecimento público;

\*\*\*Classe c: nas águas litorâneas, praias e nos rios que desagüam nas praias frequentadas pelas pessoas para recreação;

\*\*\*\*Classe d: nos demais corpos receptores;

Fonte: Autores, 2018.

### 3.2. Pesquisas científicas e estudos de casos

As tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 compreendem os estudos coligidos com intuito de facilitar a análise e demais definições para as próximas ações deste estudo.



**Tabela 2. Pesquisas científicas e estudos de casos.**

Parâmetro	Cruz (2013)											
	Efluente do Tanque Séptico (ETS)				Efluente do Filtro de Areia (EFA)				Desinfecção (utilizada as seguintes concentrações)			
	Média	DP	Máximo	Mínimo	Média	DP	Máximo	Mínimo	Tempo (min)	1,15 (mgL <sup>-1</sup> )	1,28 (mgL <sup>-1</sup> )	1,40 (mgL <sup>-1</sup> )
Temperatura (°C)	24	± 2,4	28	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	7	± 0,2	7,1	7,9	7	± 0,2	7,2	8	-	-	-	-
DBO5,20 (mg/L)	125	± 26	-	-	21	± 8	-	-	-	-	-	-
DQO (mg/L) ou (mgO2/L-1)	359	± 103	-	-	87	± 64	-	-	-	-	-	-
Oxigênio dissolvido (mg/L)	1	± 1,0	-	-	5	± 1,5	-	-	-	-	-	-
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SNF totais (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	110	± 12,4	-	-	96	± 13,9	-	-	-	-	-	-
Nitrato - N (mg/L)	4	± 3	-	-	14	± 10	-	-	-	-	-	-
Fosfato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	2,7 x 10 <sup>5</sup>	-	-	-	9,2 x 10 <sup>3</sup>	-	-	-	30	1,0 x 10 <sup>3</sup>	8,9 x 10 <sup>2</sup>	7,3 x 10 <sup>2</sup>
Óleo e graxas (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	45	3,8 x 10 <sup>2</sup>	88	23
									60	33	4	5,1

Fonte: Autores, 2018.

**Tabela 3. Pesquisas científicas e estudos de casos.**

Parâmetro	De Ávila (2005)													
	Esgoto Afluente		Tanque Séptico 01		Filtro 01 - Anéis de Plástico (Saída)		Tanque Séptico 02		Filtro 02 - Brita 4 (Saída)		Tanque Séptico 03		Filtro 03 - Cubos de Espuma (Saída)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	7,1	0,3	7,3	0,3	7,4	0,2	7,3	0,3	7,4	0,2	7,3	0,3	7,4	0,2
DBO5,20 (mg/L)	108	25	50	16	31	11	44	16	28	9	51	16	39	13
DQO (mg/L) ou (mgO2/L-1)	323	110	141	68	97	35	142	53	79	34	162	75	94	38
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	241	115	66	31	19	5	49	23	4	3	57	24	17	6
SNF totais (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato - N (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Óleo e graxas (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autores, 2018.

**Tabela 4. Pesquisas científicas e estudos de casos.**

Parâmetro	Tonetti et al. (2011)					Almeida et al. (2010)				Laucevicius (2013)
	Resultado Bruto	Desvio padrão	Resultado Filtro Anaeróbio	Desvio padrão	% Remoção	Resultado Bruto	Resultado Após tanque séptico	Resultado Após zona de raízes	Resultado Redução (%)	Resultado Eficiência
Temperatura (°C)	24,1	± 3,1	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	6,9	± 0,3	6,8	0,2	-	-	-	-	-	-
DBO5,20 (mg/L)	489	± 158	-	-	71 ± 15%	300	260	28	90,7	89,92%
DQO (mg/L) ou (mgO2/L-1)	823	± 113	284	± 218	76 ± 12%	700	611	132	81,1	89,92%
Oxigênio dissolvido (mg/L)	0,55	± 0,26	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89,92%
SNF totais (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato - N (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	-	-	-	-	-	1,0 x 10 <sup>9</sup>	5,4 x 10 <sup>4</sup>	2,0 x 10 <sup>2</sup>	99,9946	-
Óleo e graxas (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autores, 2018.



**Tabela 5. Pesquisas científicas e estudos de casos.**

Parâmetro	Colares e Sandri (2013)								Almeida et al. (2007)			
	P1 (esgoto bruto)	P2 (saída FS)	P3 (cascalho natural)	P4 (brita 2)	P5 (cascalho lavado)	Desvio Padrao	Coef. de Variação	Redução (%)	Bruto	Após decentaça o	Após plantas	Redução (%)
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	8,23	7,44	7,39	7,38	-	0,02	0,003	9,89	-	-	-	-
DBO5,20 (mg/L)	825,41	482,66	175,43	161,64	166,07	7,04	0,04	79,01	147,44	87,18	18,35	87,55
DQO (mg/L) ou (mgO2/L-1)	1715,50	1305,83	745,17	718,00	727,17	13,82	0,02	65,40	553	298,25	77,39	86,01
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	1,13	0,9	1,64	-45,78
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SNF totais (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	63,83	62,04	44,68	30,01
Nitrato - N (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	2,77	4,1	2,03	26,63
Fosfato (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	7,08	6,18	3,18	55,07
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	3,0x10 <sup>7</sup>	6,0x10 <sup>6</sup>	2,0x10 <sup>6</sup>	2,0x10 <sup>6</sup>	3,0x10 <sup>6</sup>	0,58	0,289	92,00	3,8 x 10 <sup>7</sup>	6,1 x 10 <sup>6</sup>	0,08	98,47
Óleo e graxas (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autores, 2018.

**Tabela 6. Pesquisas científicas e estudos de casos.**

Parâmetro	Van Kaick (2002)		Backes (2016)			Fernandes (2012)			
	Bruto	Tratado	BRUTO	Fossa Séptica	Filtro Anaeróbi o	ETS	F1 (bucha vegetal)	F2 (eletrodut os)	F3 (brita)
Temperatura (°C)	-	-	19,50 24,00 22,00	17,20 16,00 23,40	17,80 16,20 23,30	23	23	23	23
pH	-	7,84	7,67 8,27 8,29 60,00	7,70 8,07 8,05 100,00	7,71 8,17 8,06 70,00	7,76	7,42	7,63	7,65
DBO5,20 (mg/L)	18,095	58,3	150,00 200,00 215,67	90,00 100,00 177,09	150,00 70,00 165,70	-	37,50%	36,20%	52,10%
DQO (mg/L) ou (mgO2/L-1)	590,25	108,5	324,28 351,90	224,75 228,42	292,17 203,73	-	44,40%	34,40%	40%
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	-	-	1,30 0,10 0,10	0,10 0,10 0,80	0,10 0,10 0,90	-	-	-	-
SNF totais (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	128,22	106,8	40,89 103,58 114,77	65,24 90,16 108,78	65,43 90,26 103,45	-	-	-	-
Nitrato - N (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato (mg/L)	10,35	10,63	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	16000 x 10 <sup>3</sup>	5000 x 10 <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-
Óleo e graxas (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autores, 2018.

O conjunto de tanque séptico seguido de filtro de areia e posterior desinfecção, através da aplicação de solução de hipoclorito de cálcio em determinadas concentrações, desenvolvido por Cruz (2013), buscou avaliar a eficiência de tratamento em escala real sob condições de campo. Os parâmetros por ela analisados foram: temperatura, potencial Hidrogeniônico, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, oxigênio dissolvido, sólidos sedimentáveis, nitrogênio amoniacal, nitrato, e coliformes fecais. Comparando os valores obtidos com os dispostos nos parâmetros regidos pela Resolução CONAMA nº 430 e pela NBR 13969/97, vê-se que o efluente tratado somente pela passagem nos tanque séptico e filtro de areia, não se enquadra nos limites determinados, porém, após desinfecção durante 45 minutos com solução de hipoclorito de



cálcio em concentração de 1,15 mg/L, o efluente se adequa na Classe a da NBR 13969/97 e Resolução nº 430/11 - CONAMA. No entanto, o efluente final continua com concentrações de nitrogênio amoniacal superiores ao limite consentido pelas normativas e resoluções.

De Ávila (2005) apresentou em sua pesquisa, resultados para três diferentes conjuntos de fossa séptica e filtro anaeróbio, que diferenciam entre si pelo conteúdo do meio de suporte do filtro: anéis de plástico, cubos de espuma e brita nº 4, sendo que este último material obteve melhores resultados, nos parâmetros DBO, DQO, pH e sólidos sedimentáveis. Se analisarmos a DBO, se encaixa na Classe b da NBR 13969/97, e se compararmos o valor de DQO, se enquadra na Classe c. Contudo, os resultados para sólidos sedimentares não se fazem suficiente para atendimento ao limite máximo estipulado pela Resolução nº 430/11 - CONAMA e pela NBR 13969/97.

Backes (2016) estudou a avaliação da eficiência de um sistema fossa séptica e filtro anaeróbio em escala piloto para o tratamento de efluente sanitário com a adição de papel higiênico como fonte de matéria orgânica. Desse estudo foram extraídos os resultados do tratamento sem a adição de papel, objetivando analisar a eficiência de um conjunto fossa séptica e filtro anaeróbio comumente utilizado nas construções localizadas em locais com lençol freático superficial. Foi possível concluir que dentre os parâmetros analisados, somente a temperatura, o pH, os sólidos sedimentáveis, e se considerarmos a média das amostras coletadas para DBO, 96,67 mg.O<sub>2</sub>/L, se enquadram ao disposto pela Resolução nº 430/11 - CONAMA, concluindo assim, que esse sistema não é o mais adequado para a situação em estudo.

Tonetti et al. (2011) em sua pesquisa utilizam anéis de bambu como material filtrante do filtro anaeróbio, com tempo de detenção de nove horas, e obteve remoção de DBO e DQO,  $71 \pm 15\%$  e  $76 \pm 12\%$  respectivamente.

O sistema composto por tanque séptico e diferentes filtros anaeróbios em paralelo, com materiais filtrantes variando entre bucha vegetal, eletrodutos e brita, pesquisado por Fernandes (2012), obteve melhores valores de redução de DBO quando utilizado brita como meio de suporte, no entanto, a bucha vegetal resultou em um desempenho superior na redução da DQO, chegando a 44,40%.

O conjunto avaliado por Colares e Sandri (2013) é composto de três tanques sépticos compartimentados e dispostos em série seguidos por três leitos cultivados com *Typha* sp, construído com fluxo subsuperficial horizontal e preenchidos com cascalho natural, brita nº 2 e cascalho lavado. Os Autores conseguiram obter eficiências de remoção igual a: 65,40% para DQO; 79,01% para DBO; e 92,0% para coliformes totais.

Buscando analisar uma ETE por meio de zona de raízes, Van Kaick (2002) desenvolveu o projeto utilizando o capim serra, e também materiais disponíveis no local estudado, quais sejam conchas de ostras de cultivo, para compor o filtro anaeróbio. Os resultados concluem que apesar da boa eficiência de redução do DBO e DQO, os parâmetros: coliformes fecais, nitrogênio amoniacal e fosfato, permanecem sem se enquadrar nos limites máximos designados pelas normativas e resoluções.

Almeida et al. (2007) avaliam a eficiência de um sistema do tipo zona de raízes, fazendo uso de espécies vegetais no tratamento de esgoto sanitário: taboa (*Typha angustifolia* L.), lírio do brejo (*Hedychium coronarium* J. König), conta-de-lágrima (*Coix lacryma-jobi* L.) e capim Angola (*Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguyen). Como consequência, conseguiu reduções satisfatórias para atender aos padrões estabelecidos pela legislação brasileira vigente, com exceção do parâmetro nitrogênio amoniacal.

Em um novo estudo, Almeida et al. (2010) analisam a eficiência de uma estação domiciliar experimental de tratamento de esgotos do tipo zona de raízes, precedida por tanque séptico, empregando as espécies lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium* J. König) e taboa (*Typha angustifolia* L.). Como resultado dessa pesquisa, os valores para os parâmetros analisados ficaram dentro do limite regido pela Resolução nº 430/11 - CONAMA e NBR 13969/97. Obtendo reduções para DBO, DQO e Coliformes fecais, 90,7%, 81,1% e 99,99% respectivamente.

O sistema reator aeróbio biológico, avaliado por Laucevicius (2013), é composto por quatro tanques dispostos em paralelo, o tanque de homogeneização promove a mistura homogênea do afluente, que é conduzido ao tanque do reator aeróbico biológico, na sequência vai para um tanque de sedimentação, e em seguida para um tanque de tratamento de filtração/percolação. Dentre os parâmetros analisados pela autora, estão: DBO, DQO e



sólidos totais. As análises foram comparados com referencial teórico e com normativas baseadas em 90% de eficiência do sistema. Os resultados mostraram significante bioeficácia de 89,92%.

### 3.3. Modelos Propostos

#### 3.3.1 Proposta da construção civil do sistema

Os materiais utilizados usualmente para construção civil do sistema de tanques (tanque séptico e tanque anaeróbio de tratamento) possuem permeabilidade, fato que leva a NBR 7229/93 e a NBR 13969/97, para proteção do meio ambiente, a discriminar distâncias mínimas a serem respeitadas de corpos hídricos. Estas distâncias são difíceis de serem atendidas em locais onde o lençol freático possui nível elevado.

Para solucionar esse problema, o modelo de projeto proposto consiste em envolver o sistema de tanques por paredes duplas isolando os tanques com efluente do contato direto com o solo. Assim, reduz o risco de contaminação do meio ambiente, e promove a facilidade de inspeção e manutenção de vazamentos.

Baseando-se na NBR 5626/98, o sistema deve ser executado dentro de compartimento próprio, devendo haver um afastamento, mínimo, de 60 cm entre as faces externas do reservatório (laterais, fundo e cobertura) e as faces internas do compartimento.

#### 3.3.2 Propostas de método de tratamento

Os estudos de caso, item 3.2, foram avaliados e com base nos valores obtidos nos tratamentos e a eficiência percentual dos mesmos são sugeridas 3 propostas que possivelmente podem ser aplicadas nas locais alagadiças e/ou com nível do lençol freático raso.

**PROPOSTA I:** Como primeira proposta de um sistema de tratamento de esgoto individual, diante da eficiência na redução dos poluentes resultante do estudo realizado por Cruz (2013), temos o conjunto por ela utilizado, que é composto por um tanque séptico seguido de filtro de areia e desinfecção por 45 minutos e concentração de 1,28 mgL<sup>-1</sup>.

Esta proposta atende a Resolução nº 430/11 - CONAMA e Classe b da NBR 13969/97, com exceção do Nitrogênio Amoniacal que apresenta valores superiores a 20.

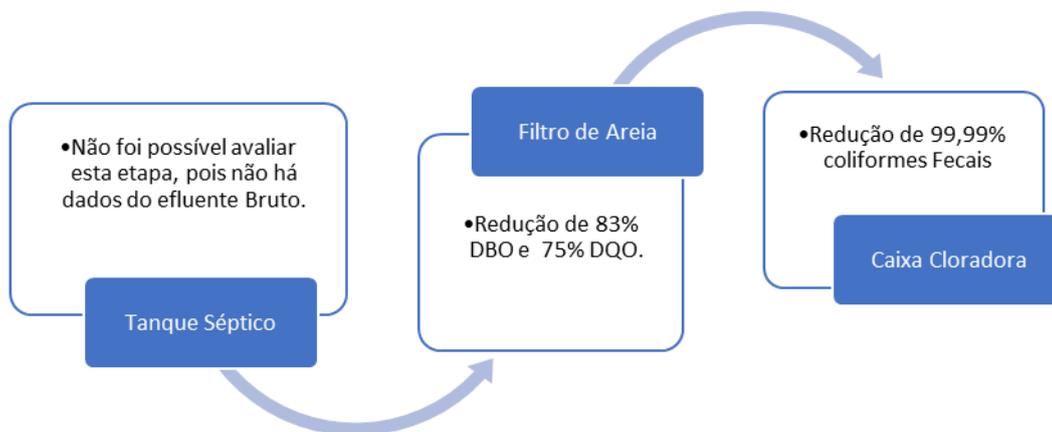


Figura 1. Fluxograma – Proposta I. Fonte: Autores, 2018.

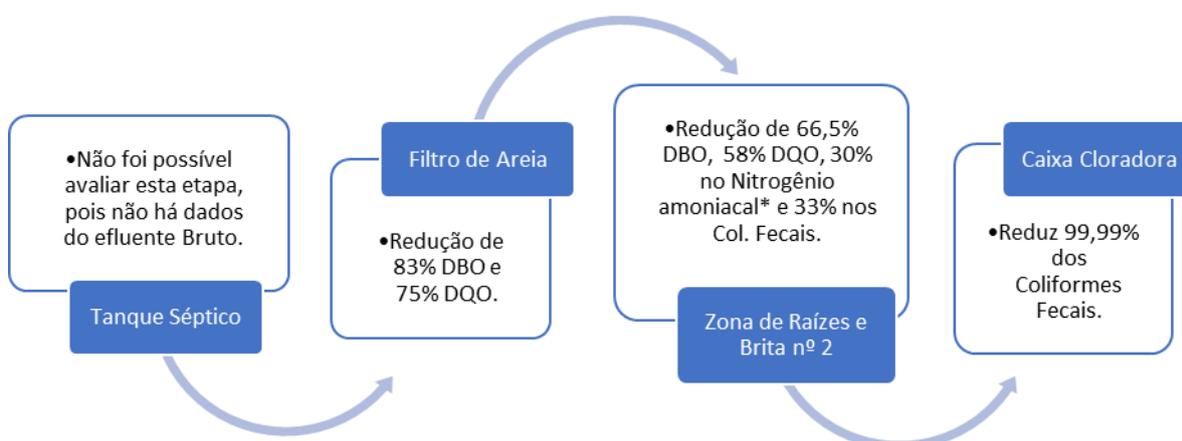
**PROPOSTA II:** A combinação composta pelos estudos de Cruz (2013) e Colares e Sandri (2013) é a segunda proposta de ETE individual. A ideia é partir dos resultados encontrados por Cruz (2013), e através do sistema de tratamento por meio de zona de raízes, leito cultivado com *Typha sp* e preenchidos com brita 2, estudado por Colares e Sandri (2013), aumentar a eficiência da remoção de poluentes dos efluentes domésticos.



Esta proposta atende a Resolução nº 430/11 - CONAMA e Classe a da NBR 13969/97 com exceção do Nitrogênio Amoniacal que apresenta valores superiores a 20.

Um dos principais mecanismos de remoção do nitrogênio amoniacal se dá pela volatilização da parcela gasosa para a atmosfera por meio de pH alcalino. Portanto, segundo o estudo de Naval e Couto (2001), a redução do nitrogênio amoniacal é de 25%, com adição 1% de cal hidratada durante tempo de detenção de 5 minutos, com a elevação do pH para valores limites próximos a 9. O valor de nitrogênio amoniacal ficaria mais próximo do valor máximo de 20, porém, ainda estando mais elevado.

Outra forma possível para remoção do nitrogênio amoniacal é por aeração, importante processo de remoção de nitrogênio por nitrificação e desnitrificação simultânea (ZOPPAS et al., 2016). Esta aeração poderia ser realizada na forma de fonte ornamental no jardim, onde com a queda da água de uma certa altura ocorre a aeração desta água da fonte/efluente tratado, ou na rega de plantas por meio de regadores giratórios de jardim automáticos, ou não, que também permitiriam a aeração do efluente tratado e a disposição final.

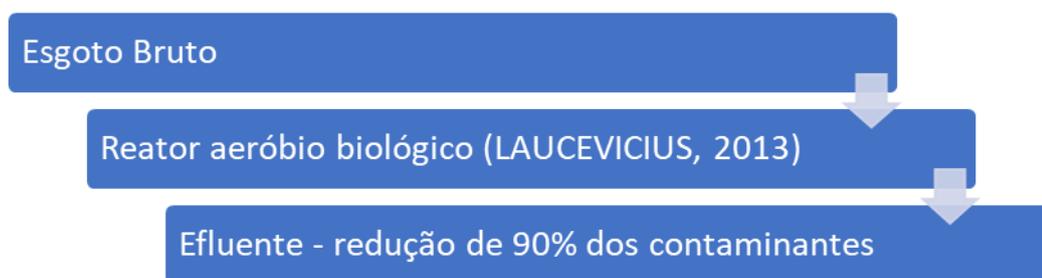


\*Segundo Almeida, et al. (2007)

**Figura 2. Fluxograma – Proposta II. Fonte: Autores, 2018.**

**PROPOSTA III:** O sistema proposto como terceira alternativa para o tratamento individual de esgoto compõe o sistema de reator aeróbio biológico avaliado por Laucevicius (2013) com 90% de eficiência do sistema e bioeficácia de 89,92%.

A proposta número 3 teve os percentuais avaliados com base nos valores do efluente bruto do estudo de Backes (2016). E com base neste, esta proposta atende a Resolução nº 430/11 – CONAMA, e Classe a da NBR 13969/97. O Nitrogênio Amoniacal não foi um parâmetro analisado no estudo de Laucevicius (2013).



**Figura 3. Fluxograma – Proposta III. Fonte: Autores, 2018.**



### 3.3.3 Vantagens e desvantagens dos modelos propostos

A partir das três propostas idealizadas, foi realizado comparativo qualitativo baseado nas pesquisas bibliográficas realizadas. Comparando as propostas entre si, com relação a oito diferentes características, considerando construção, operação e manutenção.

Vide tabela 7 que apresenta as vantagens e desvantagens entre os modelos propostos.

**Tabela 7. Vantagens e desvantagens entre os modelos propostos.**

Processo	Proposta I	Proposta II	Proposta III
<b>Característica</b>			
<b>Área ocupada</b>	Reduzida	Média -Alta	Reduzida
<b>Local ocupado</b>	Enterrada	Enterrada/aparente	Enterrada ou apoiada
<b>Método construtivo</b>	In loco (alvenaria, concreto, polietileno)	In loco (alvenaria, concreto, polietileno)	Pré fabricado e montado no local
<b>Materiais utilizados</b>	Tradicional	Tradicional	Inovador
<b>Operação</b>	Simple / Gravitacional	Média / Gravitacional	Automática
<b>Custo de instalação</b>	Médio	Médio	Médio/alto
<b>Custo operacional</b>	Muito baixo	Baixo	Médio
<b>Manutenção</b>	Alta (a cada dois meses)	Média	Baixa

Fonte: Autores, 2018.

## 4 CONCLUSÕES

Diante dos objetivos propostos, é possível concluir que:

- O sistema de tratamento de esgoto individual com maior popularidade e largamente utilizado em edificações unifamiliares em todo o território brasileiro, a fossa séptica seguida de filtro anaeróbio, é insuficiente para reduzir os poluentes do efluente atendendo os parâmetros especificados na Resolução CONAMA nº 430 e NBR 13969/97. Não deve ser utilizado para disposições finais em corpos de água de qualquer natureza.
- Dentre análise feita a partir de pesquisas científicas confrontadas com parâmetros de lançamento de efluentes em corpos receptores, descritas nas normativas e resoluções, foram identificados três modelos de tratamento com maiores eficiências, aplicáveis para a situação em estudo, e que distinguem entre si quando das viabilidades construtivas identificadas na tabela 3;
  - i. A primeira proposta possui custo operacional baixo, e custo construtivo menor quando comparado aos demais, além de ser totalmente enterrado, ocupando área reduzida, e com o emprego de materiais tradicionais para esse tipo de aplicação;
  - ii. A segunda proposta de sistema de tratamento de esgoto individual para locais com lençol freático superficial ocupa uma área maior se comparada as outras. Apesar de serem empregados materiais tradicionais, a utilização de lagoa com plantas, para tratamento por meio de zona de raízes, não é comum em residências, sendo que, talvez, necessite de conscientização dos usuários para que o emprego desse sistema se torne possível. Apesar de fugir do usual, as plantas empregadas se tornam um meio de ornamentar o jardim das residências. O modelo é de fácil construção, possui baixos custos de implantação e operação, e é ausente de maus odores;
  - iii. A terceira proposta é um sistema que possui operação automática e não utiliza produtos químicos, diferente dos outros modelos que funcionam gravitacionalmente e contam com desinfecção a partir da aplicação de cloro. O reator utiliza reações biológicas (nichos bióticos) que dispensam a necessidade de remoção de lodo. Não produz odores e é de baixa manutenção;



- Como sugestão, para novos estudos, é indicado que sejam realizadas avaliações desses protótipos propostos, através da execução, utilização e operação dos mesmos, bem como monitoramento do efluente tratado por cada um dos métodos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, Rogério de Araújo; DA SILVA PITALUGA, Douglas Pereira; REIS, Ricardo Prado Abreu. *Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico tanque séptico*. Revista Biociências, v. 16, n. 1, 2010.
2. ALMEIDA, Rogério de Araújo; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de; KLIEMANN, Huberto José. *Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário*. 2007.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: *Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro, 1997.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. Rio de Janeiro, 1993.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: *Instalação predial de água fria*. Rio de Janeiro, 1998.
6. BACKES, Francisco José. *Avaliação da eficiência de um sistema fossa séptica e filtro anaeróbio em escala piloto para o tratamento de efluente sanitário com a adição de papel higiênico como fonte de matéria orgânica*. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso.
7. BRASIL. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf)>. Acesso em: 28 de maio de 2018.
8. BRASIL. Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf)>. Acesso em: 28 de maio de 2018.
9. CAUDURO, Flávia et al. *A problemática dos cemitérios brasileiros e o meio ambiente –revisão de estudos*. 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. 2018.
10. COLARES, Carla Jovania Gomes; SANDRI, Delvio. *Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte*. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 8, n. 1, 2013.
11. CORREA, P. P. *Sistema de esgoto sanitário a vácuo: Avaliação econômica sua aplicação em Regiões Planas, litorâneas e com nível de lençol freático elevado*. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
12. CRUZ, Luana Mattos de Oliveira et al. *Tanque séptico seguido de filtro de areia para tratamento de esgoto doméstico*. 2013.
13. DE ÁVILA, Renata Oliveira. *Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte*. 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
14. FERNANDES, William Vieira et al. *Uso da Luffa cylindrica como meio suporte para crescimento bacteriano em filtro anaeróbio tratando esgotos domésticos*. 2012.
15. GOVERNADOR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/202/\\_arquivos/parecer\\_lei\\_14675\\_cdigo\\_ambiental\\_sc.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/parecer_lei_14675_cdigo_ambiental_sc.pdf)>. Acesso em: 01 de jul. de 2018.
16. LAUCEVICIUS, Carla; MAURE, Tania. *Bio-effectiveness and Sludge Free Deep Shaft Reactor based on Sequential Fluidized Beds in Biological Aerobic Wastewater Treatment developed in the Republic of Panamá*. 2013
17. NAVAL, Liliana Pena; COUTO, Thaiza Clemente. *Remoção de nitrogênio amoniacal em efluentes de sistemas anaeróbios*. 2001.
18. SOUSA, A. F. S. *Diretrizes para a implantação de sistemas de reuso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle. Estudo de caso Residencial Valville*. 2008. 176p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica – Saneamento Ambiental), Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.



19. SOUZA, Patrícia Caldeira de et al. *Codisposição de lodo de fossa séptica em aterro sanitário do tipo trincheira*. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015.
20. TONETTI, Adriano Luiz et al. *Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio*. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.
21. VAN KAICK, Tamara Simone. *Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná*. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, Brasil, p. 1-116, 2002.
22. ZOPPAS, Fernanda Miranda; BERNARDES, Andrea Moura; MENEGUZZI, Álvaro. *Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea*. *Bio: revista de engenharia sanitária*. Rio de Janeiro. Vol. 21, n. 1 (jan./mar. 2016), p. 29-42, 2016.