



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP

Instituto de Química – Campus Araraquara

Engenharia Química

ANA CAROLINA LANFREDI MATSUMOTO

**Uso de sistemas descentralizados
comparados a sistemas centralizados para
tratamento de esgotos**

Araraquara - SP

2022

ANA CAROLINA LANFREDI MATSUMOTO

Uso de sistemas descentralizados comparados a sistemas centralizados para tratamento de esgotos

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado no Instituto de Química
da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho para a
conclusão do Curso de Engenharia
Química.

Docente: Prof. Dr. Arnaldo Sarti

Araraquara

2022

M434u Matsumoto, Ana Carolina Lanfredi
 Uso de sistemas descentralizados comparados a sistemas centralizados para tratamento de esgotos / Ana Carolina Lanfredi Matsumoto. -- Araraquara, 2023
 33 f. : il.

 Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Química) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Química, Araraquara
 Orientador: Arnaldo Sarti

 1. Saneamento. 2. Tratamento. 3. Abastecimento de água. 4. Águas residuais. 5. Esgotos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Química, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Ana Carolina Lanfredi Matsumoto

Uso de sistemas descentralizados comparados a sistemas centralizados para
tratamento de esgoto

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química.

Araraquara, 13 de janeiro de 2023

Banca examinadora

Prof. Dr. Arnaldo Sarti

Bruna Sampaio de Mello

Prof. Dr. Maria Angélica Martins Costa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Municípios atendidos com sistema público de esgoto no Brasil	7
Figura 2: Representação dos sistemas centralizados (a), satélite (b) e descentralizados(c).....	10
Figura 3: Tratamento preliminar de esgoto.....	11
Figura 4: Esquema Reator UASB.....	13
Figura 5: Representação Sistema de Lodos Ativados.....	14
Figura 6: Sistema de desinfecção por raios UV.....	15
Figura 7: Esquema Fossa Séptica.....	17
Figura 8: Sistema de fossa filtro.....	18
Figura 9: Funcionamento da planta no tratamento wetland.....	21
Figura 10: Tratamento do sistema Johkasou segundo o efluente.....	22
Figura 11: Esquema do sistema de tratamento Johkasou.....	23

RESUMO

A desigualdade no acesso a saneamento básico no Brasil é uma realidade que perdura há vários anos. Diversas regiões rurais e periurbanas utilizam sistemas de tratamento descentralizado, como fossas sépticas e filtros anaeróbios, ou nem utilizam sistemas de tratamento. Nesse estudo foram apresentados os sistemas descentralizados utilizados no Brasil e no mundo, bem como se analisou as vantagens e desvantagens de utilização deles dependendo da situação. Dessa forma foi possível ter uma visão de que é necessário a combinação de sistemas centralizados e descentralizados, para se obter maior igualdade no acesso ao saneamento básico.

Palavras-chave: saneamento básico, tratamento, sistemas descentralizados

ABSTRACT

The inequality in access to basic sanitation in Brazil is a reality that has lasted for several years. Several rural and periurban areas use decentralized treatment systems, such as septic tanks and anaerobic filters, or do not use treatment systems at all. In this study, the decentralized systems used in Brazil and in the world are presented, as well as the advantages and disadvantages of using them depending on the situation. In this way, it was possible to have a vision that the combination of centralized and decentralized systems is necessary, in order to obtain greater equality in access to basic sanitation.

Palavras-chave: basic sanitation, treatment, decentralised systems

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	7
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	8
3.1. Sistemas Centralizados	10
3.2. Sistemas Descentralizados	15
3.2.1. Tanque Sépticos	16
3.2.2. Fossa Filtro	17
3.2.3. Wetland	19
3.2.4. Johkasou	21
4. DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÃO	27

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), desde 2010, o saneamento básico é um direito de todo o ser humano, mas atualmente, muitas pessoas ainda sofrem com a sua falta. De acordo com relatório da UNICEF (Fundo das Nações Unidas para a Infância) e da OMS (Organização Mundial da Saúde), cerca de 2,2 bilhões de pessoas não têm acesso à água tratada e 4,2 bilhões não têm serviço de saneamento adequado (UNICEF, 2019).

No Brasil, apenas 25 milhões de pessoas têm acesso à água tratada nas zonas rurais e cerca de 2,3 milhões usam fontes de água não segura (UNICEF, 2020). Os números de saneamento são ainda piores, com mais de 100 milhões de pessoas sem acesso ao saneamento básico e somente 49,1% do esgoto gerado sendo tratado (SNIS, 2021). A figura 1 mostra a desigualdade no acesso ao saneamento no Brasil.

O Brasil é um país de extensão territorial muito vasta, dessa forma é necessário a construção de diversas estações de tratamento para que a população tenha acesso a saneamento básico. Entretanto, por conta da distância de algumas regiões dos grandes centros, o acesso ao tratamento fica comprometido. Uma solução para isso seria a aplicação de sistemas de tratamento descentralizados.

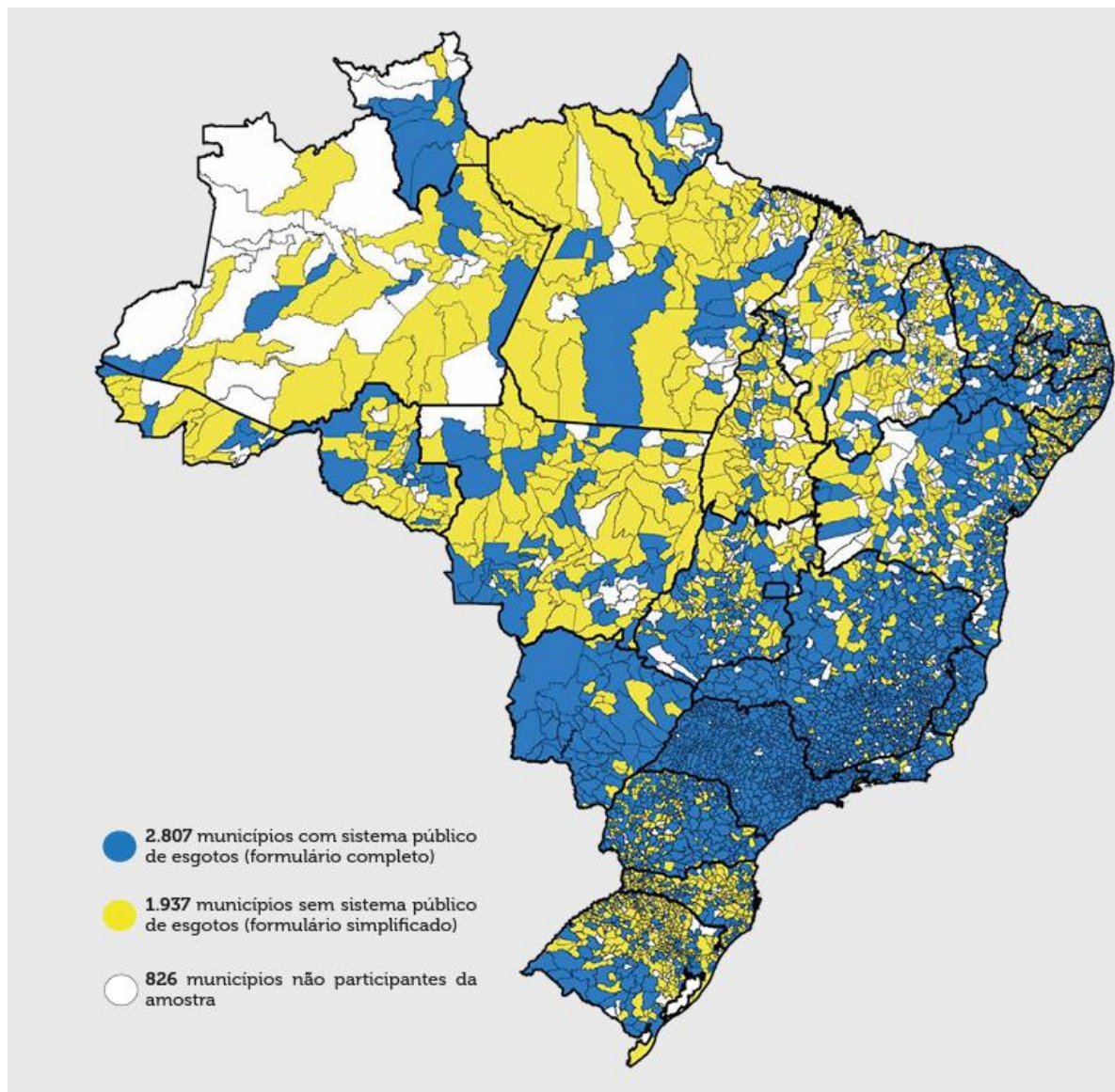
O sistema descentralizado, diferentemente do centralizado, apresenta o sistema de tratamento de esgoto próximo da fonte geradora. É muito utilizado em regiões periféricas e áreas rurais, onde a distância torna inviável a interligação com sistemas centralizados (MESQUITA *et al*, 2021).

Entretanto, muitos tratamentos descentralizados não fornecem um tratamento eficiente para que o efluente fique livre de microrganismos nocivos e contaminantes. Isso demonstra a necessidade de uma regulamentação e fiscalização criteriosas para garantir que o sistema funcione de forma adequada assim que instalado e que manutenções sejam feitas regularmente (MESQUITA *et al*, 2021).

A ausência de uma regulamentação clara que estabeleça responsáveis pela gestão desses sistemas descentralizados, deixa abertura para que os sistemas não sejam implementados de forma eficiente e nem alcancem a população que mais necessita da aplicação desse tipo de tratamento.

Este trabalho apresenta as diferentes metodologias de sistema de tratamento descentralizado e seus princípios de funcionamento. Também se realizou um comparativo entre os tratamentos mostrando a melhor aplicação dependendo da situação.

Figura 1: Municípios atendidos com sistema público de esgoto no Brasil



Fonte: SINIS, 2020

2. OBJETIVOS

Apresentar sistemas de tratamento descentralizados utilizados no Brasil e no mundo, bem como mostrar as vantagens e desvantagens da aplicação de sistemas descentralizados no Brasil.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Os esgotos gerados podem ter diversas composições, podendo ser classificado como efluente doméstico ou sanitário ou industrial. O efluente doméstico, é aquele gerado nas casas através de atividades e necessidades humanas. O efluente sanitário de acordo com a NBR 9648 (ABNT,1986) é constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. E o efluente industrial é aquele gerado pelas indústrias por meio da sua atividade específica. Ambos os efluentes possuem em sua maior parte 99,9% de água e 0,1% de sólidos. O que os diferencia é a composição, muitas vezes os esgotos industriais apresentam características ácidas, básicas e até metais pesados como níquel e chumbo, entre outros compostos tóxicos (SARTI, 2021). Na tabela 1 apresenta-se uma composição básica de esgotos domésticos.

Antes da chegada nas estações de tratamento é importante que o esgoto passe por uma caracterização para ser possível a identificação do melhor tratamento. Dessa forma é importante quantificar em termos de sólidos em suspensão, dos constituintes solúveis, assim como parâmetros físicos, químicos e biológicos.

As principais características físicas a serem determinadas são a temperatura, cor, odor, turbidez e quantidade de sólidos. As características químicas são o pH, alcalinidade, indicadores de matéria orgânica, presença de nitrogênio, fósforo, sulfatos, cloretos, óleos e graxas. Os indicadores de matéria orgânica mais utilizados são as DBO e DQO, demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio, respectivamente (SARTI, 2021).

A DBO indica a quantidade de oxigênio necessário para a oxidação da matéria orgânica por processos biológicos. Geralmente é feita num período de 5 a 20 dias a 20°C. A DQO apresenta a quantidade de oxigênio necessário para decompor quimicamente a matéria orgânica (APHA, 2005). Pode ser feita de forma bem mais rápida, em torno de 1 a 2 horas. Ambas as medidas mostram a capacidade de degradação da matéria orgânica (CETESB, 2016).

Tabela 1: Composição do doméstico

Parâmetro	Tipo de Esgoto		
	Forte	Médio	Fraco
DBO _{5,20} (mg/L)	400	220	110
DQO (mg/L)	1.000	500	250
Sólidos Suspensos (mg/L)	350	220	100
Nitrogênio Total (mg/L)	85	40	20
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	35	15	8
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	50	25	12
Fósforo Total (mg/L)	15	8	4
Cloreto (mg/L)	100	50	30
Sulfato (mg/L)	50	30	20
Óleos e Graxas (mg/L)	150	100	50
Coliformes (NMP/100ml)	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁶ -10 ⁷

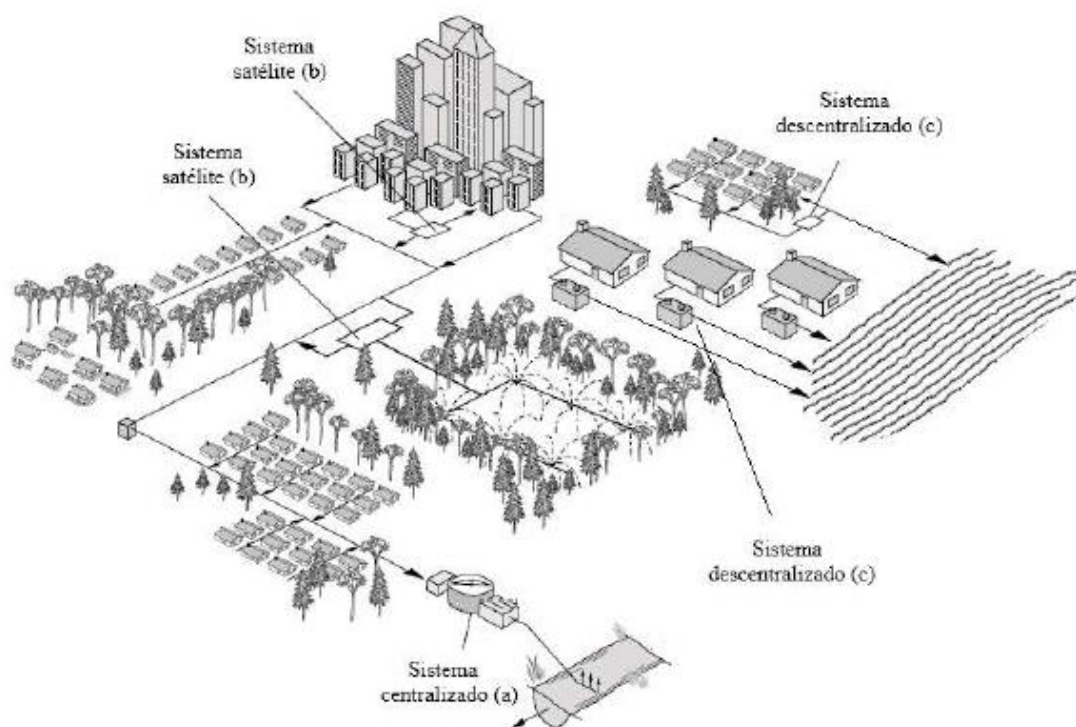
Fonte: Jordão e Pessoa, 1995.

O nitrogênio presente no esgoto em termos de ureia ou amônia pode ser na maioria dos advindos dos resíduos humanos, assim como utilizadas como fertilizante na agricultura e industrialmente. A pecuária também apresenta uma contribuição, pois na alimentação dos bovinos, caprinos e ovinos, o nitrogênio está presente. Mas o impacto do lançamento no meio ambiente é bem elevado, pois pode causar problemas como a eutrofização em corpos d'água.

O fósforo, sua principal fonte vem dos detergentes, que apresentam trifosfato de sódio na sua composição e da agricultura, pois são utilizados nos fertilizantes. Também são fundamentais para o crescimento de microorganismos assim como o nitrogênio. Em excesso na natureza causa também a eutrofização, assim como a formação de espumas (SARTI, 2021).

Os sistemas de tratamento de esgoto podem ser separados em sistemas centralizados, satélites e descentralizados, sendo os centralizados mais utilizados no Brasil, principalmente em grandes centros urbanos. A figura 2 pode mostrar melhor como cada sistema se encaixa.

Figura 2: Representação dos sistemas centralizados (a), satélite (b) e descentralizados(c).



Fonte: Subtil *et al.*,2016.

3.1. Sistemas Centralizados

O sistema centralizado é desenvolvido para receber grandes volumes de águas residuárias, sendo elas tratadas em grandes sistemas e liberadas de forma ambientalmente responsável na natureza ou enviadas para os centros geradores. Este sistema é geralmente gerido por organizações públicas e estão localizados

longe dos centros urbanos, isso faz com que seja necessário um bom sistema de bombeamento e transporte do esgoto até a estação de tratamento de esgoto (ETE). O investimento em bombas e tubulação para este transporte corresponde a aproximadamente 60% do custo total de construção de uma ETE, justificando assim o não atendimento de zonas periféricas por este tipo de sistema (ZAHARIA, 2017; MESQUITA *et al*, 2021).

As ETEs podem ser divididas em níveis de tratamento, começando com o tratamento preliminar, seguindo para o primário, secundário e terciário.

O tratamento preliminar consiste na remoção dos sólidos grosseiros e areia que chegam na ETE. A origem dos sólidos grosseiros vem do funcionamento inadequado das redes coletoras que acabam permitindo que alguns sólidos entrem na corrente de esgoto podendo chegar a unidades subsequentes prejudicando o funcionamento adequado. A remoção é feita por grades ou peneiras, sendo seu material de ferro, aço, aço inox ou até plástico. A areia vem da lavagem de áreas externas e de possíveis infiltrações na rede coletora. A presença de areia nas unidades posteriores pode interferir no funcionamento dos reatores e impedir a passagem nas tubulações ou passagens estreitas. Dessa forma é muito importante retirar o máximo possível. A remoção é feita pelas caixas de areia como está ilustrado na figura 3. O processo de separação é físico, onde a areia por ser mais densa acaba se sedimentando na parte mais funda evitando que ela se arraste com a corrente (OLIVEIRA, 2014).

É importante lembrar que nessa etapa devem ser feitas limpezas constantes dos materiais acumulados. Ao final dessa fase também é adicionado um sistema para medir a vazão que normalmente é a Calha Parshall.

Figura 3: Tratamento preliminar de esgoto



Fonte: Oliveira, 2014.

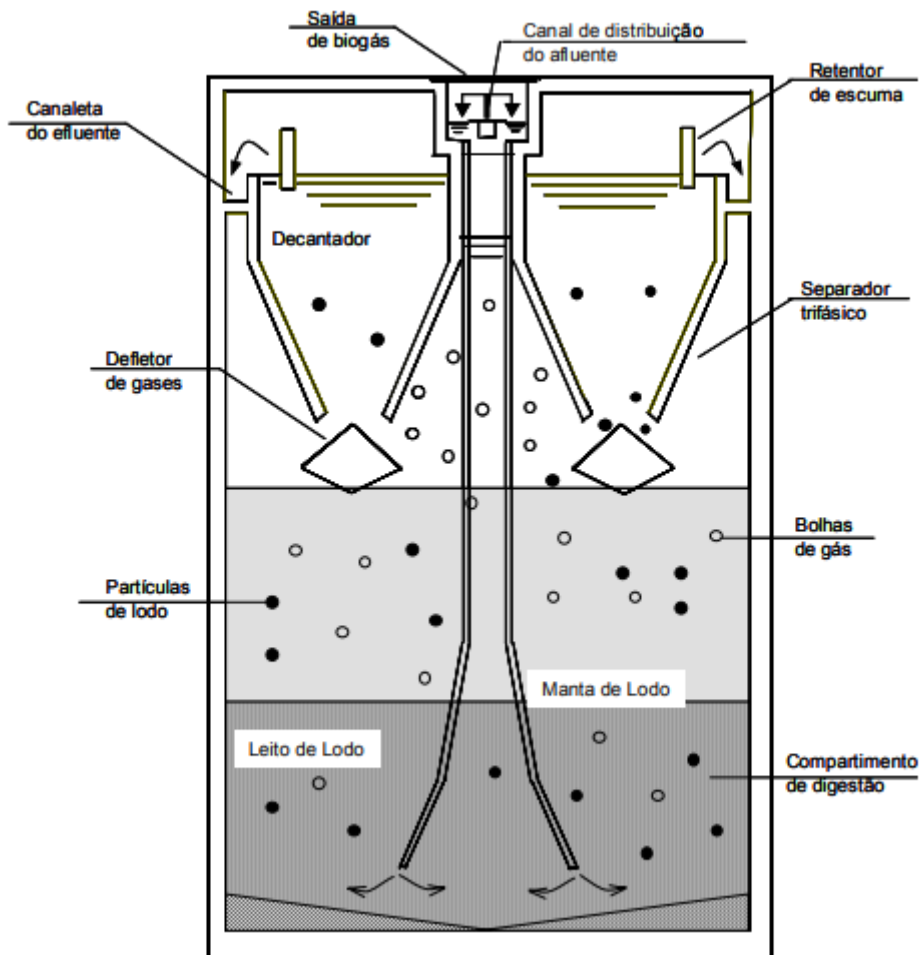
O tratamento primário que consiste na sedimentação dos sólidos em suspensão e dos sólidos flutuantes, como óleos e graxas (OLIVEIRA, 2014). Essa sedimentação pode ser feita em tanques de decantação onde a vazão é controlada para permitir a sedimentação e a formação do lodo primário. Este lodo primário é raspado e destinado a áreas de acúmulo de lodo para posterior adequação e destinação. Os óleos e graxas são também raspados e retirados do efluente. Pode existir também o Tratamento Primário Quimicamente Assistido (CEPT) que consiste na decantação dos sólidos suspensos, mas é utilizado aditivos químicos que promovem a coagulação, floculação e sedimentação. Dessa forma, o processo ocorre mais rapidamente e é possível até uma maior remoção da matéria orgânica no processo como um todo. Entretanto, é um processo mais caro quando comparado aos tanques de decantação simples (JONATHAN, 2022).

No tratamento secundário será retirada a matéria orgânica. Ela se encontra suspensa ou diluída no efluente sendo composta também por diversos microorganismos como bactérias, protozoários e fungos (OLIVEIRA, 2014). Além disso, a matéria orgânica presente no esgoto serve de alimento para esses microorganismos que acabam se reproduzindo e gerando gases como gás carbônico e metano, se no caso optar-se pelo tratamento anaeróbio.

A tecnologia utilizada é a combinação de sistemas anaeróbios e aeróbicos, como reator UASB (anaeróbio) seguido de Lodos Ativados. Existem diversos outros sistemas como Lagoas de estabilização, lagoas aeradas, filtros biológicos convencionais, filtros biológicos aerados submersos e até processos físico-químicos (SARTI, et al, 2021).

O reator UASB é um reator anaeróbio, onde uma manta de lodo biológico é usada na remoção da matéria orgânica presente. Conforme observado na figura 4, o fluxo de líquido é ascendente, fazendo com que o fluido tenha contato com a massa de microorganismos presente no lodo, para a conversão da matéria orgânica em biogás. Na parte superior se encontra um separador trifásico que separa os gases formados, o efluente clarificado e os sólidos sedimentáveis.

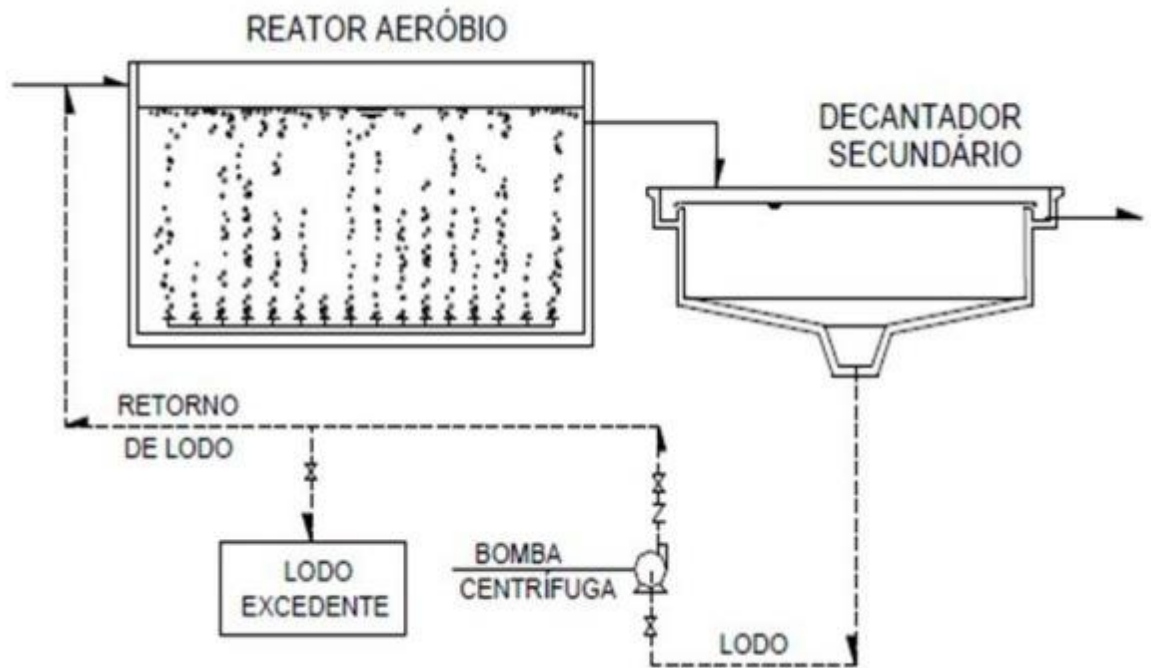
Figura 4: Esquema Reator UASB



Fonte: Versiani, 2005

O sistema de lodos ativados é um sistema aeróbio exclusivamente que se aproveita da matéria orgânica presente no esgoto para fazer o tratamento do efluente (KLAUS, 2012). Ele é constituído de um tanque de aeração que converte via aeróbia a matéria orgânica, fazendo grande parte do material biológico aglomerar-se na forma de flocos. Em seguida o efluente desse tanque vertido a um decantador onde esses flocos são separados do sobrenadante e o sedimentado retorna para o tanque de aeração. É chamado de “lodos ativados”, pois estudiosos da época acreditavam que era necessário “ativar” o efluente (KLAUS, 2012). Essa técnica se mostrou tão eficiente que hoje em dia é aplicada mundialmente, como mostra a figura 5.

Figura 5: Representação Sistema de Lodos Ativados.

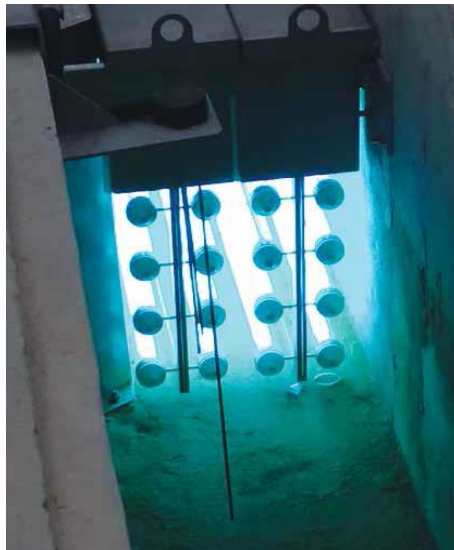


Fonte: Beranger, 2009

Por fim temos o tratamento terciário que consiste na desinfecção do efluente e a retirada de nitrogênio, fósforo e outros contaminantes não biodegradáveis. Pode ser feito por agentes químicos, não químicos e até pela combinação deles, como, por exemplo, processo de osmose, filtração com carvão ativo, cloração, ozonificação e radiação ultravioleta (UV). Na figura 6, pode-se ver o tratamento feito com raios UV (TONETTI *et al.*, 2018).

O lodo formado nas etapas do tratamento é retirado e levado para zonas de tratamento, onde o volume passa uma redução, para assim ser enviado para aterros ou pode ser utilizado em reatores para gerar biogás. O tratamento começa num equipamento chamado adensador que vai reduzir o volume do lodo retirando o efluente que ainda ficou no lodo. Este efluente pode retornar para o tratamento primário e o lodo vai para um biodigestor onde será obtido o gás metano que pode ser usado para gerar energia. A matéria que resta no biodigestor passa para os leitos de secagem ou para centrífugas. Dessa forma o lodo é seco e destinado a aterros (TONETTI *et al.*, 2018).

Figura 6: Sistema de desinfecção por raios UV.



Fonte: “Sistema de desinfecção por ultravioleta para ETE (estação de tratamento de esgoto) - Portal Saneamento Básico,” 2019

3.2. Sistemas Descentralizados

O sistema descentralizado, diferentemente do centralizado, apresenta o sistema de tratamento de esgoto próximo da fonte geradora. É muito utilizado em regiões periféricas e áreas rurais, onde a distância torna inviável a interligação com sistemas centralizados (MESQUITA *et al*, 2021).

Salienta-se que existem sistemas descentralizados em cluster e local. O sistema em cluster, que podem ser chamados de sistemas de tratamento comunitários, é utilizado para tratar esgoto de um grupo de unidades geradoras. Este sistema pode atender até mais que 100 unidades de acordo com Massoud *et al*.(2009). O sistema local é caracterizado pela pequena escala no tratamento, utilizados principalmente por unidades familiares (MESQUITA *et al*, 2021).

As normas da NBR 7229 e a NBR 13969 da Associação Brasileira de Norma Técnicas apresentam algumas tecnologias de tratamento descentralizado, tais como fossas, filtros anaeróbios, tanques sépticos e algumas aplicações de tratamentos complementares como canteiros de evapotranspiração que podem ajudar regiões que o solo tem baixa capacidade de infiltração. Mas existem atualmente diversos outros sistemas pelo mundo, como por exemplo Wetlands que é um tratamento

passivo, o Johkasou que uma tecnologia muito utilizada no Japão, o BIOMAX que é um produto biológico muito aplicado em lagos (SNATURAL,2023) e o reator sequencial por batelada (RSB), que se assemelha a um tratamento por lodos ativados (HOFFMAN et al., 2004)

3.2.1.Tanque Sépticos

Segundo a norma NBR 7229 de 1993 da ABNT, a definição de tanque séptico é “unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”. O tanque pode ser construído utilizando concreto, alvenaria ou qualquer material que forneça resistência mecânica adequada ao ambiente e resistência química, ao ataque de substâncias presentes ou geradas pelo esgoto (ABNT, 1993).

Antes do tanque, são geralmente utilizadas caixas de gordura, de modo a evitar que a gordura presente no efluente cause o entupimento das tubulações e atrapalhe no tratamento. A separação é feita por diferença de densidade, onde a gordura fica na superfície do efluente e só o que passa para o tratamento é o esgoto bruto.

O tratamento feito pelo tanque séptico consiste na sedimentação das partículas sólidas em suspensão, separação dos sólidos flutuantes (escuma) e degradação da matéria orgânica, como mostra a figura 7. Os patogênicos são removidos pela sedimentação e pela digestão anaeróbia que os microorganismos fazem no lodo (Ministério da Saúde, 2018), por isso, é muito importante estipular um tempo de detenção adequado, como mostra a Tabela 2. Essa digestão ocorre por meio dos próprios microorganismos presentes no esgoto, que realizam a redução da matéria orgânica, liberando gases como metano e gás carbônico (ÁVILA, 2005). Por não possuir muita oxigenação a remoção de compostos como nitrogênio e fósforo não ocorre, sendo necessário um sistema complementar.

O tanque séptico é um tratamento de baixa conversão, variando entre 40% a 70% da DBO ou DQO. A eficiência varia por conta das características do esgoto, o volume, a geometria, o número de câmaras, temperatura e condições de operação (ÁVILA, 2005).

A disposição final do efluente pode ser feita por meio da rede coletora de esgoto ou, na ausência dela, por um sumidouro. Conforme a NBR 7229, sumidouro ou poço absorvente é um poço seco escavado no chão e não impermeabilizado, que

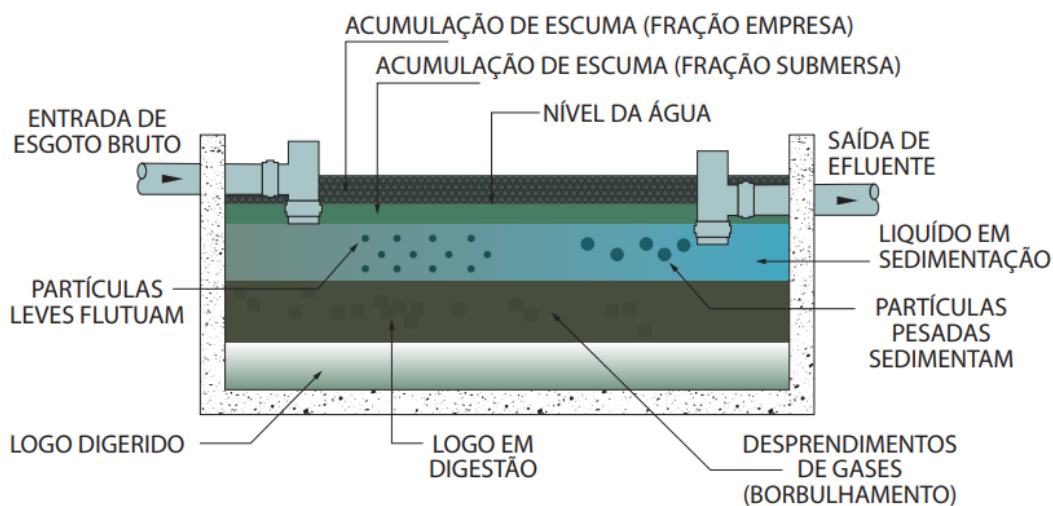
orienta a infiltração de água residuária no solo. É necessário ter cuidado na construção dele, pois deve ter uma distância mínima de aquíferos, 1,5 m entre o fundo e o nível do aquífero (ABNT, 1997).

Tabela 2: Tempo recomendado de detenção

Contribuição Diária (L)	Tempo de Detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: ABNT, 1993

Figura 7: Esquema Fossa Séptica



Fonte: Funasa 2020.

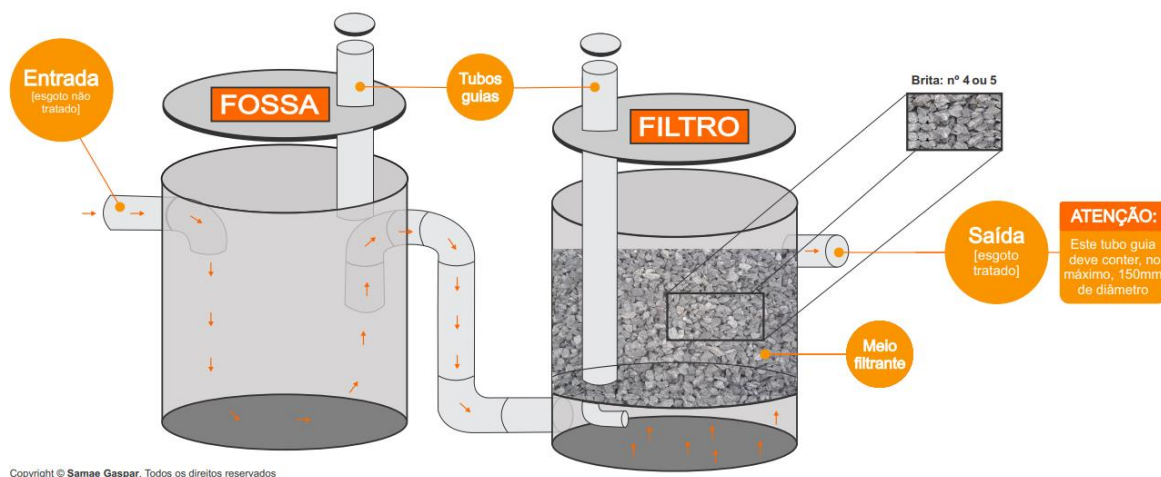
3.2.2. Fossa Filtro

O sistema de fossa filtro é a combinação do sistema de tanque séptico com um filtro anaeróbio, que irá ajudar na retirada de microorganismos, sólidos em suspensão e outros contaminantes por meios químicos e físicos.

Filtro anaeróbio pode ter diversas configurações, no entanto, a mais utilizada é a com fluxo ascendente descrita na norma da ABNT é um “reator biológico com esgoto em fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submersos, onde atuam microorganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica”. Mas também existem os filtros com fluxo descendente e horizontal, que podem ser utilizados dependendo da demanda como está descrito no quadro 1.

O meio filtrante deve ser um sólido inerte que permita a aderência da biomassa, melhore o contato entre os constituintes do fluido e da biomassa, mas, em simultâneo, retenha as pequenas partículas suspensas como uma barreira física. O sólido mais utilizado é a brita, entretanto pode-se utilizar anéis de plástico, bambu, escória de alto forno entre vários outros (ÁVILA, 2005). A figura 8 mostra o sistema de fossa filtro onde o meio filtrante é a brita número 4 ou 5 e o fluxo é ascendente.

Figura 8: Sistema de fossa filtro



Fonte: INOVASSE SISTEMAS, 2015

A eficiência do sistema fossa combinada com o filtro anaeróbio, proporciona uma remoção de até 75% da DBO, 70% da DQO e de 70% ou mais dos sólidos sedimentáveis, considerando temperaturas até 25°C (ABNT, 1997). Entretanto

existem diversos fatores que podem influenciar essa eficiência, de acordo com Nuvolari (2011) lugares com clima frio podem diminuir a eficiência.

Quadro 1: Características dos filtros anaeróbios

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

Fonte: ÁVILA, 2005

3.2.3. Wetland

O sistema de tratamento wetlands foi construído para simular o que ocorre nos pântanos, onde são utilizados vegetação, solo, microrganismos e água para realizar o tratamento (WU et al., 2015). Este sistema é um sistema passivo de tratamento, ou seja, não utiliza nenhum produto químico e/ou equipamentos como reatores, filtros entre outros.

Existem diversas configurações nas quais este sistema pode atuar, podendo ser verticais, horizontais, único estágio, múltiplos estágios e até combinado com outros sistemas. O pré tratamento é recomendado antes da dispensa no wetland, mas pode ser descartado se o sistema for o wetland de fluxo vertical.

Fatores como seleção da planta, substrato, profundidade da água, vazão, tempo de retenção e formação de lodo, devem ser analisados para se construir um sistema wetland (WU et al., 2015).

A vegetação utilizada tem como principais características, aumentar a área de filtragem, estabilizar o meio suporte, liberar oxigênio, aumentar a atividade biológica, absorver nutrientes, reduzir a colmatação entre outros (EQUIPE WETLANDS, 2019). Ela pode ser emergente, flutuante ou submersa (SAEED; SUN, 2012). Para selecionar uma planta a ser utilizada é ideal que ela apresenta características como: ciclo de vida perene, sistema radicular volumoso e extenso, suportar ambiente contínua ou temporariamente alagado e eutrofizado, ter alta taxa de crescimento e propagação de rizomas, facilidade de manejo, baixa susceptibilidade a pragas e doenças, apresentar potencial estético ou de reuso de biomassa e não devem ser espécies invasoras. Um exemplo pode ser a Tábua-larga (*Typha latifolia*), muito usada no Brasil, ou a Caniço (*Phragmites australis*). A figura 9 mostra como a vegetação auxilia no tratamento do efluente.

A capacidade de remoção de contaminantes como fósforo e nitrogênio pelas plantas é em média de 52% e 47,5% respectivamente, mas pode variar para cada sistema (WU et al., 2015).

O substrato que a planta será fixada é um parâmetro importante a ser definido, pois, é nele que a raiz e os microrganismos crescem e os poluentes ficam retidos. Os substratos mais utilizados são cascalho, areia, argila, calcita, vermiculita, bentonita, dolomita, calcário, concha, zeólita, carvão ativado entre outros (WU et al., 2015).

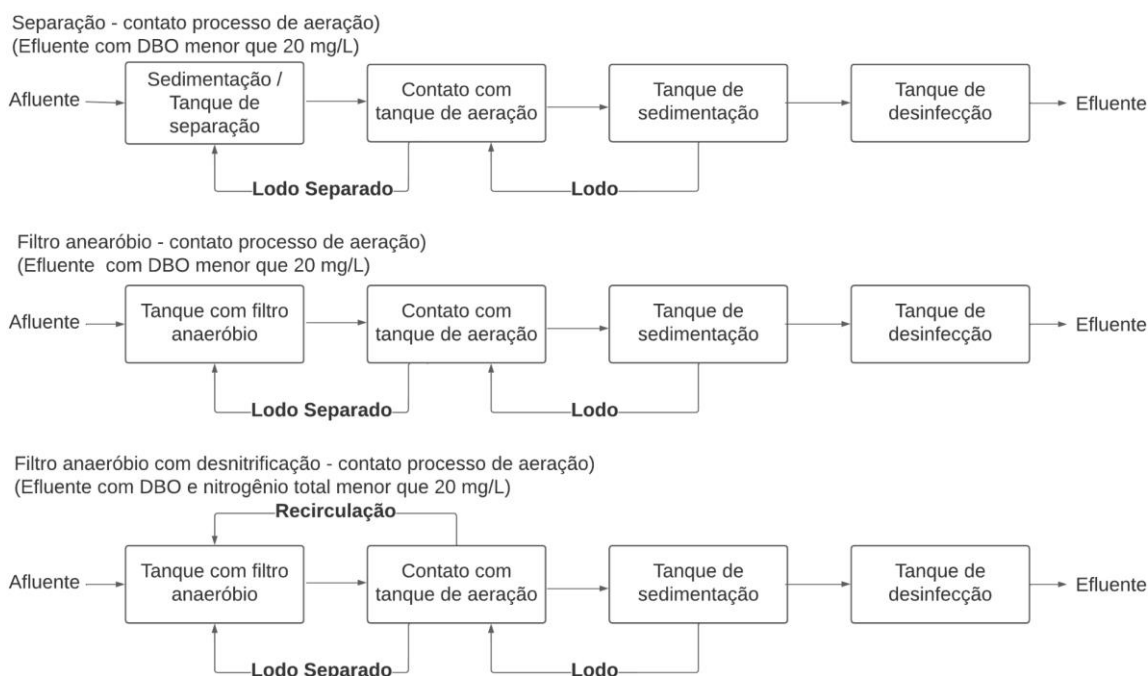
A profundidade adequada do sistema garante uma melhora da remoção de poluentes. Um estudo feito por García et al. (2005), mostrou que uma profundidade de até 27 cm remove melhor a DBO, a DQO, a amônia e o fósforo dissolvidos.

É estimado que a cada 160 L diários de esgoto são necessários de 1 a 2 m² de área para tratamento. Dessa forma, se houver uma comunidade de 1000 habitantes gerando 160 L/hab, seria necessária no mínimo uma área de 1400 a 2800 m² (EQUIPE WETLANDS, 2019).

Johkasou pode ser construído em pequena escala para atender até 50 pessoas. O sistema consiste em um tanque segmentado 4 partes e dependendo da característica do efluente desejado o tratamento varia de segmento para segmento, como pode se ver na figura 10.

A forma de tratamento se assemelha muito com o tratamento primário e secundário utilizado em sistemas centralizados. O esgoto entra em uma primeira câmara onde vai ocorrer a sedimentação e a degradação anaeróbia de microrganismos. Após essa primeira câmara o efluente passa para uma câmara onde tem um borbulhador que irá promover a degradação aeróbia. Depois da degradação os microrganismos são sedimentados e passam por uma desinfecção antes de ser liberado para o ambiente. A figura 11 mostra o esquema do processo de tratamento.

Figura 10: Tratamento do sistema Johkasou segundo o efluente

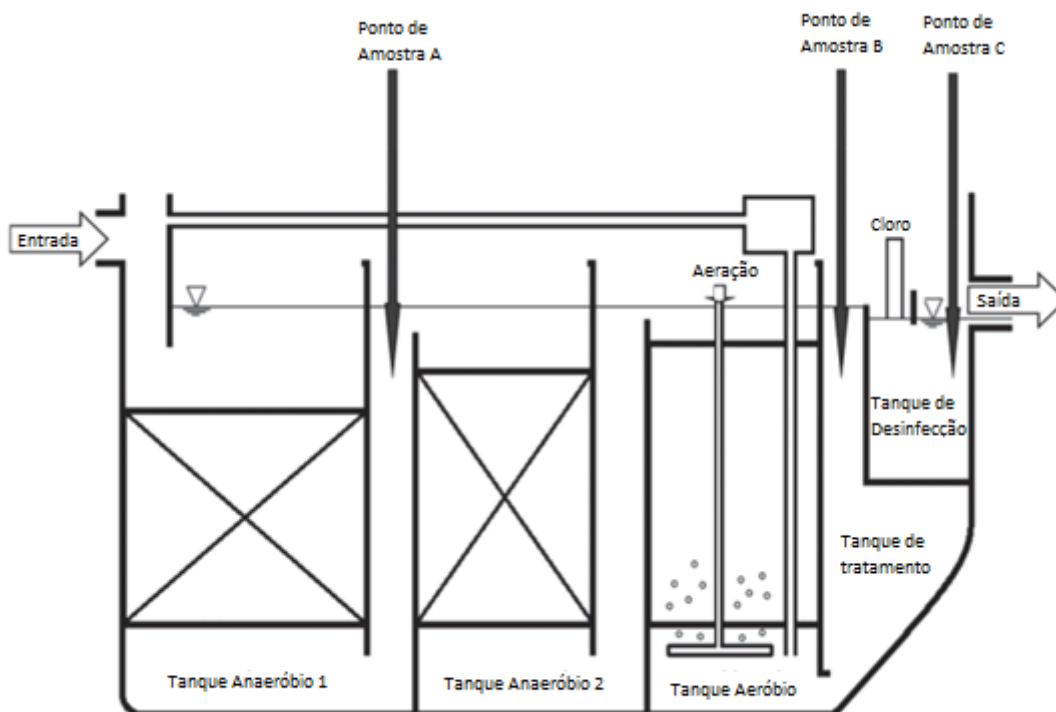


Fonte: traduzido de “Japan Education Center of Environmental Sanitation”, 2022

Atualmente o sistema está sendo aprimorado para que seja possível uma maior remoção de matérias orgânicas, nitrogênio e fósforo, já que para sistemas em pequena escala não é viável a utilização de coagulantes pelo elevado custo. O método que se mostrou mais vantajoso foi a eletrólise (YANG et al., 2005).

A capacidade de remover os coliformes também é um fator muito importante ao se considerar um sistema. O Johkasou simples, antes do processo de cloração, consegue remover 70% da DBO, com a cloração consegue-se chegar a 85% (TAKAHASHI et al., 2017).

Figura 11: Esquema do sistema de tratamento Johkasou



Fonte: Adaptado de Takahashi et al., 2017

4. DISCUSSÃO

Fica claro que existem incontáveis tecnologias e formas de tratar o esgoto, mas um ponto muito importante a se considerar é onde o sistema será aplicado. Em locais distantes de centros de distribuição podem ser uma ótima opção a utilização de sistemas descentralizados, mas para garantir um bom funcionamento do sistema precisa ser feita uma boa manutenção regularmente para não comprometer a qualidade do efluente.

Todo sistema de tratamento apresenta suas vantagens e desvantagens. No quadro 2, foi feito um comparativo entre os sistemas mostrados anteriormente. Observa-se que o tanque séptico e o sistema fossa filtro, são os mais simples e de fácil instalação, mas não possuem uma remoção elevada de DBO. Já os sistemas

mais elaborados como o Wetlands e o Johkasou são mais caros, mas apresentam uma eficácia maior.

No Brasil, o principal sistema descentralizado utilizado são os tanques sépticos associados a um descarte em solo ou até em fontes hídricas como rios, o que é uma alternativa inapropriada, uma vez que pode contaminar lagos, rios e até de lençóis freáticos por meio da infiltração no solo (MESQUITA *et al*, 2021).

O lançamento desses efluentes de forma irresponsável gera desequilíbrios ambientais. Em corpos hídricos, por exemplo, ao despejar o efluente, ocorre a formação de uma zona de degradação que é caracterizada pelo alto nível de matéria orgânica, um crescimento do número de microrganismos e conseqüentemente um aumento no consumo de oxigênio pelos mesmos, o que faz a taxa de oxigênio presente na água diminuir e alterar o ecossistema. Dependendo da quantidade de matéria orgânica liberada no ambiente, o corpo d'água consegue se autodepurar, mas em quantidades exageradas o ambiente é modificado de forma permanente (VON SPERLING, 1996). Por isso é muito importante que seja feito o tratamento adequado para que o ambiente sofra o mínimo de impacto.

Existem diversos sistemas de tratamento e várias combinações entre as etapas de cada tratamento que podem ser usados para construir uma ETE. Essa é uma grande vantagem desse tipo de tratamento, uma vez caracterizado o efluente é possível estabelecer um processo ideal para tratá-lo. Entretanto, esses mesmos sistemas podem ser combinados para construir sistemas menores que serão usados por núcleos menores, o que permite até um reuso mais rápido do efluente dependendo da qualidade do efluente tratado.

Quadro 2: Vantagens e desvantagens dos sistemas descentralizados

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Tanque Séptico	<ul style="list-style-type: none"> - Simplicidade de instalação - Ocupa pouco espaço - Pouca manutenção (de 1 a 5 anos) - Baixo custo operacional - Regulamentação consolidada 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficácia na remoção da DBO (30% a 50%) - Sem unidade para processar fase sólida
Fossa filtro	<ul style="list-style-type: none"> - Simplicidade de instalação - Boa eficácia na remoção da DBO (75%) - Baixo custo operacional - Manutenção simples - Regulamentação consolidada 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de inspeção periódica - Sem unidade para processar fase sólida
Wetlands	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo operacional - Excelente eficácia na DBO - Criação de espaços verdes - Baixo mau cheiro 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado investimento inicial - Grande área necessária - Sem unidade para processar fase sólida - Não pode ser usado imediatamente (vegetação precisa estar ambientada)
Johkasou	<ul style="list-style-type: none"> - Compacto - Fácil instalação - Boa eficácia na remoção de nitrogênio e fósforo 	<ul style="list-style-type: none"> - Sem unidade para processar fase sólida - Manutenção especializada - Médio custo operacional

Fonte: Jordão e pessoa (1995), NBR 7229

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em seu Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto de 2019, mostrou que os índices de atendimento de água e esgoto são bem precários ainda. Analisando os dados mostrados na tabela 2, pode-se ver que o índice IN046 que é referente a quantidade de esgoto gerada pela quantidade tratada, não chega nem a 60% em cada região e no Brasil como um todo não chega a 50%.

Tabela 2: Índice de tratamento de esgotos por região.

Macrorregião	Esgotos Gerados (%)	Esgotos Coletados (%)
	IN046	IN016
Norte	22,0	82,8
Nordeste	33,7	82,7
Sudeste	55,5	73,4
Sul	47,0	94,6
Centro-Oeste	56,8	93,2
Brasil	49,1	78,5

Fonte: Secretaria Nacional de Saneamento, 2019.

Quanto à regulamentação dos efluentes tratados, somente os estados de Minas Gerais, Ceará e São Paulo apresentam regulamentação para o reuso de água não potável de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

No estado de São Paulo, de acordo com a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH Nº 01 de 28 de junho de 2017, o reuso direto não potável de água é permitido para fins urbanos sendo a água proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. As águas de reuso são separadas em dois grupos: um de restrição moderada e outro de restrição severa. A água de reuso de restrição moderada pode ser utilizada para irrigação paisagística, lavagem de logradouros e outros espaços públicos e privados, construção civil, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos, lavagem de veículos, combate a incêndio. A água de restrição severa, tendo as mesmas utilidades da anterior com exceção do combate a incêndios.

Já no Japão nos anos de 1900, era proibido o despejo de esgoto no meio ambiente sem antes ser feito um tratamento que garantia a eliminação de todos os microrganismos que transmitiam doenças. A partir daí começaram a ser desenvolvidos sistemas, mas esses ainda foram pouco adotados pela população. Antes da Segunda Guerra Mundial o esgoto gerado era muito utilizado como fertilizante, principalmente a fase sólida, mas entre os anos de 1945 a 1955, o

fertilizante comercial passou a ser mais barato se popularizando e fazendo com que fosse necessária a criação de centros de tratamentos de esgoto. Nos anos seguintes, com a melhora no padrão de vida da população, a utilização de banheiros com descarga se popularizou e o sistema de coleta não suportava o volume de esgoto que seria transportado até os centros. Dessa forma, sistemas de tratamento individuais passaram a ser mais utilizados, pois com isso o esgoto tratado poderia ser liberado no meio ambiente sem gerar riscos à saúde.

A grande utilização dos sistemas individuais foi incentivado pelo governo por meio de leis como a “Lei Johkasou” que criou as normas que deveriam ser seguidas na instalação, operação e os modelos aprovados, assim como as penas e multas por quem não segue. Outra ação do governo japonês, foi a subsidiação dada para que fosse feita a troca de um sistema menos moderno (“tandoku” Johkasou) para um mais recente e eficiente (“gappei” Johkasou).

5. CONCLUSÃO

A escassez de tratamento de esgoto em áreas rurais, periurbanas e até nas regiões Nordeste e Norte do país mostra que ainda se está longe de atingir a universalização do saneamento no Brasil. A distância entre a rede geradora e a rede de tratamento de esgoto é um dos principais fatores que impedem a utilização dos sistemas centralizados em áreas rurais.

O sistema de tratamento de esgoto centralizado apresenta a vantagem de tratar um grande volume de efluente por um custo baixo e ser um tratamento consolidado no mundo. Mas o sistema descentralizado apresenta a praticidade de tratar o efluente próximo da rede coletora e possui um baixo custo de implantação. Para que o objetivo de universalizar saneamento seja cumprido, a utilização de sistemas descentralizados de tratamento é indispensável, pois conforme discutido nesse trabalho a distância inviabiliza a instalação de grandes ETEs e a falta de tratamento pode trazer sérios impactos ambientais.

A fim de difundir a utilização desses sistemas, incentivos fiscais podem ser criados. Assim como foi feito no Japão, o próprio governo pode incentivar buscando parcerias com grandes empresas e estabelecendo normas claras de instalação e manutenção para garantir o bom funcionamento dos sistemas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **APHA (2005)**: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: Moderna, 1997. 60 p. Disponível em: https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf. Acesso em: 20 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro: Moderna, 1993. 15 p. Disponível em: https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf. Acesso em: 20 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: Moderna, 1983. 15 p. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-de-santa-catarina/hidraulica/nbr-9648-estudo-de-concepcao-de-sistemas-de-esgoto-sanitario/17149466>. Acesso em: 17 jan. 2023.

ÁVILA, Renata Oliveira de. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbico com diferentes tipos de meio de suporte**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BERANGER, M.A.. **Avaliação da Influência do pH na Respiração de Lodos Ativados**. 2009. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **L5.120**: Água - Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - Método de Diluição e Incubação (20°C, 5 dias). 126 ed. São Paulo: Companhia Tecnológica de

Saneamento Ambiental, 2016.

EQUIPE WETLANDS. **Tratamento de esgotos e lodos: a importância da vegetação para os wetlands construídos**. Disponível em: < >. Acesso em: 11 jul. 2022.

HOFFMAN, H. et al. **Propostas para o saneamento descentralizado no Brasil (tecnologias de baixo custo para o tratamento de esgotos urbanos)**. ICTR–Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Costão do Santinho, p. 715, 2004.

INOVASSE SISTEMAS; INOVASSE SISTEMAS. O SAMAE. Disponível em: <http://www.samaegaspar.com.br/servico_fossa_filtro.php>. Acesso em: 23 jun. 2022.

Japan Education Center of Environmental Sanitation. Disponível em: <<https://www.jeces.or.jp/en/technology/index.html>>. Acesso em: 13 jul. 2022.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Abes, 1995.

KLAUS, Giliane Feital. **ESTUDO DE UM SISTEMA COMPACTO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS DO TIPO LODOS ATIVADOS**. 2012. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/124872/TCC%20VE%20RS%C3%83O%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 out. 2022.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries**. Journal of Environmental Management, 90(1), 652–659, 2009. doi: 10.1016/j.jenvman.2008.07.001

MESQUITA, Tayane Cristiele et al. **Gestão descentralizada de soluções de esgotamento sanitário no Brasil: aspectos conceituais, normativos e alternativas tecnológicas**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, [S.L.], v. 56, n. 4, p. 46-66, 26 mar. 2021. Universidade Federal do Paraná.

Ministério da Saúde (org.). **CataloSan: catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos**. Campo Grande: Gráfica e Editora Espaço, 2018.

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

OLIVEIRA, Cristiane M. R.. **APLICABILIDADE DE SISTEMAS SIMPLIFICADOS PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE CIDADES DE PEQUENO PORTE**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2014/02/APLICABILIDADE-DE-SISTEMAS-SIMPLIFICADOS-PARA-ESTA%
c3%87%c3%95ES-DE-TRATAMENTO-DE-ESGOTO-DE-CIDADES-DE-PEQUENO-PORTE.pdf](https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2014/02/APLICABILIDADE-DE-SISTEMAS-SIMPLIFICADOS-PARA-ESTA%c3%87%c3%95ES-DE-TRATAMENTO-DE-ESGOTO-DE-CIDADES-DE-PEQUENO-PORTE.pdf)>.

SAEED, T.; SUN, G. **A review on nitrogen and organics removal mechanisms in subsurface flow constructed wetlands: Dependency on environmental parameters, operating conditions and supporting media**. Journal of Environmental Management, v. 112, p. 429–448, dez. 2012.

SÃO PAULO (Estado). **Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH N° 01 de 20 de junho de 2017**. São Paulo, SP, Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/legislacao/2017/06/resolucao-conjunta-ses-sma-ssrh-01-2017-agua-de-reuso.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SARTI, Arnaldo. **Tratamento Biológico de Efluentes**. Araraquara: Unesp, 2021. 152 slides, color.

Secretaria Nacional de Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**. 25. ed. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2019

Sistema de desinfecção por ultravioleta para ETE (estação de tratamento de esgoto) - **Portal Saneamento Básico**. Disponível em: <<https://saneamentobasico.com.br/outros/geral/sistema-desinfeccao-ultravioleta-ete/>>. Acesso em: 8 mar. 2022.

SNATURAL AMBIENTE. **Tratamento de Lagos e Efluentes com Aplicação de**

Microrganismos: biomax. BIOMAX. 2023. Disponível em: <https://www.snatural.com.br/tratamento-de-lagos-e-efluentes-com-microrganismos-biomax/>. Acesso em: 17 jan. 2023.

SNIS (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO). **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto: gestão técnica de esgoto ano de referência 2020**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento - Sns, 2020. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DE_ESGOTO_AE_SNIS_2022.pdf. Acesso em: 08 nov. 2022.

SNIS (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO). **Painel de Informações sobre Saneamento: esgotamento sanitário 2019**. Esgotamento Sanitário 2019. Disponível em: <http://snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>. Acesso em: 28 set. 2021

SUBTIL, Eduardo Lucas et al. **Sistemas descentralizados de tratamento de esgoto e reuso de água**. In: SUBTIL, Eduardo Lucas et al. *Ciência e Tecnologia Ambiental: Conceitos e Perspectivas*. Santo André: Ufabc, 2016. Cap. 9. p. 201-2020. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/309429650_Sistemas_descentralizados_de_tratamento_de_esgoto_e_reuso_de_agua. Acesso em: 20 jun. 2021.

TAKAHASHI, N. et al. 大腸菌群除去に関するBOD除去型浄化槽と窒素除去型浄化槽の比較 **Comparison for Removal of Coliform Group between BOD Removal Type Johkasou and Nitrogen Removal Type Johkasou**. v. 1, p. 1–53, 2017.

TONETTI, Adriano Luiz *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018.

UNICEF (Brasil). **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, dizem o UNICEF e a OMS**. 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>. Acesso em: 28 set. 2021.

UNICEF (Brasil). **Não lavar as mãos com sabão coloca milhões de pessoas em risco**

aumentado para a Covid-19 e outras doenças infecciosas. 2020. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/nao-lavar-maos-com-sabao-coloca-milhoes-de-pessoas-em-risco-aumentado-para-covid-19-e-outras-doencas>. Acesso em: 28 set. 2021.

VERSIANI, Betina Maciel. **Desempenho de um reator UASB submetido a diferentes condições operacionais de tratamento de esgotos sanitários do campus da UFRJ.** 2005. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

WU, H. et al. **A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: Design and operation.** *Bioresource Technology*, v. 175, p. 594–601, jan. 2015.

Zaharia, C. **Decentralized wastewater treatment systems: Efficiency and its estimated impact against onsite natural water pollution status.** A Romanian case study. *Process Safety and Environmental Protection*, 108, 74–88, 2017. doi: 10.1016/j.psep.2017.02.004

Brasil. Fundação Nacional de Saúde. **Caderno didático técnico para curso de gestão de sistemas de esgotamento sanitário em áreas rurais do Brasil.** Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2020.

GARCÍA, J. et al. **Effect of key design parameters on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetlands.** *Ecological Engineering*, v. 25, n. 4, p. 405–418, nov. 2005.

JONATHAN. **Decantador primário.** Disponível em: <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/index.php/br/infraestrutura/decantador-primario>>. Acesso em: 7 mar. 2022.

YANG, Y. et al. **Development of an advanced biological treatment system applied to the removal of nitrogen and phosphorus using the sludge ceramics.** *Water Research*, v. 39, n. 20, p. 4859–4868, dez. 2005.