

Tratamento descentralizado de esgoto doméstico: revisão sistemática

Decentralized domestic sewage treatment: systematic review

• **Data de entrada:**
17/01/2019

• **Data de aprovação:**
04/08/2020

Leandro Marcos Charré Honorato¹ | Nayara Ferreira da Gama d'Eça¹ |
Ana Sílvia Pereira Santos¹ | André Luís de Sá Salomão^{1*}

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2021.085>

ORCID ID

Honorato LMC  <https://orcid.org/0000-0002-0934-1333>
d'Eça NFG  <https://orcid.org/0000-0002-3090-6343>

Santos ASP  <https://orcid.org/0000-0001-7823-9837>
Salomão ALS  <https://orcid.org/0000-0001-8105-9546>

Resumo

O Brasil é formado em sua maioria por municípios de pequeno porte, sendo que grande parte da população vive em comunidades desprovidas de acesso a um sistema de coleta e tratamento de esgoto centralizado e de qualidade. O objetivo foi realizar uma revisão sistemática para analisar o uso das diferentes tecnologias e sistemas de tratamento descentralizados de esgotos domésticos no Brasil e comparar os valores de lançamento com os limites estabelecidos na Legislação Brasileira. Para essa revisão foram pesquisados 30 sistemas de tratamento de esgoto doméstico descentralizados no Brasil de 2006–2018. Os sistemas que mais atenderam aos limites de lançamento de efluentes da Legislação Nacional, em sua maioria, possuíam tratamento terciário. No entanto, foi possível concluir que muitos desses sistemas ainda necessitam de um aprimoramento de tecnologia para maior remoção dos nutrientes.

Palavras-chave: Tratamento descentralizado de esgoto. Efluentes domésticos. Remoção de nutrientes. Legislação Nacional e Estadual de lançamento de efluentes. Tratamento Terciário de efluentes.

Abstract

Brazil is made up mostly of small municipalities, with a large part of the population living in communities lacking access to a quality, centralized sewage collection and treatment system. The objective was to carry out a systematic review to analyze the use of different technologies and decentralized treatment systems of domestic sewage in Brazil and to compare the values of discharge with the limits established in the Brazilian Legislation. The systematic review was performed with the survey of 30 decentralized domestic sewage treatment systems in Brazil from 2006–2018. With the data, it was verified that the systems that most met the effluent discharge limits of the National Legislation, in the majority, had tertiary treatment. However, it was possible to conclude that many of these systems still require a technology improvement for greater nutrient removal.

Keywords: Decentralized wastewater treatment. Domestic effluents. Nutrient removal. National and State Legislation of effluents discharge. Tertiary effluent treatment.

¹ UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro) - Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - Brasil.

* **Autor correspondente:** andre@andresalomao.com.

1 INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias de produção de alimentos, medicamentos e tratamentos médicos possibilitou melhores condições de vida e um crescente aumento na expectativa média de vida da população mundial, principalmente nas últimas décadas. Uma das consequências do crescimento acelerado da população mundial foi o aumento no consumo de água e a geração de esgotos. Esses problemas são mais evidentes nas grandes cidades de países tanto em desenvolvimento como os ditos desenvolvidos (QIU et al., 2020; WANG, 2020).

Esgotos domésticos lançados no ambiente representam um dos problemas mais graves e crônicos de saúde humana e ambiental no Brasil. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), de toda carga orgânica gerada, somente 55% recebia um tratamento adequado. Tal cenário é absolutamente incompatível com qualquer planejamento que vise à elevação do nível socioeconômico e sanitário de uma população e à preservação ambiental (MINISTÉRIO DA SAÚDE et al., 2019; SALOMÃO, 2009).

A situação de atendimento da população brasileira com serviços de esgotamento sanitário pode ser caracterizada da seguinte forma: 43% era atendida por sistema coletivo (rede coletora e estação de tratamento de esgotos); 12% era atendida por solução individual (fossa séptica); 18% da população se enquadrava na situação em que os esgotos eram coletados, mas não tratados; e 27% era desprovida de atendimento, ou seja, não havia coleta nem tratamento de esgotos (ANA, 2017).

No Brasil, o alto valor de investimento em obras de construção de redes coletoras e de estações centralizadas de tratamento de esgoto para as cidades e municípios de pequeno porte e/ou mais isolados dos grandes centros urbanos, ou

seja, 89% do total de municípios brasileiros, vem sendo considerado como uma das grandes barreiras político-econômicas, e com isso, dificultando tais ações (MICHELON et al., 2020; LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2012).

Os sistemas descentralizados se aplicam a diferentes níveis de contribuintes. A coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final ou o reúso da água residual ocorrem próximos ao local da geração, utilizando tubulações menores (diâmetro nominal de 75-150 mm) se comparados aos sistemas centralizados (diâmetro nominal de 150-2000 mm). Estes vêm sendo considerados uma opção mais viável para atender a tal demanda dos municípios de pequeno porte e/ou isolados (DE OLIVEIRA CRUZ et al., 2019; OLIVEIRA JÚNIOR, JL, 2013; LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2012; SALOMÃO et al., 2012).

A gestão descentralizada utiliza tecnologias de baixo custo, compactas e que demandam pouca ou nenhuma energia, sendo um atrativo para a população de baixa renda brasileira que vive em locais distantes dos grandes centros urbanos (LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2012; OLIVEIRA JÚNIOR, JL, 2013). No Brasil, diversos estudos têm sido realizados para desenvolver sistemas de pequeno porte para o tratamento descentralizado de esgoto doméstico que atenda à crescente demanda da população (DE OLIVEIRA CRUZ et al., 2019; TREIN et. al, 2015; SALOMÃO et al., 2012; ALMEIDA; OLIVEIRA; KLIEMANN, 2007).

O presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática, buscando analisar o uso das diferentes tecnologias e sistemas de tratamento descentralizados de esgotos domésticos no Brasil e comparar os valores dos parâmetros físico-químicos de lançamento dos efluentes desses sistemas com os valores limites estabelecidos na legislação brasileira e de algumas legislações estaduais.

2 SITUAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

De acordo com ANA (2017), dos 5570 municípios brasileiros, apenas 13,8% conseguem obedecer à legislação ambiental brasileira, removendo no mínimo 60% de DBO. Dentre os municípios brasileiros, 69,8% não removem mais de 30% da

carga orgânica gerada, acarretando consequências drásticas para os corpos hídricos do nosso país e para quem utiliza essas águas para diversos fins. Constata-se também que a maior parte da população urbana (129,5 milhões de pessoas) não é contemplada com a redução de DBO adequada (Fig. 1).

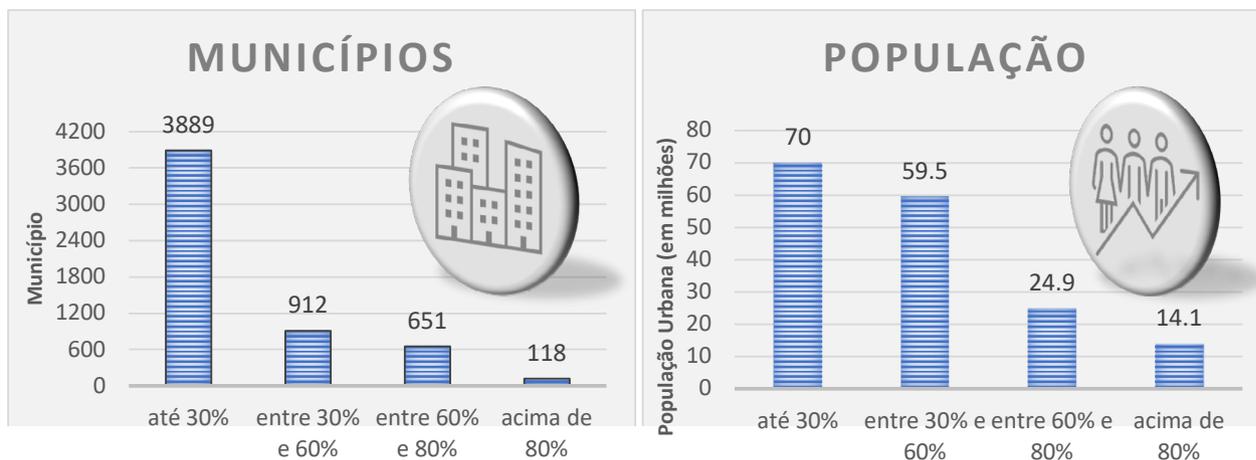


Figura 1 – Representação gráfica da remoção da carga de esgotos urbanos.

Fonte dos dados: ANA, 2017.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), 61% da população urbana tem acesso ao serviço de coleta de esgotos; destes, apenas 70% têm seus esgotos tratados. Nesse mesmo documento observa-se que a região Sudeste apresenta os melhores índices em relação ao esgotamento sanitário, pois 83% da população urbana realiza a coleta e 54% coleta e trata o esgoto gerado. Por outro lado, a região Norte demonstra a carência em relação a esses serviços, já que apenas 16% da população urbana realiza coleta e 12% coleta e trata os seus esgotos.

No Brasil, todos os dias são geradas aproximadamente 9 mil toneladas de DBO. No entanto, 61% da carga de DBO gerada (5.590 t DBO/dia) é coletada por redes de esgotamento sanitário e somente 43% recebem coleta e tratamento (3.935 t DBO/dia) (ANA, 2017). De acordo com os dados

da ANA (2017), a carga remanescente (com ou sem coleta e algum tipo de tratamento) de DBO lançada diariamente nos corpos hídricos é de 5.516 toneladas (60,6 % do total gerado), sendo destas, 2.409 t (44%) sem qualquer tipo de coleta e tratamento.

A diferença entre a distribuição de cargas lançadas nas regiões geográficas brasileiras é nítida e está atrelada a questões culturais, socioeconômicas e políticas. A maior carência dos serviços de esgotamento sanitário vem ocorrendo nas macrorregiões do Norte (15,5%) e Nordeste (43,4%), onde menos da metade do esgoto vem sendo coletado. Ainda, para as mesmas regiões, respectivamente, 25,5% e 25,6%, vêm sendo lançados em corpos hídricos sem tratamento (ANA, 2017). Na macrorregião Norte foi verificado que o maior volume tratado por soluções individuais

foi maior que por ETE's convencionais, situação que é diferente nas demais regiões brasileiras (ANA, 2017).

Em relação à quantidade de pessoas não atendidas com serviço de esgotamento sanitário adequado (aplicação de coleta e tratamento ou adoção de sistemas individuais), ainda é grande, principalmente no Norte, onde 67% da população urbana sofre com o atendimento precário ou a falta de tratamento. Dentre todas as macrorregiões, a Sul é a que apresenta maior porcentagem de tratamento de esgoto por soluções individuais (25%), e um percentual total de 65% da população atendidas adequadamente. A média

nacional ficou em 55% de pessoas com atendimento adequado (sendo 12% por soluções individuais e 43% de soluções centralizadas) e 45% das pessoas com atendimento precário ou sem atendimento (ANA, 2017).

No período de 2006-2018 avaliado no presente estudo (Fig. 2), apesar de o aumento da extensão da rede coletora ter superado o crescimento populacional no Brasil, esta ainda se mostra insuficiente em vista da falta de saneamento na maioria dos municípios brasileiros. Enquanto houve uma ampliação da rede de esgotos em 90,2%, o número de habitantes aumentou em 11,6%. (SNIS, 2007-2019; IBGE, 2006-2018).

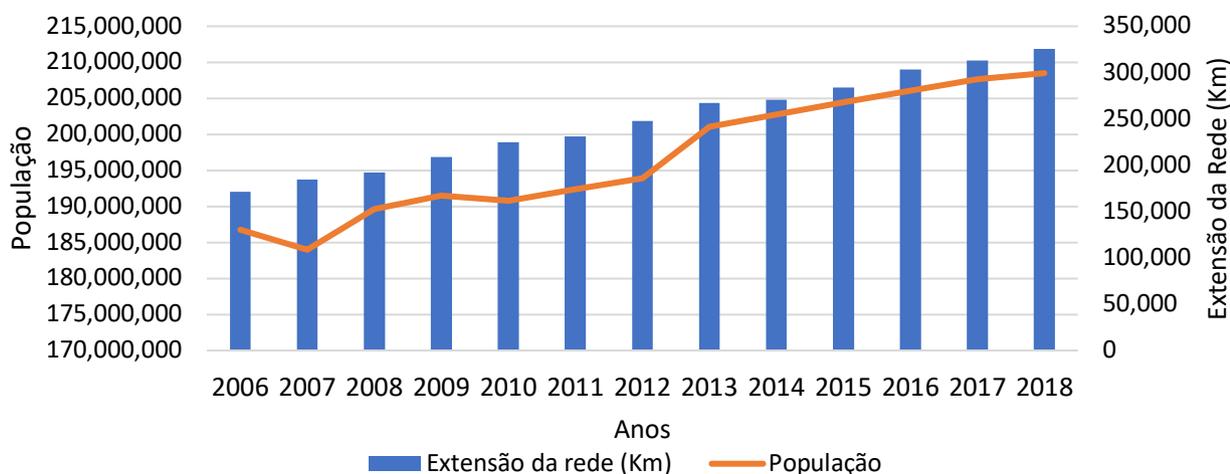


Figura 2 - Relação entre a evolução da extensão da rede coletora de esgoto e o crescimento populacional no Brasil.

Fontes dos dados: SNIS 2007 – 2019; IBGE 2006 – 2018.

Ainda em relação ao período de análise dos anos de 2006-2018, a taxa de investimentos financeiros destinados ao esgotamento sanitário foi maior (155,5%) que a taxa de crescimento populacional (11,6%) (Fig. 3). A região Sudeste foi a que mais recebeu investimentos no esgotamen-

to sanitário, enquanto a região Norte foi a que teve menor investimento ao longo desse período. Apesar desses baixos investimentos, a região Norte foi a que mais teve a sua taxa de investimentos aumentada (596,5%) (Fig. 4) (BRASIL, 2019; SNIS, 2007-2019; IBGE, 2006-2018).

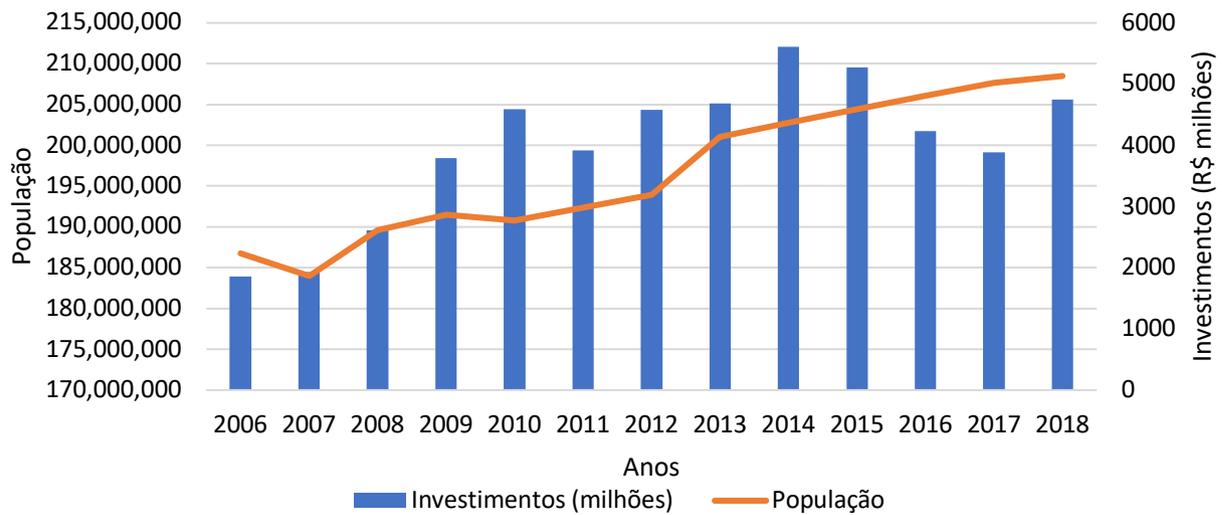


Figura 3 - Representação gráfica da relação entre a evolução dos investimentos (em Reais, R\$) destinados ao esgotamento sanitário e o crescimento populacional no Brasil.

Fontes dos dados: SNIS 2007 – 2019; IBGE 2006 – 2018.

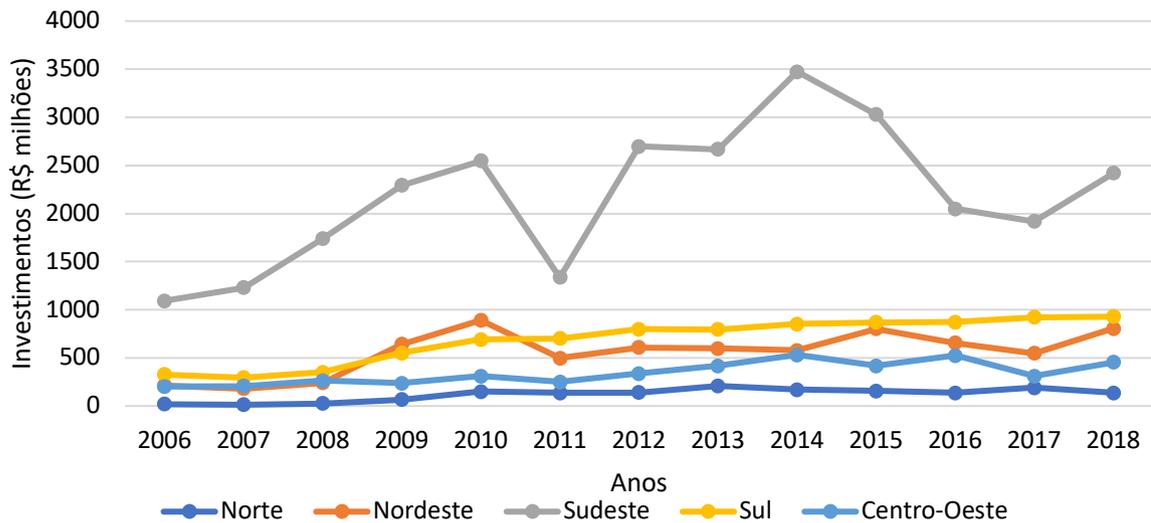


Figura 4 - Representação gráfica dos investimentos (em Reais, R\$) destinados ao esgotamento sanitário nas macrorregiões do Brasil.

Fonte dos dados: SNIS 2007 – 2019.

De acordo com o IBGE (2010), dos 5.565 municípios brasileiros, 89,1% eram considerados de pequeno porte (até 50.000 habitantes), 5,8% eram consideradas de médio porte (50.000 e 100.000 hab.), e 5,1% eram considerados de grande porte (>100.000 hab.). Além disso, a maior parcela da população brasileira (54,7%) vivia em grandes municípios, porém 33,6% da população brasilei-

ra viviam em pequenos municípios. Com isso, o desenvolvimento de sistemas descentralizados de tratamento de esgotos domésticos é de grande importância, visto que essa é uma alternativa que pode ajudar no desenvolvimento e aprimoramentos dos sistemas de coleta e tratamento dos esgotos de grande parcela dos municípios brasileiros, que justamente possuem menores

investimentos em grandes projetos de saneamento ambiental.

O Brasil conta com alguns instrumentos legais (em níveis federal e estadual) que têm por objetivo preservar e melhorar a qualidade dos corpos d'água do território nacional estabelecendo diretrizes, condições, parâmetros e padrões para o lançamento de efluentes nesses corpos hídricos. A legislação brasileira que se encontra em vigor é a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 430/2011, que altera e complementa a Resolução CONAMA 357/2005. Em muitos estados, principalmente da região Norte, existe a carência de legislações próprias para o lançamento de efluentes nos corpos hídricos receptores, sendo adotada como referência a CONAMA 430/2011. Os instrumentos legais dos países desenvolvidos, se comparados aos brasileiros, abordam mais parâmetros, e os limites são mais restritivos, permitindo assim um melhor monitoramento e uma melhor fiscalização ambiental dos lançamentos de efluentes e seus tratamentos. Conforme mencionado por Santos et al. (2014), no caso dos limites estabelecidos para lançamento de fósforo, a União Europeia determina até 2,0 mg/L, variando em função da população equivalente, e no Uruguai (Decreto 253/79), este é de 5,0 mg/L. Já para a CONAMA 430/2011, não foram estabelecidos limites para o parâmetro fósforo. No Brasil, somente os estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul determinam limites para este parâmetro.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em três etapas. Na primeira etapa foram realizadas buscas de publicações sobre sistemas descentralizados para o tratamento de esgoto doméstico na base de dados do Google Acadêmico. A busca teve foco em artigos científicos publicados em revistas Nacionais, Monografias, Dissertações e Teses em língua

portuguesa, referentes a estudos realizados entre os anos de 2006 e 2018. Foram também adicionadas 7 publicações manualmente.

As palavras chaves utilizadas na seleção das publicações foram:

- Tratamento descentralizado de esgotos;
- Tratamento descentralizado de efluentes;
- Sistema compacto de tratamento de efluentes;

Critérios de exclusão:

- Resultados ou sistemas iguais;
- Publicações que não abordavam o tema;
- Publicações que não descreviam o valor da vazão;
- Sistemas cujo afluente apresentava parâmetros fora da faixa característica de esgoto doméstico descrita na literatura (Von Sperling, 2014; Jordão e Pessoa, 2011).

Após a seleção das publicações, foi construída uma tabela-base com as seguintes informações (Material suplementar, Tabela MS1 e MS2):

- Dados dos estudos: Autor, ano de publicação, tipo de publicação e local do estudo;
- Tecnologias utilizadas no tratamento;
- Tipos de tratamento;
- Vazão e parâmetros físico-químicos de cada sistema (pH, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, fósforo, DBO, DQO, SSD, SST, ST e Óleos e graxas).

Na segunda etapa foram levantadas a legislação nacional e oito legislações estaduais que abordam o lançamento de esgotos domésticos em corpos hídricos. A escolha das legislações estaduais foi realizada de acordo com as publicações

selecionadas na revisão sistemática. A partir da seleção das legislações e dos parâmetros físico-químicos nelas citados, foram obtidos os valores limites de cada parâmetro para o lançamento do esgoto doméstico tratado em um corpo hídrico receptor.

Na terceira etapa foram discutidas características das publicações e dos sistemas selecionados e foi verificado o atendimento dos parâmetros de lançamento de efluentes dos sistemas de acordo com os limites estabelecidos na legislação nacional e nas legislações estaduais.

Por meio da busca de sistemas na base de dados do Google Acadêmico foram encontrados 94 resultados, que tiveram seus conteúdos avaliados. Após a análise, foram excluídos os resultados e sistemas iguais e os resultados que se enquadravam nos demais critérios de exclusão. Logo, ao final da análise restaram 20 resultados. Com o objetivo de acrescentar mais sistemas à revisão, foram encontrados mais 7 trabalhos que atendiam aos critérios de inclusão, resultando em um total de 27 trabalhos. Destes 27, foram obtidos 30 sistemas, que foram avaliados na revisão sistemática (Fig. 5, Material suplementar).

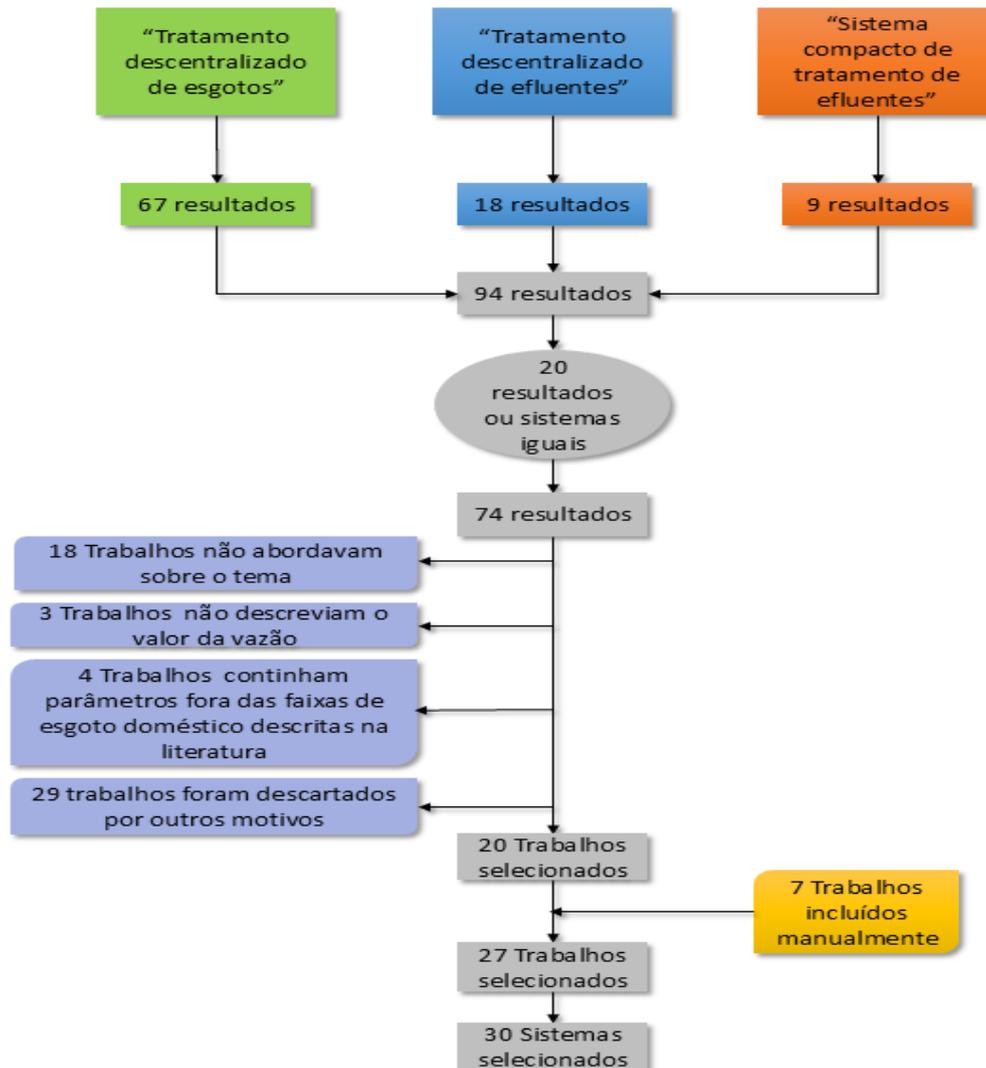


Figura 5 - Fluxograma de seleção dos sistemas descentralizados de tratamento de esgoto doméstico no Brasil a partir de uma revisão sistemática (entre 2006 e 2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos 30 sistemas selecionados durante o período analisado, foi possível evidenciar que durante os últimos anos houve um aumento do número de pesquisas e publicações que visam à utilização de sistemas descentralizados para o tratamento de esgotos domésticos mostrando uma maior cons-

cientização ambiental (Fig. 6). A maioria das publicações analisadas está em forma de dissertações; somente um trabalho está sob a forma de tese, e os outros trabalhos estão divididos igualmente entre artigos e trabalhos de conclusão de curso (Fig. 6). Vale ressaltar que somente foram selecionados os trabalhos de língua portuguesa.

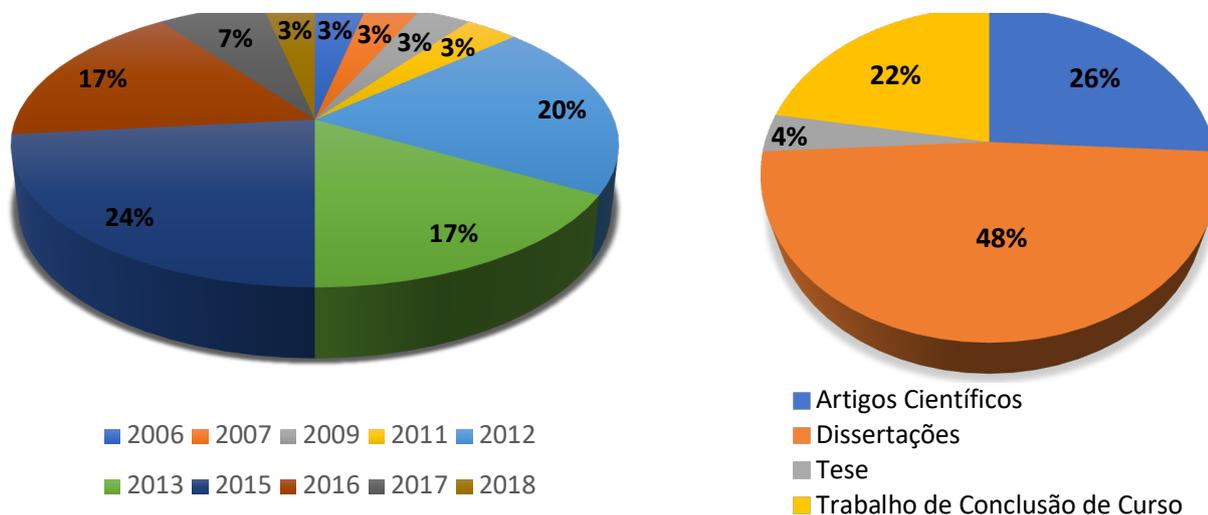


Figura 6 - Ano de publicação e tipo de publicação dos sistemas descentralizados de tratamento de esgoto doméstico de uma revisão sistemática no período entre 2006 e 2018 no Brasil.

Durante o período analisado, 50% dos sistemas descentralizados possuem tratamento preliminar como uma de suas etapas de tratamento, 80% possuem tratamento primário como uma de suas etapas de tratamento, 93,3% possuem tratamento secundário como uma de suas etapas de tratamento e apenas 33,3% dos sistemas possuem tratamento terciário como uma de suas etapas de tratamento (Fig. 7). O fato de grande parte dos estudos contemplar em seus sistemas o tratamento secundário mostra que há grande preocupação por parte dos pesquisadores na remoção da matéria orgânica do esgoto (redução da DBO) antes do lançamento nos corpos hídricos. A pequena porcentagem de sistemas descentralizados com tratamento terciário demonstra pouca atenção em relação à remoção de fósforo e nitrogênio, fato preocupante, visto o

potencial efeito de desses nutrientes nos processos de eutrofização. Contudo, cabe ressaltar que, considerando o custo adicional do tratamento terciário, por vezes a priorização de alocação de recursos é feita visando principalmente à universalização da coleta e um tratamento mínimo do esgoto gerado, seguindo o conceito de metas progressivas, sendo o aumento no nível de tratamento esperado para um segundo momento.

A maior parte dos sistemas descentralizados brasileiros encontra-se na região Sul do país (46%) (Fig. 8); possivelmente isso ocorre devido a uma maior abordagem dos limites de parâmetros das Legislações dos Estados da Região Sul, incentivando novas pesquisas na área de esgotamento sanitário descentralizado. Na Região Norte não foram encontrados estudos, po-

dendo ser influenciado pela falta de Legislações Estaduais para o lançamento de esgoto doméstico ou recursos para a realização de pesquisas. Apesar dos maiores investimentos destinados ao esgotamento sanitário e da maior extensão

de rede coletora, a Região Sudeste apresenta algumas cidades de pequeno porte, instigando o desenvolvimento de tecnologias simples, de baixo custo e descentralizadas que tratem o esgoto doméstico.

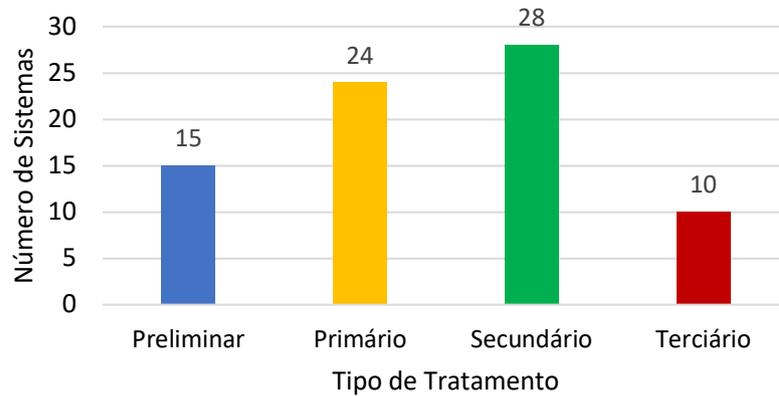


Figura 7 - Número de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto doméstico por tipo de tratamento (em diferentes combinações) em uma revisão sistemática no período entre 2006 e 2018 no Brasil (n=30).

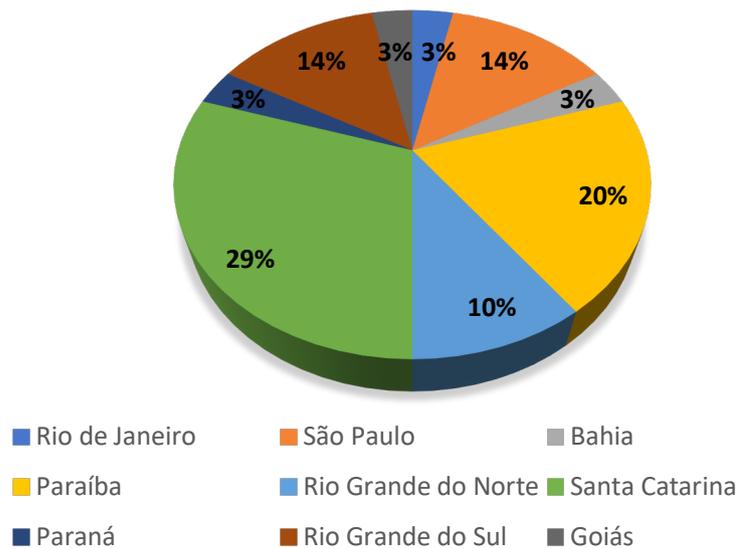


Figura 8 - Estados brasileiros em que foram pesquisados os sistemas descentralizados de tratamento de esgoto doméstico analisados no período de 2006 e 2018.

As legislações estaduais abordadas no presente trabalho, assim como os valores limites e eficiências

mínimas estabelecidos para os parâmetros físico-químicos, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Legislações para padrões e diretrizes de lançamento de efluentes domésticos.

Local	Ano	Legislação
Brasil	2011	Resolução CONAMA 430
Rio de Janeiro	2007	DZ 215 - Instituto Estadual do Meio Ambiente/RJ
Rio Grande do Sul	2006	Resolução CONSEMA N° 128
Goiás	1979	Decreto Estadual N° 1.745
São Paulo	1976	Decreto Estadual N° 8.468
Paraná	2009	Resolução SEMA N° 021
Santa Catarina	2009	Lei N° 14.675
Bahia	2000	Resolução CEPRAM N° 2.288
Paraíba	1988	Norma Técnica N° 301

Tabela 2 - Limites dos parâmetros estabelecidos pelo país e por alguns estados.

	Valores referência Vazão ^a ou carga ^a	pH	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PT (mg/L)	OG (mg/L)	SSD (mL/L)	SST (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Eficiência DBO ₅ (%)
Brasil		5-9	OG		100	1			120	60
RJ	(C≤5) ^a						210 ^a		210 ^a	30
	(5<C≤25) ^a						110		110	65
	(25<C≤80) ^a						60		60	80
	(C>80) ^a						40		40	85
RS	(Q<20) [*]	6-9	20		10-30 ^{**}	1	180	400	180	
	(20≤Q<100) [*]	6-9	20		10-30 ^{**}	1	160	360	150	
	(100≤Q<200) [*]	6-9	20		10-30 ^{**}	1	140	330	120	
	(200≤Q<500) [*]	6-9	20		10-30 ^{**}	1	100	300	100	
	(500≤Q<1000) [*]	6-9	20		10-30 ^{**}	1	80	260	80	
	(1000≤Q<2000) [*]	6-9	20	3	10-30 ^{**}	1	70	200	70	
	(2000≤Q<10000) [*]	6-9	20	2	10-30 ^{**}	1	60	180	60	
	(Q≥10000) [*]	5-9		1	100	1	50	150	40	
GO		5-9			100	1			60	80
SP					20-50 ^{**}	1			60	80
PR		6-9			30				90	
SC				4					60	80
BA										80-95 ^b
PB				1	1				60	80

NH₄⁺ = Nitrogênio Amoniacal; PT = Fósforo Total; OG = Óleos e Graxas; ^a Vazão (m³/dia); ^{**} Sendo o primeiro limite para óleos minerais e o segundo limite para óleos vegetais e gorduras animais; ^c Carga Orgânica Bruta (Kg DBO/dia) - Padrão de residência médio interior; ^b Variável com o padrão socioeconômico do empreendimento imobiliário

Com base nos dados obtidos nos artigos, monografias, dissertações e teses, e nos limites estabelecidos por cada legislação foi possível constatar na Tabela 3 que os sistemas analisados atenderam satisfatoriamente às Legislações Nacional e as Estaduais. No entanto, em relação à remoção de fósforo e nitrogênio amoniacal, apenas alguns sistemas estiveram abaixo do limite estabelecido. Em relação ao instrumento Legal Nacional, 2 sistemas conseguiram obedecer aos 4 limites de lançamento abordados neste estudo, 5 atenderam a 3 limites, 11 atenderam a 2 limites, 11 atenderam a 1 limite e apenas 1 não abor-

dou tais parâmetros na realização da pesquisa e não havia limites estabelecidos para os parâmetros abordados. Os melhores resultados (atendimento de 3 ou 4 limites) foram, em sua maioria, estudos realizados em sistemas compostos por um tratamento terciário (Tabela 3).

A legislação do Rio de Janeiro leva em consideração a carga orgânica bruta para a determinação dos limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Sólidos em Suspensão Totais (SST); no entanto, os limites também dependem do padrão da residência; o padrão escolhido foi o Médio Interior.

Tabela 3 - Avaliação de conformidade dos parâmetros físico-químicos dos efluentes dos sistemas descentralizados de tratamento de esgoto domésticos selecionados com a Legislação Nacional e as Legislações Estaduais.

Referência do Sistema	Estado	pH	Nitrogênio Amoniacal	Fósforo	DBO	DQO	SSD	SST	OG	Parâmetros atendidos CONAMA 430
Sezerino, 2006	SC	Xx		x	Xx					2
Almeida et al., 2007	GO				Xx					1
Salomão, 2009	RJ	X			Xx		X	x	X	4
Moura et al., 2011	RN	X			X				X	3
Andrade, 2012	PB	X		x						1
Dreifus, 2012	SP	Xx			Xx					2
Etchepare, 2012	RS	Xx		x	Xx	x		x	Xx	3
Klaus, 2012	SC	Xx			Xx		X			3
Reinaldo et al., 2012	RN	X			X				X	3
Rodrigues, 2012	SC	Xx		x	Xx					2
Ferreira, 2013	BA	X								1
Melo, 2013	PB	X		x						1
Melo, 2013	PB	X		x						1
Santos, 2013	PB	X		x						1
Santos, 2013	PB	X		x						1
Freitas, 2015	SC	Xx		x	Xx					2
Mendonça, 2015	SP	Xx			Xx		Xx		Xx	4
Silva e Bueno, 2015	SP									0
Sousa, 2015	PB	X		x						1
Souza et al., 2015	SP	Xx			Xx					2
Trein et al., 2015	SC	Xx		x	Xx					2
Trein et al., 2015	SC	Xx		x	Xx					2
Decezar, 2016	RS	Xx	X	x	Xx	x		x		2
Machioni Jr., 2016	PR	X				x				1
Meirelles, 2016	RS	Xx	X	x	Xx	x				2
Teske, 2016	RS	Xx	X	x	Xx	x		x		2
Tonon, 2016	SC	Xx		x	Xx					2
Assis, 2017	RN	X			X				X	3
Rousso, 2017	SC	Xx		x						1
Favretto et al., 2018	SC	Xx		x						1

X: Atendimento à Legislação Nacional; x: Atendimento à Legislação Estadual; X: Não atendimento à Legislação Nacional; x: Não atendimento à Legislação Estadual

Na Tabela 4 foram estabelecidos os limites mais restritivos de cada parâmetro físico-químico de todas as Legislações abordadas, Nacional e Estaduais, como critério de avaliação mais restritiva da qualidade dos efluentes dos sistemas descentralizados selecionados. Dos 8 limites estabelecidos, 6 foram atendidos por 2 sistemas, 5 foram atendidos por 4 sistemas, 4 foram atendidos por 10 sistemas e os demais sistemas atenderam abaixo de 4 limites. Os melhores resultados (atendimento a 6 ou 5 parâmetros) foram de sistemas compostos no mínimo por um tratamento secundário (Tabela 4; Material suplementar, Ta-

bela MS1). Todos os sistemas que analisaram os parâmetros de pH, sólidos sedimentáveis (SSD) e óleos e graxas (OG) conseguiram atender aos limites. Por outro lado, poucos sistemas estiveram abaixo dos limites quando foram avaliados os seguintes parâmetros físico-químicos: fósforo (7 dos 30 sistemas) e nitrogênio amoniacal (11 dos 30 sistemas).

O estudo e aplicação de *Wetlands*/Zona de raízes em sistemas descentralizados têm se intensificado nos últimos anos (Material suplementar, Tabela MS1). Dentre os 30 sistemas selecionados no presente estudo, 19 possuem essa tecnologia em

diferentes configurações (Fluxo Horizontal, Fluxo Vertical ou Híbrida) para a realização do tratamento secundário ou terciário. Os *wetlands* construídos visam reproduzir, de forma controlada, os processos de depuração que ocorrem na natureza, com tanques vegetados por macrófitas aquáticas, algas e plantas ornamentais. Com isso, esses sistemas apresentam vantagens como: baixo custo de implantação; simples operação; elevado potencial de aplicação ou integração ao projeto paisagístico local; e permitem utilizar diferentes espécies de plantas aquáticas, dependendo do clima e disponibilidade (SALOMÃO et al., 2012).

Nos sistemas constituídos por um tratamento primário, foi observado que 58,3% das tecnologias empregadas para esse fim foram as fossas sépticas (Material suplementar), o que confirma a alta tendência do uso de fossas sépticas em municípios sem rede coletora de esgotos, como verificado pelo IBGE (2008). Essa larga utilização está associada ao seu baixo custo de construção e operação, além de ser uma tecnologia mundialmente difundida. Constata-se também que 29,2% do tratamento primário foi realizado por reatores UASB.

Tabela 4 - Avaliação de conformidade dos parâmetros físico-químicos dos efluentes dos sistemas descentralizados de tratamento de esgoto domésticos selecionados, com os limites mais restritivos das Legislação Nacional e as Legislações Estaduais abordadas.

Referência do Sistema	Estado	pH 6 a 9	Nitrogênio Amoniacal 20 mg/L	FT 1 mg/L	DBO 40 mg/L	DQO 150 mg/L	SSD 1 mL/L	SST 40 mg/L	OG 30 mg/L	Parâmetros atendidos
Sezerino, 2006	SC	X	X	X	X	X		X		4
Almeida et al., 2007	GO		X	X	X	X				2
Salomão, 2009	RJ	X	X	X	X	X	X	X	X	5
Moura et al., 2011	RN	X		X	X	X		X	X	3
Andrade, 2012	PB	X	X	X		X		X		3
Dreifus, 2012	SP	X	X	X	X	X				5
Etchepare, 2012	RS	X		X	X	X		X	X	5
Klaus, 2012	SC	X	X		X		X			3
Reinaldo et al., 2012	RN	X		X	X	X		X	X	4
Rodrigues, 2012	SC	X	X	X	X	X				4
Ferreira, 2013	BA	X	X	X		X		X		3
Melo, 2013	PB	X	X	X		X		X		4
Melo, 2013	PB	X	X	X		X		X		3
Santos, 2013	PB	X	X	X		X		X		3
Santos, 2013	PB	X	X	X		X		X		4
Freitas, 2015	SC	X	X	X	X	X		X		4
Mendonça, 2015	SP	X	X	X	X	X	X	X	X	6
Silva e Bueno, 2015	SP		X	X		X		X		2
Sousa, 2015	PB	X	X	X		X		X		2
Souza et al., 2015	SP	X		X	X	X				3
Trein et al., 2015	SC	X	X	X	X	X		X		3
Trein et al., 2015	SC	X	X	X	X	X		X		5
Decezar, 2016	RS	X	X	X	X	X		X		2
Machioni Jr., 2016	PR	X		X		X		X		4
Meirelles, 2016	RS	X	X	X	X	X				2
Teske, 2016	RS	X	X	X	X	X		X		4
Tonon, 2016	SC	X	X	X	X	X		X		6
Assis, 2017	RN	X	X	X	X	X		X	X	3
Rouso, 2017	SC	X	X	X		X		X		4
Favretto et al., 2018	SC	X	X	X		X		X		4

5 CONCLUSÃO

Os sistemas descentralizados de tratamento de esgoto doméstico apresentam-se como uma solução de elevado potencial para o alcance da universalização do esgotamento sanitário no País, visto que o Brasil conta com muitos municípios de pequeno porte. Fossas sépticas e *Wetlands* são tecnologias que estão sendo muito utilizadas atualmente, tendo em vista questões econômicas, estéticas, facilidade operacional, dentre outros fatores que proporcionam vantagens para o usuário.

Em relação ao panorama do esgotamento sanitário estabelecido com os dados do IBGE e do SNIS e Agência Nacional de Águas (ANA) e Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, a Região Sudeste foi a que apresentou o melhor cenário, e o maior investimento, extensão da rede coletora e conseqüentemente os melhores índices de atendimento com esgotamento sanitário. A Região Norte foi a que apresentou o cenário mais crítico. Esse cenário foi agravado pela carência de Legislações próprias para o lançamento de efluentes em corpos hídricos. Esse fato, somado à falta de investimentos, acarreta num lento desenvolvimento do saneamento dessa Região.

A tendência de uma maior aplicação de tratamento secundário e a menor dos tratamentos terciários nos sistemas centralizados foi retratada também em sistemas descentralizados, demonstrando que a maior preocupação brasileira ainda é a remoção de matéria orgânica, enquanto as remoções de fósforo e nitrogênio estão em segundo plano. As Legislações brasileiras necessitam de uma abordagem mais criteriosas de alguns parâmetros para que haja um maior controle e proteção ao meio ambiente.

A maioria dos sistemas descentralizados de tratamento de esgoto domésticos pesquisados e desenvolvidos no Brasil no período de 2006 e 2018 obedeceram à maior parte dos limites es-

tabelecidos nas legislações abordadas. Porém, apenas 7 dos 18 sistemas avaliados (que possuíam limites na legislação estadual) atenderam aos limites de lançamento determinados para o fósforo ou nitrogênio amoniacal, sendo que nenhum sistema atendeu a ambos simultaneamente. Os sistemas descentralizados descritos por Mendonça (2015) e Salomão (2009) foram os que atenderam à maior quantidade de parâmetros em relação à Legislação Nacional, e em relação aos limites mais restritivos estabelecidos neste estudo foram Mendonça (2015) e Tonon (2016). Cabe ressaltar que, nas comparações com os limites impostos nas legislações avaliadas, os três sistemas que mais se destacaram apresentaram em comum uma tecnologia de tratamento de esgoto de baixo custo de implantação e manutenção, com o uso de macrófitas aquáticas e plantas em sistemas de lagoas ou tanques de *wetlands*. Contudo, foi possível concluir que os sistemas de tratamento descentralizados de esgoto domésticos avaliados nessa revisão sistemática ainda necessitam de um aprimoramento de tecnologia para maior remoção dos nutrientes (N e P).

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

7 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Atlas Esgotos – Despoluição das Bacias Hidrográficas. Disponível em: < http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/atlas-esgotos-revela-mais-de-110-mil-km-de-rios-com-comprometimento-da-qualidade-da-agua-por-carga-organica/atlaseesgotosdespoluicaodebacias-hidrograficas-resumo-executivo_livro.pdf/view>. Acesso em 19 jul. de 2017.
- ALMEIDA, R. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. Eficiência de Espécies Vegetais na Purificação de Esgoto Sanitário. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n.1, p. 1-9, mar. 2007.
- ANDRADE, C. C. d. **Tratamento de Águas Residuárias de Origem Doméstica em Sistema Compacto**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências e

Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

ASSIS, I. F. **Eficiência de uma Estação Compacta de Tratamento de Esgoto Composta por Reator UASB Seguido de Biofiltro Aerado Submerso**. 2017. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

BAHIA. RESOLUÇÃO CEPRAM Nº 2.288 (2000). Aprova a Norma Técnica NT 002/2000 que estabelece os padrões de lançamento para efluentes sanitários nos corpos hídricos situados na Região Metropolitana de Salvador – RMS e demais municípios do Estado da Bahia, gerados a partir da implantação de empreendimentos imobiliários habitacionais. Bahia, 2000.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de mar. 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 de mai. 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO: 24º Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2018**, p. 180. Brasília, 2019.

DECEZARO, S. T. **Nitrificação e Remoção de Matéria Orgânica Carbonácea e Sólidos de Efluente Doméstico em Wetland Construído de Fluxo Vertical**. 2016. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

DE OLIVEIRA CRUZ, L.M., GOMES, B.G.L.A., TONETTI, A.L., FIGUEIREDO, I.C.S. Using coconut husks in a full-scale decentralized wastewater treatment system: The influence of an anaerobic filter on maintenance and operational conditions of a sand filter. **Eco-logical Engineering**, v. 127, n. July 2018, p. 454–459, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.021>

DREIFUS, T. V. **Tratamento de Águas Residuárias por Alagados Construídos de Fluxo Subsuperficial Horizontal, Utilizando Vegetar (Chrysopogon Zizanioides L.): Avaliação e Desempenho de Três Leitões Distintos**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

ETCHEPARE, R. G. **Integração de Processos no Tratamento de Efluentes de Lavagem de Veículos para Reciclagem de Água**. 2012. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FAVRETTO, R. et al. Avaliação da colmatção após 15 anos de operação de um sistema híbrido de wetland construído. **Rev. Tecnol.-Lógica**, ISSN 1982-6753, v. 22, n. 1, p. 12-17, 2018. <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v22i1.10492>

FERREIRA, L. S. **Avaliação de Desempenho de Wetlands Construídos para o Tratamento de Efluente de Reator UASB: Estudo de Caso da ETE Vog Ville**. 2013. 74f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

FREITAS, M. N. **Avaliação do Start Up de Wetland Construído Vertical Descendente com Fundo Saturado Empregado no Tratamento de Esgoto Sanitário**. 2016. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

GOIÁS. DECRETO Nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979. Aprova o Regulamento da Lei nº8544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial do Estado**, Goiânia, 06 de dez. de 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabzip_esgot_san.shtm>. Acesso em 16 out. de 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Esgotamento Sanitário Inadequado e Impactos na Saúde da População**. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/esgotamento-sanitario-inadequado-e-impactos-na-saude-da-populacao>>. Acesso em 20 de nov. de 2017.

JORDÃO, E. P., PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ, Ed. ABES, 2011.

KLAUS, G. F. **Estudo de um Sistema Compacto de Tratamento de Efluentes Sanitários do Tipo Lodos Ativados**. 2012. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LIBRALATO, L., GHIRANDINI, A.V., AVEZZU, F. To Centralise or To Decentralise: An Overview of the Most Recent Trends in Wastewater Treatment Management. **Journal of Environmental Management**, v. 94, p 61-68, fev. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.010>

MACHIONI Júnior, M. A. **Remoção de Matéria Orgânica e Fosfato de Esgoto de Restaurante Universitário Via Wetland de Fluxo Vertical em Fase de Start Up**. 2016. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

MATO GROSSO DO SUL. DELIBERAÇÃO CECA/MS Nº 36, de 27 de junho de 2012. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as diretrizes, condições e pa-

- drões de lançamento de efluentes no âmbito do Estado do Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul**, Mato Grosso do Sul, 29 de junho de 2012.
- MEIRELLES, D. **Avaliação de um Protótipo de Wetland Construído para Polimento Final de Efluente Gerado em Abatedouro Bovino**. 2016. 109f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016.
- MELO, J. K. A. **Pós-Tratamento de Efluente de Reator UASB em Filtro Anaeróbio Submerso e Filtro de Areia de Fluxo Intermitente**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.
- MENDONÇA, A. A. J. d. **Avaliação de um Sistema Descentralizado de Tratamento de Esgotos Domésticos em Escala Real Composto por Tanque Séptico e Wetland Construída Híbrida**. 2015. 209 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- MICHELON, W., JUNIOR, P.R., KNOBLAUCH, P.M., DA ROSA, G.A., MASS, A.P., VERONA, L., REIMERS, M.A., ENGEL, F., FONGARO, G., VIANCELLI, A. Cladodes applied as decentralized ecotechnology to improve water quality and health in remote communities that lack sanitation. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 2, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1919-9>
- MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE; COORDENAÇÃO-GERAL DE DESENVOLVIMENTO DA EPIDEMIOLOGIA EM SERVIÇOS. **Guia de Vigilância em Saúde: volume único**. 3a edição ed. Brasília - DF: Ministério da Saúde, 2019.
- MOURA, F. N. et al. Desempenho de Sistema para Tratamento e Aproveitamento de Esgoto Doméstico em Áreas Rurais do Semiárido Brasileiro. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 1, p. 264-276, jul./set. 2011.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. Tratamento Descentralizado de Águas Residuárias Domésticas: Uma Estratégia de Inclusão Social. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013. ISBN 9788578792824. Available from SciELO Books, p. 213-232, 2013.
- PARAÍBA. NORMA TÉCNICA Nº 301 (1988). **Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos**. Paraíba, 1988.
- PARANÁ. RESOLUÇÃO SEMA Nº 021/09. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Curitiba, PR, 2009.
- QIU, T., SONG, C., ZHANG, Y., LIU, H., VOSE, J.M. Urbanization and climate change jointly shift land surface phenology in the northern mid-latitude large cities. **Remote Sensing of Environment**, v. 236, p. 111477, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111477>
- REINALDO, G. P. B. et al. **Desempenho de Sistema Decanto-Digestor com Filtro Biológico Seguido por Alagado Construído e Reator Solar no Tratamento de Esgoto Doméstico**. **Rev. Ambient. Água** [online]. ISSN 1980-993X. vol.7, n.2, p.62-74, 2012. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.723>
- RIO DE JANEIRO. DIRETRIZ-215.R-4 – Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Sanitária. Estabelece exigências de controle de poluição das águas que resultem na redução de carga orgânica biodegradável de origem sanitária, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, 08 de nov. 2007.
- RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA N ° 128/2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado**, Rio Grande do Sul, 07 de dezembro de 2006.
- RODRIGUES, E. B. **Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes: Experiências Vivenciadas numa Escola Rural no Município de Campos Novos/SC**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- ROUSSO, B. Z. **Avaliação de um Sistema Híbrido de Wetlands Construídos Empregado no Tratamento de Esgoto Sanitário**. 2017. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- SALOMÃO, A. L. d. S. **Ecosistema Engenharia no tratamento descentralizado de águas residuárias de pequenos geradores: A Engenharia Ecológica na Ilha Grande, RJ**. 2009. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.434>
- SALOMÃO, A.L.S., MARQUES, M., SEVERO, R.G., ROQUE, O.C.C. Engineered ecosystem for on-site wastewater treatment in tropical areas. **Water Science and Technology**, v. 66. n 10, p 2131-2137, 2012.
- SANTA CATARINA. LEI Nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Florianópolis, SC, 13 de abr. 2009.
- SANTOS, A. M. **Tratamento Descentralizado de Esgotos Domésticos em Sistemas Anaeróbios com Posterior Disposição do Efluente no Solo**. 2013. 83 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.
- SANTOS, A.S.P., PEREIRA, R.O., BOTTREL S.E.C., JORDÃO E.P. Aspectos Legais para Lançamento de Efluentes no Brasil. In: Congre-

so Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Monterrey, México, 2014. **Anais...**

SÃO PAULO. DECRETO Nº 8.468 de 08 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 09 de set. de 1976.

SEZERINO, P. H. **Potencialidade dos Filtros Plantados com Macrófitas (Constructed Wetlands) no Pós-Tratamento de Lagoas de Estabilização Sob Condições de Clima Subtropical**. 2006. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SILVA, M. V; BUENO, R. F. Avaliação de um Wetlands Construído Híbrido no Tratamento de Esgoto Sanitário. **Holos Environment**, São Paulo, v.15, n. 2, p. 211, ISSN: 1519-8634 (ON-LINE), 2015. <https://doi.org/10.14295/holos.v15i2.9580>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico anual de águas e esgotos**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>. Acesso em: 24 jun. de 2020.

SOUSA, T. A. T. d. **Pós-tratamento de efluente anaeróbio em lagoa de polimento**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

SOUZA, C. F. et al. Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reuso agrícola. **Rev. Ambient. Água** [online]. 2015, ISSN 1980-993X, vol.10, n.3, p.587-597, set. 2015. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1549>

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte, MG, Ed. UFMG, 2014. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1)

TESKE, F. F. **Construção de um Wetland Híbrido para Polimento de Efluente Doméstico**. 2016. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

TONON, G. **Avaliação de Lagoas de Lemnas para o Polimento de Esgoto Doméstico: Emissões de Gee e Valorização de Biomassa na Produção de Biometano**. 2016. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

TREIN, C. M. et al. Tratamento Descentralizado de Esgotos de Empreendimentos Comercial e Residencial Empregando a Ecotecnologia dos Wetlands Construídos. **Ambient. constr.** [online]. 2015, vol.15, n.4, p.351-367, out./dez. 2015. ISSN 1415-8876. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000400055>

TREIN, C. M. **Monitoramento de sistemas descentralizados de wetlands construídos de fluxo vertical aplicados no tratamento avançado de esgotos**. 2015. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

UNITED STATES, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, OFFICE OF WASTEWATER MANAGEMENT. **Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems**. 2004. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Wastewater Management, [2004], Washington, D.C., 29 p., sep. 2004.

WANG, Y. **Urban land and sustainable resource use: Unpacking the countervailing effects of urbanization on water use in China, 1990–2014**. *Land Use Policy*, v. 90, n. August 2019, p. 104307, 2020.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela MS1 - Dados dos estudos e parâmetros físico-químicos dos efluentes dos sistemas descentralizados de tratamento de esgotos domésticos selecionados a partir de uma revisão sistemática. Não consta a informação no trabalho (NC).

Referência do Sistema	Tipo de publicação	Estado	Tratamento	Tipo de Tratamento	Vazão (m ³ /dia)	pH	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	N amoniacal (mg/L)
Sezerino, 2006	Tese	Santa Catarina	Lagoa Anaeróbia + 2 lagoas facultativas + Wetland de fluxo horizontal	T2 + T3	0,83	7,06	NC	NC	17,14
Almeida et al., 2007	Artigo Científico	Goiás	Gradeamento + Tanque Séptico + Zona de raízes com fluxo Subsuperficial	P + T1 + T2	1,97	NC	0,05	2,03	44,68
Salomão, 2009*	Dissertação	Rio de Janeiro	Caixa Controladora de Vazão + Caixa de Gordura + Fossa séptica + Filtro Aerado Submerso + Decantador Secundário + Conjunto de Tanques de Macrófitas Aquáticas + Um Tanque de Algas	P + T1 + T2 + T3	1,25	7,1 - 7,3	0,22	1,2	25,8
Moura et al., 2011	Artigo Científico	Rio Grande do Norte	Tanque Séptico + Filtro Inorgânico + Reator Solar + Sumidouro	T1 + T2 + T3	0,39	6,73	NC	3,24	NC
Andrade, 2012	Dissertação	Paraíba	Reator UASB + Filtro Anaeróbio com Esponja de poliuretano + Tanque de Sinfonamento + Filtro Aeróbio Intermitente com Areia	T1 + T2	0,54	7,2	0,9	13	38
Dreifus, 2012	Dissertação	São Paulo	Peneira + Tanque séptico + Wetland de Fluxo Horizontal	P + T1 + T2	2,79	6,43	0,003	4,43	3,09
Etchepare, 2012	Dissertação	Rio Grande do Sul	Caixa de separação água-óleo + Unidade de floculação + Unidade de flotação + Filtro de areia + Cloração	P + T1 + T2 + T3	72,00	7,2	NC	NC	NC
Klaus, 2012	Trabalho de Conclusão de Curso	Santa Catarina	2 Grades + Desarenador + Peneira Rotativa + Calha Parshall + Tanque Anóxico + Tanque de Aeração	P + T2	192,00	7,2	1	30	2,4
Reinaldo et al., 2012	Artigo Científico	Rio Grande do Norte	Gradeamento + Tanque Séptico + 2 Filtros Anaeróbios + Sistema Alagado Construído + Reator Solar + sumidouro	P + T1 + T2 + T3	12,00	6,17	NC	26,83	NC
Rodrigues, 2012	Dissertação	Santa Catarina	3 tanques sépticos em série + 3 filtros anaeróbios em paralelo + zona de raízes	T1 + T2 + T3	4,75	6,6	NC	0,7	2,4
Ferreira, 2013	Dissertação	Bahia	Reator UASB + 2 Wetlands construídos com vegetações diferentes	T1 + T2	43,20	7,3	0	1,7	41,1
Melo, 2013	Dissertação	Paraíba	Reator UASB + Filtro Anaeróbio	T1 + T2	0,32	7,5	NC	NC	48
Melo, 2013	Dissertação	Paraíba	Reator UASB + Filtro de Areia	T1 + T2	0,32	6,9	6	24	9
Santos, 2013	Dissertação	Paraíba	Reator UASB + Sumidouro	T1	0,26	7,2	0,35	3,71	41,04
Santos, 2013	Dissertação	Paraíba	Tanque Séptico + Sumidouro	T1	0,28	6,6	2,73	26,19	19,22
Freitas, 2015	Trabalho de Conclusão de Curso	Santa Catarina	Tanque séptico + Wetland de fluxo vertical	T1 + T2	0,59	7,1	0,6	10,5	39,9
Mendonça, 2015	Dissertação	São Paulo	Gradeamento + Caixa de Areia + Calha Parshall + Tanque Séptico + Wetland Construída vertical de fluxo subsuperficial + Wetland Construída horizontal de fluxo subsuperficial	P + T1 + T2	0,64	7,38	0,19	1,09	41
Silva e Bueno, 2015	Artigo Científico	São Paulo	Grade + Caixa de areia + Calha parshall + Wetland construído de fluxo vertical + Wetland construído de fluxo horizontal	P + T2	0,20	NC	<0,5	<0,5	30
Sousa, 2015	Dissertação	Paraíba	1º Tanque de Equalização + UASB + Decantador Secundário + 2º Tanque de Equalização + 2 Lagoas de Polimento em paralelo	T1 + T2 + T3	0,60	8,59	0,06	1,45	3,78
Souza et al., 2015	Artigo Científico	São Paulo	Caixa de Gordura + Tanque Séptico + Tanque de microalgas + Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente + 2 Wetlands paralelas	P + T1 + T2 + T3	2,50	7,36	NC	NC	NC

continua...

Tabela MS1 - Continuação...

Referência do Sistema	Tipo de publicação	Estado	Tratamento	Tipo de Tratamento	Vazão (m³/dia)	pH	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	N amoniacal (mg/L)
Trein et al., 2015	Artigo Científico	Santa Catarina	Reator Anaeróbico Compartmentado + Wetland Construída de fluxo vertical com fundo saturado	T1 + T2	18,07	6,5	0	11	3
Trein et al., 2015	Artigo Científico	Santa Catarina	Caixa de gordura + Reator Anaeróbico Compartmentado + Wetland Construída de fluxo vertical	P + T1 + T2	12,20	6,7	0,5	9,5	73
Decezaró, 2016	Dissertação	Rio Grande do Sul	Tanque de Equalização + Vertedor + Tanque Séptico + Wetland de Fluxo Vertical	T1 + T2	1,34	7,1	2,99	20,42	24,5
Machioni Júnior, 2016	Trabalho de Conclusão de Curso	Paraná	Caixa de Gordura + Wetland construído de fluxo vertical com leito parcialmente saturado	P + T2	0,05	8,71	NC	NC	NC
Meirelles, 2016	Trabalho de Conclusão de Curso	Rio Grande do Sul	2 Peneiras em paralelo + Caixa de gordura + 2 tanques de equalização em paralelo + Calha Parshall + Lagoa Anaeróbica + 2 lagoas facultativas em série + Wetland construído de fluxo subsuperficial horizontal	P + T2 + T3	0,50	7,65	NC	NC	28,61
Teske, 2016	Trabalho de Conclusão de Curso	Rio Grande do Sul	Caixa de Gordura + Fossa Séptica + Filtro + Wetland construída de fluxo vertical + Wetland construída de fluxo horizontal	P + T1 + T2 + T3	0,35	7,49	NC	10,2	12,2
Tonon, 2016	Dissertação	Santa Catarina	Gradeamento + Caixa de gordura + 2 Tanques de estocagem + Tanque de equalização + 2 Lagoas de Macrófitas Lamenáceas em série	P + T2	0,20	6,8	0,06	0,38	1,9
Assis, 2017	Trabalho de Conclusão de Curso	Rio Grande do Norte	Gradeamento + Caixa de Areia + Caixa com vertedouros + Três câmaras com: Reator UASB + BAS + Decantador Secundário + Desinfecção com Cal Hidratada + Sumidouro	P + T1 + T2 + T3	264,00	6,57	0,01	0,012	33,24
Rouso, 2017	Dissertação	Santa Catarina	Tanque séptico + Wetland construído de fluxo vertical descendente + Wetland construído de fluxo horizontal	T1 + T2	89,71	6,71	0,02	19,4	6,64
Favretto et al., 2018	Artigo Científico	Santa Catarina	Tanque Séptico + Wetland construído de fluxo vertical + Wetland construído de fluxo horizontal	T1 + T2	9,5	6,3	0,03	19,57	5,5

*Carga Orgânica Bruta do Sistema do Salomão (2009): 0,22 Kg de DBO/dia

Tabela MS2 - Dados dos estudos e parâmetros físico-químicos dos efluentes dos sistemas descentralizados de tratamento de esgotos domésticos selecionados a partir de uma revisão sistemática. Não consta a informação no trabalho (NC).

Referência do Sistema	Fósforo (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Eficiência DBO5 (%)	DQO (mg/L)	Eficiência DQO (%)	SSD (mL/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	Óleos e Graxas (mg/L)
Sezerino, 2006	5,47	42,29	81,61	55,76	86,82	NC	12,13	NC	NC
Almeida et al., 2007	3,18*	18,35	87,55	77,39	86	NC	NC	NC	NC
Salomão, 2009	17	10,9	95,7	19	96,7	0	60	377	0,19
Moura et al., 2011	2,98	66,91	73,1	107,13	76,68	NC	45,4	657	6,8
Andrade, 2012	6,2	NC	NC	78	78,9	NC	12	NC	NC
Dreifus, 2012	0,81	19,1	88,06	10	95,26	NC	NC	NC	NC
Etchepare, 2012	0,4	42	42	109	42	NC	10	NC	16
Klaus, 2012	NC	58	81,4	NC	NC	0,1	NC	NC	NC
Reinaldo et al., 2012	13,18	72,15	60,3	138,54	69,8	NC	25	452	3,33
Rodrigues, 2012	1,5	25,6	72,1	58,5	77,4	NC	NC	NC	NC
Ferreira, 2013	8,5	NC	NC	72,6	69	NC	12,2	420,7	NC
Melo, 2013	4,7	NC	NC	123	72,48	NC	26	NC	NC
Melo, 2013	4,6	NC	NC	93	79,19	NC	28	NC	NC
Santos, 2013	5,58	NC	NC	110	74,42	NC	27	708	NC
Santos, 2013	5,39	NC	NC	82	80,93	NC	31	744	NC
Freitas, 2015	3,7*	27,6	91,2	96,2	87,3	NC	5,6	NC	NC
Mendonça, 2015	4,3	18	96	54	90	0,1	23	457	3,2
Silva e Bueno, 2015	1,8	NC	NC	93	86	NC	12	NC	NC
Sousa, 2015	3,38	NC	NC	185	62,17	NC	48	1217	NC
Souza et al., 2015	14	11,36	93,3	30,52	95	NC	NC	NC	NC
Trein et al., 2015	1*	5	97	18	93	NC	3	303	NC
Trein et al., 2015	16*	48	87,7	179	76,42	NC	23	502	NC
Decezaró, 2016	5,8*	59	78,31	135,55	76,74	NC	50,49	620,07	NC
Machioni Júnior, 2016	0,8*	NC	NC	18	97,29	NC	6,88	518,19	NC
Meirelles, 2016	18,3	29,2	61,49	171,07	44,7	NC	NC	NC	NC
Teske, 2016	5,03	15	65,1	76,1	57,8	NC	57	185	NC
Tonon, 2016	0,6	10,1	84,1	30,7	71,7	NC	3,6	NC	NC
Assis, 2017	0,68	131,9	68,63	306,06	50,76	NC	74	656	1,67
Rouso, 2017	1,04	NC	NC	12	97,95	NC	0,004	NC	NC
Favretto et al., 2018	5,4*	NC	NC	65,6	89,9	NC	0	NC	NC