

TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS UMA PERSPECTIVA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RAYLAN CAMINHA DE VASCONCELOS

EDITORA AMPLLA

 AMPLLAEDITORIA

 www.ampllaeditora.com.br



TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS UMA PERSPECTIVA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RAYLAN CAMINHA DE VASCONCELOS

EDITORA AMPLLA

 AMPLLAEDITORA

 www.ampllaeditora.com.br



2020 - Editora Amplla
Copyright © Editora Amplla
Copyright do Texto © 2020 Raylan Caminha de Vasconcelos
Copyright da Edição © 2020 Editora Amplla
Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares
Diagramação: Higor Costa de Brito
Edição de Arte: Higor Costa de Brito
Revisão: Raylan Caminha de Vasconcelos

TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS: UMA PERSPECTIVA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL por Raylan Caminha de Vasconcelos está licenciado sob CC BY 4.0.



Esta licença exige que as reutilizações deem crédito ao criador. Ele permite que os reutilizadores distribuam, remixem, adaptem e construam o material em qualquer meio ou formato, mesmo para fins comerciais.

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, não representando a posição oficial da Editora Amplla. É permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor. Todos os direitos para esta edição foram cedidos à Editora Amplla pelo autor.

Conselho Editorial

Bergson Rodrigo Siqueira de Melo - Universidade Estadual do Ceará
Carla Caroline Alves Carvalho - Universidade Federal de Campina Grande
Cícero Batista do Nascimento Filho - Universidade Federal do Ceará
Clécio Danilo Dias da Silva - Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Dylan Ávila Alves - Instituto Federal Goiano
Érica Rios de Carvalho - Universidade Católica do Salvador
Gilberto de Melo Junior - Universidade Federal de Goiás
Higor Costa de Brito - Universidade Federal de Campina Grande
Italan Carneiro Bezerra - Instituto Federal da Paraíba
Ivo Batista Conde - Universidade Estadual do Ceará
João Henriques de Sousa Júnior - Universidade Federal de Santa Catarina
Joilson Silva de Sousa - Instituto Federal do Rio Grande do Norte
José Cândido Rodrigues Neto - Universidade Estadual da Paraíba
Luís Paulo Souza e Souza - Universidade Federal do Amazonas
Manoel Mariano Neto da Silva - Universidade Federal de Campina Grande

Marina Magalhães de Moraes - Universidade Federal de Campina Grande
Natan Galves Santana - Universidade Paranaense
Nathalia Bezerra da Silva Ferreira - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Neide Kazue Sakugawa Shinohara - Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sabryna Brito Oliveira - Universidade Federal de Minas Gerais
Samuel Miranda Mattos - Universidade Estadual do Ceará
Tatiana Paschoalette Rodrigues Bachur - Universidade Estadual do Ceará
Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual do Centro-Oeste
Virginia Tomaz Machado - Faculdade Santa Maria de Cajazeiras
Walmir Fernandes Pereira - Miami University of Science and Technology
Wanessa Dunga de Assis - Universidade Federal de Campina Grande
Wellington Alves Silva - Universidade Estadual de Roraima
Yáscara Maia Araújo de Brito - Universidade Federal de Campina Grande
Yuciara Barbosa Costa Ferreira - Universidade Federal de Campina Grande

ISBN: 978-65-88332-09-2

Editora Amplla
Campina Grande – PB – Brasil
contato@ampllaeditora.com.br
www.ampllaeditora.com.br

TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS: UMA PERSPECTIVA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2020 - Editora Ampla

Copyright © Editora Ampla

Copyright do Texto © 2020 Raylan Caminha de Vasconcelos

Copyright da Edição © 2020 Editora Ampla

Editor Chefe: Leonardo Pereira Tavares

Diagramação: Higor Costa de Brito

Edição de Arte: Higor Costa de Brito

Revisão: Raylan Caminha de Vasconcelos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sueli Costa CRB-8/5213

Vasconcelos, Raylan Caminha de
Tratamento de efluentes líquidos [livro eletrônico]:
uma perspectiva para o desenvolvimento sustentável / Raylan
Caminha de Vasconcelos. - Campina Grande : Editora Ampla, 2020.
47 p.

Formato: PDF

ISBN: 978-65-88332-09-2

1. Tratamento de efluentes 2. Desenvolvimento sustentável
3. Águas residuárias I. Título

CDD-628.3

Índice para catálogo sistemático:

1. Tratamento de águas 628.3

APRESENTAÇÃO

A presente obra, constitui-se de uma exposição e explicação dos diversos tipos de tratamentos de efluentes líquidos, dispostos em 5 capítulos.

O livro acima de tudo, destaca a colaboração e contribuição do tratamento de efluentes para o desenvolvimento sustentável, proporcionando assim que as atuais e futuras gerações possam desfrutar de um espaço ecologicamente correto.

Espero que possa contribuir para a ampliação do conhecimento.

Venha aprender um pouco sobre o tratamento de água residuárias. Boa leitura!

Raylan Caminha de Vasconcelos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição dos esgotos.....	12
Figura 2 – Esquema de tratamento primário com precipitação química.....	22
Figura 3 – Esquema de lodos ativados de fluxo contínuo.....	24
Figura 4 – Compilação dos esquemas de lagoas de estabilização.....	29
Figura 5 - Fluxograma típico de sistema de tratamento de esgoto por reator UASB.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Padrões e seus respectivos valores máximos para lançamentos.....	15
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de efluentes e formas de tratamento.....	18
Tabela 2 - Principais mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos.....	20

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO II - OBJETIVO GERAL	9
CAPÍTULO III - REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1 EFLUENTES OU ESGOTOS	10
3.2 TIPOS DE EFLUENTES	11
3.3 COMPOSIÇÃO DOS EFLUENTES	11
3.4 TIPOS DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS	14
3.5 ASPECTOS LEGAIS	14
3.6 RELAÇÕES ENTRE TRATAMENTO DE EFLUENTES E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	16
CAPÍTULO IV - TRATAMENTO DE ESGOTOS	17
4.1 PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS	21
<i>4.1.1 PRECIPITAÇÃO QUÍMICA</i>	<i>22</i>
<i>4.1.2 TRATAMENTO COM CARVÃO ATIVADO</i>	<i>22</i>
<i>4.1.3 OZONIZAÇÃO-ELETROFLOCULAÇÃO</i>	<i>23</i>
4.2 PROCESSOS BIOLÓGICOS	23
4.2.1 PROCESSOS AERÓBICOS	23
4.2.1.1 LODOS ATIVADOS:.....	23
4.2.1.2 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	26
4.2.1.3 FILTROS BIOLÓGICOS HORIZONTAIS (LEITOS PERCOLADORES).....	29
4.2.1.4 DISCOS BIOLÓGICOS E TORRES BIOLÓGICAS.....	30
4.2.1.5 REATORES AERÓBIOS COM BIOFILMES	30
4.2.1.6 FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR	30
4.3 PROCESSOS ANAERÓBICOS	30
<i>4.3.1 REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO</i>	<i>31</i>
<i>4.3.2 LAGOAS ANAERÓBICAS</i>	<i>33</i>
<i>4.3.3 REATORES ANAERÓBICOS</i>	<i>33</i>
<i>4.3.4 TANQUE SÉPTICO</i>	<i>34</i>
<i>4.3.5 FILTRO ANAERÓBIO</i>	<i>36</i>
4.4 TRATAMENTOS AVANÇADOS	37
<i>4.4.1 ABRANDAMENTO</i>	<i>37</i>
<i>4.4.2 PROCESSO DE ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO</i>	<i>37</i>

<i>4.4.3 RESINAS DE TROCA IÔNICA</i>	<i>38</i>
<i>4.4.4 FILTRAÇÃO</i>	<i>39</i>
<i>4.4.5 MEMBRANAS</i>	<i>40</i>
4.4.5.1 PROCESSOS DE SEPARAÇÃO COM MEMBRANAS	40
4.5 ATITUDES BENÉFICAS PARA ESGOTOS	41
CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
SOBRE O AUTOR	45

INTRODUÇÃO

A água é o constituinte natural mais essencial para a manutenção da vida. De acordo com a história antiga, durante séculos, o homem se preocupou em obter água de qualidade e em quantidade suficiente a fim de atender suas necessidades básicas. Antigamente, com uma população mundial reduzida, havia um equilíbrio entre o que era retirado da natureza pelo ser humano e o que o meio ambiente, de forma natural, conseguia produzir.

Ao longo do tempo, o crescimento populacional e o aumento da complexidade dos possíveis usos da água, levaram a humanidade a um aumento no consumo desta e, conseqüentemente, na geração de esgotos que vem degradando o meio, principalmente os recursos hídricos. Com isso, houve um despertar da consciência da degradação ambiental, em que o ser humano começou a repensar suas ações em relação ao consumo e ao descarte inadequado de resíduos, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos. Juntamente a isso, foram estabelecidas normas e parâmetros, na maioria dos países do mundo, com o intuito de proteger esse recurso tão valioso que é a água.

Nesse contexto, diferentes tecnologias de tratamento biológico de esgotos foram desenvolvidas, dentre elas: filtros biológicos, biodiscos, lodos ativados e reator UASB. Dentre estas variadas tecnologias, no Brasil, as lagoas de estabilização se destacam devido, principalmente, a sua simplicidade operacional e elevada eficiência na remoção de matéria orgânica, associadas ao baixo custo de manutenção e operação, e por ainda serem favorecidas pelas condições climáticas no País (SILVEIRA, 2011).

O esgoto sanitário é ainda um dos principais problemas na preservação das águas no Brasil. Em grande parte do país, o esgoto ainda é lançado diretamente nos corpos de água, gerando problemas de poluição e até de contaminação, devido à presença de compostos tóxicos e/ou organismos patogênicos.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2009), estima-se que apenas 47% da população brasileira é atendida com a coleta de esgoto. Desse total, apenas 25% sofre algum tipo de tratamento, enquanto o restante é lançado nos corpos d'água ou disposto em sistema individual (fossa séptica), que indiretamente acaba contaminado os solos.

Sendo assim, neste trabalho buscou-se transparecer acerca dos tratamentos dos efluentes líquidos e mostrar sua relevância para toda a sociedade.

OBJETIVO GERAL

Expor os tratamentos de efluentes líquidos tanto doméstico quanto industriais bem como suas explicações principalmente em relação aos processos envolvidos.

REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 EFLUENTES OU ESGOTOS

Efluente é todo resíduo líquido ou gasoso que, proveniente das diversas atividades humanas, são lançados no meio ambiente. Resultam de atividades industriais, agrícolas ou dos esgotos domésticos urbanos. Portanto, águas residuárias, ou, neste caso, efluentes, podem ser entendidas como as águas resultantes do contato e/ou utilização humana para os diversos fins (VON SPERLING, 1989).

Tecnicamente, esgoto é o termo usado para as águas que, após a utilização humana, apresentam as suas características naturais alteradas conforme o uso predominante: comercial, industrial ou doméstico. Essas águas apresentam características diferentes e são genericamente designadas de águas residuais (ou águas servidas) (CORSSATTO *et al.*, 2006).

A descarga de efluentes não tratados em corpos de água receptores, ou até mesmo na agricultura, pode resultar em problemas ambientais severos, deterioração dos meios naturais e morte da fauna de rios e lagos (CERVANTES *et al.*, 1998). Dessa forma, faz-se necessário o emprego de técnicas de tratamento de efluentes que minimizem os impactos gerados por estes ao meio ambiente.

Efluentes líquidos são compostos quase que em sua totalidade, cerca de 99%, por água, mas para serem lançados ou disposto devem passar pelo adequado tratamento para que assim os impactos sobre o meio ambiente sejam evitados ou minimizados.

O sistema de esgotos existe para afastar a possibilidade de contato de despejos, esgoto e dejetos humanos com a população, águas de abastecimento, vetores de doenças e alimentos. O sistema de esgotos ajuda a reduzir despesas com o tratamento, tanto da água de abastecimento quanto das doenças provocadas pelo contato humano com os dejetos, além de controlar a poluição das praias. O esgoto (também chamado de águas servidas) pode ser de vários tipos: sanitário (água usada para fins higiênicos e industriais), sépticos (em fase de putrefação), pluviais (águas pluviais), combinado (sanitário + pluvial), cru (sem tratamento), fresco (recente, ainda com oxigênio livre).

3.2 TIPOS DE EFLUENTES

Duas possíveis subdivisões para as categorias de efluentes líquidos são a categoria Doméstica e a Industrial.

Os efluentes domésticos, o popular domiciliar provêm principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas, ou qualquer dispositivo de utilização da água para fins domésticos. Compõem-se essencialmente da água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes, águas de lavagem.

Já, os esgotos industriais, extremamente diversos, provêm de qualquer utilização da água para fins industriais, e adquirem características próprias em função do processo industrial empregado. Assim sendo, cada indústria deverá ser considerada separadamente, uma vez que seus efluentes diferem até mesmo em processos industriais similares (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Alguns autores, classificam de outras formas. Na classificação de Corssatto *et al.* (2006), o esgoto gerado nas cidades pode ser dividido em doméstico, pluvial e industrial, existindo três tipos de sistema de esgoto:

1. Sistema unitário – é a coleta dos esgotos pluviais, domésticos e industriais em um único coletor. Tem custo de implantação elevado, assim como o tratamento também é caro;
2. Sistema separador – o esgoto doméstico e industrial ficam separados do esgoto pluvial. É o usado no Brasil. O custo de implantação é menor, pois as águas pluviais não são tão prejudiciais quanto o esgoto doméstico, que tem prioridade por necessitar tratamento. Assim como o esgoto industrial nem sempre pode se juntar ao esgoto sanitário sem tratamento especial prévio;
3. Sistema misto – a rede recebe o esgoto sanitário e uma parte de águas pluviais.

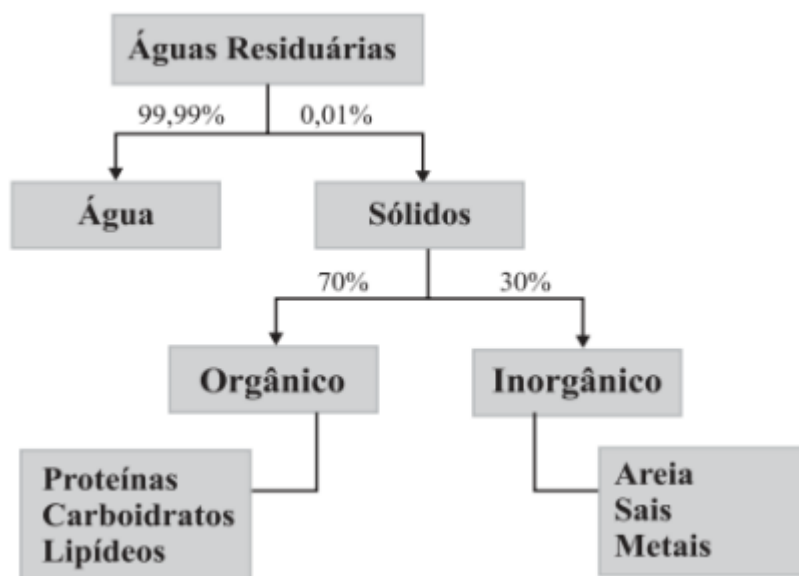
3.3 COMPOSIÇÃO DOS EFLUENTES

O esgoto é composto por diversas substâncias (1). De um modo geral, os efluentes domésticos são caracterizados pela forte presença de matéria orgânica, além de nutrientes tais como nitrogênio e fósforo.

Já os efluentes industriais terão suas características ligadas com ao processo produtivo. Neste ponto é muito importante ressaltar a grande oscilação de características do efluente gerado que se pode ter, seja de indústria para indústria, ou até mesmo dentro de uma mesma

planta industrial ao longo dos dias e até mesmo das horas, sendo este um grande desafio quando se pensa no tratamento de efluentes industriais.

Figura 1 – Composição dos esgotos



Fonte: Melo e Marques, 2000.

Os diversos componentes presentes nos efluentes (ou águas residuárias), e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados de uma maneira mais ampla e simplificada em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Essas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade. Assim, Von Sperling (1989, 2005) cita que essas características podem ser expressas em parâmetros físicos, químicos e biológicos, a saber:

Características físicas

- Sólidos em suspensão:
 - São pequenas partículas sólidas que entram em suspensão devido ao movimento da água.
- Sólidos dissolvidos:
 - Podem ser orgânicos ou inorgânicos. São substâncias de forma molecular, ionizadas ou micros granulares.
- Temperatura:
 - Importante parâmetro para determinar a qualidade da água.
- Cor:
 - Parâmetro que indica a decomposição do efluente, quanto mais escuro mais velho maior o tempo de decomposição.

Das características físicas, o teor de matéria sólida é o de maior importância, em termos de dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento. A remoção da matéria sólida é fonte de uma série de operações unitárias de tratamento, ainda que represente apenas cerca de 0,08% dos esgotos (água compõe os restantes 99,92%) (JORDÃO; PESSOA, 1995).

Características químicas

- pH:
 - Indica a condição do efluente em relação à sua acidez, neutralidade ou alcalinidade.
- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO):
 - A demanda bioquímica e oxigênio caracteriza a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente no efluente.
- Demanda Química de Oxigênio (DQO):
 - Demanda química de oxigênio caracteriza a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente no efluente.

A composição química das diversas substâncias presentes nos esgotos domésticos é extremamente variável, dependendo dos hábitos da população e diversos outros fatores. Esta variação vem sendo verificada devido a utilização de modernos produtos químicos de limpeza utilizados nas residências. O grau de complexidade da composição química de tais substâncias vem aumentando significativamente, sendo exemplo notório a presença de detergentes em concentrações cada vez maiores, bem como alguns inseticidas e bactericidas, que já merecem estudos específicos de região para região (ROQUE, 1997).

Características biológicas

- As características biológicas estão relacionadas à presença de microrganismos no efluente. Entre eles destacam-se as bactérias, protozoários, fungos e vírus. As bactérias do grupo coliforme constituem um indicador de poluição. Estas vivem no intestino dos humanos e outros animais de sangue quente.

As algas não interferem diretamente nas unidades convencionais de tratamento, salvo nas lagoas de estabilização onde desempenham um papel importante na oxidação aeróbia e redução fotossintética das lagoas (JORDÃO; PESSOA, 1995).

3.4 TIPOS DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A água residuária, ao chegar à estação de tratamento, recebe inicialmente um tratamento físico-químico, que busca remover a parte sólida e pré-arejamento, equalização do caudal, neutralização da carga, sendo que a parte sólida está sujeita a um processo de digestão anaeróbica em um digestor anaeróbico ou tanque séptico (SCHULZ; HENKES, 2013). Após, de acordo com Schulz e HENKES (2013), a água segue para um tratamento que pode ser de dois tipos:

- aeróbicos (tanque de lamas activadas, lagoas arejadas com macrófitos, leitos percoladores ou biodiscos);
- anaeróbico (lagoas ou digestores anaeróbicos). Após esses processos, o último estágio do tratamento é a remoção de microrganismos patogênicos através da utilização de lagoas de maturação e nitrificação.

Vale ressaltar que os sistemas de tratamento biológico podem ser divididos em sistemas aeróbios e anaeróbios. Os sistemas aeróbios podem ainda possuir biomassa aderida (material suporte) ou biomassa em suspensão (lodos ativados).

De acordo com Ferreira (2000), os processos biológicos de tratamento apresentam-se eficazes e de fácil projeto e operação quando comparados a métodos físico-químicos. Assim sendo, os processos biológicos de tratamento estão encontrando crescentes aplicações, mesmo sob condições adversas, e vêm substituindo os processos físico-químicos, com menores custos operacionais.

3.5 ASPECTOS LEGAIS

Dentre as legislações pertinentes em relação a disposição de efluentes líquidos, destaca-se a Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 430/2011 que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Essa resolução ela emprega que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências. O quadro 1, demonstra quais os valores máximos permitidos dos padrões para lançamentos em corpos receptores.

Quadro 1 – Padrões e seus respectivos valores máximos para lançamentos

Parâmetros inorgânicos	Valores máximos
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr ⁺⁶
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr ⁺³
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Parâmetros orgânicos	Valores máximos
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Fonte: CONAMA, 2011.

Vale destacar que de acordo com o artigo 24 da resolução: “Os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão realizar o automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos”. E por fim, o não cumprimento do disposto na resolução vigente implicará em sanções.

3.6 RELAÇÕES ENTRE TRATAMENTO DE EFLUENTES E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Talvez o benefício mais aparente, a preservação ambiental é um dos principais resultados do tratamento de efluentes. Aliás, a legislação brasileira não é rigorosa à toa com o setor industrial: a indústria é o principal agente poluidor do solo e da água no País, produzindo resíduos de formas mais variadas (gases, cinzas, óleos, metais, cerâmicas, esgoto, vidros).

Garantir uma boa qualidade na transformação desses resíduos poluentes em material pronto para o descarte é melhorar o ambiente no seu entorno, o que reverbera imediatamente na preservação ambiental, dos recursos naturais (que são finitos!) e, também, na proteção da fauna e flora.

A melhora da qualidade de vida é outro importante motivo para o investimento em tratamento de esgotos. O descarte incorreto desses poluentes aumenta a proliferação de doenças, como hepatite A, leptospirose, febre tifoide, cólera, entre outras. Segundo dados do Instituto Trata Brasil: apenas 53,15% da população tem acesso a coleta de esgotos no país, além disso, em 2018, cerca de 233 mil casos por doenças associadas à falta de saneamento foram registrados no país, o que corresponde a uma incidência de 11 internações para cada 10 mil habitantes. Vale destacar que cada real (R\$) investido em saneamento básico são 4 reais (R\$) economizados para a saúde pública. Com o controle do descarte desses efluentes, além da melhora na qualidade de vida da população, há o aumento da produtividade do trabalho. É um benefício para toda a sociedade.

Sendo assim, isto implica diretamente no conceito de desenvolvimento sustentável, que de acordo com o WWF (World Wide Fund for Nature): “é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro”, dentre outras palavras é a preocupação com o coletivo, promovendo desse modo condições sadias de qualidade de vida.

TRATAMENTO DE ESGOTOS

Os esgotos sanitários gerados nas diversas atividades diárias são lançados na rede coletora de esgotos e, por esta, são encaminhados para a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) para que possam ser tratados. Na ETE, os esgotos sanitários são encaminhados para tratamento preliminar, primário, secundário e eventualmente terciário, respectivamente. É mais comum vermos o tratamento de esgotos sanitários até o nível secundário nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE).

O tratamento do esgoto tem como finalidade remover os materiais sólidos, principalmente o orgânico, visto que ao ser lançado sem o mínimo tratamento pode gerar impacto na natureza. Isso ocorre principalmente devido à sua elevada demanda por oxigênio para a decomposição da matéria orgânica, provocando severos impactos na fauna e flora de rios (KUNHIKRISHNAN et al., 2012).

A tabela 1 mostra quais os parâmetros importantes para análise juntamente com seus supostos tratamentos.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de efluentes e formas de tratamento

Parâmetros	Descrição ¹	Tratamento	
Físicos			
Sólidos suspensos	Presença de flocos de bactérias, algas, protozoários; (tamanho superior a 10 µm)	Processo biológico (anaeróbio, aeróbio); processo físico-químico	
Sólidos coloidais	Por exemplo, presença de argilas		
Sólidos dissolvidos	Presença de matéria orgânica, sais, entre outros		
Cor	Relacionada à presença dos sólidos dissolvidos		
Turbidez	Relacionada à presença dos sólidos em suspensão		
Temperatura	-	-	
Químicos			
pH	Indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade do efluente	Tratamento biológico (anaeróbio, aeróbio); tratamento físico-químico	
Alcalinidade	É uma medição da capacidade do efluente de neutralizar ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH)		
Acidez	Capacidade do efluente resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. Deve-se principalmente à presença de gás carbônico livre (pH entre 4,5 e 8,2)		
Cloretos	Os cloretos são advindos da dissolução de sais (ex.: cloreto de sódio)		
Nitrogênio	Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se altera entre várias formas e estados de oxidação. Origem no efluente: constituinte de proteínas, compostos biológicos, composição celular, despejos industriais ou domésticos		
Fósforo	Origem no efluente: dissolução de compostos no solo, decomposição da matéria orgânica, despejos domésticos ou industriais, detergentes		
Matéria orgânica	Origem nos efluentes: matéria orgânica vegetal e animal, microrganismos, despejos domésticos e industriais		
Metais	Despejos industriais		Físico-químico
Oxigênio dissolvido (OD)	Essencial para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos processos respiratórios, podendo vir a causar redução da sua concentração no meio.		-
Biológicos			
Organismos indicadores	-	Natural: lagoas facultativas; químico: desinfectantes;	
Algas	Importantes na produção de oxigênio	físico-químico: coagulação,	
Bactérias	Responsáveis pela conversão da matéria orgânica	sedimentação	

¹ Von Sperling (2005).

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

Segundo Von Sperling (2005), o tratamento de águas residuárias pode ser dividido da seguinte maneira:

- Tratamento preliminar: visa à remoção dos sólidos grosseiros, através de grades separadoras ou caixas de areia. Processos são, de modo geral, físicos, seja por diferença de gravidade.

É comum também considerar-se a medição de vazão em calha Parshall como parte componente do tratamento preliminar.

Este nível de tratamento já começa em nossas casas com as mencionadas caixas de gordura instaladas para a cozinha e continua nas estações de tratamento de efluentes como forma de proteger as unidades nas quais de fato o tratamento se dará.

- Tratamento primário: visa à remoção dos sólidos flutuantes, em suspensão e sedimentáveis, como óleos e graxas, através de decantadores primários, peneiras ou flutuadores;

Os decantadores primários são unidades de tratamento nas quais os sólidos sedimentáveis são separados da fração líquida pela operação unitária de sedimentação. A operação unitária de sedimentação é denominada discreta, e nela, as partículas se depositam no fundo do decantador, mantendo sua forma, volume e peso inalterados.

- Tratamento secundário: visa à remoção da matéria orgânica dissolvida ou solúvel através de reatores biológicos e/ou tratamento físico-químico; e
- Tratamento terciário: visa principalmente à remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) através de reatores biológicos, ou, ainda, utilizando tratamento físico-químico e remoção de patógenos ou de qualquer outro poluente específico.

Um exemplo de aplicabilidade e funcionalidade deste nível de tratamento é a redução de nitrogênio e fósforo que, em grandes concentrações podem levar a eutrofização dos corpos receptores, podendo levar, entre outras coisas, a mortandade de peixes.

Abaixo, na tabela 2, destacam-se alguns mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos.

Tabela 2 - Principais mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos

Poluente	Dimensões	Principais mecanismos de remoção	
Sólidos	Sólidos grosseiro (>~1cm)	Gradeamento	Retenção de sólidos com dimensões superiores ao espaçamento entre barras
	Sólidos em suspensão (>~1 μ m)	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
	Sólido dissolvidos (<~1 μ m)	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
Matéria orgânica	DBO em suspensão (>~1 μ m)	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
		Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Hidrólise	Conversão da DBO suspensa em DBO solúvel, por meio de enzimas, possibilitando a sua estabilização
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, como conversão a gases, água e outros compostos inertes
	DBO solúvel (<~1 μ m)	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, como conversão a gases, água e outros compostos inertes
Patogênicos		Radiação ultra-violeta	Radiação do sol ou artificial
		Condições ambientais adversas	Temperatura, pH, falta de alimento, competição com outras espécies
		Desinfecção	Adição de algum agente desinfetante, como o cloro

Fonte: Sperling (1996).

Na operação física unitária, é feita aplicação de forças físicas para separação das frações líquidas, sólidas e gasosas como gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação e filtração.

No processo químico unitário, há adição de produtos químicos para promover ou aprimorar o tratamento como precipitação, adsorção e desinfecção.

Nos processos biológicos unitários, o tratamento é feito pela atividade biológica de organismos e microrganismos como para remoção de matéria orgânica carbonácea, nitrificação e desnitrificação.

As tecnologias de tratamento de esgotos são desenvolvidas tendo por principal referência o lançamento em corpos d'água. As exigências para atender aos padrões de qualidade dos corpos receptores/mananciais de abastecimento são restritivas, em decorrência da fragilidade dos ecossistemas aquáticos e da necessidade de preservação dos usos múltiplos da água. Assim, necessita-se de substancial redução da carga de matéria orgânica biodegradável e de sólidos em suspensão, de macronutrientes como o nitrogênio e o fósforo, de remoção ou inativação de diversos grupos de organismos patogênicos, além do controle das concentrações de inúmeros constituintes químicos com propriedades tóxicas à saúde humana e à biota aquática.

Os processos biológicos de remoção de matéria orgânica biodegradável constituem a alternativa mais interessante sob os pontos de vista técnico e econômico para a efetiva redução de concentração dos compostos predominantes no esgoto. A histórica utilização e reconhecida eficiência elevada de processos aeróbios mecanizados, como os sistemas de lodos ativados e filtros biológicos, tem evoluído pela inclusão de etapa de tratamento anaeróbio prévio, representada principalmente pelos reatores UASB. Nestas novas concepções, o sistema de tratamento ganha maior racionalidade, economizando em energia elétrica e produzindo quantidade de lodo substancialmente menor, dentre outras vantagens.

4.1 PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS

São chamados de processos físico-químicos todos aqueles que empregam instalações destinadas a reagir, separar, combinar elementos, sejam por processos físicos (sem produtos químicos), como, por exemplo, decantação e filtração, como também com produtos químicos como flotação e floculação, ou ainda combinando os dois, como mistura, floculação, decantação e filtração.

Muitos autores costumam chamá-los de processos não biológicos, ou seja, sempre que os micro-organismos não tenham atividade fundamental.

Aplicação: Os processos físico-químicos são aplicados sempre quando se deseje remover substâncias indesejáveis ou retirar um determinado produto de uma mistura.

Em muitos casos, em saneamento, se usam os processos físico-químicos como pré-tratamento ou como antecedente aos processos biológicos, visando reduzir as cargas poluentes ou retirando do meio compostos que venham a atrapalhar o processo biológico.

Essa prática é usada em frigoríficos, tinturarias, indústrias químicas e petroquímicas, e indústrias farmacêuticas.

Resumo do processo:

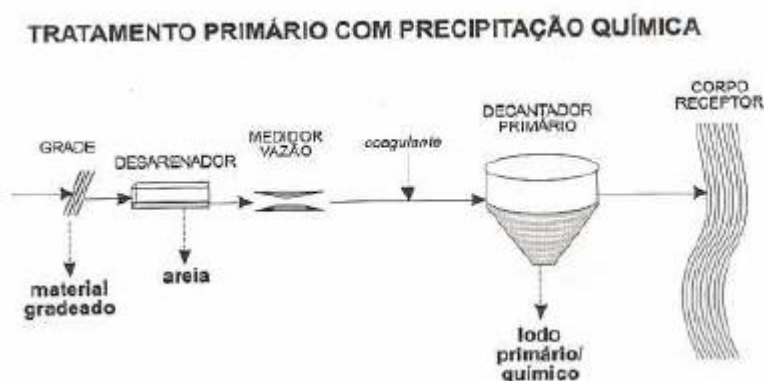
- Equalização: quando as vazões são variáveis
- Mistura rápida: para adição de reagentes
- Floculação: para combinação dos produtos
- Flotação: para separação de produtos leves
- Filtração ou acerto de pH: quando necessário
- Desidratação de lodo gerado: leitos de secagem, centrífuga ou filtro prensa.
- Quando as vazões são pequenas, normalmente até 30 m³/dia usa-se o processo batelada. Acima disso usa-se o processo contínuo.

4.1.1 PRECIPITAÇÃO QUÍMICA

Um dos processos foi desenvolvido na Hungria e se baseia no tratamento de efluentes com sais de ferro ou alumínio, bentonita ou caulim e copolímeros da amida do ácido acrílico. O pH deve ser ajustado convenientemente para conseguirmos uma ótima precipitação.

O precipitado conseguido pode ser utilizado como meio de cultura bacteriológica ou como alimento de animais, uma vez que foi esterilizado. Na figura 2, está exemplificado o esquema de tratamento primário com precipitação química.

Figura 2 – Esquema de tratamento primário com precipitação química



Fonte: Sperling e Gonçalves, 2001.

4.1.2 TRATAMENTO COM CARVÃO ATIVADO

Os tratamentos à base de carvão ativo são dimensionados sobre o fato de que é necessária a mesma quantidade de carvão ativo que a massa de DQO que quer se eliminar. Atualmente é

uma tecnologia pouco utilizada e não desenvolvida completamente, principalmente no que se refere a sistemas de recuperação de carvão.

4.1.3 OZONIZAÇÃO-ELETRIFLOCULAÇÃO

- **Ozonização:** A ozona (O₃) é um oxidante muito energético que, após sua atuação, não produz elementos de reação contaminantes. Por isso podemos considerá-lo como um oxidante limpo. Harvey Rosen tabelou a eficiência da oxidação da ozona sobre um grande número de substâncias contaminantes, algumas delas cancerígenas, demonstrando que são poucos os compostos refratários à sua ação. Além disso a ozona é um poderoso agente bactericida e viricida, removendo também cor, gosto e odores. Muitas águas não eram reutilizadas pois sua cor e odor estavam fora dos padrões para reutilização.
- **Eletrofloculação:** Assim é chamado o fenômeno eletroquímico produzido numa célula galvânica, cujos eletrólitos são os sais contidos naturalmente nos efluentes. Os eletrodos são metais que se dissolvem pela passagem de uma corrente elétrica, produzindo cátions, que atuam como floculantes da matéria orgânica presente na água residual. Na eletrofloculação, mediante uma adequada geometria dos eletrodos e de seu espaçamento, calculados previamente, se aceleram os encontros binários por efeito dos grandes gradientes amperométricos e por isso, há uma coagulação mais veloz. O material coagulado é separado por flotação e/ou decantação, podendo usar, ainda, uma desinfecção final utilizando ozona do início do tratamento.

4.2 PROCESSOS BIOLÓGICOS

O processo biológico é utilizado quando existe carga orgânica impossível de ser removida por processo físico-químico. Em geral podemos classificar os processos como aeróbicos, anaeróbicos e mistos.

Analisaremos em seguida os processos biológicos mais comuns.

4.2.1 PROCESSOS AERÓBICOS

4.2.1.1 LODOS ATIVADOS:

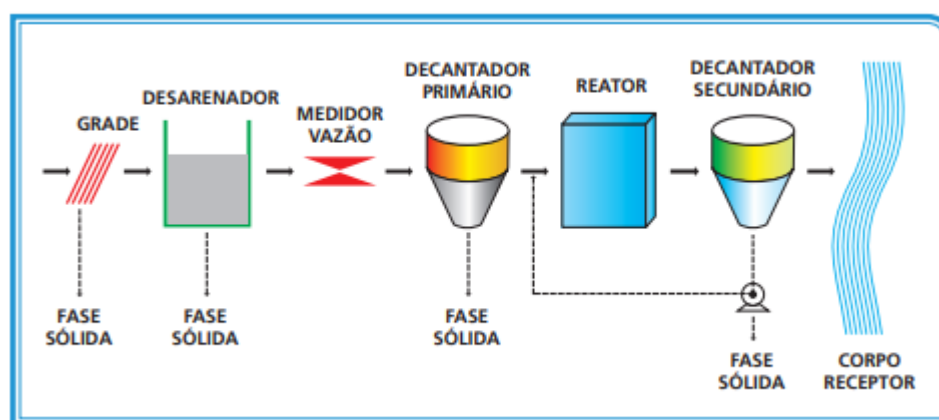
Este processo se baseia no tratamento biológico aeróbio por meio de flocos microbianos, em suspensão no efluente em tratamento. Requerem, segundo o processo utilizado, um período de retenção de quinze a quarenta horas, com uma importante incorporação de oxigênio no reator. Tempos de retenção maiores produzem efluentes altamente nitrificados.

Com o uso de oxigênio puro, o período de retenção varia de seis a doze horas. Cuidados especiais com a variação de pH tem que ser adotados, pois em muitos casos existe uma tendência de acidificação do meio, e nestes casos deva haver uma adição controlada de "leite de cal".

Para conseguir uma eficiência melhor, os lodos ativados se recirculam, obtendo-se assim uma população microbiana ativa, fator este muito importante na eficiência do tratamento. Na figura 3 é evidenciado um esquema com a seqüência de seus processos.

A eficiência média conseguida pelo método de lodos ativados é de 85%, podendo em caso de bom controle analítico ultrapassar 95% na redução da carga orgânica. Geralmente vêm acompanhados de um problema adicional: a disposição final dos lodos. Antes da desidratação do lodo, este deve ser digerido para evitar problemas de mau cheiro, e em muitos casos este ainda é clarificado. Nas unidades pequenas utilizamos leitos de secagem, nas médias, filtros prensa ou prensa desaguadora e nas grandes, filtros prensa e centrífugas.

Figura 3 – Esquema de lodos ativados de fluxo contínuo



Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2005.

Vale a pena ressaltar que os tempos aqui descritos se aplicam apenas a esgotos sanitários. Quando há presença de efluentes industriais os tempos aumentam, alcançando períodos de até quinze dias de retenção. O processo é composto basicamente de:

- elevatórias de esgoto bruto
- gradeamento
- Aeração
- Decantação
- recirculação de lodo

- digestão do lodo
- leitos de secagem
- desinfecção final
- comando elétrico central

O sistema de lodos ativados convencional é composto de um decantador primário, um tanque de aeração e um decantador secundário dispostos em série. No decantador primário, ocorre a operação unitária de sedimentação de parte dos sólidos em suspensão, conforme visto anteriormente. A fração decantada dos esgotos sanitários é encaminhada para um tanque de aeração no qual ocorrerá a insuflação de oxigênio para promover maior contato das bactérias aeróbias com os esgotos sanitários e, conseqüentemente, a remoção de matéria orgânica. Além disso, essa insuflação promove constante mistura e agitação dos sólidos ainda presentes nos esgotos. Os esgotos sanitários tratados biologicamente nesse tanque são encaminhados para o decantador secundário, onde ocorre sedimentação dos sólidos em suspensão. No tanque de aeração, o tempo de detenção hidráulica (TDH) do líquido é de 6 h a 8 h e a idade do lodo, ou seja, a retenção dos sólidos no sistema é de 4 d a 10 d. De acordo com Sperling (2005), as principais vantagens desse sistema são: De acordo com Sperling (2005), estas são as principais desvantagens desse sistema: remoção de matéria orgânica (DBO) de 85% a 93%; remoção de sólidos suspensos (SS) de 87% a 93%; remoção de nitrogênio na forma de amônia superior a 80%; remoção de fósforo total inferior a 35%; baixos requisitos de área; baixa possibilidade de emanção de maus odores; flexidade operacional. baixa eficácia na remoção de coliformes (necessidade de pós-tratamento); elevado custo de implantação e operação; elevado consumo de energia; elevada produção de lodo; necessidade de tratamento e disposição final de lodo.

De acordo com Sperling (2005), as principais vantagens desse sistema são:

Remoção de matéria orgânica (DBO) de 85% a 93%; remoção de sólidos suspensos (SS) de 87% a 93%;

- Remoção de nitrogênio na forma de amônia superior a 80%;
- Remoção de fósforo total inferior a 35%;
- Baixos requisitos de área;
- Baixa possibilidade de emanção de maus odores;
- Flexidade operacional.

De acordo com Sperling (2005), estas são as principais desvantagens desse sistema:

- Baixa eficácia na remoção de coliformes (necessidade de póstratamento);
- Elevado custo de implantação e operação;

- Elevado consumo de energia;
- Elevada produção de lodo;
- Necessidade de tratamento e disposição final de lodo.
- Lagoas Aeradas: É uma variante do processo anterior, só que neste caso não há recirculação de lodos. Como resultado, a biomassa ativa na lagoa é muito diluída e requer longos períodos de aeração para conseguir as eficiências anteriores.

Normalmente o período de retenção varia entre quatro e dez dias.

4.2.1.2 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Diferem do caso anterior por não terem equipamentos. Estas dependem de aeração natural (superficial) e da fotossíntese, como fonte de oxigênio. Os raios ultravioletas atuam como desinfetantes.

Necessitam de áreas muito grandes de terrenos a serem inundados. Como desvantagem principal temos a presença de odores desagradáveis nos meses de verão.

Outro fato que sempre ocorre é o assoreamento da lagoa e a proliferação de insetos nos meses quentes do ano. Há também um problema muito comum neste sistema, que é o desequilíbrio algas-bactérias, havendo em alguns casos a eutrofização das lagoas muito rapidamente.

4.2.1.2.1 LAGOA ANAERÓBIA + LAGOA FACULTATIVA

O sistema composto por uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa, também chamado de sistema australiano, é proposto com essa configuração para que sejam aproveitadas as principais vantagens de cada unidade e para que o efluente tratado, a ser lançado no corpo hídrico receptor, atenda aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

Nesse sistema, os esgotos sanitários são encaminhados antes para a lagoa anaeróbia para que ocorra a conversão da matéria orgânica em condições estritamente anaeróbias, ou seja, com ausência de oxigênio. Esse processo é lento e, por isso, os esgotos permanecem na lagoa por período de três a seis dias.

Essa lagoa é profunda, com altura variável de 3,5 m a 5 m, para que não ocorra fotossíntese e a minimização da entrada de oxigênio no meio líquido. A lagoa anaeróbia tem formato quadrado ou retangular, com relação comprimento/largura (L/B) variável de 1 a 3. Nessa lagoa ocorre decomposição parcial da matéria orgânica em termos de DBO de 50% a 70%. Isso significa que os esgotos tratados pela lagoa anaeróbia serão encaminhados para a lagoa facultativa com carga de 30% a 50% para ser removida.

Na lagoa facultativa, ocorrem os processos naturais de fotossíntese e de respiração. As bactérias aeróbias degradam a matéria orgânica e, para isso, utilizam oxigênio e liberam gás carbônico em sua respiração. Por sua vez, as algas utilizam o gás carbônico no processo de fotossíntese e liberam o oxigênio que é então utilizado pelas bactérias aeróbias, fechando um ciclo. Para que a fotossíntese ocorra, é necessário energia solar, e isso só ocorre durante o dia. Daí a importância da presença de bactérias facultativas que degradam a matéria orgânica na presença e na ausência de oxigênio.

Além das bactérias aeróbias e facultativas, há as bactérias anaeróbias na lagoa facultativa que são responsáveis pela degradação da matéria orgânica dos esgotos sanitários em forma de sólidos em suspensão que sedimentam no fundo da lagoa e formam a camada de lodo. Com a decomposição da matéria orgânica presente no lodo de fundo da lagoa é gerado gás carbônico, gás metano e outros compostos.

A matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel) e a matéria orgânica em suspensão (DBO finamente particulada) não sedimentam e são decompostas pelas bactérias facultativas. A estabilização da matéria orgânica é lenta, e é necessário elevado período de detenção dos esgotos nessa lagoa de 15 a 45 dias. A lagoa facultativa possui menor profundidade do que a lagoa anaeróbia, com altura variável de 1,5 m a 2,0 m, e maior área de exposição à energia solar para que ocorra fotossíntese. Essa lagoa tem formato quadrado ou retangular, com relação comprimento/largura (L/B) variável de 2 a 4. De acordo com Sperling (1986) e Sperling (2005), as principais vantagens desse sistema são:

- remoção de matéria orgânica (DBO) de 75% a 85%;
- remoção de sólidos suspensos (SS) de 70% a 80%;
- construção, operação e manutenção simples;
- custo de implantação e operação reduzido;
- ausência de equipamentos mecânicos;
- remoção de lodo necessária, após período de operação de vinte anos.

Conforme o mesmo autor estas principais desvantagens desse sistema:

- elevados requisitos de área; possível necessidade de remoção e algas;
- descaso com a manutenção, devido à simplicidade operacional;
- possibilidade de crescimento de insetos;
- possibilidade de emissão de maus odores;
- remoção periódica (em anos) de lodo na lagoa.

4.2.1.2 LAGOA AERADA FACULTATIVA

Esta alternativa ganha lugar, essencialmente, quando não há área suficiente para as alternativas anteriores, que dependem do fornecimento de oxigênio unicamente por fotossíntese. Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, grande parte do oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos. Uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa bacteriana (formada em decorrência da aeração) sedimenta, sendo decomposta anaerobiamente no fundo.

4.2.1.3 LAGOA AERADA DE MISTURA COMPLETA + LAGOA DE DECANTAÇÃO

Com o intuito (ou na necessidade) de se reduzir ainda mais a área acupada, pode-se recorrer à maior intensidade de aeração (energia introduzida por unidade de volume da lagoa), o que leva à produção e atividade também mais intensas de biomassa bacteriana. Assim, a biomassa permanece dispersa no meio líquido (em mistura completa) em elevada concentração, o que aumenta a eficiência de remoção da DBO. No entanto, os elevados teores de sólidos (bactérias), necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor, em lagoas de decantação.

4.2.1.4 LAGOA DE MATURAÇÃO

Como a carga orgânica já bastante reduzida, a fotossíntese predomina sobre a respiração (bacteriana e das algas, estas à noite), estabelecendo assim um ambiente com elevados teores de OD (consumo de CO₂) e pH; estes dois fatores contribuem para acentuar os efeitos bactericida e vermicida da irradiação UV (raios solares). Estas mesmas condições podem levar à eficiência relativamente elevada de remoção de nitrogênio (volatilização da amônia) e parcialmente de fósforo (precipitação de fosfatos). A eficiência na remoção de coliformes (como indicador da remoção de bactérias patogênicas e vírus) é elevadíssima, complementando o que já se tenha alcançado nas unidades anteriores. A remoção de protozoários e helmintos se dá por sedimentação e como depende somente do TDH, pode também ser alcançada nas unidades anteriores. As lagoas de maturação são usualmente projetadas em série ou com divisões por chicanas. A figura 4 está representada a compilação de todas as lagoas de estabilização descritas.

Figura 4 – Compilação dos esquemas de lagoas de estabilização



Fonte: Sperling e Gonçalves, 2001.

4.2.1.3 FILTROS BIOLÓGICOS HORIZONTAIS (LEITOS PERCOLADORES)

Esta variedade utiliza um meio suporte fixo onde se aderem os microorganismos. Os meios mais comuns são brita, seixos, argila expandida, madeira e materiais plásticos.

A matéria orgânica contida no efluente se absorve ou se adsorve na película biológica fixa ao suporte e em seguida é oxidada. É necessário um longo estudo, antes de se projetar um sistema deste tipo, já que um excesso de matéria orgânica conduz a um intercâmbio de oxigênio ruim e, em consequência, uma eficiência baixa do leito. Como os demais processos biológicos, também são sensíveis a variações climáticas.

4.2.1.4 DISCOS BIOLÓGICOS E TORRES BIOLÓGICAS

Estes processos empregam materiais plásticos sintéticos. Os discos biológicos possuem uma superfície ativa bastante ampla, uma vez que são montados em paralelo, muito próximos uns dos outros. Um único eixo os faz girar lentamente. Estes discos têm 40% de sua superfície submersa no efluente a ser tratado, de maneira que o material orgânico é absorvido por um filme biológico, suportado nos discos e é oxidado na presença de um excesso de oxigênio. A principal vantagem que possui é sua construção modular, e desta maneira uma bateria destes discos em série pode conseguir altas eficiências de tratamento. As torres biológicas são uma variante do processo anterior, porém construído verticalmente, diminuindo a área ocupada. Seu recheio sintético (plástico) faz com que as estruturas sejam simples e leves. Os resultados são muito superiores aos que utilizam recheios clássicos.

4.2.1.5 REATORES AERÓBIOS COM BIOFILMES

A matéria orgânica é estabilizada por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte (usualmente pedras ou material plástico). Há sistemas nos quais a aplicação de esgotos se dá na superfície, sendo o fluxo de esgoto descendente e havendo a necessidade de decantação secundária; há também sistemas submersos com introdução de oxigênio, com fluxo de ar ascendente, e fluxo de esgoto ascendente ou descendente.

4.2.1.6 FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR

Nestes reatores, a matéria orgânica é estabilizada por via aeróbia, por meio de bactérias que crescem aderidas a um meio suporte, que pode ser constituído de pedras, ripas, material plástico ou qualquer outro que favoreça a percolação do esgoto aplicado. Usualmente o esgoto é aplicado por meio de braços giratórios. O fluxo contínuo do esgoto, em direção ao fundo do tanque, permite o crescimento bacteriano na superfície do meio suporte, possibilitando a formação de uma camada biológica, denominada biofilme. O contato do esgoto com a camada biológica possibilita a degradação da matéria orgânica. A aeração desse sistema é natural, ocorrendo nos espaços vazios entre os constituintes do meio suporte.

4.3 PROCESSOS ANAERÓBICOS

Hoje em dia, pode-se afirmar que a tecnologia anaeróbia aplicada ao 3º tratamento de esgotos domésticos encontra-se consolidada em nosso país, sendo que praticamente todas as análises de alternativas de tratamento incluem os reatores anaeróbios como uma das principais opções, por isto representar, dentre outras vantagens, em grande economia de área. Entretanto, estes sistemas apresentam capacidade mais limitada de remoção de matéria orgânica e pequena

(se alguma) eficiência de remoção de nutrientes e patógenos, demandando, em geral, pós-tratamento, seja para o lançamento em corpos receptores, seja para o reúso. Na presente seção são descritas apenas algumas das alternativas tecnológicas disponíveis, a exemplo dos sistemas que incorporam tanques sépticos, filtros anaeróbios e reatores UASB, incluindo as principais combinações de pós-tratamento.

O tratamento anaeróbico de efluentes é possível em casos de vazões pequenas, através do uso de câmaras sépticas, seguidas de filtros anaeróbios. Para vazões maiores usam-se reatores anaeróbios, seguidos de filtros anaeróbios.

O processo compreende três etapas, hidrólise enzimática, acidificação e metanização. Na primeira, os produtos se dissolvem em água formando a hidrólise.

Na segunda, os açúcares se convertem em ácidos enquanto que as graxas e proteínas se decompõem em aminoácidos, álcoois, aldeídos, etc. Esta etapa de biodegradação é conhecida como fermentação ácida.

Na terceira etapa temos a reação bioquímica de fermentação metânica, onde se convertem os ácidos orgânicos em metano e anidrido carbônico.

Este processo é sensível a sobrecargas de poluentes, temperatura e detergentes. O uso do metano requer cuidados de segurança adicionais. Em muitas instalações o metano é simplesmente lançado na atmosfera sem tratamento algum. O mesmo ocorre com o lodo no fundo do tanque, que é retirado por caminhões limpa-fossa, cujo destino é duvidoso. Em muitos casos a estabilização do lodo é feita com adição de cal na proporção de 0,5 Kg cal/Kg lodo o que resulta num lodo com pH 12. O controle deve ser muito bem definido, pois na lixiviação pode causar danos ambientais.

4.3.1 REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO

O reator anaeróbico de manta de lodo e fluxo ascendente é também chamado de Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo (RAFA) ou originalmente Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB).

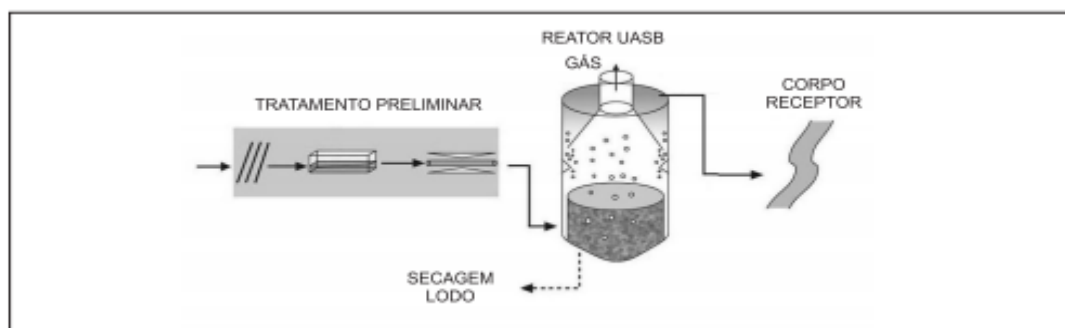
Após o tratamento preliminar e primário, os esgotos sanitários são encaminhados em fluxo contínuo para o reator anaeróbico de manta de lodo. A entrada dos esgotos sanitários é feita pela parte inferior do reator que contém a maior parte da biomassa, ou seja, de lodo. O contato dos microrganismos presentes na biomassa com os esgotos sanitários resulta na degradação anaeróbia da matéria orgânica e formação de gás metano (CH_4) e gás sulfídrico (H_2S). Esses gases na forma de microbolhas tendem a flotar e, com isso, arrastar os sólidos presentes na biomassa

e nos esgotos. Daí a importância do separador trifásico (gás-sólido-líquido) na parte superior do reator para promover a retenção das microbolhas, o acúmulo de biogás e o retorno da biomassa para o manto de lodo. Com o crescimento da biomassa no manto de lodo, há formação de grânulos que auxiliam no aumento da eficácia do reator. O reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente pode ter formato circular ou quadrado, com altura variável de 4,0 m a 5,0 m. Os esgotos sanitários com temperatura de 20°C devem permanecer no reator anaeróbio por período de 8 horas a 10 horas.

O princípio do processo consiste na estabilização da matéria orgânica, anaerobiamente, por microrganismos que crescem dispersos no meio líquido. A parte superior do reator UASB possui um separador trifásico, que apresenta uma forma cônica ou piramidal, permitindo a saída do efluente clarificado, a coleta do biogás gerado no processo e a retenção dos sólidos dentro do sistema. Esses sólidos retidos constituem a biomassa, que permanece no reator por tempo suficientemente elevado para que a matéria orgânica seja degradada. O lodo retirado periodicamente do sistema já se encontra estabilizado, necessitando apenas de secagem e disposição final.

De maneira resumida: é um reator fechado. O tratamento biológico ocorre por processo anaeróbio, isto é, sem oxigênio. A decomposição da matéria orgânica é feita por microrganismos presentes num manto de lodo. O esgoto sai da parte de baixo do reator e passa pela camada de lodo que atua como um filtro. A figura 5 emprega um fluxograma típico de sistema de tratamento de esgoto por reator UASB.

Figura 5 - Fluxograma típico de sistema de tratamento de esgoto por reator UASB



Fonte: Von Sperling, 2005.

A eficiência atinge de 65% a 75% e, por isso, é necessário um tratamento complementar que pode ser feito através da lagoa facultativa. É um mecanismo compacto e de fácil operação (Sabesp). Praticamente todos os processos de tratamento de esgotos podem ser usados como

pós-tratamento dos efluentes do reator UASB (biológicos, aeróbios ou anaeróbios, ou físico-químicos, com adição de coagulantes). A eficiência global do sistema é usualmente similar à que seria alcançada se o processo de pós-tratamento fosse aplicado ao esgoto bruto. No entanto, os requisitos de área, volume e energia, bem como a produção de lodo, são bem menores.

4.3.2 LAGOAS ANAERÓBICAS

São utilizadas com o objetivo de uma redução acentuada da matéria orgânica. Em geral ocupam pouco espaço em função de sua alta profundidade (4 a 6 m). Como subproduto temos a exalação de maus odores devido ao processo de fermentação ácida (metanização).

4.3.3 REATORES ANAERÓBICOS

Os reatores anaeróbicos são uma compactação do sistema anterior. São construídos tanques com controle da produção do metano e todos os seus dispositivos de segurança. Tem a vantagem de disponibilizar o uso do metano. Devem ser seguidos de tratamento complementar, pois sua eficiência em média não ultrapassa 60% na remoção de carga orgânica, bem abaixo dos 80% mínimos exigidos pela legislação. Até o presente, no Brasil, poucas unidades de tratamento anaeróbio têm seu biogás gerado destinado ao reaproveitamento, sendo que a maioria delas simplesmente tem esse efluente gasoso descartado na atmosfera. Ressalta-se que esta não é a atitude adequada.

O biogás, diante de seus componentes, além de ser danoso às pessoas a ele expostas, também pode ser objeto de explosões e causar dano ao ambiente da circunvizinhança (corrosão de metais, etc.). Um dos problemas mais sérios recai sobre o perigo de explosão quando o metano é misturado com ar. O biogás gerado nos reatores, por não conter oxigênio, não é explosivo por si só, porém a introdução de ar, em qualquer etapa do transporte, armazenamento ou tratamento, pode resultar em mistura altamente explosiva. Geralmente, recomenda-se que a concentração de metano seja mantida fora da faixa de 5% a 15% (em volume) e a de oxigênio, inferior a 3% a 11%. Cuidado especial deve ser dado às consequências de vazamentos ou acúmulo dessa mistura em ambientes de trabalho, internos ou externos a edificações, pois pode ocorrer acúmulo de biogás e, caso a faixa de porcentagem de ar/metano resultar dentro de certos limites, as explosões podem ser fatais.

4.3.4 TANQUE SÉPTICO

O princípio do processo consiste, basicamente, em uma unidade onde se realizam, simultaneamente, várias funções: decantação, flotação, desagregação e digestão parcial dos sólidos sedimentáveis (lodo) e da crosta constituída pelo material flotante (escuma). Sendo, os tanques sépticos, reatores de fluxo horizontal, tendo lodo passivo em relação à fase líquida, o processo biológico.



Fonte: Sperling e Gonçalves, 2001.

Os tanques sépticos são unidades que tratam o esgoto por processos de sedimentação, flotação e digestão. Sendo hermeticamente fechadas, produzem um efluente que deverá ser destinado.

Na superfície do tanque, fica acumulada a espuma, formada a partir de sólidos flotáveis, como óleos e graxas, enquanto o lodo sedimenta no fundo do tanque, compreendendo de 20 a 50% do volume total do tanque séptico quando esgotado. Um tanque séptico usualmente retém de 60 a 70% dos sólidos, óleos e graxas que passam pelo sistema (USEPA, 1999 *apud* a HARTMANN *et al.*, 2009).

Uma parte dos sólidos é removida do esgoto e armazenada no tanque enquanto outra parte é digerida. Acima de 50%, os sólidos retidos no tanque se decompõem, enquanto o remanescente se acumula como lodo no fundo do tanque e deve ser periodicamente removido por bombeamento (USEPA, 2000 *apud* a HARTMANN *et al.*, 2009).

Tanques sépticos são, basicamente, tanques simples ou divididos em compartimentos horizontais ou verticais, utilizados com o objetivo de reter por decantação os sólidos contidos nos esgotos, propiciar a decomposição dos sólidos orgânicos decantados no seu próprio interior e acumular temporariamente os resíduos, com volume reduzido pela digestão anaeróbia, até que sejam removidos em períodos de meses ou anos.

Os tanques sépticos podem ser de câmara única, de câmaras em série ou de câmaras sobrepostas, e podem ter forma cilíndrica ou prismática retangular (ANDRADE NETO *et al.*, 1999).

Como o próprio nome sugere, o tanque séptico de câmara única é constituído por um único compartimento, onde ocorrem processos de sedimentação e de flotação e digestão da espuma na parte superior, enquanto na parte inferior ocorrem processos de acúmulo e digestão de lodo sedimentado.

O tanque séptico de câmaras em série é constituído de uma única unidade dividida em dois ou mais compartimentos por uma parede vazada que interliga as câmaras em série sequencialmente no sentido do fluxo. De acordo com as instruções da NBR 7229/1993, a primeira câmara deve ter aproximadamente o dobro do volume da segunda câmara. Dessa forma, uma maior quantidade de lodo acumulará na primeira câmara, que também terá a digestão favorecida. Esta configuração de tanque séptico é bastante utilizada quando é necessário que o efluente tenha um baixo teor de sólidos suspensos.

O tanque séptico com câmaras sobrepostas possui uma configuração composta por divisões internas que separam verticalmente o tanque em duas câmaras. As placas inclinadas que fazem a separação das câmaras possibilitam a separação das fases sólida, líquida e gasosa, fazendo com que os sólidos que sedimentam na câmara superior sejam encaminhados para a câmara inferior, e os gases formados pela digestão do lodo na câmara inferior sejam desviados da câmara superior pelas placas inclinadas.

Dentre os modelos de tanque séptico, os de câmaras em série propiciam melhor eficiência do que os de câmara única, com as mesmas facilidades de construção e operação. Em relação aos modelos de câmaras sobrepostas, além da maior simplicidade construtiva, apresentam a vantagem de propiciar menos profundidade. Os reatores de menor altura são vantajosos pelo fato de o custo de escavação aumentar muito com a profundidade (ANDRADE NETO *et al.*, 1999).

Embora tenham sido mais aplicados para pequenas vazões, os tanques sépticos prestam-se, também, para tratar vazões médias e grandes, principalmente quando construídos em módulos. O fato de continuar a ser utilizado há mais de cem anos e de ser a unidade de tratamento de esgotos mais utilizada ainda hoje, revela a aplicabilidade generalizada do tanque séptico (HARTMANN *et al.*, 2009).

É uma tecnologia simples, compacta e de baixo custo. Não apresenta alta eficiência, principalmente na remoção de patogênicos e de substâncias dissolvidas, mas produz um efluente razoável, que pode ser encaminhado mais facilmente a um pós-tratamento ou ao destino final.

Na verdade, as grandes vantagens dos tanques sépticos, em comparação a outros reatores anaeróbios, e de resto com todas as opções de tratamento de esgotos, estão na construção muito simples, na operação extremamente simples e eventual e nos custos. Para vazões pequenas e médias, os custos e a simplicidade construtiva e operacional são incomparáveis.

A eficiência dos tanques sépticos depende de vários fatores: carga orgânica, carga hidráulica, geometria, compartimentos e arranjo das câmaras, dispositivos de entrada e saída, temperatura e condições de operação. Portanto, a eficiência varia bastante em função da competência de projeto. Normalmente situa-se entre 40 e 70% na remoção da demanda bioquímica (DBO) ou química (DQO) de oxigênio e 50 a 80% na remoção dos sólidos suspensos. Logicamente, os reatores mais bem projetados e operados apresentam resultados melhores (HARTMANN *et al.*, 2009).

Os dispositivos de entrada e saída (tês, septos, chicanas ou cortinas) são mais importantes para a eficiência do tanque séptico do que geralmente se imagina. O dispositivo de entrada diminui a área relativa de turbulência, favorecendo a decantação, e o de saída permite a tomada do efluente no nível em que o líquido é mais clarificado, além de reter a espuma.

A construção ou implantação de tanques sépticos é extremamente simples e não requer detalhes especiais. Exige apenas que o construtor execute o projeto com fidelidade, obedecendo às especificações técnicas, que normalmente seguem procedimentos usuais da construção civil.

Na prática, sabe-se que existem vários tipos diferentes de tanques sépticos, que não estão necessariamente de acordo com a norma e as boas práticas de projeto e construção. São configurações não padronizadas, definidas de acordo com as situações observadas em campo (HARTMANN *et al.*, 2009).

4.3.5 FILTRO ANAERÓBIO

Neste reator a matéria orgânica é estabilizada através de microrganismos que se desenvolvem e ficam retidos nos interstícios ou aderidos ao meio suporte que constitui o leito fixo (usualmente pedras ou material plástico), através do qual os esgotos fluem. São, portanto, reatores com fluxo através do lodo ativo e com biomassa aderida, ou retida, no leito fixo. Os filtros anaeróbios podem ser de fluxo ascendente ou descendente. Nos filtros de fluxo ascendente, o leito é submerso e no fluxo descendente, podem trabalhar submersos ou não.

4.4 TRATAMENTOS AVANÇADOS

4.4.1 ABRANDAMENTO

O processo de abrandamento com cal virgem (CaO) ou hidratado (Ca(OH)₂) tem o objetivo de transformar as espécies solúveis de cálcio e magnésio em espécies insolúveis, ou seja, é uma reação de precipitação. É um processo bastante utilizado em sistemas de reúso de efluentes e, geralmente, requer uma etapa de separação de sólidos após a precipitação. Os processos de coagulação/floculação, sedimentação e filtração possuem esta função. As principais reações envolvidas, segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), são: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ (1) $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \downarrow\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (2) $\text{Ca(HCO}_3)_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \downarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ pH = 9,5 (3) $\text{Mg(HCO}_3)_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \downarrow\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ pH = 9,5 (4) O efluente abrandado, além de passar por uma etapa de separação dos sólidos, deve passar por uma etapa de ajuste de pH, visto que após o tratamento o pH estará acima de 9. O processo de estabilização do pH pode ser feito com ácidos.

4.4.2 PROCESSO DE ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

A adsorção em carvão ativado promove a remoção da matéria orgânica solúvel e é utilizada quando se necessita de tratamento com qualidade mais elevada, após o tratamento biológico ou após o tratamento físico-químico por coagulação/floculação, sedimentação e filtração, sendo considerado um processo de polimento. A matéria orgânica adsorve na superfície dos poros das partículas de carvão, até que sua capacidade de adsorção seja exaurida, sendo necessária sua regeneração, que é feita por meio do seu aquecimento até volatilização do material orgânico absorvido, tornando os poros do carvão livres e regenerados (SILVA FILHO, 2006).

Águas residuais, oriundas do tratamento primário de uma unidade industrial foram investigadas por Abdessemed & Nezzal (2002) com o objetivo de reúso. Eles realizaram ensaios de coagulação/floculação usando como coagulante o FeCl₃ (120 mg/L) em um pH ótimo de 5,5. Logo após, adicionaram carvão ativado de densidade 0,41 g/cm³ com área de 600 – 800 m² /g para a etapa de adsorção. Depois de certo tempo de contato foi realizada a ultrafiltração, utilizando uma membrana tubular inorgânica, com uma diferença de pressão de 1 bar e uma vazão de 3 m/s. O resultado apresentou uma redução na turbidez de 90 NTU para zero e a DQO foi reduzida de 165 mg/L para 7 mg/L, usando o processo combinado, coagulação adsorção-ultrafiltração (GUERRA FILHO, 2006)

4.4.3 RESINAS DE TROCA IÔNICA

São produtos sintéticos, constituídas, em geral, de copolímeros de estireno com divinilbenzeno (D.V.B.) funcionalizados com grupamentos ácidos ou básicos. De acordo com os grupos ionizáveis presos às estruturas das resinas, elas se classificam em quatro grupos básicos: catiônica fraca ou fracamente ácida (C.f.A.), catiônica forte (C.F.A.), aniônica fraca ou fracamente básica (A.f.B.) e aniônica forte (A.F.B.) (SILVA FILHO, 2009).

Entre os grupamentos ácidos, o mais comum é o ácido sulfônico, produzindo a resina catiônica fortemente ácida (C.F.A.) e o menos comum, o ácido carboxílico, produzindo a resina catiônica fracamente ácida (C.f.A.). Entre os grupamentos básicos inseridos nas cadeias das resinas aniônicas têm-se aminas terciárias, que produzem resinas fracamente básicas (A.f.B.) e os quaternários de amônio, que produzem resinas fortemente básicas (A.F.B.).

As resinas A.F.B são divididas em dois subgrupos, tipo I e tipo II, cuja diferença é a basicidade que as mesmas apresentam. Resinas do tipo I têm um caráter básico mais forte, o que resulta em uma menor fuga de íons, principalmente sílica. As resinas do tipo II também possuem caráter básico forte, porém não possibilitam a remoção de sílica. No entanto, apresentam como vantagem a necessidade de menor quantidade de solução regenerante. (SILVA FILHO, 2009)

As resinas com grupamentos ácidos ou básicos, ao contrário das soluções aquosas de ácidos e bases, não se dissociam em duas espécies iônicas. Somente uma espécie é dissociada nas resinas catiônicas, Na^+ ou H^+ ; nas aniônicas, mais frequentemente a hidroxila OH^- . Esses produtos, em contato com a água, poderão liberar íons sódio ou hidrogênio (resinas catiônicas) ou cloretos ou hidroxila (resinas aniônicas) e captar desta mesma água, respectivamente, cátions e ânions, responsáveis por seu teor de sólidos dissolvidos (cloretos, silicatos e sulfatos de sódio, magnésio e cálcio e combinados de Fe^{+2} e Fe^{+3}) indesejáveis a muitos processos industriais.

Os íons presentes na água são substituídos por uma quantidade equivalente de outras espécies iônicas, sendo retidos em uma fase sólida imiscível denominada resina. (SILVA FILHO, 2009) Por se tratar de uma fase sólida insolúvel, as resinas apresentam capacidade limitada. Em cada partícula de resina existe um número limitado de sítios ativos, de modo que quando todos estes sítios ativos são ocupados diz-se que a resina está saturada. Como este processo envolve uma reação de equilíbrio químico, as resinas podem ter a sua capacidade recuperada (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

As resinas catiônicas fracamente ácidas são utilizadas para remoção de cálcio, magnésio e sódio, ligados somente a ânion fraco, como o bicarbonato. São usadas somente em águas com dureza temporária elevada. Já as resinas catiônicas fortes podem estar na forma de sal de sódio,

quando são utilizadas para abrandamento da água ou na forma de hidrogênio, quando são utilizadas para descarbonatação ou desmineralização da água (SILVA FILHO, 2009). As resinas aniônicas fracamente básicas só removem ânions fortes, tais como sulfato, cloreto e nitrato. E, todas as resinas aniônicas fortemente básicas removem ânions fortes e fracos, tais como cloretos, sulfatos, nitratos, bicarbonatos e silicatos (SILVA FILHO, 2009).

4.4.4 FILTRAÇÃO

A filtração é um importante processo no tratamento de efluentes, comumente utilizada para remoção de flocos biológicos residuais em efluentes sedimentados do tratamento secundário, e para remoção de precipitados residuais de sais de metais ou precipitação de fosfatos com cal. A filtração é utilizada como operação de pré-tratamento antes do efluente alimentar as colunas de carvão ativado. Este processo combina mecanismos físicos e químicos de remoção de sólidos, sendo por isso 28 normalmente usado como uma etapa final, imediatamente antes da desinfecção e da disposição final e reúso.

O processo de filtração consiste na passagem do efluente através de leito de um material granular para remoção de sólidos, o que exige eventuais lavagens com água em contracorrente para remoção do material retido (MANCUSO & DOS SANTOS, 2003). Segundo Di Bernardo et al. (2003), a retenção de impurezas é considerada o resultado de dois mecanismos distintos, porém complementares: transporte e aderência. Em primeiro lugar, as partículas devem se aproximar das superfícies dos grãos e, posteriormente, permanecer aderidas a estes, de modo a resistir a forças de cisalhamento resultantes das características hidrodinâmicas do escoamento ao longo do meio filtrante.

A eficiência da filtração depende, fundamentalmente, do tamanho e da resistência dos flocos formados nos processos que a precedem, muitas vezes sendo utilizados coadjuvantes de filtração, os quais aumentam a resistência do floco e a eficiência do filtro (MANCUSO & DOS SANTOS, 2003). O meio filtrante mais utilizado é areia, entretanto, ao se fazer lavagem em contracorrente em um filtro de areia, as partículas mais finas dessa areia migram para a superfície do leito, causando um “entupimento”, o que faz com que o meio filtrante perca uma parcela de sua ação de superfície. Com o objetivo de resolver esse problema, foram desenvolvidos os filtros de dupla e até de múltiplas camadas, onde as superiores são constituídas de materiais com granulometria grande, porém leves, enquanto as inferiores são constituídas de materiais de granulometria menor, porém mais pesados (MANCUSO & DOS SANTOS, 2003).

4.4.5 MEMBRANAS

As membranas são meios filtrantes, em geral produzidos a partir de materiais poliméricos, que apresentam poros de dimensões variadas. Estes poros são responsáveis por todas as propriedades que tornam as membranas úteis em suas diversas aplicações, tanto para separar partículas como para fracionar moléculas de diferentes massas molares. Como barreiras seletivas, as membranas são capazes de promover separações em sistemas onde os filtros comuns não são eficientes (DIAS, 2008). Desde a descoberta da viabilidade econômica dos processos de separação por membranas, no final da década de 1960, o mercado de separação por membranas passou de US\$ 2 milhões/ano para cerca de US\$ 4,4 bilhões/ano em 2000 (PESSOA JR; KILIKIAN, 2005). Os processos de separação com membranas utilizam uma combinação das propriedades seletivas das membranas poliméricas (porosidade, distribuição de poros, tipo de material) com a força motriz aplicada ao processo (temperatura, pressão, concentração, potencial químico) para efetuar a separação.

4.4.5.1 PROCESSOS DE SEPARAÇÃO COM MEMBRANAS

Os tipos de Processo de Separação com Membranas (PSM) que se destacam tanto para o tratamento de água quanto o de efluentes líquidos são a microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), a nanofiltração (NF) e a osmose inversa (OI), os quais utilizam pressão como força motriz para separar a água (solvente) dos contaminantes (solutos) (MIERZWA et al., 2008). O tamanho dos poros das membranas representa uma barreira física, impedindo a passagem dos contaminantes que devem ser eliminados do desde que sejam maiores que a abertura dos mesmos. Desse modo, as membranas de OI são as que possuem menor diâmetro de poro, logo com maior seletividade, seguida pelas de NF, UF e MF (DROSTE, 1997). Os processos de separação com membranas são operações unitárias de filtração relativamente recentes, principalmente quanto à suas aplicações (HABERT et al., 2006), este processo apresenta vantagens em relação aos processos convencionais devido à redução significativa de espaço físico em comparação com processos físico-químicos ou biológicos e o número de etapas no processamento (PETRUS, 1997). Um esquema que representa o PSM está apresentado na Figura 1 com os fluxos de permeado e retido a partir da alimentação do módulo onde a membrana é instalada.

A morfologia das membranas pode ser visualizada na Figura 2, onde se apresentam as seções transversais de membranas isotrópicas ou simétricas, que apresentam poros de tamanho constante pela espessura da membrana ou não possuem poros (densas), e anisotrópicas ou assimétricas, as quais tem superfície porosa ou densa e podem ser constituídas por um material

uniforme (integral) ou materiais diferentes nas regiões da superfície e do suporte ou substrato (HABERT et al., 2006).

4.5 ATITUDES BENÉFICAS PARA ESGOTOS

Dentro de nossa própria casa alguns cuidados já podem ser tomados afim de ajudar no tratamento e gestão de efluentes, como por exemplo evitar o lançamento de objetos e resíduos na privada ou de óleo na pia da cozinha.

Para se ter uma ideia, um misero litro de óleo é capaz de contaminar um milhão de litros de água. Além disso, os objetos lançados na rede podem causar incrustações e entupimentos na rede coletora ou danificar os equipamentos que fazem parte das ETE's.

Outra forma de ajudar é reduzindo o volume de efluente que é gerado dentro de nossos lares, e atitudes simples, como fechar a torneira enquanto se escova os dentes ou reusar a água da máquina de lavar roupas para a limpar o chão, são de grande valia.

Já dentro da indústria as práticas de uma boa gestão são bem amplas e talvez mais complexas, mas são extremamente interessantes pois podem elevar a lucratividade sobre os produtos ou uma nova fatia de mercado que cada vez mais enxerga questões ambientais como um diferencial na escolha de uma marca ou produto.

Além da minimização da geração, o reúso dos efluentes, como uma forma de recuperação de recursos, após o tratamento pode surgir como uma alternativa interessante dentro da busca por boas práticas dentro da gestão de efluentes. Muitas das vezes o tratamento para aplicar o reúso em fins menos nobres, como em torres de resfriamento, aspersão de vias ou lavagem de pátios, pode ser menos complexo ou oneroso do que tratar para o lançamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a explanação obtida, pode-se constatar que o esgoto é ainda um dos principais problemas na preservação das águas no Brasil. Em grande parte do país, o esgoto ainda é lançado diretamente nos corpos de água, gerando problemas de poluição e até de contaminação, devido à presença de compostos tóxicos e/ou organismos patogênicos. Sendo assim, é imprescindível, tratar esse efluentes, afim de proporcionar principalmente o desenvolvimento sustentável e qualidade de vida para todos.

O sistema de esgotos existe para afastar a possibilidade de contato de despejos, esgoto e dejetos humanos com a população, águas de abastecimento, vetores de doenças e alimentos. O sistema de esgotos ajuda a reduzir despesas com o tratamento, tanto da água de abastecimento quanto das doenças provocadas pelo contato humano com os dejetos, além de controlar a poluição das praias. O esgoto (também chamado de águas servidas) pode ser de vários tipos: sanitário (água usada para fins higiênicos e industriais), sépticos (em fase de putrefação), pluviais (águas pluviais), combinado (sanitário + pluvial), cru (sem tratamento), fresco (recente, ainda com oxigênio livre).

E por fim, é notório que a para a escolha da tecnologia a ser adotada para o tratamento de esgotos depende de uma série de fatores como: clima e espaço (área).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura nos recursos hídricos no Brasil 2009. p. 1-7, 2009. Disponível em: Acesso em: http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/srh_su_s.htm. 18 jul. 2009.
- ANDRADE NETO, C.O.et al. Decanto-digestores: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- CAMPOS, J. R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 435 p.
- CHERNICHARO, C. A. L. (Coord.). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: PROSAB, 2001. 544 p.
- CORSSATTO, Daniel et al. Esgotos. Florianópolis: UFSC, 2006. Disponível em: http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2006-2/esgotos/index.html.
- DI BERNARDO, L.;DI BERNARDO, A.; FILHO, P. L. C. Ensaios de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. 1a Edição, São Carlos: Editora RiMa, 2003.
- FERREIRA, E. Cinética química e fundamentos dos processos de nitrificação e desnitrificação biológica. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2000. 1 CD-ROM.
- GUERRA FILHO, D. Águas Residuárias: uma Alternativa Racional de Reúso. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, ano 1, n° 1. jul. 2006. Disponível em 74 <http://www.unifoa.edu.br/pesquisa/caderno/edicao/01/17.pdf> . Acesso em: 15 abr. 2015.
- HABERT, A.C.; BORGES, P N BR , R P Processos de Separação por Membranas. Pesquisa de Engenharia (COPPE) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2006.
- HARTMANN, Cinthia Monteiro et al. In: ANDREOLI, Cleverson Vitório (Coord.). Lodo de fossa séptica: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 2009.
- KUNHIKRISHNAN, A.; BOLAN, N. S.; MÜLLER, K. et al. The influence of wastewater irrigation on the transformation and bioavailability of heavy metal (loid) in soil. Advances in agronomy, v. 115, p. 216-273, 2012.
- JORDÃO, E.P; PESSOA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 3.ed., Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 1995.
- MANCUSO, P. C. S. & DOS SANTOS, H. F. (ed.) Reúso de água – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 1 Ed..São Paulo: Editora Manole LTDA, 2003.

- MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. Água na Indústria - Uso Racional e Reúso. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 6 set. 2020.
- PESSÔA, C. A.; JORDÃO, E. P. Tratamento de esgotos domésticos. 2. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1982. 535 p.
- PETRUS, J. C. C. (1997). Preparação , modificação e caracterização de membranas assimétricas para clarificação de suco de frutas. Campinas. 139p. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- ROQUE, O.C.C. Sistemas Alternativos de Tratamento de Esgotos Aplicáveis as Condições Brasileiras – Tese de Doutorado em Saúde Pública, FIOCRUZ – Rio de Janeiro, 1997.
- SABESP. Coleta de esgoto. <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=50>. 2013.
- SCHULZ, C. T.; HENKES, J. A. Reaproveitamento d'água da estação de tratamento de efluentes: empresa Intelbras–São José (SC). Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 2, n. 2, p. 338-384, 2013.
- SILVA FILHO, A. Tratamento terciário de efluente de uma indústria de refrigerantes visando ao reúso: um estudo de caso. Dissertação de mestrado. Escola de Química/UFRJ, março de 2009.
- SPERLING, Marcos V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 1996.
- TRATA BRASIL. Saiba como as doenças provocadas pela falta de saneamento se distribuem no Brasil. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2020/02/18/saiba-como-as-doencas-provocadas-pela-falta-de-saneamento-se-distribuem-no-brasil/>. Acesso em: 6 set. 2020.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996.
- WWF. O que é desenvolvimento sustentável?. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/#:~:text=A%20defini%C3%A7%C3%A3o%20mais%20aceita%20para,os%20recursos%20para%20o%20futuro.. Acesso em: 6 set. 2020.

SOBRE O AUTOR



Sou **Raylan Caminha de Vasconcelos**, tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo IFCE (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia) do estado do Ceará, atualmente sou discente do curso de especialização em Engenharia Ambiental pela UCAM (Universidade Cândido Mendes) localizada no estado do Rio de Janeiro.

O meu trabalho de conclusão do curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental tratou de temas como: reúso de águas residuárias e tratamento de efluentes líquidos, em especial, por lagoas de estabilização, proporcionando de certa forma, muitos conhecimentos sobre o assunto proposto.

Os aprendizados durante a minha vida acadêmica foram inseridos na obra intitulada: “Tratamento de efluentes: uma condição para o desenvolvimento sustentável”. O livro discute, com pertinência, como os vários tratamentos de águas residuárias colaboram tanto para o meio ambiente como para as atuais e futuras gerações, ou seja, o desenvolvimento sustentável.

Desejo colaborar para a ampliação do seu conhecimento e de certa forma alertar a todos como a prática de tratamento de efluentes líquidos é relevante.

