

TRABALHO FINAL DE ESPECIALIZAÇÃO

ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

POTENCIALIDADES DO REÚSO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO EM
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

ADRIANO DE FREITAS

Montes Claros
2024

ADRIANO DE FREITAS

POTENCIALIDADES DO REUSO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO EM
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

Trabalho Final de Especialização apresentado
ao Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial para obtenção do título de
especialista em Recursos Hídricos e
Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Ferreira da Silva

Montes Claros, MG
2024

F862p
2024

Freitas, Adriano de.

Potencialidades do reúso de esgoto doméstico tratado em estação de tratamento de esgoto (etc) [manuscrito] / Adriano de Freitas. Montes Claros, 2024.

53 f.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Júlia Ferreira da Silva.

Banca examinadora: Júlia Ferreira da Silva, Edson de Oliveira Vieira, Marilda Teixeira Mendes.

Inclui referências: f. 46-48.

1. Águas residuais - Purificação - Teses. 2. Abastecimento de água - Teses. 3. Esgotos - Teses. I. Silva, Júlia Ferreira da. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 628.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

POTENCIALIDADES DO REUSO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

ADRIANO DE FREITAS

Trabalho Final de Curso de Especialização (TFCE) submetido à Comissão de Avaliação designada pela Comissão de Coordenação do curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

TFCE aprovado em primeiro de agosto de 2024 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:

Júlia Ferreira da Silva
Orientadora - ICA/UFMG

Edson de Oliveira Vieira
Avaliador - ICA/UFMG

Marilda Teixeira Mendes
Avaliadora - ICA/UFMG

Montes Claros, data da assinatura eletrônica.

Dalton Rocha Pereira
Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Rocha Pereira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 09/08/2024, às 15:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3449599** e o código CRC **3B547458**.

RESUMO

Minas Gerais é um estado muito privilegiado por englobar quatro regiões hidrográficas importantes: São Francisco, Paraná, Atlântico Leste e Atlântico Sudeste. Com isso tem uma atribuição importante na gestão de recursos hídricos do país. Observa-se que o uso inadequado desses recursos hídricos tem contribuído para a sua escassez. Com isso, a prática do reúso de efluente tratado se enquadra como possibilidade de mitigar a escassez de água, principalmente na agricultura, um dos setores que mais consomem água captada em mananciais. Diante disto, o objetivo da presente pesquisa foi realizar uma revisão sobre as possibilidades do reúso de esgoto doméstico tratado em estação de tratamento de esgoto (ETE). O trabalho se baseou em pesquisas bibliográficas, na busca por dados sobre parâmetros, padrões e diretrizes para o lançamento e reúso de efluentes conforme legislação vigente. Para isto foram utilizados critérios de seleção como legislações federais, estaduais e municipais sobre o reúso, além de artigos que tratavam sobre experiências de outros autores. Para se beneficiar desse produto e poder implantar os sistemas de reúso, o produtor deverá obter o cadastro junto ao órgão responsável – Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e o efluente para reúso precisa estar em conformidade com a Deliberação Normativa -DN CERH-MG Nº 65/2020, que regulamenta o reúso direto de água não potável proveniente de ETEs de sistemas públicos e privados. Ainda devem ser averiguados os tipos de tratamento utilizados nas ETEs e as legislações apropriadas, tanto municipais, quanto estaduais e federais, que deverão ser seguidas para a prática do reúso do efluente tratado. Conclui-se que o efluente tratado em ETE pode ser destinado para água de reúso em atividades urbanas, ambientais, agrossilvipastoris e industriais, desde que esteja em conformidade com a legislação, e este reúso representar um caminho para mitigar os impactos ambientais e a escassez hídrica causados aos corpos d'água.

Palavras-chave: Efluente doméstico. Água residuária. Escassez hídrica.

ABSTRACT

Minas Gerais is a very privileged state, encompassing four important hydrographic regions: São Francisco, Paraná, East Atlantic and Southeast Atlantic. As such, it has an important role in the management of the country's water resources. It should be noted that the inappropriate use of these water resources has contributed to their scarcity. Therefore, the practice of reusing treated effluent is considered a possibility to mitigate water scarcity, especially in agriculture, one of the sectors that consumes the most water collected from springs. In the face of this scenario, the objective of this research was to conduct a review on the possibilities of reusing domestic sewage treated in the sewage treatment plants (STPs). The work is based on bibliographic research, in the search for data on parameters, standards and guidelines for the release and reuse of effluents, according to the current legislation. For such, selection criteria such as federal, state and municipal legislation on reuse were used, in addition to articles that dealt with the experiences of other authors. To benefit from this product and be able to implement reuse systems, the producer must register with the responsible agency – Minas Gerais Institute of Water Management (IGAM) and the effluent for reuse must comply with the Normative Deliberation – DN CERH-MG No. 65/2020, which regulates the direct reuse of non-potable water from public and private STPs. The types of treatment used in STPs and the proper municipal, state and federal legislation that must be followed for the reuse of treated effluent must also be investigated. It is concluded that the effluent treated in the STPs can be used for reuse in urban, environmental, agroforestry and industrial activities, as long as it complies with the legislation, and this reuse represents a way to mitigate environmental impacts and water scarcity caused to bodies of water.

Keywords: Domestic effluent. Wastewater. Water scarcity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Quantitativo da área ocupada por tipologia de massa d'água no Brasil.....	14
Figura 2	Estimativa de água retirada por finalidade no Brasil, em 2022	15
Figura 3	Soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas de esgotos	20
Figura 4	Sistema de Fossa Séptica Biodigestora.....	22
Figura 5	Sistema de Fossa Séptica Rudimentar.	22
Figura 6	Lançamento de efluente em vala a céu aberto	22
Figura 7	Lançamento de efluente em cursos d'água.	23
Figura 8	Organização simplificada das etapas do tratamento de esgoto	26
Figura 9	Estimativa do potencial de reúso no curto e no médio prazo por região geográfica, considerando somente efluente sanitário.	32
Figura 10	Visualização da rede hidrográfica, localização das ETES regionais e área urbana de Montes Claros, MG	39
Figura 11	Localização geográfica da ETE Vieira e localização da ETE Vieira em Montes Claros, MG.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Valores limites dos parâmetros para efluente tratado nas águas superficiais, de acordo com as classes de lançamento	18
Tabela 02	Características específicas dos esgotos domésticos	19
Tabela 03	Resultados das análises realizadas na ETE Vieira em Montes Claros, MG de agosto de 2019 a abril de 2020	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Níveis de tratamento de efluente sanitário.....	25
Quadro 02	Principais sistemas de tratamento de efluentes domésticos a nível secundário: lagoa de estabilização	27
Quadro 03	Principais sistemas de tratamento de efluentes domésticos a nível secundário: disposição no solo e sistemas alagados	28
Quadro 04	Principais sistemas de tratamento de efluentes domésticos a nível secundário: sistemas anaeróbios, lodos ativados, reatores aeróbios com biofilme	29
Quadro 05	Principais sistemas de tratamento de efluentes domésticos a nível secundário: sistemas anaeróbios	30
Quadro 06	Frequência mínima de monitoramento da água para reúso	34
Quadro 07	Recomendações de cultivo para o reúso agrícola irrestrito.....	35
Quadro 08	Critérios de qualidade do efluente para reúso agrícola irrestrito	36
Quadro 09	Recomendações de cultivo para o reúso agrícola restrito.....	37
Quadro 10	Padrões de qualidade microbiológica para reúso na modalidade agrossilvipastoril	38
Quadro 11	Descrição técnico operacional do sistema de esgoto sanitário da ETE Vieira, Montes Claros, MG.	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho de Proteção Ambiental
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
DN	Deliberação Normativa
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
RAS	Razão de adsorção de sódio
SEI	Sistema Eletrônico de Informações
SES	Sistema Esgotamento Sanitário
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 METODOLOGIA	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Reserva de água no mundo	13
3.2 Quantitativo da água no Brasil	13
3.3 Uso de água no Brasil	14
3.4 Poluição das águas	14
3.5 Padrões de qualidade dos corpos receptores e de lançamento de efluente	16
3.6. Tipos de Esgotos	18
3.6.1 Esgoto sanitário	18
3.6.1.1 Solução de esgotamento sanitário	19
3.6.1.2 Panorama do efluente sanitário no Brasil.....	21
3.6.1.3 Processos e sistemas de tratamento de efluente sanitário	24
3.6.1.4 Níveis de tratamento de efluentes sanitários.....	24
3.6.1.5 Principais sistemas de tratamento de efluente doméstico	26
3.7 Reuso do esgoto sanitário.....	31
3.8 Regulamentação sobre reuso de esgoto sanitário	33
3.9 Reúso Agrícola	34
3.10 Estação de tratamento de Esgoto (ETE) de Montes Claros, MG	38
3.11 Eficiência da ETE Vieira em Montes Claros, MG, relacionada aos parâmetros da DN COPAM 02/2022	40
3.12 Situação do cadastro no órgão ambiental (IGAM) de empresas que disponibilizam efluente para reúso em Montes Claros, MG	42
4 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém grandes reservas hídricas superficiais e grandes reservatórios de água subterrânea, como o Aquífero SAGA (aquífero grande amazônico), não deixando de mencionar as áreas úmidas como as Bacias hidrográficas amazônica e pantaneira.

Mesmo com todo esse potencial hídrico, os dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2023), mostram que aproximadamente 32,1 milhões de pessoas, cerca de 15 % da população, ainda não têm acesso à água de boa qualidade no Brasil, uma vez que, da população estimada em 2022, de 203,1 milhões de habitantes, o índice de atendimento total de água chegou a 171 milhões de habitantes, contabilizando ainda o prejuízo de 37,8 % que o sistema de abastecimento de água potável possui por perdas durante a distribuição.

Diversas regiões do Brasil sofrem com a carência da água, que pode estar relacionada com problemas relativos à sua qualidade, implicando em uma alternativa potencial à racionalização e ao reúso desse bem natural.

De acordo com a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), irrigação, abastecimento urbano e indústria representaram aproximadamente 84% do volume de água retirada no Brasil, sendo a atividade de irrigação a maior consumidora, representando 50,5 % do consumo hídrico (ANA, 2024).

Os desequilíbrios regionais presentes na infraestrutura de saneamento ficam explícitos e fazem da universalização e da melhoria dos serviços de tratamento de água, esgotamento sanitário, limpeza e drenagem urbana uma meta a ser atingida pelo Estado e pela sociedade. Além disso, sabe-se que são de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios articular projetos para construção de moradias, melhoria das condições habitacionais, abastecimento de água potável e saneamento básico, que representam alguns dos direitos fundamentais dos cidadãos, para manter a saúde e a preservação do meio ambiente (ANA, 2021).

Em se tratando do tratamento do esgoto gerado no país, de acordo com o SNIS (2023), a população atendida é de 112,8 milhões de habitantes, o que representa 56,0% da população, estando a região sudeste com a maior porcentagem de atendimento, de 80,9 %, seguida da região centro-oeste, com 62,3 %; região sul com

49,7 % de atendimento; região nordeste com 31,4 % e a região norte com a menor porcentagem, de 14,7% de atendimento.

Estudos realizados pela ANA (2024) apontam grande evolução da demanda por água e, como consequência, esse fato pode implicar em grandes volumes de águas servidas e ocasionar danos à saúde humana e aos corpos receptores. Apontam ainda que o esgoto *in natura* danifica a qualidade da água e interfere na biota aquática de mais ou menos 110 mil quilômetros dos rios brasileiros que recebem os produtos.

Entretanto, existe a possibilidade de reúso da água residuária em atividades do sistema agrossilvipastoril, usos urbanos, ambientais e industriais, o que pode mitigar a escassez hídrica e a integridade dos seres humanos e dos corpos receptores.

Diante disto, o objetivo da presente pesquisa foi realizar uma revisão sobre as possibilidades do reúso de esgoto doméstico tratado em estação de tratamento de esgoto (ETE), usando o exemplo do efluente da ETE do rio Vieira para reutilização nas modalidades do reúso.

2 METODOLOGIA

Neste estudo o método utilizado foi o de revisão bibliográfica por meio de uma abordagem qualitativa e descritiva, pautando-se na busca de estudos pesquisados em fontes de informação científica, tais como artigos científicos, revistas, jornais, legislações pertinentes e dissertações e monografias para detalhamento sobre o tema. Os critérios utilizados para seleção das bibliografias foram as legislações federais, estaduais e municipais que tratam sobre o reúso, principalmente legislação do estado de Minas Gerais. E os trabalhos buscados foram para elucidar o uso da legislação e os desafios encontrados para a utilização da água de reúso. As fontes utilizadas neste trabalho foram avaliadas criticamente de acordo com a qualidade, a relevância e a validade dos dados inseridos.

As pesquisas bibliográficas realizadas buscavam:

- ✓ parâmetros, padrões e diretrizes para o lançamento e reúso de efluentes conforme legislação vigente
- ✓ dados secundários dos resultados de análises do efluente da ETE Montes Claros, MG disponíveis no Relatório de fiscalização operacional nº 125/2020 da Arsae-MG.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Reserva de água no mundo

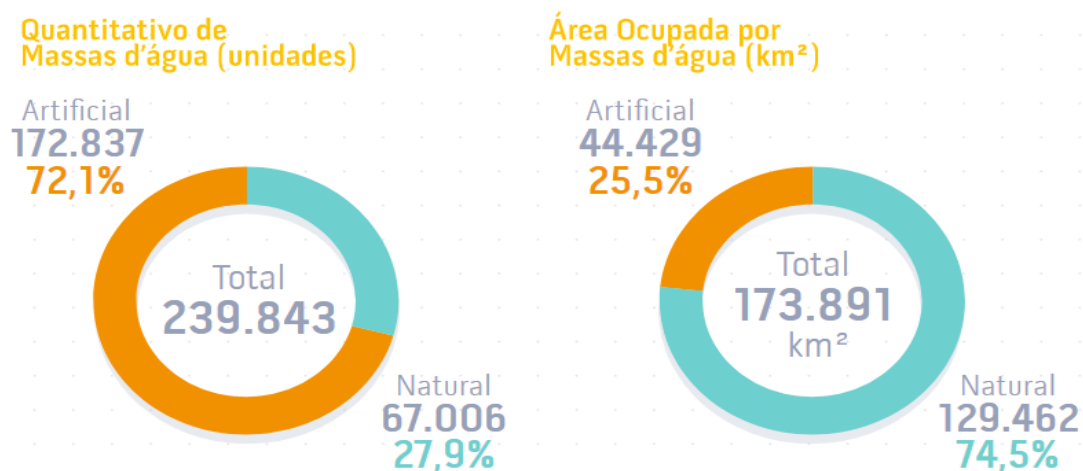
Estima-se que 97,5% da água presente no globo é salgada, imprópria para o consumo e 2,5 % é de água doce, das quais 69 % têm acesso restrito, presente nas geleiras, 30 % são águas subterrâneas e 1% encontra-se nos rios e lagos. No Brasil encontra-se 12% da água doce, a qual não é homogênea. Na região norte concentra-se 80%, mas apenas 5% são utilizadas pela população. Nas regiões próximas ao oceano Atlântico está 45% da população, mas apenas 3% utilizam os recursos hídricos (ANA, 2024).

3.2 Quantitativo da água no Brasil

As massas d'água compreendem corpos d'água representados por lagos, lagoas, reservatórios e açudes, sem sentido de fluxo definido, ou segmentos de rios, entre outros corpos d'água existentes na superfície terrestre. O Brasil detém um somatório de 239.843 massas d'água, que ocupa uma área equivalente a 173.891 km². Desse quantitativo 27,9% são de origem natural, e ocupam uma área de 129.462 km² e a outra fração, de 72,1% é de origem artificial e com área de 44.429 km² (ANA, 2024), que corresponde aos reservatórios artificiais (Figura 1), como as barragens, que têm como finalidade a retenção de volume de água para diversos usos como: geração de energia elétrica, aquicultura, abastecimento público, irrigação, dentre outros.

A precipitação média anual do Brasil gira em torno de 1.760 mm, mas considerando as dimensões continentais, o quantitativo anual das chuvas pode variar de menos de 500 mm na região semiárida do Nordeste, a mais de 3.000 mm na região Amazônica. Em média, escoam 260 mil m³ s⁻¹ de água no território brasileiro e a disponibilidade hídrica superficial no Brasil é em torno de 78.600 m³s⁻¹ ou 30 % da vazão média, sendo que 65.617 m³ s⁻¹ correspondem à contribuição da bacia amazônica ao total do País, onde vive a menor parte da população e onde a demanda de água é menor (ANA, 2024).

Figura 1. Quantitativo de área ocupada por tipologia de massa d'água no Brasil



Fonte: Ana (2024)

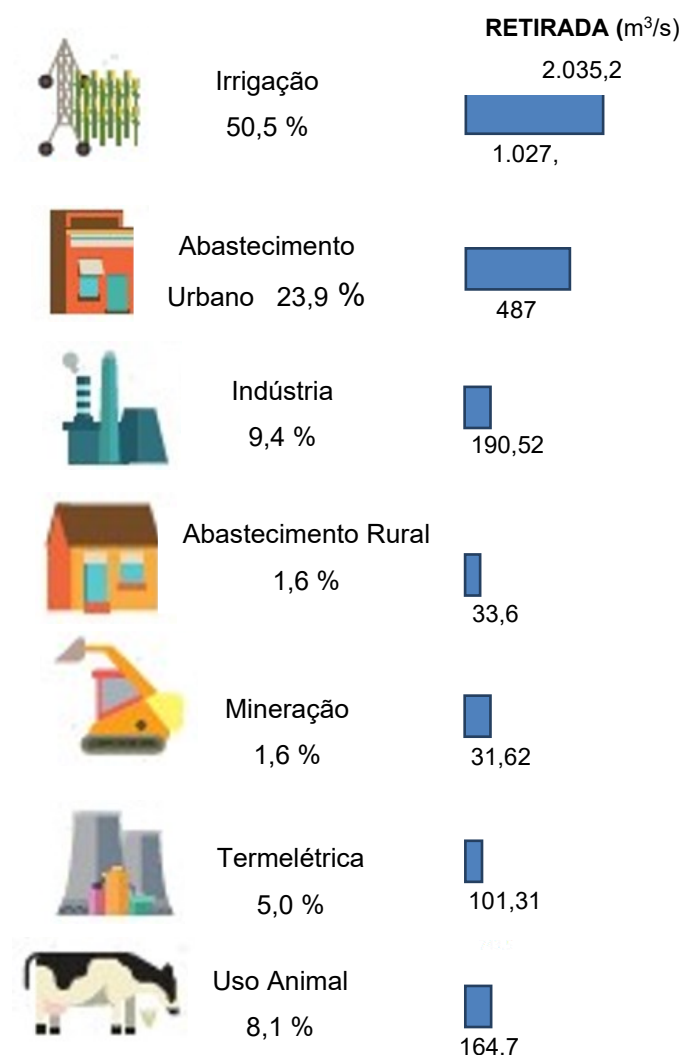
3.3 - Usos da água no Brasil

A água que beneficia a irrigação, abastecimento humano (urbano e rural) abastecimento animal, indústria, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, recreação e lazer pode ser classificada em retirada, consumo e retorno (ANA, 2024; ANA, 2019), sendo:

- ✓ Retirada: total de água captada para utilização;
- ✓ Consumo: água retirada que não retorna diretamente aos corpos hídricos;
- ✓ Retorno: fração de água retirada para uma finalidade de uso que retorna aos corpos hídricos após a utilização;

A demanda pelo uso de água no Brasil cresce continuamente, somando cerca de 83 % do total retirado (Figura 2). A estimativa representa um aumento de 30 % na retirada entre 2022 e 2040. Sabe-se, ainda, que toda essa evolução é consequência direta do desenvolvimento econômico e do processo de urbanização do país (ANA, 2024).

Figura 2. Estimativa de água retirada por finalidade no Brasil, em 2022



Fonte: Adaptado de ANA 2024

3.4 Poluição das águas

Com a evolução da urbanização, da agricultura e da economia, o meio ambiente foi cada vez mais explorado de forma inconsciente, tendo como consequência a degradação dos corpos hídricos. Von Sperling (2014) define poluição das águas como “despejo de substâncias ou de forma de energia que, direta ou indiretamente possa interferir nas características físico-químicas dos corpos hídricos.”

É de fundamental importância que todos os brasileiros saibam que a Lei Nº 6938 de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente lista no Artigo 3º, inciso III, o significado de poluição, *in verbis*:

Art. 3º- Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

3.5 Padrões de qualidade dos corpos receptores e de lançamento de efluentes

Conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, e a Deliberação Normativa (DN) do Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais – COPAM/CERH/MG nº 08 de 21 de novembro de 2022 e a Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de Maio de 2011, as águas são classificadas segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, e onde há lançamento de efluentes, não poderá haver comprometimento das características do seu enquadramento (Brasil, 2005; COPAM, 2022; Brasil, 2011).

Também pode ser observado no Artigo 3º da Resolução Conama nº 357/2005, que as águas doces, salobras e salinas do território nacional são classificadas de acordo com a qualidade solicitada para os seus usos preponderantes, em 13 classes de qualidade. As águas de pior qualidade podem ser utilizadas em uso com menor exigência, desde que não comprometa a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes (Brasil, 2005).

As classes de água que podem ser destinadas à irrigação, segundo a Resolução CONAMA 357/2005 são:

Água doce classe 1: irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e ingeridas cruas sem remoção de película.

Água salobra classe 1: irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e ingeridas cruas sem remoção de película; e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e de lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Água doce classe 2: irrigação de hortaliças, de plantas frutíferas e parques, jardins, campos de esporte e de lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Água doce classe 3: irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras (Brasil, 2005).

Após o consumo da água potável tem-se como produto o esgoto, ou efluente doméstico, que está diretamente associado à população urbana e que, por sua vez,

ocorrem em maior quantidade nas capitais, em função da disponibilidade de serviços, infraestrutura, logística e outros elementos que privilegiam o desenvolvimento de todos os tipos de atividades nessas regiões. Contudo, a sua geração é diretamente proporcional ao contingente populacional e cultura local, portanto, é natural que as capitais e principais aglomerados urbanos do país concentrem a maior quantidade dos esgotos gerados (ANA, 2024)

A disposição direta dos esgotos dos sistemas de tratamento de esgoto doméstico, de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011, deverá ser de acordo com as determinadas condições e padrões para o lançamento:

- a) pH entre 5 e 9;
- b) temperatura inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis até 1 ml/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máxima de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;
- e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- f) ausência de materiais flutuantes (Brasil, 2011).

A norma brasileira NBR n° 13.969 de 30 de outubro de 1997, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, já colocava o reuso como opção para os usuários dos sistemas de tratamento de efluente doméstico em tanques sépticos, usados como unidade preliminar para a disposição final. Essa norma também estabelece padrões de qualidade de acordo com as classes de reuso definidas, como mostrado na Tabela 1. É bom ressaltar que, caso não haja norma específica referente à qualidade da água, as agências reguladoras podem exigir que os parâmetros da ABNT sejam observados.

Tabela 1. Valores limites dos parâmetros para efluente tratado nas águas superficiais, de acordo com as classes de lançamento

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Temperatura (°C)	< 40	< 40	< 40	< 40
PH	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9
DBO _{5,20} (mg L ⁻¹)	< 20	< 30	< 50	< 60
DQO (mg L ⁻¹)	< 50	< 75	< 125	<150
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	> 2	> 2	> 2	> 2
Sólidos sedimentáveis (mg L ⁻¹)	< 0,1	< 0,1	< 0,5	< 1
SNF totais (mg L ⁻¹)	< 20	< 20	< 50	< 60
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	< 5	< 5	< 5	< 5
Nitrato - N (mg L ⁻¹)	< 20	< 20	< 20	< 20
Fosfato (mg L ⁻¹)	< 1	< 1	< 2	< 5
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	< 1000	< 1000	< 500	< 1000
Óleo e graxas (mg L ⁻¹)	< 30	< 30	< 10	< 50

Fonte: (ABNT, 1997)

3.6 Tipos de Esgotos

Segundo Jordão e Pessoa (2011) os esgotos podem ser classificados, de acordo com sua origem, em doméstico ou industrial. O esgoto doméstico é proveniente das residências, comércio, repartições públicas e outros, podendo ser composto de materiais orgânicos presentes no efluente gerado por atividades domésticas. O esgoto industrial tem características diversificadas, de acordo com a utilização da água nos processos industriais e suas propriedades podem diversificar qualitativamente e quantitativamente, de acordo com a sua produção.

3.6.1 Esgoto sanitário

A evolução demográfica, econômica e tecnológica proporciona grande expansão do consumismo de água. Com as séries de usos humanos, a água pode incorporar inúmeros compostos que interferem nas suas características físico-químicas e biológicas, mesmo que estando em seu estado líquido, dessa forma, ela passa a ser chamada de águas servidas ou esgoto sanitário (Funasa, 2019).

As principais composições do esgoto sanitário são: fezes e urina humana, águas cinzas, preparativos de alimentação, manutenções pessoais e domésticos, dentre outras variedades orgânicas e inorgânicas e biológicos, conforme especificações expressas na Tabela 2 (Metcalf; Eddy, 2016).

Tabela 2. Características específicas dos esgotos domésticos

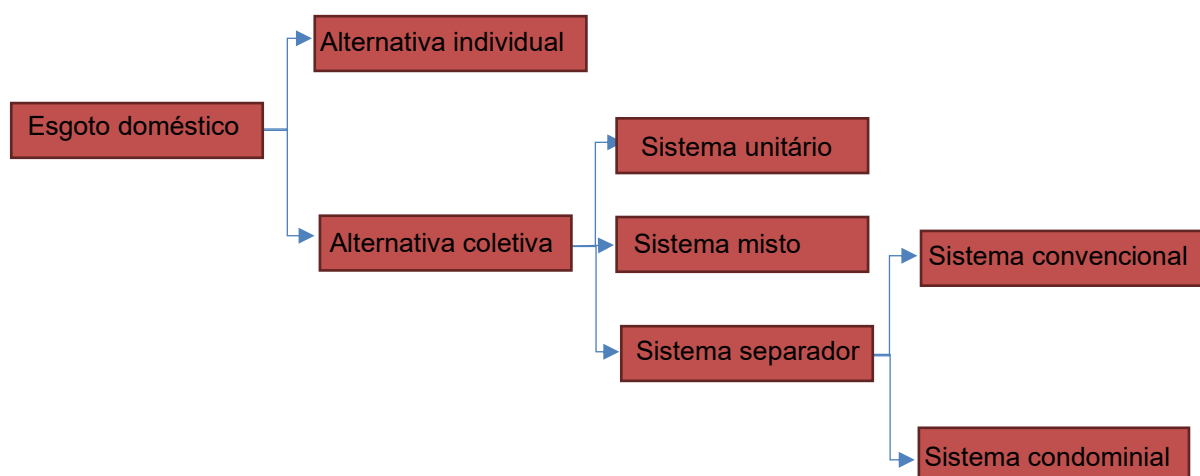
Parâmetros		Esgoto Forte	Esgoto Médio	Esgoto Fraco
Químicos	DQO (mg L ⁻¹)	800	400	200
	DBO _{5,20} (mg L ⁻¹)	400	200	100
	OD (mg L ⁻¹)	0	0	0
	Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	85	40	20
	Nitrogênio orgânico (mg L ⁻¹)	35	20	10
	Amônia livre (mg L ⁻¹)	50	20	10
	Nitrito (mg L ⁻¹)	0,10	0,05	0
	Nitratos (mg L ⁻¹)	0,40	0,20	0,10
	Fósforo total (mg L ⁻¹)	20	10	5
	Fósforo orgânico (mg L ⁻¹)	7	4	2
	Fósforo inorgânico (mg L ⁻¹)	13	6	3
Físicos	ST (mg L ⁻¹)	1160	730	370
	SST (mg L ⁻¹)	360	230	120
Biológicos	Coliformes Totais (NMP ml ⁻¹)	10 ⁶ a 10 ⁹		
	<i>E. coli</i> (EC g fezes ⁻¹)	10 ⁶ a 10 ⁹		
	Helminhos (ovos 100mL ⁻¹)	10 ¹ a 10 ³		
	Protozoários (cistos 100mL ⁻¹)	10 ² a 10 ⁴		
DQO: demanda química de oxigênio; ST: sólidos totais; DBO _{5,20} : demanda bioquímica de oxigênio no 5º dia a 20 °C; SST: sólidos suspenso totais; <i>E. coli</i> : Escherichia coli				

Fonte: Adaptado de Jordão e Pessoa (2011)

3.6.1.1 Soluções de esgotamento sanitário

As opções técnicas para evitar o contato direto do esgoto sanitário com as pessoas, em relação ao tratamento e à sua disposição final é amplo e seguro. As soluções podem ser divididas em soluções individuais e soluções coletivas, como ilustrado na Figura 3 (Barros, 1995; Funasa, 2019).

Figura 3. Soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas de esgotos



Fonte: Adaptado de Funasa, 2019.

As soluções individuais presumem sistema local habitualmente utilizado para atender residência unifamiliar e pode atender algumas residências nas suas proximidades; esta solução compreende o lançamento de excretas em fossas secas ou similares (Von Sperling, 2014).

A solução coletiva é recomendada para região com densidade populacional mais elevada. Este sistema é composto de canalizações que recolhem o lançamento de efluentes domésticos conduzindo-os para os devidos tratamentos (Von Sperling, 2014)

Os sistemas de esgotos domésticos podem ser separados em: unitário, misto, separador convencional e separador condominial (Funasa, 2019):

- ✓ Unitário: efluente doméstico, águas pluviais, eventuais despejos industriais e águas de infiltrações são coletados e transportados numa única rede coletora;
- ✓ Misto: as redes coletoras são dimensionadas para recolher o efluente e uma fração das águas pluviais e conduzi-las para a destinação final;
- ✓ Separador convencional: os efluentes domésticos são recolhidos e conduzidos em redes independentes da rede de águas pluviais.
- ✓ Separador condominial: normalmente é utilizado onde há dificuldades de execução de redes ou ramais domiciliares, sendo valorizadas a flexibilidade no serviço e a economia na obra, em virtude das pequenas dimensões e à

profundidade da rede coletora que recebe as interligações das edificações atendidas.

3.6.1.2 Panorama do efluente sanitário no Brasil

O cenário do esgotamento sanitário no Brasil mostra que, no ano de 2022, 56% da população foi atendida com rede pública de esgoto, porém, do total de esgoto coletado, 81,6 % foram tratados e, do total de esgoto gerado apenas 52,2 % foram tratados (SNIS, 2023).

O diagnóstico Temático – Serviços de água e esgoto, ano de referência 2022 (Brasil, 2023), aponta um total de 5.150 municípios com informações de serviços públicos de esgotamento sanitário (92,5 % dos 5.570 municípios do país). Desse total, 2.902 municípios (56, 3%) contam com sistemas públicos de esgotamento sanitário e em 2.248 municípios (43,7%) são utilizadas soluções alternativas como: fossa séptica, fossa rudimentar, vala a céu aberto e lançamento em cursos d'água (Figuras 4-7).

Os serviços são executados por 3.717 prestadores de serviços, assim distribuídos (Brasil, 2023):

- Administração Direta – 3.063
- Autarquia – 475
- Sociedades de economia mista – 30
- Empresa pública – 5
- Empresa privada – 135
- Organização social - 9

Figura 4. Sistema de fossa séptica Biodigestora



Fonte: Globo Rural, Foto Hernandez, 2021.

Figura 5. Sistema de Fossa Rudimentar



Fonte: IBGE 2024, Foto Costa Leste News.

Figura 6. Lançamento de efluente em vala a céu aberto.



Fonte: Monitor Mercantil 2021, Foto Marcelo Camargo.

Figura 7. Lançamento de efluente em curso d'água



Fonte: G1 o Globo, 2019. Foto Luís Carlos Gusmão.

3.6.1.3 Processos e sistemas de tratamento de efluente sanitário

Geralmente os processos de tratamento de efluente sanitário gerado nos centros urbanos têm três finalidade básicas: higiênico, social e econômico (Nuvolari, 2011), sendo:

- ✓ No viés higiênico, tem finalidade controlar e prevenir as doenças relacionadas à veiculação hídrica;
- ✓ Do ponto de vista social, o propósito é o avanço na qualidade de vida da população;
- ✓ Sob o aspecto econômico, abrange as questões que influenciam o aumento da produtividade em geral.

A composição de tratamento de esgoto sanitário compreende unidades de tratamento, as quais se agrupam em operações unitárias, ou processos unitários, com finalidade de remoção de substâncias indesejáveis, ou para modificação de tais substâncias em outras menos nocivas ao meio ambiente; frequentemente adotam-se as seguintes definições das operações unitárias (Jordão; Pessoa, 2011):

- ✓ Operações físicas unitárias: São processos de tratamento de esgoto nos quais há ocorrência dos fenômenos físicos de um sistema para remoção dos materiais sólidos grosseiros, sedimentáveis e flutuantes (ex.: gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação, filtração).
- ✓ Processos químicos unitários: São processos de tratamento nos quais há necessidade da utilização de produtos químicos para remover ou converter os poluentes em estado sólido para ser removido da solução (ex.: precipitação, desinfecção, elutriação e oxidação química).
- ✓ Processos biológicos unitários: Processos de tratamento os quais dependem da ação dos microrganismos presentes no esgoto para remoção dos poluentes (ex.: Oxidação biológica e Digestão).

3.6.1.4 Níveis de tratamento de efluentes sanitários

Como o tratamento do efluente sanitário e a tecnologia a ser utilizada para fins de reuso podem alterar conforme a qualidade da água exigida para a modalidade de reuso a ser empregada, na definição de projetos economicamente sustentáveis, a

tecnologia ou concepção da planta pode ser classificada como: preliminar, primário, secundário e terciário, incluindo o sistema de tratamento de resíduos sólidos, conforme mostrado na Quadro 1 (Interáguas, 2018).

Quadro 1. Níveis de Tratamento de efluente sanitário

Nível do tratamento	Descrição do tratamento (adaptado de METCALF & EDDY 2016, p.12)	Exemplos de Processos Associados ao Nível de Tratamento	Estimativa de Remoção Esperada %		
			DBO e Amônia	Nutrientes	Sólidos Suspensos Totais (SST)
Primário	Remoção parcial dos sólidos suspensos e matéria orgânica	- Tanques de sedimentação; - Tanque <i>Imhoff</i> ; - Fossas sépticas	25-50 DBO Não remove Amônia	Não remove	40-70
Secundário	Remoção de matéria orgânica biodegradável (em solução ou suspensão) e sólidos suspenso, sem nitrificação desinfecção pode ou não estar incluída.	- Lagoas de estabilização; - Reatores UASB - Filtros biológicos - Lodo ativado (Convencional)	80-95 DBO Não remove Amônia	Não remove	65-95
Secundário avançado	Remoção de matéria orgânica biodegradável, nitrificação e desnitrificação, sólidos suspensos, e nutrientes (nitrogênio, fósforo ou ambos). Desinfecção pode ou não estar incluída.	Lodo ativado (para nitrificação e remoção de nutrientes) MBR ⁽²⁾	80-95 DBO >90 Amônia	Remove Parcialmente >95	>95
Terciário	Remoção de sólidos suspensos residuais (após tratamento secundário ou secundário avançado). Remoção de nutrientes está em geral incluída. Desinfecção pode ou não estar incluída.	Lagoas de maturação Filtração granular, por outros meios Wetlands	>95 DBO >90 Amônia ⁽¹⁾	>95 ⁽¹⁾	99
Avançado	Remoção de materiais suspensos ou dissolvidos que permanecem no efluente após tratamento biológico (secundário avançado). Desinfecção necessária.	Filtração biológica com ozônio Filtros de carvão ativado Nano filtração/Osmose reversa UVAOP	Remoção significativa de traços orgânicos >95 DBO >90 Amônia ⁽¹⁾	>95 ⁽¹⁾	99 (Para remoções significativas de patógenos)

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; MBR: Biorreatores de Membranas; UASB = Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor; UVAOP = Ultraviolet Advanced Oxidation Process.

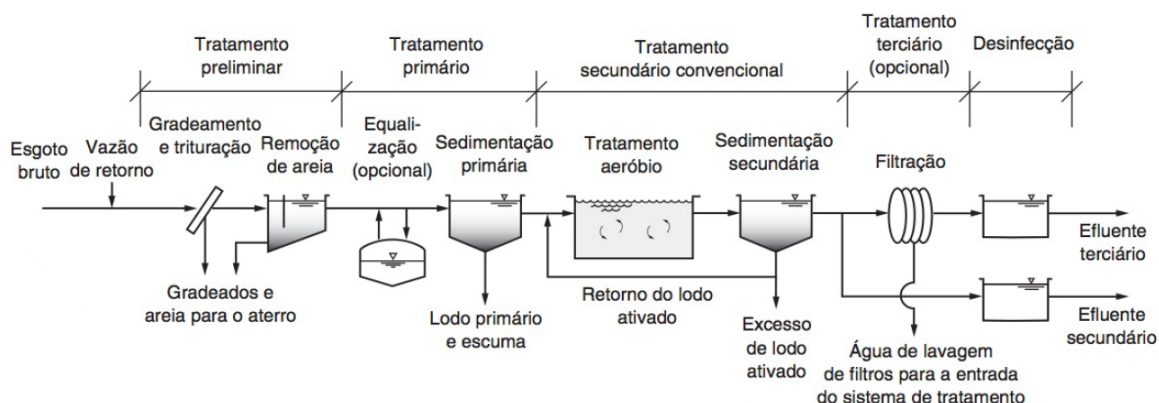
¹. Após tratamento secundário avançado, caso contrário terá pouca remoção, similar a tratamento secundário.

². Os MBRs produzem qualidade de efluente de nível terciário, porém são consideradas como secundário avançado, pois fazem parte do tratamento secundário.

Fonte: (Interáguas, 2018).

Quando alguns processos de tratamento forem agrupados para obter melhor eficiência no sistema, o conjunto pode ser identificado como o diagrama de processo ilustrado na Figura 8.

Figura 8. Organização simplificada das etapas do tratamento de esgoto



Fonte: Metcalf; Eddy (2016)

3.6.1.5 Principais sistemas de tratamento de efluente doméstico

A opção por uma tecnologia de tratamento de esgotos está relativamente ligada à legislação vigente, ao clima e às características do corpo receptor, aos custos financeiros de implantação, custos operacionais, disponibilidade de energia, reuso da água, legislação ambiental etc. A Resolução CONAMA 430/2011 e a DN COPAM N° 08 de 2 de dezembro de 2022, apresentam diretrizes e padrões de qualidade bastante amplos, de tal forma que os efluentes possam ser direcionados ao corpo d'água, sem trazer riscos à saúde da população ou danos significativos ao meio ambiente. Dessa forma, os Quadros 2-5 retratam a descrição resumida dos principais sistemas de tratamento de esgoto em nível secundário.

Quadro 2. Principais sistemas de tratamento de efluentes domésticos a nível secundário: lagoa de estabilização.

Lagoas de Estabilização	
Lagoa facultativa	É um local apropriado que pode se caracterizar por possuir uma zona aeróbia na lâmina superior e uma zona anaeróbia na camada inferior, já a camada intermediária é denominada zona facultativa, onde existem os processos fotossintéticos e a oxigenação aeróbia. Esta tipologia de lagoa pode ser dimensionada para operar em uma única unidade, ou em sequência de uma lagoa anaeróbia (Jordão; Pessoa, 2011)
Lagoa anaeróbia facultativa	Nesta tipologia de lagoa, a estabilização da matéria orgânica ocorre sem a presença de oxigênio dissolvido na mistura e a remoção de DBO é em torno de 50 a 65%.
Lagoa aerada facultativa	Neste sistema os mecanismos de remoção de DBO são semelhantes aos de uma lagoa facultativa. O que difere é forma do fornecimento de oxigênio que é realizado por equipamento mecanizados, como a lagoa também é facultativa uma fração maior dos sólidos e biomassa sedimenta se decompõem anaerobiamente na zona inferior da lagoa.
Lagoa aerada de mistura completa	Neste tipo de sistema a energia introduzida por unidade de volume da lagoa é grande, o que permita que os sólidos dispersos no meio fluido ou em mistura completa permaneça em dispersão e o oxigênio presente no processo biológico é introduzido mecanicamente através de aeradores superficiais, e pode ser utilizados difusores instalados na zona inferior da lagoa para fornecer oxigênio. Assim o efluente deste sistema apresenta um teor elevado de sólidos necessitando de pós-tratamento antes de ser lançado no corpo receptor. Com isso faz necessário a instalação da lagoa de decantação a jusante para reter o excesso de material sólidos.
Lagoa de alta taxa	Este sistema foi criado para maximizar a produção de algas, nos meio aeróbio. Por tanto, estes sistemas contém uma profundidade amenas, para permitir a permeabilidade luminosa no meio líquido. Estas condicionantes podem contribuir para redução dos microrganismos patogênicos e extração dos nutrientes no meio líquido. As lagoas de alta taxa podem admitir uma carga orgânica elevada por unidade de área superficial. Frequentemente nestes processos introdução uma moderada agitação por equipamento mecânico potência reduzida.
Lagoas de maturação	As lagoas de maturação têm finalidade de remover os organismos patogênicos, nestes sistemas prevalece condições ambientais adversas para estes microrganismos, como radiação ultravioleta, elevado pH, elevado OD, temperatura mais baixa que a do trato intestinal humano, baixa de nutrientes e predação por outros organismos. Estes processos devem ser munidos de um pós-tratamento que finaliza a remoção da DBO, frequentemente estas lagoas são projetadas em série de lagoas, ou como lagoas com divisões por chicanas. Com isso a sua eficiência na remoção de coliformes é alta.

Fonte: Modificado de Von Sperling (2014)

Quadro 3. Principais sistemas de tratamento de efluentes domésticos a nível secundário: disposição no solo e sistemas alagados.

Disposição no Solo; Sistemas Alagados	
Disposição no solo	O processo de tratamento de efluente doméstico por escoamento superficial pode mitigar a carga poluidora do efluente final de forma significativa, para que o impacto gerado com o lançamento do efluente tratado seja mínimo.
Infiltração lenta	O efluente é aplicado no solo liberando água e nutrientes suficientes para o desenvolvimento das plantas. Parte do fluido se perde no processo de evaporação, outra percola no solo e a maior parte é absorvida pelas plantas. Sabe-se que, as proporções de aplicação no terreno podem ser baixas, o líquido pode ser aplicado segundo os métodos da aspersão: alagamento e vala. Este é um processo de fertirrigação.
Infiltração rápida	Os esgotos são condicionados em bacias rasas, dessa forma a mistura percola pelo fundo poroso do solo. A fração perdida por evaporação é mínima e depende do clima local e do tamanho da superfície da bacia. A aplicação é por batelada, proporcionando um período de repouso para o solo. O mais habitual é a percolação para a água subterrânea, recuperação por drenagem subsuperficial e recuperação por poços freáticos.
Infiltração subsuperficial escoamento superficial	As águas servidas são inseridas no solo, os locais de infiltração são munidos com um meio poroso, onde é realizada a devida purificação. Os sistemas mais recorrentes são as valas de infiltração e os sumidouros. O efluente doméstico é aplicado no nível superior dos terrenos, com finalidade de facilitar o escoamento, e coletados por valas na parte inferior. A aplicação é por batelada. Os formatos de aplicação são: aspersores de alta pressão, aspersores de baixa pressão e tubulações ou canais de distribuição com aberturas intercaladas.
Sistemas alagados construídos	Os solos úmidos construídos, banhados artificiais, alagados artificiais, são denominações equivalentes. Os processos consistem em lagoas ou canais rasos, que abrigam plantas aquáticas flutuantes e/ou enraizadas (emergentes e submersas) numa camada de solo no fundo. A água percorre espontaneamente entre os caules e folhagem das plantas. As lagoas podem ter ilhas que funciona como para animais e aves de pequeno porte habitat.
Sistemas Alagados Construídos de Escoamento horizontal subsuperficial 	Este sistema não é equivalente a terras úmidas naturais, não consta água livre em sua superfície. Provém de um leito composto de pequenas pedras, cascalho ou areia, com finalidade de facilitar o desenvolvimento das plantas aquáticas. O nível d'água é sempre abaixo da superfície do leito, e o efluente percorre entre as raízes e os rizomas das plantas (onde se desenvolve o biofilme bacteriano). Nesse sistema de o afluente é fornecido de forma contínua, pelos poros do leito até atingir o ponto de saída.
Sistemas Alagados Construídos de Escoamento vertical	Este sistema nada mais é que um filtro de areia ou cascalho, com vegetação específica na parte superior. Na forma mais comum, de escoamento vertical, os esgotos são injetados na zona superior do leito. Já a zona inferior do meio filtrante é distribuída os tubos para saída do efluente tratado. A operação é equivalente a rotina de um filtro de fluxo descendente, com ciclos em batelada de dosagem e drenagem. O fluxo é geralmente em meio não saturado e, seguidamente, os poros do meio filtrante são ocupados por ar, o que adequa as condições aeróbias. Sabe-se que é alternado o afluente entre os leitos, com unidades em operação e unidades em descanso.

Fonte: Modificado de Von Sperling (2014)

Quadro 4. Principais sistemas de tratamento de efluentes domésticos a nível secundário: sistemas anaeróbios, lodos ativados, reatores aeróbios com biofilmes.

Sistemas Anaeróbios, Lodos ativados, Reatores Aeróbios com Biofilmes	
Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (uasb)	A sigla UASB advém de Upflow Anaerobic Sludge Blanket. Neste sistema a DBO é metabolizada anaerobiamente por bactérias dispersas na mistura no reator. O fluxo do esgoto é ascendente. O compartimento superior do reator é dividido nas zonas de sedimentação, coleta de gás, remoção de óleos e graxas liberação do efluente tratado e o retorno dos sólidos (biomassa) advindo do decantador secundário ao sistema, elevando a concentração no reator. Na geração de gases pode incluir-se o metano. O processo pode dispensar decantação primária. Sabe-se que a geração de lodo é baixa, e o lodo já sai estabilizado e adensado.
Filtro Anaeróbio	Os filtros anaeróbios geralmente são circulares, quando são vinculados ao tratamento de vazões baixas. Já para vazões elevadas eles podem ser retangulares. Nestes sistemas a DBO é metabolizada anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte no reator. Este meio é processado submerso, e o fluxo é ascendente. O sistema exige o processo de decantação primária. A geração de sólido é baixa, e o lodo já sai estabilizado.
Reator anaeróbio seguido de pós-tratamento	Normalmente estes sistemas não geram o efluente que se regule com a legislação ambiental e os padrões de lançamento, sendo necessária a implantação de um pós-tratamento, que pode ser biológico (aeróbio ou anaeróbio) ou físico-químico (com adição de coagulantes), para refinar os efluentes dos reatores UASB. A eficiência do sistema será aproximadamente à que seria alcançada se o processo de pós-tratamento fosse aplicado ao esgoto bruto. Desta forma, os requisitos de área, volume e energia, assim como a produção de lodo, são bem menores.
Lodos Ativados convencional	A fase biológica abrange por duas unidades: o reator biológico (tanque de aeração) e o decantador secundário. O teor de biomassa no reator pode ser elevado, devido ao retorno dos sólidos sedimentados no decantador secundário. A remoção da DBO, lodo (bactérias) deve ser equivalente à que é produzida, este lodo removido já foi estabilizado no sistema de tratamento. O abastecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou por ar difuso. A montante do reator há uma unidade de decantação primária, de forma a remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto.
Lodos Ativados por aeração prolongada	Este sistema difere do convencional no tempo de detenção da biomassa, que permanece mais tempo no sistema (os tanques de aeração são maiores). Em contrapartida, possuem menos substrato (DBO) livre para o meio bacteriológico, com isso elas consomem a matéria orgânica do próprio material celular para a sua estabilização. Em consequência desse fator o lodo excessivo e removido (bactérias) já sai inerte. É bom saber que este sistema não possui unidades de decantação primária.
Lodos Ativados com fluxo intermitente	Sabe-se que não é um sistema de operação contínua. Dessa forma, em um mesmo compartimento ocorrem, em fases diferentes, as etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados). Quando os aeradores estão em repouso, ocorre a sedimentação das partículas sólidas, estágio de liberação do efluente. Ao acionar os aeradores, a mistura se torna homogênea novamente, com isso dispensa-se as elevatórias de recirculação de lodo e a necessidade dos decantadores secundários. Pode ser na modalidade convencional ou aeração prolongada.

Fonte: Modificado de Von Sperling (2014)

Quadro 5. Principais sistemas de tratamento de efluentes domésticos a nível secundário: sistemas anaeróbios.

Sistemas Anaeróbios	
Lodos Ativados com remoção biológica de nitrogênio	Os reatores integram uma zona anóxica (ausência de oxigênio, mas presença de nitratos). A zona anóxica pode intercalar à montante ou à jusante da zona aerada. Os nitratos gerados pela nitrificação na zona aeróbia são usados na respiração de microrganismos facultativos nas zonas anóxicas, com isso o nitrogênio gasoso se perde no decorrer do tempo para atmosfera.
Lodos Ativados Com remoção biológica de nitrogênio e fósforo	Os reatores contêm uma zona anaeróbia localizada na sua extremidade à montante, além das zonas aeróbias e anóxicas. As recirculações internas contribuem para que a biomassa fique sucessivamente exposta aos meios anaeróbios e aeróbios. Com isso, uma certa colônia de microrganismos captura o fósforo do meio líquido, em quantidades bem superiores às condições normais dos seus metabolismos. A remoção do lodo excedente implica na retirada de fósforo e dos organismos do reator biológico.
Reatores aeróbios com biofilmes	Este sistema consiste em reatores aeróbios com biofilmes, dos quais a biomassa desenvolve aderida em um meio suporte grosseiro, que pode ter formato circulares ou retangulares; os materiais de enchimento mais utilizados são pedras e a alimentação pode ser contínua ou intermitente.
Filtro de baixa carga	A DBO é metabolizada aerobiamente por microrganismo que desenvolve fixado em meio suporte. O esgoto é distribuído na superfície superior do filtro, rotativamente. Assim, o líquido percola no meio suporte saindo pelo fundo, e a matéria orgânica fica retida e estabilizada pelos microrganismos. Os espaços livres no meio suporte são vazios, permitindo circulação de ar. Sabe-se que, em sistema de baixa carga a disponibilidade de DBO para as bactérias é pequena, o que faz com que estas sofram uma autodigestão, saindo estabilizadas do sistema, com isso não há necessidade de decantação primária.
Filtro de alta carga	Difere do sistema de baixa carga no quantitativo da carga de DBO aplicada, que nesse é mais elevada. Desta forma as bactérias (lodo excedente) necessitam de estabilização no tratamento do lodo. O efluente do decantador secundário é recirculado para o filtro, para diluir o afluente e assegurar uma carga hidráulica homogênea.
Biofiltro aerado submerso	Processo composto por um tanque cheio com material poroso, pelo qual esgoto e ar percorrem continuamente. No Biofiltro o fluxo de ar é sempre ascendente e o fluxo do líquido pode ser ascendente ou descendente. Os Biofiltros que possuem meios granulares realizam, no mesmo reator, a retirada de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão no esgoto, podendo contribuir de meio suporte para as bactérias. É conveniente a limpeza constante, para remover o excedente de biomassa acumulada, reduzindo as perdas de carga hidráulica através do meio.
Biodisco	A biomassa cresce aderida a um meio suporte, o qual é constituído por discos. Os discos, parcialmente imersos no líquido, giram, ora expondo a superfície ao líquido, ora ao ar.

Fonte: Modificado de Von Sperling (2014)

3.7 Reúso do esgoto sanitário

Desde 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) tornou público a fiscalização para o reúso de efluentes tratados, a partir da Resolução N° 54 de 28 de novembro de 2005, que estabelece as modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto de água não potável no Brasil, ditando os padrões de qualidade e os códigos de práticas para as diversas modalidades de reúso. Somente 15 anos depois o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais promulgou a Deliberação Normativa CERH-MG N° 65, de 18 de junho de 2020 que lista os mesmos critérios para o reúso de águas servidas (Brasil, 2005; Minas Gerais, 2020).

O Programa de pesquisas em saneamento básico PROSAB (2006) lista as seguintes terminologias para os tipos de reúso:

Reúso indireto não planejado: ocorre quando a água já utilizada é descarregada no meio ambiente, portanto sendo diluída, e novamente utilizada a jusante de maneira não intencional.

Reúso indireto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos cursos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante de forma intencional e controlada, no intuito de algum uso benéfico.

Reúso direto planejado: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são encaminhados diretamente ao local de reúso (PROSAB, 2006, p.26).

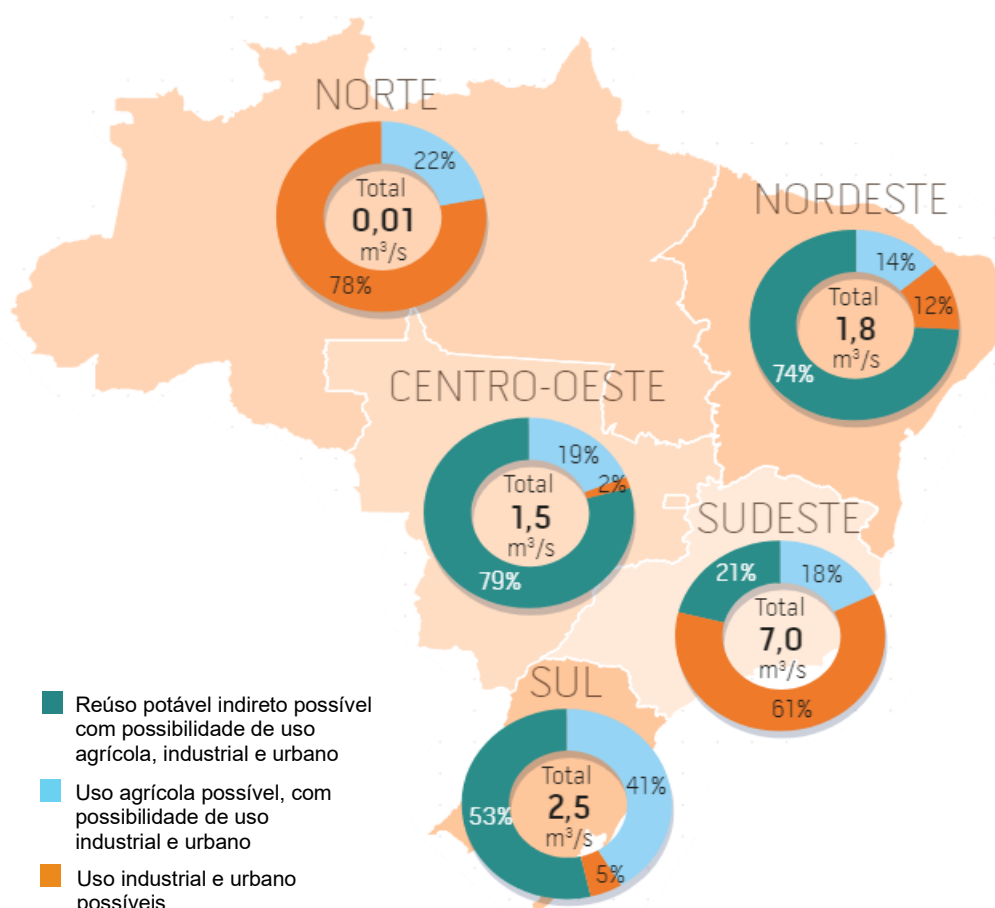
Com isso, a Deliberação Normativa n° 65 de 18 de junho de 2020, resguarda todos os empreendimentos que forem realizar a prática do reúso dos efluentes domésticos tratados, nos seguintes setores da economia brasileira:

- ✓ Atividades agrossilvipastoril, como a fertirrigação de culturas não ingeridas cruas, incluindo culturas alimentícias e não alimentícias, forrageiras, pastagens e árvores, de acordo com as formas de aplicação;
- ✓ Usos urbanos – uso amplo, como na lavagem de praças, pátios, ruas e estacionamentos, veículos comuns e uso predial comercial ou industrial (restrito a descargas sanitárias);
- ✓ Usos urbanos – uso limitado, como lavagem de veículos especiais, controle de poeira, combate a incêndio, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgoto;
- ✓ Usos para fins ambientais, como em projetos de recuperação florística ou de áreas degradadas, desde que o acesso a estas áreas seja controlado;

- ✓ E usos industriais, como reúso de água em operações e processos industriais, uso na construção civil, mineração; dentre outras utilizações no Instituto Nacional de ciências e Tecnologia (INCT ETES).

Mesmo assim há ainda, a necessidade de realização de muitas pesquisas para concretizar todas as atribuições propostas na DN 65/2020. Na Figura 9 é demonstrada a estimativa do potencial de reúso no curto e médio prazo, por região geográfica, considerando somente efluente sanitário.

Figura 9. Estimativa do potencial de reúso no curto e médio prazo, por região geográfica, considerando somente efluente sanitário



Fonte: Ana (2024)

No Brasil, a proposta para o reúso não potável direto gira em torno de $13 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ até 2030, perante os quase $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ estimados para 2013, correspondente a 4 % do volume de água de reúso no mundo, nesta data. Em perspectiva de 5 a 10 anos, o

potencial para reúso planejado de efluente sanitário no Brasil pode variar de 10 e 15 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, atingindo um volume em torno de 175 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, valor que possar servir para incrementar as fontes de abastecimento no país (ANA, 2014).

3.8 REGULAMENTAÇÃO SOBRE REÚSO DE ESGOTO SANITÁRIO

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, CNRH nº 54 de 28 de novembro de 2005, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável, define que reúso de água residuária inclui esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não (Brasil, 2005).

A Resolução CNRH nº 121 de 16 dezembro de 2010, estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal.

A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 substituiu o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde e lista as diretrizes e procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (e suas atualizações e complementações) estabelece sobre o “enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água” e não segundo a origem. Esse instrumento legal apresenta pontos relacionados com o reúso potável indireto.

A Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008 estabelece “sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.”

A Resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009, “Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.”

Com referência à Resolução CNRH nº 54/2005 foram criadas leis que estabelecem demandas de programas de reúso de efluente tratado, no entanto, algumas das leis não dispõem de orientações técnicas para aplicação do reúso, além de não definir prazos e/ou responsabilidades de reguladores da atividade (Interáguas, 2017).

A Deliberação Normativa nº 65 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG), foi aprovada no dia 18 de junho de 2020 com a finalidade de regulamentar o reúso direto de água não potável proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) de sistemas públicos e privados.

Sabendo-se que a reutilização da água residuária promove também a redução do lançamento de efluentes em corpos receptores, para realizar uma proposta de plano de ações para implantar uma política de reúso de efluente sanitário tratado no estado de Minas Gerais é de fundamental importância seguir as diretrizes da DELIBERAÇÃO NORMATIVA CERH-MG Nº 65, DE 18 DE JUNHO DE 2020 e obter o cadastro junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

Os dados empíricos de caracterização da frequência mínima para monitoramento e qualidade microbiológicos e os padrões para águas de reúso em ETE conforme a DN Nº 65/2020 podem ser analisadas no Quadro 6.

Quadro 6. Frequência mínima de monitoramento da água para reúso

Classe de Vazão	Vazão de Reúso*	Parâmetros					
		pH	Coliformes Termotolerantes ou E. coli	Ovos de helmintos	Condutividade Elétrica**	Razão de adsorção de sódio (RAS)**	Sódio**
I	0 a 10 L.s ⁻¹	Semanal	Mensal	Bimestral	Semanal	Quadrimestral	Mensal
II	10 a 100 Ls ⁻¹		Quinzenal	Mensal			
III	> 100 Ls ⁻¹		Semanal	Quinzenal			

*A vazão de reúso equivalente nos casos de produção por batelada deverá ser calculada via Equação 2. $Q = V_{re}/S_{dia}$

** Parâmetros aplicáveis apenas para a modalidade agrossilvipastoril.

Q - Vazão para reúso (L/s).

Vre - Volume do reservatório (L).

Sdia - Número de segundos do dia (86 400s)

Fonte: Adaptado de DN nº 65/2020 (Minas Gerais, 2020)

3.9 REÚSO AGRÍCOLA

Para o reúso em sistema agrossilvipastoril, o uso irrestrito abrange a fertirrigação superficial, a irrigação localizada ou por aspersão. Na hipótese de árvores frutíferas, quando os frutos podem ser ingeridos crus ou com casca, deve ser adotada técnica de irrigação que não possibilite o contato do fruto com a água para reúso, já

para o reúso restrito é permitido apenas fertirrigação superficial ou localizada, evitando-se qualquer contato da água para reúso com o produto alimentício.

Em relação à condutividade elétrica da água para reúso, o valor mínimo necessário para que não haja risco de dispersão da argila do solo, considerando os valores de RAS que o esgoto sanitário pode apresentar é $\geq 500 \mu\text{S cm}^{-1}$ e a **Razão de Adsorção de Sódio (RAS) deve ser ≤ 3** . (XXX, ano

Nos Quadros 7 a 9 estão descritos os métodos e recomendações para o reúso irrestrito e os critérios de qualidade para tal modalidade de uso.

Quadro 7. Recomendações de cultivo para o reúso irrestrito

Fonte	Recomendações de cultivo
USEPA (2012)²	Cultivo de alimentos consumidos crus. Reúso de água para irrigação superficial ou por aspersão de culturas alimentares destinadas ao consumo humano, consumidos crus.
OMS (2006)	Opções para Irrigação Irrestrita: Opção 1 - Cultivo de raízes e tubérculos Opção 2 - Cultivo de folhosas Opção 3 - Irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo Opção 4 - Irrigação localizada de plantas que se desenvolvem rentes ao nível do solo Opção 5 - Qualidade de efluente alcançável com o emprego de técnicas de tratamento tais como: secundário + coagulação + filtração + desinfecção; qualidade dos efluentes avaliada ainda com o emprego de indicadores complementares (e.g. Turbidez, SST, Cloro residual)
Resolução COEMA Nº 2/2017	• Reúso para fins agrícolas e florestais Aplicação de águas de reúso para a produção agrícola e cultivo de florestas plantadas. • Culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação
PROSAB (2006)	• Irrigação Irrestrita: • Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, ou cultivo hidropônico, inclusive culturas alimentícias consumidas cruas.
DN CERH MG Nº 65/2020	• Uso amplo • Permitido fertirrigação superficial, localizada ou por aspersão¹.
¹ No caso de árvores frutíferas, cujos frutos podem ser consumidos crus ou com casca, deve ser adotada uma técnica de irrigação que não possibilite o contato do fruto com a água para reúso.	
² Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.	

Fonte: Adaptada de Interáguas, 2018.

Quadro 8. Critérios de qualidade do efluente para reúso agrícola irrestrito

		USEPA (2012)	OMS (2006)	Resolução COEMA Nº 2/2017	PROSAB (2006)	DN CERH-MG Nº 65/2020
Tratamento		Secundário + Filtração + Desinfecção	Não especificado Remoção log varia entre 2 e 7 ⁽¹⁾	–	Combinação de Processos que alcancem critérios	Atender aos padrões de qualidade definidos na DN CERH MG
Critérios Indicadores de Patógenos	Coliformes Termotolerantes	ND 100 mL ⁽²⁾	10° a 10 ⁵ NMP 100 mL ⁽¹⁾ ⁽²⁾	ND 100 mL	<10 ³ NMP 100 mL ou <10 ⁴ NMP 100 mL ⁽¹⁾	≤10 ⁴ NMP 100mL ou ≤10 ⁶ NMP 100mL
	Ovos de helmintos	–	<1 ovo de helminto L	ND	<1 ovo de helminto	≤1 ovo de helminto
	helmintos		Helmino L		helminto	helminto
	helmintos		Helmino L		helminto	helminto
Outros Critérios	pH	6,0 – 9,0	-	6,0 – 8,5	-	6,0 – 9,0
	DBO	≤10 mg L	-	-	-	
	Turbidez	≤ 2 UNT	-	-	≤ 5 UNT ⁽³⁾	
	RAS	-	-	15mmolcL ^{1/2}	-	≤ 3
	Cl ₂ Residual	1 mg (min)		-	-	-
	Condutividade	-	-	<3000µscm	-	≥500*µscm
Monitoramento	Coliformes Termotolerantes	Diariamente ⁽²⁾	Cada 2 semanas ⁽²⁾ ⁽⁴⁾	-	-	-
	Ovos de helmintos	-	Mensalmente ⁽⁴⁾	-	-	-
	pH	Semanalmente	-	-	-	-
	DBO	Semanalmente	-	-	-	-
	Turbidez	Continuamente	-	-	-	-
	Cl ₂ Residual	Continuamente	-	-	-	-

ND: Não Detectável

1. Varia conforme técnica de irrigação, tipo de cultura irrigada e grupos expostos.

2. A USEPA utiliza coliformes fecais como critério de indicador de patógeno e a OMS E. Coli.

3. Caso seja utilizado filtração terciária.

4. Para áreas urbanas. Em áreas rurais considerar coliformes mensalmente e Ovos de helmintos a cada 2 semanas.

Fonte: Adaptada de INTERÁGUAS, 2018.

Quadro 9. Recomendações de cultivo para o reúso restrito

Fonte	Recomendações
USEPA (2012)	Cultivo de alimentos a serem processados Reúso de água para irrigação superficial de culturas alimentares destinadas ao consumo humano, após processamento na indústria. Cultivo não destinado a consumo humano Reúso de água para irrigação de culturas que não são consumidas pelos seres humanos, incluindo forragem, fibras e cultivo de sementes, ou para irrigação de pastagens e viveiros comerciais
OMS (2006)	Opções para Irrigação Restrita Opção 6 - Agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva. Opção 7 - Agricultura de alto nível tecnológico e altamente mecanizada. Opção 8 - Técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos (e.g. Tanques sépticos ou reatores UASB) associada ao emprego de técnicas de irrigação com elevado potencial de minimização da exposição (irrigação subsuperficial).
Resolução COEMA nº 2/2017	Reúso para fins agrícolas e florestais Aplicação de águas de reúso para a produção agrícola e cultivo de florestas plantadas. ✓ as demais culturas
PROSAB (2006)	Irrigação Restrita Irrigação superficial ou por aspersão ou cultivo hidropônico de qualquer cultura não ingerida crua, inclui culturas alimentícias e não alimentícias, forrageiras, pastagens e árvores.
CETESB - Orientação para Reúso Agrícola (2006)	Categorias B1, B2 e B3 (1) - Cereais, cultura a ser industrializada, silvicultura, árvores frutíferas, forrageira para feno e silagem; ✓ Categoria C - Aplicação nas mesmas culturas da categoria B, mas sem exposição de trabalhadores e público. ✓
DN CERH MG N° 65/2020	Uso limitado ✓ Permitido apenas fertirrigação superficial ou localizada, evitando-se qualquer contato da água para reúso com o produto alimentício.
Categoria B1 - irrigação por aspersão com exposição de trabalhadores (exceto crianças menores de 15 anos e comunidades vizinhas); Categoria B2 - Irrigação por inundação/canal com grupo de exposição igual ao de B1; Categoria B3 – Qualquer técnica de aplicação, com exposição de trabalhadores incluindo crianças menores de 15 anos e comunidades vizinhas.	

Fonte: Adaptada de Interáguas, 2018.

No Quadro 10 são apresentados os padrões de qualidade microbiológica para reúso em atividades agros silvipastoris.

Quadro 10. Padrões de qualidade microbiológica para reúso na modalidade “agrossilvipastoril.”

	Categoria	Finalidade	pH	Coliformes Termotolerantes Ou E. coli (NMP/100ml)	Ovos de Helminhos (n° de ovos/L)
Agrossilvipastoril	Ampla	Permitido fertirrigação superficial, localizada ou por aspersão*	6 a 9	$\leq 1 \times 10^4$	≤ 1
	Limitado	Permitido apenas fertirrigação superficial ou localizada	6 a 9	$\leq 1 \times 10^6$	≤ 1

*No caso de árvores frutíferas, cujos frutos podem ser consumidos crus ou com casca, deve ser adotada uma técnica de irrigação que não possibilite o contato do fruto com a água para reúso.

Fonte: Adaptado de DN nº 65/2020

O grande potencial relacionado aos sistemas de tratamento de esgoto e à sua aplicação em reúso consiste em investimentos em alternativas sustentáveis por parte do poder público, com o intuito de aliviar o abastecimento de água potável para os consumos humano, animal e industrial. Ainda devem ser averiguados os tipos de tratamento utilizados nas ETE e as legislações apropriadas, tanto municipais, quanto estaduais e federais, que deverão ser seguidas para a prática do reúso do efluente tratado.

Ainda deve ser considerado um dos quesitos de maior relevância, que é o aspecto econômico do projeto de reúso da água servida, como a logística de implantação e operação, além da viabilidade financeira desta prática, fazendo com que o meio ambiente também se beneficie desta ação.

3.10 Estação de Tratamento de Esgoto de Montes Claros, MG

Como exemplo de utilização para reúso, foi utilizada a ETE Vieira, em Montes Claros, MG, inaugurada em 2010 e administrada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais COPASA.

Ela apresenta vazão média de operação de 750 L s^{-1} e compreende a coleta, o tratamento e a disposição final do efluente líquido e dos sólidos resultantes do tratamento.

A tecnologia de tratamento utilizada abrange: remoção de sólidos grosseiros, reatores UASB, filtro biológico percolador, decantador secundário, centrífuga de desidratação, estufa de secagem, queimador de gás.

Os dados do prestador de serviço de esgoto da cidade são mostrados no Quadro 11. Os resultados analíticos apresentados neste quadro provêm de dados secundários obtidos a partir do processo de ação de fiscalização Nº 2440.01.0000910/2020-12, que teve como objetivo apresentar o grau de conformidade do sistema de esgotamento sanitário (SES) em relação às legislações e normas técnicas pertinentes, especialmente Deliberação Normativa COPAM-CERH Nº 8 de 02 dezembro de 2022.

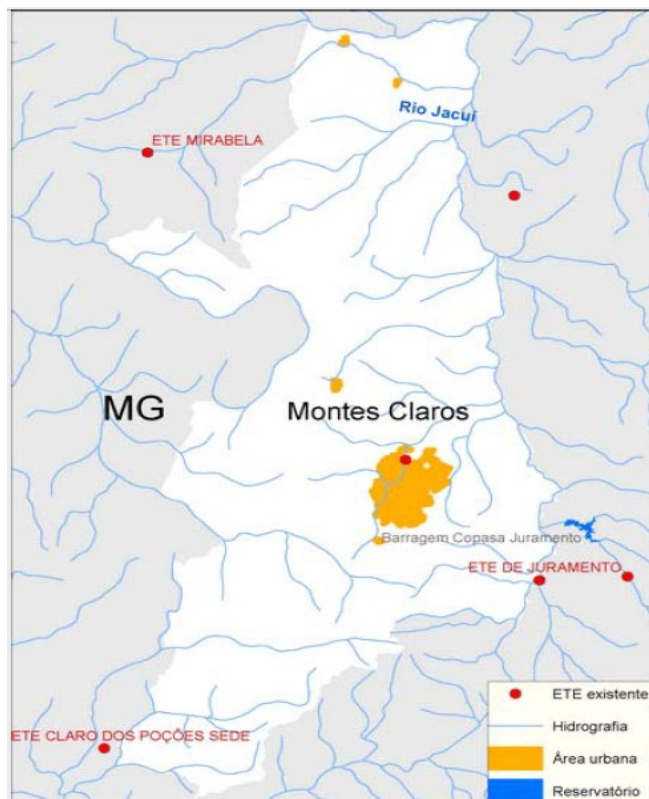
Quadro 11. Descrição técnico operacional do sistema de esgoto sanitário da ETE Vieira, Montes Claros, MG.

Sistema de esgotamento sanitário (2019 - 2020)	
Código do IBGE	3143302
Prestadora de Serviços	Companhia de Saneamento de Minas Gerais COPASA
Nome	ETE Vieira
Endereço da prestadora	R. Dr. Santos, nº 14 – Bairro centro, Montes Claros MG
Data do início de Operação	10/03/2010
vazão máxima prevista	1000L.s ⁻¹
Vazão média prevista	750 L.s ⁻¹
Vazão média de tratamento	500 L.s ⁻¹
Esgoto coletado e tratado	99,3 %
Corpo(s) receptor(es)	Córrego do Vieira

Fonte: Adaptado de Arsae-MG, Relatório de fiscalização operacional nº 125, 2020

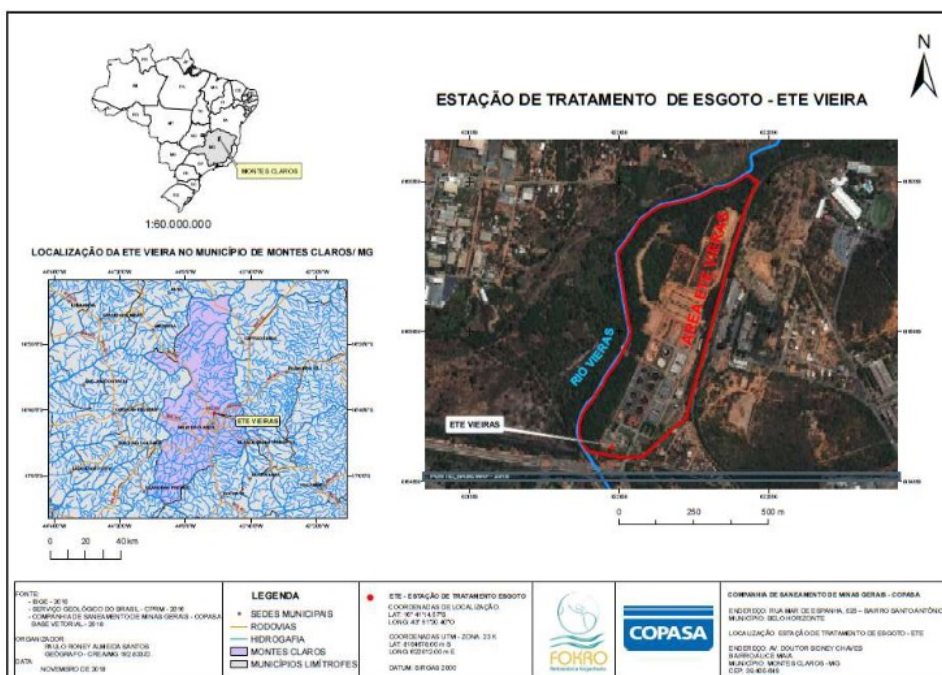
As Figuras 10 e 11 contribuem para a visualização da rede hidrográfica e localização geográfica da ETE no entorno da cidade.

Figura 10. Visualização da rede hidrográfica, localização das ETES regionais e área urbana de Montes Claros, MG



Fonte: ETE Vieira/ COPASA MG, 202xx

Figura 11. Localização geográfica da ETE Vieira e localização da ETE Vieira em Montes Claros, MG



Fonte: ETE Vieira/ COPASA MG

3.11 Eficiência da ETE Vieira, em Montes Claros, MG, relacionada aos parâmetros da DN COPAM 08/2022

A norma NBR ABNT 12.209 de 24 dezembro de 2011, preconiza que a carga per capta pode ser de 54 g de DBO_5 hab. d^{-1} e 60g de SS hab. d^{-1} , para o dimensionamento das unidades de tratamento e órgãos auxiliares.

Foram avaliados os registros amostrais das análises do efluente tratado na ETE e o cumprimento da legislação ambiental pertinente DN COPAM/CERH nº 08/2022, no período compreendido entre agosto de 2019 a abril de 2020, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados das análises realizadas na ETE Vieira, em Montes Claros, MG de agosto de 2019 a abril de 2020

MESES	DBO			DQO			pH		SSed		SST		Surfa- ctantes ¹		Óleos e graxas		Fósforo Total	Nitrato	Nitrogênio Amoniacal	Cloretos
	A	E	EFIC %	A	E	EFIC %	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E	E	E	E	E
Agosto/19	342	61	82	716	244	66	7,5	7,8	4,5	1,3	355	114	13	5,8	87	42	5,07	1	54	91
Setembro/19	382	64	83	788	225	71	7,5	7,8	5,5	<0,5	330	76	2,6		164	28	3,79	1	64	87,2
Outubro/19	390	49	87	776	212	73	7,4	7,8	5,0	<0,5	275	70	6,8	0,9	108	11	8,86	≤ 2	85,5	120
Novembro/19	439	45	90	892	219	75	7,3	7,8	7,5	<0,5	320	40	14	5	142	19				
Dezembro/19	355	49	86	870	200	77	7,6	7,8	8,8	<0,5	225	40	13	7	97	19	8,80	≤ 2	101	106
Janeiro/20	73	22	70	169	57	66	7,3	7,7	0,8	<0,5	99	34	1,3	0,5	45	19	7,76	≤ 2	45	78
Fevereiro/20	387	46	88	769	154	80	7,4	7,9	4,5	<0,5	230	42	8,6	1,3	132	19				
Março/20	313	44	86	745	111	85	7,4	7,8	3,5	<0,5	240	60	3,6	3,9	77	7	6,05	≤ 2	28	82,7
Abril/20	206	40	81	495	156	68	7,4	7,7	1,5	<0,5	170	48	18	0,5	44,5	10	6,02	≤ 2	30,5	104
Maio/20	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Junho/20	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Julho/20	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
MÉDIA	321	47	84	691	175	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valores de Referências DN COPAM N° 01 2008	≤ 60 mg L⁻¹ ou eficiência ≥ 60 % <u>x</u> ≥ 70 %			≤ 180 mg L⁻¹ ou eficiência ≥ 55 % <u>x</u> ≥ 65 %			6,0 a 9,0		≤ 1 mg L⁻¹		≤100mg L⁻¹ ≤150mg L⁻¹		≤2,0 mg L⁻¹		(2)O.M: até 20 mg L⁻¹ OV/GA até 50 mg L⁻¹					

**Não encaminhadas; (1) Parâmetros exigidos pela DN COPAM N° 01 2008; DBO- demanda bioquímica de oxigênio; DQO – demanda química de oxigênio; pH – potencial hidrogeniônico; SSed – sólido sedimentáveis; A – afluente; E – efluente; x e média anual; (2) O. M = Óleos minerais: até 20 mg L⁻¹; O. V = Óleos vegetais e gorduras animais: 50 mg L⁻¹

Fonte: Adaptado de Arsae-MG, Relatório de fiscalização operacional n° 125, 2020

Para o lançamento de efluente foi observado que as legislações ambientais funcionam em conjunto, sendo necessário seguir as Resoluções Conama 357/2005, 430/2011 e a DN COPAM N° 08/2022, relacionadas à DN N° 65/2020.

No período analisado, foi possível aferir que o efluente tratado da ETE Vieira, em Montes Claros, MG, não atendeu aos padrões de lançamento exigidos pela legislação, para os parâmetros sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais, em agosto do 2019. O parâmetro surfactantes não atingiu o limite máximo permitido nos meses de agosto, setembro, novembro, dezembro de 2019 e março de 2020 (em vermelho).

Considerando os dados analisados e as legislações vigentes, pode-se dizer que o prestador do serviço cometeu uma infração caracterizada como gravíssima, e neste caso, ele teria o prazo de 90 dias úteis para propor uma ação corretiva que justifique a falha e apresentar documentos comprobatórios da execução do termo e ajuste de conduta TAC contados a partir do primeiro dia útil para análise da agência Arsae-MG. Em conformidade com o Art. 38 da Resolução n°181 da ArsaeMG, de 4 de julho de 2023, o não cumprimento dos compromissos assumidos no TAC, o processo sancionatório para a aplicação da multa respectiva, deve ser revisto e o valor deverá acrescido de 20% (vinte por cento), limitado a 200.000 (duzentos mil).

3.12 - Situação do cadastro no órgão ambiental (IGAM) de empresas que disponibilizam efluente para reúso em Montes Claros, MG

De acordo com a Deliberação Normativa CERH-MG N° 65/2020 os produtores que desejarem utilizar água para reúso proveniente de ETE pública ou privada devem realizar o processo de cadastramento junto ao IGAM e preencher o requerimento de cadastro de produtor de água para reúso, via Sistema Eletrônico de Informações do Governo do Estado de Minas Gerais (SEI), disponível em: <https://www.mg.gov.br/planejamento/pagina/gestao-governamental/sei/sistema-eletronico-de-informacoes>. Para instituição das modalidades de reúso abrangidas na nesta DN, o fabricante de água para reúso deve apresentar as seguintes informações:

- ✓ “Requerimento em modelo padrão (anexar arquivo em formato pdf do formulário devidamente preenchido)”;

- ✓ CNPJ/CPF;
- ✓ Comprovante de endereço;
- ✓ Laudo que possa informar a qualidade da água para reúso produzida, firmado por responsável técnico;

Este relatório deverá ser encaminhado anualmente ao IGAM, no mesmo processo SEI, então o interessado receberá o seu Recibo Eletrônico de Protocolo para acompanhamento e informações, caso necessário, o sistema dispõe de ferramenta para conferência da autenticidade dos documentos enviados, com chaves validadoras e QR-CODE.

O efluente tratado na ETE do rio Vieira pode ser destinado para água de reúso em atividades urbanas, ambientais, agrossilvipastoris e industriais, mas, para implantação dos sistemas de reúso, o produtor deverá obter o cadastro junto ao órgão responsável (IGAM) e verificar os padrões de qualidade e a conformidade com a DN CERH-MG Nº 65/2020.

4 CONCLUSÃO

As possibilidades do reúso de esgoto doméstico tratado em estação de tratamento de esgoto (ETE) tornam o reúso sinônimo de sustentabilidade e inovação, com a oferta de uma água de qualidade, que pode ser utilizada nas indústrias, nos sistemas de agrosilvipastoris, em usos urbanos e ambientais. Estas alternativas têm se tornado cada vez mais essenciais para enfrentar os eventos de seca severa em diferentes regiões do país.

As literaturas e as legislações existentes nos âmbitos federal, estadual e municipal são focadas para o reúso de efluente de ETE aplicado a fins não potáveis. Embora existam muitos documentos regulatórios publicados em diferentes partes do Brasil, no caso do estado de Minas Gerais a normativa DN65/2020, mesmo sendo recente, mostra pouca padronização em relação às demais, portanto, a regulação é fundamental para proteger a saúde pública, o meio ambiente e a economia.

No exemplo usado nesta pesquisa, os resultados mostraram que o efluente tratado da ETE Vieira, em Montes Claros, MG, não atendeu aos padrões de lançamento exigidos pela legislação, para os parâmetros sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais, em agosto de 2019. O parâmetro surfactantes não atingiu o limite máximo permitido nos meses de agosto, setembro, novembro e dezembro de 2019 e março de 2020.

Uma consideração importante é a obrigatoriedade do cadastramento do produtor ou consumidor de água para reúso nas modalidades previstas, junto ao órgão ambiental, que em Minas Gerais é o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), como. Todavia o que foi observado nesta pesquisa é que essa prática do cadastramento ainda não foi bem aceita pela comunidade consumidora mineira, uma vez que não foi possível encontrar estes cadastramentos.

Fica como desafio a realização de campanhas publicitárias sobre o tema para minimizar o “preconceito” ou empecilho em implantar sistemas de reúso como solução e ainda, para tornar viável a utilização de métodos mais simples para implantar e viabilizar a produção e distribuição de águas de reúso, além de agregar à questão do investimento, mais incentivos em contratos de médio e longo prazo para que assegurem o valor do investimento. Desta forma, quanto o maior for o uso de água servida, menor será a pressão sobre as nascentes e mananciais que abastecem as cidades.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12209, de 24 de dezembro de 2011**. Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Disponível em: Acesso em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12209>. Acesso em: 6 mai. 2024.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 17076 de 26 de abril de 2024**. Projeto de sistemas de tratamento de esgoto de menor porte - Requisitos. Disponível em: Acesso em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/13838/abnt-nbr17076-projeto-de-sistema-de-tratamento-de-esgoto-de-menor-porte-requisitos>. Acesso em: 6 mai. 2024.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Resolução Nº 188 de 20 de março de 2024**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2024/188>>. Acesso em: 28 abr. 2024

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013: Informe anual**. ANA, 2014. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2013.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2024.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2016: Informe anual**. ANA, 2017. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2016.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2024.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018: Informe anual**. ANA, 2019. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2018.pdf> Acesso em: 6 mai. 2024.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2020: Informe anual**. ANA, 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2020.pdf> Acesso em: 6 mai. 2024.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2023: Informe anual**. ANA, 2024. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2023.pdf> Acesso em: 6 mai. 2024.

ARSAE. Agência Reguladora de Serviços de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. **Relatório de Fiscalização Operacional Nº 125, 2020**. Sistema de Esgotamento Sanitário. Sede Municipal de Montes Claros. Copasa-MG. Gerência de Fiscalização Operacional. 2020. Disponível em: https://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/RFR_SES_Montes_Claros.pdf. Acesso em: 28 abr. 2024.

ARSAE. Agência Reguladora de Serviços de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. **Resolução Nº 181 de 24 de julho 2023**. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=57642>. Acesso em: 02 set. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. **Resolução CNRH nº 054, de 28 de novembro de 2005**. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2024

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento- SNIS. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto - ano de Referência 2022**. SNIS 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos-snis>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5ª edição. Brasília: Funasa, 2019. 545 p. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506>. Acesso em: 28 abr. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio ambiente. **Resolução CONAMA Nº 430 de 13 de maio de 2011**. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=6. Acesso em: 28 abr. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio ambiente. **Resolução CONAMA Nº 396 de 3 de abril de 2008**. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=62. Acesso em: 28 abr. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio ambiente. **Resolução CONAMA Nº 121 de 16 de dezembro de 2010**. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=62. Acesso em: 28 abr. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio ambiente. **Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005**. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução nº 393, de 2007. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=405. Acesso em: 28 abr. 2024.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. SNIRH**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/portal/>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em: 29 abr. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População - Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da**

federação. 2011. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 10 jun. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População - Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação**. 2019. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 10 jun. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População - Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação**. 2022. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 10 jun. 2024.

INTERÁGUAS. Programa de Desenvolvimento do Setor Água. Produto VI – Plano de Ações/Política de Reúso (RF). **Elaboração de Proposta do Plano de ações para Instituir uma Política de reúso de Efluente Sanitário no Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.interaguas.org/>. Acesso em: 10 mai. 2024.

JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 969 p.

METCALF, EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Porto Alegre: AMGH, 2016.

NUVOLARI, A. *et al.* **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2a ed. São Paulo: Bluche, 2011.

SIAM - Sistema Integrado de Informação ambiental. **Deliberação Normativa CERH-MG Nº 65, de 18 de junho de 2020**. Disponível em:
<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52040>. Acesso em: 28 abr. 2024

SIAM - Sistema Integrado de Informação ambiental. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH Nº 1, de 05 de maio de 2008**. Disponível em:
<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52040>. Acesso em: 28 abr. 2024

SIAM - Sistema Integrado de Informação ambiental. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG Nº 8, de 21 de novembro de 2022**. Disponível em:
<https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>. Acesso em: 28 abr. 2024.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.