

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA E QUÍMICA – IQB
QUÍMICA TECNOLÓGICA E INDUSTRIAL

TRATAMENTO DE EFLUENTES E REATORES DE CIRCULAÇÃO INTERNA:
UMA BREVE REVISÃO E APLICAÇÃO

LARA LUIZA DOS SANTOS RAMOS

MACEIÓ – ALAGOAS

2021

LARA LUIZA DOS SANTOS RAMOS

**TRATAMENTO DE EFLUENTES E REATORES DE CIRCULAÇÃO INTERNA:
UMA BREVE REVISÃO E APLICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Química Tecnológica e Industrial.

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. CARMEM LÚCIA DE P. E S. ZANTA
COORIENTADOR: Me. JOÃO PAULO TENÓRIO DA SILVA SANTOS

MACEIÓ – ALAGOAS

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Cláudio César Temóteo Galvino – CRB4/1459

R175t	<p>Ramos, Lara Luiza Dos Santos. Tratamento de efluentes e reatores de circulação interna: uma breve revisão e aplicação / Lara Luiza Dos Santos Ramos. – 2021. 47 f.: il.</p> <p>Orientador: Carmem Lúcia de P. e S. Zanta. Co-orientador: João Paulo Tenório Da Silva Santos. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Tecnológica e Industrial) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió, 2021.</p> <p>Inclui bibliografia.</p> <p>1. Efluentes - Histórico. 2. Gestão ambiental. 3. Reatores IC. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 66:628.54</p>
-------	---



Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Instituto de Química e Biotecnologia (IQB)

Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Campus A.C. Simões,
Maceió-AL, 57072-970, Brasil.

www.iqb.ufal.br // Tel: (82) 3214-1384/1189



ATA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE TCC - IQB

1. Data da apresentação do TCC: 23 de julho de 2021

2. Aluno / matrícula: LARA LUIZA DOS SANTOS RAMOS/14210165

3. Orientador(es) / Unidade Acadêmica:

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carmem Lúcia de Paiva e Silva Zanta

Coorientador: Me. João Paulo Tenório da Silva Santos

4. Banca Examinadora (nome / Unidade Acadêmica):

Carmem Lúcia de Paiva e Silva Zanta / (IQB) (Presidente) Nota: 10,00

João Paulo Tenório da Silva Santos PPGQB/ (IQB) (Co-orientador) Nota: 10,00

Júlio Cosme Santos da Silva / (IQB) (1º avaliador) Nota: 10,00

Danilo Henrique da Silva Santos (IQB) (2º avaliador) Nota: 10,00

5. Título do Trabalho:

**TRATAMENTO DE EFLUENTES E REATORES DE CIRCULAÇÃO INTERNA:
UMA BREVE REVISÃO E APLICAÇÃO**

6. Local: Videoconferência

7. Apresentação: Horário início: 08:30 Horário final: 9:05

Arguição: Horário início: 09:05 Horário final: 11:15

8. Nota final: 10,00 (dez inteiros)

9. Justificativa da nota. Em caso de APROVAÇÃO COM RESTRIÇÕES, indicar as principais alterações que devem ser efetuadas no trabalho para que o mesmo venha a ser aprovado.

Em sessão pública, após exposição do seu trabalho de TCC por cerca de 33 minutos, a candidata foi arguido oralmente pelos membros da banca por 90 minutos, tendo como resultado:

APROVADO

APROVADO COM RESTRIÇÕES – mediante modificações no trabalho que foram sugeridas pela banca como condicional para aprovação.

NÃO APROVADO.



Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Instituto de Química e Biotecnologia (IQB)

Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Campus A.C. Simões,
Maceió-AL, 57072-970, Brasil.

www.iqb.ufal.br // Tel: (82) 3214-1384/1189



Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima determinada, e pela candidata:

Maceió, 23 de julho de 2021

Presidente: Carmin Lúcia Zonta

Co-orientador: : João Paulo Tenório da Silva Santos

1º Avaliador: David Henrique da Silva Santos

2º Avaliador: Julio E.S. da Silva

Candidata: Lara Louisa dos Santos Ramos

RESUMO

O recurso mais importante que a sociedade possui é a água, mas com o desenvolver dos anos este recurso vem sofrendo com a poluição principalmente devido a industrialização. Em face deste problema a preocupação com a qualidade deste recurso se faz presente na sociedade desde as primeiras civilizações. Então, para mitigar esses efeitos surge o tratamento de efluentes responsável pela diminuição de carga orgânica tanto de rejeitos domésticos, como industriais. Neste trabalho, buscou-se apresentar um breve histórico sobre o tratamento de efluentes desde os primeiros vestígios de resíduos até a revolução industrial e posteriormente com o surgimento das normas ISO que está integrada no Sistema de Gestão Ambiental (SGA) no mundo e no Brasil, além da legislação nacional. Numa segunda etapa buscou-se fazer um breve resumo sobre o tratamento de água convencional desde a amostragem, caracterização, equipamentos, processos, e o sistema de tratamento de efluente propriamente dito. Sendo os reatores anaeróbios de circulação interna (IC) um dos sistemas mais promissores devido a simplicidade e eficiência, decidiu-se dar enfoque a estes reatores, bem como apresentar estudos de casos que comprovam a eficiência destes reatores no tratamento de efluentes da indústria de bebidas e celulose.

ABSTRACT

The most important resource that society has is water, but over the years this resource has been suffering from pollution mainly due to industrialization. In view of this problem, the concern with the quality of this resource is present in society since the first civilizations. So, to mitigate these effects, the treatment of effluents, responsible for the reduction of the organic load of both domestic and industrial waste, emerges. In this work, we sought to present a brief history on the treatment of effluents from the first traces of waste treatment to the industrial revolution and later with the emergence of ISO standards that is integrated in the Environmental Management System (EMS) in the world and in Brazil, in addition to national legislation. In a second step, we sought to make a summary of conventional water treatment from sampling, characterization, equipment, processes, and the effluent treatment system itself. As anaerobic internal circulation (IC) reactors are one of the most promising systems due to its simplicity and efficiency, it was decided to focus on these reactors, as well as to present case studies that prove the efficiency of these reactors in the treatment of effluents in the beverage industry and cellulose.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo PDCA para o Sistema de Gestão Ambiental ISO-14000.....	19
Figura 2 – Fluxo das etapas de Tratamento de Efluentes.....	28
Figura 3 – Esquema do tratamento preliminar.....	29
Figura 4 – Biodegradação dos poluentes orgânicos por meio aeróbio.....	31
Figura 5 – Esquema do tratamento secundário aeróbio com lodo ativado.....	31
Figura 6 – Esquema do tratamento de desidratação do lodo.....	32
Figura 7 – Processo de coagulação e floculação do sistema terciário.....	33
Figura 8 – Reator IC anaeróbio internamente.....	34
Figura 9 – Sequência metabólicas e grupos microbianos envolvidos na digestão...35	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média de dados obtidos no estudo de caso 1 durante de três meses.....	36
Tabela 2 - Parâmetros e resultados obtidos no estudo de caso 2.....	37

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Normas da ISO-14000 de gestão ambiental no ciclo PDCA.....	20
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AME	Atividade Metanogênica Específica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
CO	Carga Orgânica
SS	Sólidos Sedimentáveis
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
IC	Reator de Recirculação Interna
INMETRO	O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Técnica brasileira
ISO	Internacional Organization for Standartization
SGA	Sistema de Gestão Ambiental

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	HISTÓRICO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES	13
3.2	O SURGIMENTO DA ISO 14001	16
3.3	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	21
3.4	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE	24
3.4.1	Amostragem	25
3.4.2	Métodos analíticos instrumentais.....	25
3.4.3	Ensaio de tratabilidade	25
3.4.4	Processo.....	26
3.4.5	Equipamentos.....	26
3.4.6	Treinamento.....	26
3.4.7	Rotinas Operacionais	26
3.5	Etapas do tratamento de efluentes	26
3.5.1	Preliminar	27
3.5.2	Tratamento Primário.....	28
3.5.3	Tratamento Secundário	29
3.5.4	Tratamento do Lodo	31
3.5.5	Tratamento Terciário	31
3.5.6	Tratamento de desinfecção	32
3.6	Tecnologia dos reatores IC	32
4	CONCLUSÃO	39
5	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o debate sobre soluções para as agressões do homem ao meio ambiente tem despertado bastante interesse. Isso ocorre devido a necessidade de exploração da natureza para o desenvolvimento socioeconômico e a constatação de que os recursos naturais são limitados, podendo não suprir as necessidades da população mundial no futuro. Um dos principais bens para a vida é água, e esta está sendo terrivelmente poluída principalmente devido ao descarte inadequado de resíduos. Em face disto, o tratamento de efluentes vem sendo algo fundamental, pois, diariamente são produzidas toneladas de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, seja no âmbito industrial ou doméstico, e estes muitas vezes são descartados em rios e lagos com tratamento ineficiente.

Para remover adequadamente esses resíduos, é necessário entender as ferramentas desenvolvidas pela ciência para o tratamento desses contaminantes evitando que eles atinjam o meio ambiente, em decorrência de atividades antropogênicas, que podem comprometer a saúde do homem e do planeta.

A preocupação com a água e o esgoto surgiu no mundo desde as primeiras civilizações devido questões de saúde e higiene, pois os resíduos gerados serviam como vetores para propagação de doenças. Diversos episódios, relacionados ao tratamento de efluentes, ao longo da história, podem ser relatados, como na Idade Antiga em que existem registros de redes de esgoto na Antiga Babilônia (Mesopotâmia) em 3.750 a.C., redes de água na Assíria em 690 a.C.(SILVA, 2016).

Com o crescimento populacional e a revolução industrial, a geração de resíduos líquidos aumentou exponencialmente, levando a comunidade científica a buscar novas tecnologias para tratamento de resíduos. Isto levou ao desenvolvimento de equipamentos como bombas, filtros e reatores, além de microrganismos que depuravam eficientemente os efluentes (SPRENGER, 2017).

Com o crescimento acelerado das indústrias e dos grandes centros urbanos, boa parte dos países que tinham indústrias já buscavam formas de minimizar a agressão ao meio ambiente através da criação de estações de tratamento de esgoto e efluentes. Para um maior controle dos sistemas de tratamento de resíduos, normas e instituições reguladora foram criadas a nível nacional e mundial.

No Brasil, o controle com os sistemas de tratamento de esgoto iniciou em 1986 quando criou-se a NBR 9800, que estabelecia critérios para lançamento de

efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Essa norma definia alguns conceitos como, águas pluviais, efluente líquido e industrial, esgoto doméstico e sanitário etc., além de definir valores limites a serem observados para lançamento no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário dotado de tratamento adequado (LEONETI, 2011).

O mercado de tecnologias ambientais no Brasil, principalmente o de tratamento de efluentes industriais sofreu uma profunda transformação. Na década de 70, um pequeno número de estações foi implantado, mas as exigências por parte dos órgãos nacionais começaram a aumentar e durante a década de 80, inúmeras estações foram construídas e algumas até ampliadas. Na década de 90, com exigências ainda maiores, as estações passaram por profundas remodelagens. Houve também uma mudança conceitual passando de apenas atender aos padrões de emissão para uma atitude mais proativa. Atualmente as estações mais tradicionais do país têm entre 10 e 30 anos e já necessitam de adequação tecnológica (GERBER, 2015).

O sistema de tratamento de esgoto e efluente convencional utilizado pela maioria das indústrias e grandes cidades é composto de processos físicos e químicos que são realizados em várias etapas. Essas etapas são classificadas como tratamento primário, secundário, terciário e desinfecção, sendo cada uma responsável pela eliminação de uma parte do poluente. O dimensionamento e funcionamento de cada etapa é determinada pela vazão e pela característica do efluente a ser tratado.

Nas últimas décadas, vários processos e reatores foram desenvolvidos, sendo os reatores anaeróbio de circulação interna os mais promissores, pois permitem o tratamento mais rápido e eficiente.

Em função da importância do tema exposto, esse estudo busca apresentar um breve resumo sobre a história do saneamento básico e descrever as principais etapas de uma estação de tratamento de efluente, dando ênfase a tecnologia dos reatores de recirculação interna (IC). Para concluir serão apresentados estudos de casos de aplicação dos reatores IC no tratamento de efluentes em duas indústrias de bebidas e uma de celulose, comprovando a eficiência desta tecnologia.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo do trabalho é transcrever um breve relato da trajetória do sistema de tratamento de efluente, descrever as principais etapas de uma estação de tratamento, dando ênfase a reatores de circulação interna.

2.2. Objetivos específicos

- Mostrar o histórico sobre o surgimento do tratamento de efluentes;
- Exibir as principais etapas de uma estação de tratamento de efluentes;
- Demonstrar o uso da tecnologia de Reator de Circulação Interna (RCI);
- Apresentar estudos de casos de aplicação do RCI no tratamento de efluentes industriais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES

O crescimento populacional, o aumento nos volumes de águas residuais e a sustentabilidade de recursos hídricos críticos desencadearam a pesquisa para o aperfeiçoamento do tratamento de efluentes. A preocupação com os recursos hídricos e os resíduos gerados data desde a Idade Antiga em que existem registros de redes de esgoto na Antiga Babilônia (Mesopotâmia) em 3.750 a.C., redes de água na Assíria em 690 a.C. além do Vale do Indo, onde as civilizações de Mohenjo Daro e Harappa (2.600 a 1.900 a. C.), possuíam um sistema de esgoto bem desenvolvido. Nas civilizações Egípcias, há escrituras que versam sobre o uso de sulfato de alumínio para coagular partículas, já os Romanos conhecidos como grandes engenheiros de aquedutos cerca de 420 km, latrinas comunitárias, chamadas de parlatórios, séc. IV A.C. (SILVA, 2016).

Após esse período na Idade Média ocorreu uma estagnação de interesse no que diz respeito tratamento de efluentes, é justamente nesse período que ocorre a maior expansão de epidemias e doenças causadas pela falta de saneamento. Contudo, na Idade Moderna a sociedade passou a se desenvolver e a se organizar através da consolidação dos Estados Nacionais visando manter a ordem econômica, social e política (BARROS, 2017). A partir daí criou-se em 1601 na Inglaterra os primeiros cuidados em formato de lei (Lei dos Pobres), sobre saneamento básico relacionado à provisão de água, alimentos e hábitos de higiene. Ocorreu também uma revolução científica onde os estudos avançaram, e com isso surge a fabricação de máquinas como a bomba hidráulica que é um grande avanço para transporte de fluído. O Brasil entra nesse cenário de saneamento um pouco atrasado por ainda ser uma colônia na idade moderna.

Apesar da preocupação com a destinação desses resíduos não havia uma preocupação com o seu tratamento antes de serem descartados na natureza, apenas a coleta e o descarte. Podemos citar como exemplo da coleta de águas residuais, como a que ocorria nos séculos XVIII e XIX, principalmente, em casas mais ricas; esse trabalho dependia de escravos, os chamados "tigres". Eles transportavam os baldes com a água que era utilizada nas casas para os corpos d'água mais próximos. Esse tipo de descarte de águas residuais acontecia antes de

a família real chegar ao Brasil em 1808 (ROCHA et al, *apud* GROSS, 2011, p.17). Sendo assim, notou-se a poluição de rios, devido a morte de peixes, do ecossistema, bem como a transmissão de doenças como a cólera.

Com o desenvolver dos anos e mudança de colônia para império e depois para república, indústrias foram surgindo e com isso ocorreu o êxodo rural e, conseqüentemente, o aumento de resíduos e efluentes nos grandes centros urbanos. Com essa concentração foram desenvolvidos novos métodos para tratar e direcionar esses efluentes gerados, e então foram criadas as fossas e sistema de drenagem de esgoto, mas o crescimento era muito acelerado e não se conseguia manter uma política firme sobre o assunto aumentando a contaminação dos solos, dos rios e dos lençóis freáticos (CAMATTI, 2015).

Nos séculos passados, buscou-se principalmente coletar e a transferir os resíduos gerados para longe das comunidades e apesar de haver fossas sépticas e outros sistemas simplificados para mitigar as questões de saúde pública esses não eram suficientes para diminuir os impactos da poluição (CAREY, 2009).

O tratamento dos efluentes propriamente dito teve início em Berlim, em 1865, com Dr. Alexander Mueller com o uso de microrganismos em colunas de filtração para purificação biológica. Por volta de 1868 em Londres, tendo esse experimento como base, Edward Frankland aumentou a escala das colunas. No experimento de Frankland, foram desenvolvidas colunas de laboratório mais resistentes com o seu interior preenchido com cascalho grosso e solo turfoso por onde foi passado o esgoto bruto por quatro meses, onde foi definido um sistema de filtração intermitente com intervalos de dosagem, repouso e aeração, sendo o resultado deste tratamento satisfatório. Em 1871, surgiu a primeira operação de tratamento de esgoto em Merthyr Tydvil, no País de Gales, que inicialmente teve sucesso, porém faltou a avaliação de fatores críticos, como a impermeabilidade do solo e a necessidade de dosagem intermitente, ou seja, faltou uma melhor avaliação para que o sistema operasse regularmente (ALLEMAN, 2000).

A busca pelo aperfeiçoamento no tratamento de esgoto, principalmente levando em consideração a purificação do esgoto através dos aspectos microbianos, sempre foi uma opção, pois era vista como algo eficiente. Os estudos estavam concentrados na Europa, basicamente na França, Inglaterra, Alemanha e Itália. Em 1877 Schloesing e Müntz estudou a nitrificação do solo, onde se conseguiu identificar e

extrair a bactéria *Nitrosomonas*, porém ainda se tinha muitas incertezas a respeito da aplicação e eficiência desta bactéria no tratamento. Dando continuidade aos estudos já existentes, em 1887 os Estados Unidos entra no cenário de controle da poluição com a instalação da Estação Experimental de Lawrence pelo Conselho de Saúde do Estado de Massachusetts, que começou com uma série de sistemas de filtrações experimentais, em dosagem intermitente em filtros consideravelmente grandes onde conseguiu-se estabelecer a atividade microbiana completa, pois de fato foi comprovado que os microrganismos transportados no meio filtrante podiam degradar o esgoto (ALLEMAN, 2000).

Contudo, com a chegada do século vinte, a visão para os padrões ambientais tornou-se mais rígida e cobrava-se uma resposta mais imediata para a gestão de águas residuais. Uma referência foi o oitavo relatório da Comissão Real de Eliminação de Esgoto em 1912, que introduziu a Demanda Bioquímica de Oxigênio de modo conceitual com padrões, e foram estabelecidos testes para serem aplicados em efluentes de vários lugares. Em 1925, Streeter e Phelps foram os primeiros a estudar o modelo de aeração atingindo as cargas aceitáveis de DBO, e os governos começaram a exigir tratamento de resíduo, porém, acontecimentos históricos, como as duas guerras mundiais, postergaram o desenvolvimento das instalações de estações para tratamento de água residual e as existentes foram danificadas pelas guerras (LOFRANO, 2010).

Após as guerras, EUA e o Reino Unido se destacaram no tratamento de efluentes, pois, enquanto outras regiões do mundo se recuperavam no pós-guerra, aqueles que não tinham sofrido tantos impactos permaneceram desenvolvendo em diversos aspectos, incluso naqueles relacionados aos estudos a respeito do tratamento de resíduos. Em 1950, as discussões sobre os padrões de qualidade da água, como fazer a classificação do efluente e qual o melhor fluxo seguir para se ter um tratamento eficaz e padronizado já existiam, entretanto, também se sabia que existia uma poluição química que trazia toxicidade para o meio ambiente e que precisava de uma maior compreensão do que eram esses contaminantes para que o tratamento fosse o mais assertivo (LOFRANO, 2010).

Em meados 1970 surge a cromatografia gasosa comercialmente disponível e a espectrofotometria de absorção atômica, técnicas que permitiam a identificação e caracterização dos poluentes presentes nos efluentes, inaugurando um novo marco

que possibilitou a caracterização dos contaminantes que compunham os efluentes, facilitando, assim, a escolha do tratamento a ser utilizado.

Ao longo do século XX novos métodos analíticos foram desenvolvidos possibilitando um maior desenvolvimento no tratamento de efluente e simultaneamente também foi sendo desenvolvido o sistema que atualmente é utilizado. Embora algumas etapas já existiam deste o início como a remoção de sólidos grosseiros por meio da filtração e o uso de microrganismos que veio logo em seguida, necessitou-se apenas de uma organização de sequência daquilo que já estava sendo aplicado e pesquisado. (LOFRANO, 2010).

A implantação de sistemas de tratamento de efluentes ao redor do mundo possibilitou diminuir a poluição bem como se ter um maior controle ambiental, principalmente, nos corpos hídricos que são fontes de sobrevivência do homem e do ecossistema. Apesar de todas as pesquisas e formas de tratamentos existentes, era preciso uma padronização na gestão para que fosse mantido os padrões de descarte; com isso surgem as normas responsáveis por garantir a execução do tratamento e cumprimento das legislações exigidas (NETO, 2007).

3.2 O SURGIMENTO DA ISO 14001

A *Internacional Organization for Standardization* (ISO) surgiu num período pós-guerra, onde o cenário mundial buscava se desenvolver no âmbito científico, tecnológico, econômico e produtivo; e onde se procurava um padrão para facilitar as relações de mercado internacional (PERES, 2010).

Em 1946, em Londres, 65 autoridades de 25 países se reuniram para discutir meios de facilitar internacionalmente a coordenação e unificação de padrões industriais. Em 23 de fevereiro de 1947, a ISO inicia oficialmente suas atividades com 67 comitês técnicos, tendo mudado sua sede em 1949 para Genebra, na Suíça onde permanece até hoje. No decorrer dos anos, a ISO foi se aperfeiçoando cada vez mais, assumindo seu espaço em todo setor de comércios, serviços e indústrias no que se refere à normatização e gestão.

O órgão central é formado por vários países em todo mundo que são coordenados e que os organizam de forma hierárquica para tomadas de decisões. Cada órgão possui uma função e atuação, isto é, uns são responsáveis e outros

servem para consultoria, mas todos se encaixam na estrutura organizacional (ISO, 2020).

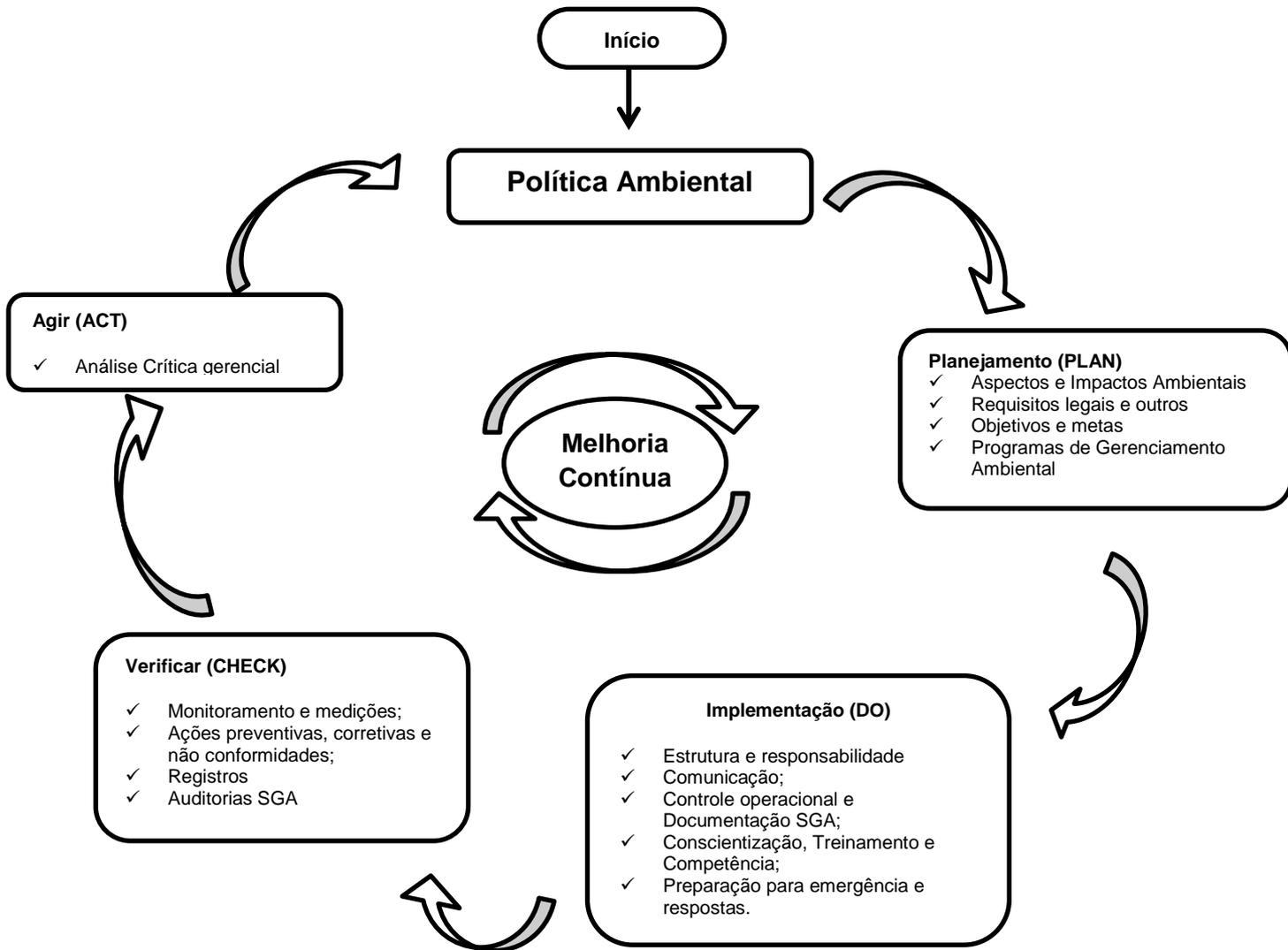
Apesar do tempo de surgimento da ISO, a norma referente a meio ambiente somente surgiu após algumas décadas. A Europa foi a pioneira nessa questão, pois, em 1978, na Alemanha, foi criado o selo verde que identificava produtos que não agrediam o meio ambiente, a fim de dar visibilidade e chamar a atenção para o tema. A partir de então, com essa iniciativa, outras normas surgiram a fim de proteger o meio ambiente, porém, nada muito concreto. Só nos anos 90 o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) foi criado na Inglaterra pelo *British Standards* (BSI) órgão normativo e sendo assim alguns países passaram a montar seus sistemas de gestão ambiental (PERES, 2010).

Após a Eco-92 ou Rio 92, que foi a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, buscaram uma padronização internacional no Sistema de Gestão Ambiental, e criou-se um comitê técnico denominado TC-207 para estudar e revisar as normas existentes. E a partir daí, em 1996, surgem a primeira série de normas da ISO 14000, que está voltada no estabelecimento de diretrizes, gestão, garantia da proteção do meio ambiente e prevenção da poluição promovendo um equilíbrio com a atividade econômica, além de certificar, por meio de auditorias, e qualificar pessoas tudo voltado para o SGA (OLIVEIRA, 2010).

As normas são baseadas no método denominado de *Plan, Do, Check, Act* (PDCA) conforme Figura 1, que foi elaborado na década de 1930 por Walter A. Shewhart com propósito da gestão da qualidade e passou a ser utilizado para outros fins. O PDCA visa desenvolver um modelo padrão de gestão para ser aplicado em qualquer melhoria, de modo sistêmico e constante, de acordo com um ciclo desenvolvido. Porém, para que se tenham bons resultados com uso da ferramenta é necessário um bom planejamento, implementação, operação, verificação, ação corretiva, análise crítica e melhoria contínua da política ambiental (REIS, 2020).

O ciclo PDCA para o Sistema de Gestão Ambiental ISO-14000 (Fig. 1) que se inicia no planejamento de gestão dos aspectos e impacto ao meio ambiente, que leva ao um desenvolvimento dessa gestão e ao monitoramento para manter em funcionamento, com objetivo de ser ter o resultado alcançado através das evidências das ações.

Figura 1: Ciclo PDCA para o Sistema de Gestão Ambiental ISO-14000.



Fonte: Elaborado pela autora com dados NSF International (2001)

A partir do ciclo estabelecido pelo PDCA as normas foram sendo criadas dentro de cada fase do ciclo, conforme o Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 – Normas da ISO-14000 de gestão ambiental no ciclo PDCA (P- Planejar; D- Desenvolver; C- Checar e A – Agir)

Fase	Normas da Série ISO 14000 – Gestão Ambiental
P	ISO Guide 64:2008 - Guia para solução de problemas ambientais em normas de produtos
P	ISO 14050:2009 - Gestão Ambiental – Vocabulário
P	ISO/TR 14062:2002 - Gestão ambiental – Integração dos aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos
P	ISO 14001:2015 - Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso
P	ISO 14004:2016 - Sistemas de gestão ambiental – Diretrizes gerais na implementação
P	ISO 14005:2010 - Sistema de gestão ambiental – Diretrizes para a fase de implementação do sistema de gestão ambiental, incluindo o uso da avaliação de desempenho ambiental
P	ISO 14006:2011 - Sistema de gestão ambiental - Diretrizes para incorporação do ecodesign
P	ISO / TS 14071: 2014 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Revisão crítica de processos e avaliador de competências: Requisitos adicionais e diretrizes para ISO 14044: 2006
D	ISO 14051:2011 - Gestão ambiental – Contabilidade de custos de fluxo de material
D	ISO 14040: 2006 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura
D	ISO 14044: 2006 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações
D	ISO 14045: 2012 - Gestão ambiental – Avaliação de Ecoeficiência dos sistemas de produtos – Princípios, requisitos e orientações
D	ISO 14046: 2014 - Gestão ambiental – Pegada da água – Princípios, requisitos e orientações
D	ISO / TR 14047: 2012 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar a ISO 14044 para impactar as situações de avaliação
D	ISO / TS 14048: 2002 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Formato de documentação de dados
D	ISO / TR 14049: 2012 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar ISO 14044 para definição de objetivo e escopo e análise de inventário
D	ISO / TS 14072: 2014 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações para avaliação do ciclo de vida organizacional
D	ISO 14064-1:2006 - Gases de efeito estufa – Parte 1: Especificação e orientação às organizações para quantificação e relação das emissões de gases de efeito de estufa e eliminações
D	ISO 14064-2:2006 - Gases de efeito estufa – Parte 2: Guia com especificações para projeção de níveis para quantificação, monitoramento e relatórios das reduções de emissões de gases de efeito de estufa ou aumento de eliminações
D	ISO/TS 14067:2013 - Gases de efeito estufa – Pegada do carbono em produtos – Requisitos e orientações para a quantificação e comunicação
D	ISO/TR 14069:2013 - Gases de efeito estufa – Quantificação e comunicação para as organizações das emissões de gases de efeito de estufa – Orientação para a aplicação da ISO 14064-1

C	ISO 14015:2001 - Gestão ambiental - Avaliação ambiental dos locais e organizações
C	ISO 14031:2013 - Gestão ambiental – Avaliação do desempenho ambiental – Orientações
C	ISO 14064-3:2006 - Gases de efeito estufa – Parte 3: Guia com especificações para validação e verificação das afirmações sobre gases de efeito estufa
C	ISO 14065:2013 - Gases de efeito estufa – Requisitos para organismos de validação e verificação dos gases de efeito estufa usarem na acreditação ou outras formas de reconhecimento
C	ISO 14066:2011 - Gases de efeito estufa – Requisitos de competência para as equipes de validação e verificação de gases de efeito estufa
A	ISO 14063:2006 - Gestão ambiental – Comunicação ambiental – Orientações e exemplos
A	ISO 14020:2000 - Rótulos e declarações ambientais - Princípios gerais
A	ISO 14021:2016 - Rótulos e declarações ambientais – Reivindicação para autodeclaração ambiental (Rotulagem ambiental Tipo II)
A	ISO 14024:1999 - Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental do Tipo I – Princípios e procedimentos
A	ISO 14025:2006 - Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais do Tipo III – Princípios e procedimentos
A	ISO/TS 14033:2012 - Gestão ambiental – Informação ambiental quantitativa – Orientações e exemplos

Fonte: Elaborado pela autora com base na ISO

As normas podem ser utilizadas de modo distinto ou em conjunto, dependendo da necessidade de cada instituição. No Brasil, as normas da ISO estão vinculadas a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que é responsável pela normalização e validação das mesmas, junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) responsável pelas certificações obrigatórias e voluntárias. Dentre a série da ISO 14000, no Brasil, a NBR ISO 14001 é norma que mais certifica e é a mais aplicada. Esta norma já passou por algumas revisões que a tornaram mais completa, pois se trata de uma norma que orienta como implementar o sistema de gestão ambiental de modo eficiente (POMBO, 2008).

Apesar de ter sido desenvolvida para padronizar o modelo do SGA principalmente nas indústrias de grande porte que são grandes contribuintes de geração de efluentes, também se aplica a diversos cenários de empresas que possuem portes diferentes, o que dificulta a aplicação, pois o custo de certificação é alto.

Para obter a certificação da norma 14001 no Brasil não é obrigatório, mas obtê-la traz alguns benefícios como: melhora de imagem pública por meio da responsabilidade social, fortalecimento da organização com relação ao

desenvolvimento da política ambiental, determinando metas e objetivos, possibilidade de competição internacional devido à consistência obtida por meio da ISO e por conta do mecanismo de gestão empregado com abordagem para preocupações ambientais e certificações. Além disso, a obtenção dessa ISO traz satisfação do cliente, principalmente de bens duráveis, além da redução de custos, pois, como o que é estabelecido nessa norma previne a poluição, conseqüentemente, diminui as despesas com o descarte de resíduos e matérias-primas (REIS, 2020).

Em âmbito nacional existe o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que possui leis relacionadas à prevenção ambiental e que as empresas são obrigadas a cumprirem. Além do CONAMA, existem decretos estaduais que trazem parâmetros a serem cumpridos em relação ao tratamento, armazenamento e descarte de efluentes. A ISO 14001 contribui de modo direto no alcance desses parâmetros, pois, além de padronizar o sistema de gestão, a norma traz estabilidade para o processo (MATTOS, 2012).

3.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

O CONAMA surgiu da necessidade de se ter uma entidade que articulasse a política ambiental no Brasil, mas antes de se firmar em âmbito nacional, algumas tentativas de formação de um conselho que tratasse das questões ambientais ocorreram. Na década de 1960, o então Presidente Juscelino Kubitschek baixou o Decreto-Lei Nº 303 que tratava da questão da poluição ambiental e trazia instrumentos para a disposição final de efluentes, além de atribuir ao Conselho Nacional de Controle da Poluição Ambiental (CNCPA) a responsabilidade de promover e coordenar atividades relacionadas ao controle da poluição ambiental, no entanto, em menos de um ano esse trabalho foi cessado (SILVEIRA, 2017). Em meados de 1970, retornaram as articulações com algo mais concreto, mas apenas na esfera estadual principalmente São Paulo e Rio de Janeiro onde surgiu a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) como ponto de partida para consolidação de uma política de controle da poluição.

Com o aumento da degradação do meio ambiente devido ao desenvolvimento de mais indústrias e das capitais, ocasionando o aumento da geração de lixo doméstico, que exigia um tratamento adequado por questão de saúde pública. (DE

SOUSA, 2005), o Brasil percebeu a necessidade da criação de uma política ambiental que atendesse todo o território nacional porque haviam diversas partes no país que não tinham desenvolvido essa política.

Em 1980 o governo criou uma Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Nº 6839/1981) que trouxe uma formulação e uma nova estrutura das políticas ambientais, agora de modo que abrangesse todo o Brasil, embora a concentração das atividades, por questões sociopolíticas, fosse restrita às cidades que possuem mais indústrias. A partir daí foram criados o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que passaram a ser pontos-chaves para o desenvolvimento e estruturação da política ambiental nacional. (RIBEIRO, 2011).

Era preciso que o conselho criado fosse multidisciplinar, isto é, fosse formado por diferentes setores da sociedade como empresários, professores, ambientalistas, políticos, trabalhadores, engenheiros e outros que fossem especialistas e estivessem envolvidos com o desenvolvimento das diretrizes da política ambiental nacional. Então, no dia 5 de junho de 1984 reuniram-se, pela primeira vez, trinta e quatro membros para discutir e definir os pontos iniciais sobre a política ambiental que pretendiam fortalecer. O conflito de interesse era bastante alto, pois, uma parte estava voltada para a geração de capital nas indústrias e a outra estava preocupada com a prevenção e diminuição dos impactos ambientais, e o que se precisava era o desenvolvimento da Política Nacional de Meio Ambiente de modo que fossem cumpridas todas as normas estabelecidas, mas a princípio não se tinha apoio e nem interesse da maioria (SILVEIRA, 2017).

Aos poucos, uma estrutura institucional foi sendo organizada e a política ambiental passou a ter um sistema dividido em diferentes instâncias, isto é, foi instituído o órgão superior, o central e o setorial, sendo o CONAMA o superior. Este órgão ficou responsável por julgar como necessário o que havia sido estudado, além de definir as normas estabelecidas, já o órgão central ficou sendo a SEMA (Secretaria Especial do Meio Ambiente) responsável pela execução do que era posto pelo órgão superior, e o setorial que era constituído pelos demais membros responsáveis pelos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) que propunham melhorias para a preservação do meio ambiente. (DE SOUSA, 2005).

Os maiores problemas estavam relacionados à poluição das águas dos rios que também serviam como fonte de abastecimento da população, além da exploração deliberada dos recursos naturais, sem nenhum tipo de fiscalização ou delimitação (RIBEIRO, 2011).

O processo de formulação do CONAMA levou um tempo para ser implementado em todo o Brasil, pois, de início, nem todos os estados estavam presentes como, por exemplo, o Acre que passava por uma situação complicada por causa dos seringueiros. Então, até a implementação do CONAMA como é atualmente, foram realizadas diversas reuniões ordinárias e extraordinárias durante anos. Estabeleceu-se as denominadas Câmaras Técnicas (CT), onde cada uma era responsável por tratar de assuntos ambientais específicos, como: assuntos jurídicos de ecossistema, pesquisa e orientação científica, comunicação e educação ambiental, qualidade das águas costeiras e interiores, qualidade do ar e de resíduos sólidos e biocida. (SILVERA, 2017)

Com o passar dos anos, a Política Nacional de Meio Ambiente foi ganhando força devido ao desenvolvimento de uma nova constituição nacional. A realização da Rio-92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente) e a criação do Ministério do Meio Ambiente, além de que a questão de preservação ambiental no Brasil se tornou de interesse mundial, principalmente, por causa da Floresta Amazônica. (SILVEIRA, 2017).

Se referindo à tratamento de efluente o CONAMA possui a resolução nº 357 de 17 de março de 2005 que defini os tipos de corpos de água e os parâmetros para enquadramento das águas de lançamento. Em 13 de maio de 2011 entrou em vigor a resolução nº 430 que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução no 357 (POTT, 2017).

Atualmente, o governo Federal diminuiu a participação da sociedade civil, do setor privado e alguns órgãos governamentais como a Comissão de Meio Ambiente da Câmara dos Deputados, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), a Agência Nacional de Águas (ANA) e ministério públicos Federais e estaduais; diminuindo a multidisciplinaridade que possuía, o que pode se considerar como um grande retrocesso na discussão sobre o tratamento de

efluentes e a política federal para o meio ambiente (MMA, 2019).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

Existem diversos tipos de efluentes industriais que exigem tratamento antes de serem descartados para que não sejam nocivos ao meio ambiente, pois o setor industrial é amplo e diversificado, sendo que cada processo produtivo seja ele automotivo, alimentício, têxtil e diversos outros que estão presentes no mercado, geram resíduos (SILVA, 2003).

A implantação de uma Estação de Tratamento de Efluentes requer a realização de vários estudos sobre a vazão da planta, da composição química do efluente, da estrutura e da legislação, porque essas informações são necessárias e imprescindíveis para que se possa determinar o tipo de equipamento que serão utilizados em cada etapa de tratamento, quantas etapas o tratamento possuirá e qual método fornecerá o melhor resultado. Também é de grande importância enfatizar que a tecnologia de tratamento de efluentes a ser adotada pelo o setor deve ter a capacidade de ser facilmente transferido de instalações em escala de laboratório para aplicações em escala completa (KAMALI, 2019).

A composição de um efluente gerado em decorrência de qualquer atividade industrial pode ser obtida por meio de informações sobre o processo produtivo, das matérias-primas utilizadas e do fluxograma da planta, localizando em quais pontos há a geração de efluente. Por meio de estudos e análises específicas é possível determinar a quantidade de efluente a ser tratado e, a partir dessas informações, uma logística será montada para que a coleta ocorra em horários estratégicos. Conhecer a composição do efluente gerado também é importante para a implementação de um sistema de tratamento que seja o mais eficiente e apropriado possível (GIORDANO, 2009).

Cada indústria gera efluentes com características bem diferentes, por exemplo, uma fábrica de refrigerantes onde a base principal da bebida é o concentrado que são misturas de extratos, óleos e destilados de frutas ou vegetais, além da água e do açúcar. Sabe-se que o açúcar é matéria orgânica, portanto, o efluente gerado por esse tipo de indústria tem uma alta carga orgânica, acarretando

valores altos de Demanda Química de Oxigênio (DQO). Já uma indústria têxtil a carga orgânica não é tão alta quanto a de bebidas, mas necessitam de um tratamento a mais para eliminar a cor originada dos diversos pigmentos utilizados porque essas substâncias podem acarretar danos à quantidade de oxigênio dissolvida em corpos d'água receptores. Outra atividade que gera efluentes com características importantes é a indústria de laticínios, que possui também alta carga orgânica tornando-se tão nocivo quanto os efluentes citados anteriormente (GIORDANO, 2009).

Portanto, para uma caracterização ser assertiva uma série de etapas devem ser cuidadosamente executadas para definição e sucesso do projeto, sendo essas as etapas:

3.4.1 Amostragem

A amostragem é fundamental e decisiva, pois dará maior representatividade na análise e composição do efluente real gerado. A amostragem se define, por meio de coletas em vários pontos, quantidades e horários ao longo de dias dependendo da dimensão da produtividade e dimensão da indústria, de modo que a mesma tem que representar o todo, para isso a amostragem tem que ser composta.

Esse método possui uma norma técnica (NBR 9898/1987) que determina como deve ser feita a coleta, o tipo de recipiente dependendo da análise que irá ser realizada, o transporte da amostra e estocagem, para que a amostra seja preservada e o resultado seja confiável (ABNT, 2015).

3.4.2 Métodos analíticos instrumentais

São provenientes da química analítica instrumental e é de grande aplicabilidade para análises necessárias da caracterização, porém comumente os métodos mais utilizados são a espectrofotometria de absorção molecular, principalmente na análise da DQO, e a cromatografia para determinar os compostos presentes no efluente (PASSOS, 2011).

3.4.3 Ensaio de tratabilidade

Normalmente na maioria das estações usa-se o tratamento biológico aeróbio e/ou anaeróbio, porém, isso é definido através do teste de tratabilidade, onde é simulado os processos aeróbio ou anaeróbio em escala de bancada com todas as

condições necessárias para a simulação mais próxima possível do real. Os estudos são feitos de modo que se consiga obter um acompanhamento confiável dos resultados, e que determinem o melhor desempenho do tratamento do efluente de entrada em cada um dos processos, a fim de definir o tratamento mais apropriado (TEGA, 2020).

3.4.4 Processo

Na implementação do tratamento tem que haver um bom planejamento com o processo produtivo de modo seja elaborado planos de manutenção e de monitoramento, procedimentos operacionais que estejam inseridos dentro do sistema de gestão integrada.

3.4.5 Equipamentos

Há diversos tipos de equipamentos, cada uma com sua especificação e normas de instalação, então é necessária prudência para evitar perdas. De modo geral, os equipamentos mais comuns numa estação de tratamento de efluente são: bomba centrífuga, bomba dosadora, bomba helicoidal, centrífugas, sensores de níveis e sopradores de ar.

3.4.6 Treinamento

O fornecimento de conhecimento aos operadores é fundamental, principalmente para a estação de tratamento de efluentes, pois, possui peculiaridades que depende do tipo de tratamento que será aplicado.

3.4.7 Rotinas Operacionais

Após o treinamento da equipe é necessário um cronograma de atividades de monitoramento e análises para manter o processo estável e funcionando adequadamente.

3.5 Etapas do tratamento de efluentes

O tratamento de efluentes, com as técnicas utilizadas nos dias atuais, surgiu na Inglaterra, em 1914, com o tratamento biológico para redução dos poluentes, onde se tinha uma massa biológica que ao ser aerada junto ao efluente gerado em

um processo de recirculação formavam-se flocos de lodo que, ao decantar, obtinham-se o efluente sem poluente e o lodo cheio de matéria orgânica. (AESBE, 2016).

Ao longo dos anos a questão ambiental passou de optativa para obrigatória, por conta de todas as normas e legislações que foram surgindo. Novos meios de tratamento de efluentes foram se desenvolvendo de acordo com a necessidade do processo. O tratamento de efluente é dividido em algumas etapas principais, apresentada na Figura 3 (OLIVEIRA, 2004).

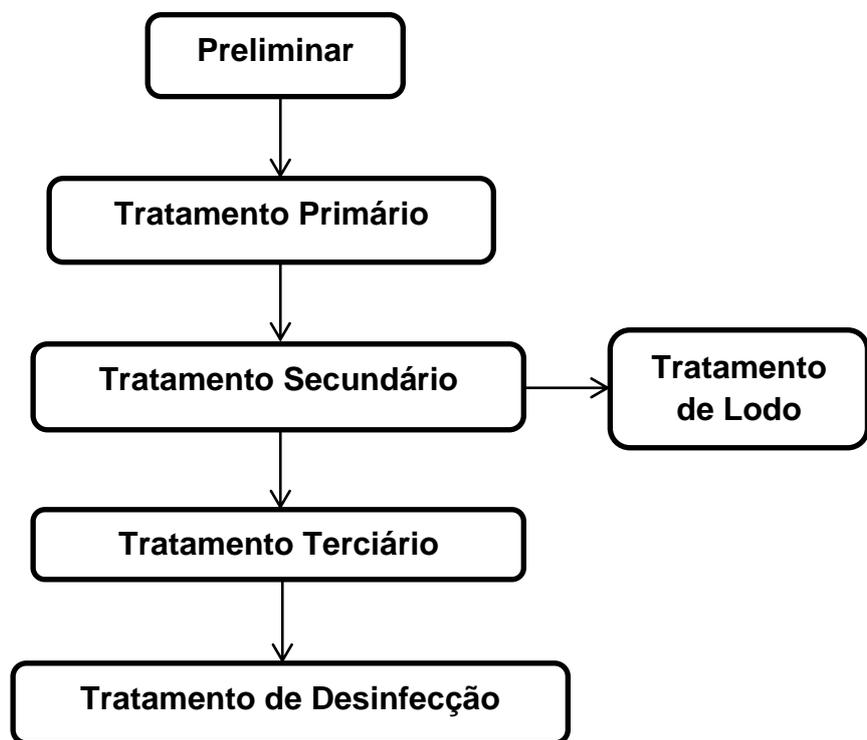


Figura 2 - Fluxo das etapas de Tratamento de Efluentes.

Dados: Elaborado pela autora com base no artigo técnico de Antônio Carvalho.

A seguir discutimos brevemente o que acontece em cada etapa de tratamento de um efluente.

3.5.1 Preliminar

Nesta etapa do tratamento, também conhecido como tratamento de barreias, acontece a retenção de toda parte inerte e sólida que vem junto ao efluente de

entrada. Dependendo do tipo de resíduo líquido gerado pela indústria diversos tipos de barreias são colocadas, porém, comumente é constituído de uma caixa de desaceleração, uma peneira rotativa ou gradeamento, o canal de areia e a caixa separadora. (ALBORNOZ, 2015)

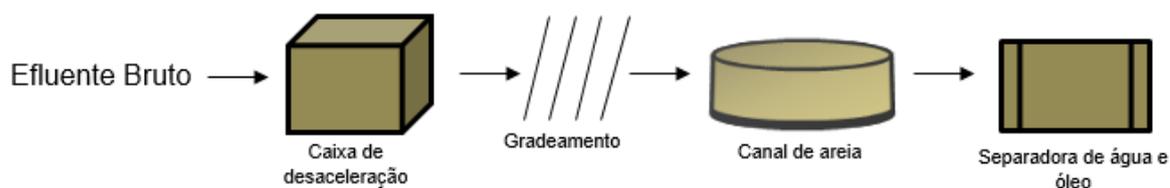


Figura 3- Esquema do tratamento preliminar

Fonte: Elaborada pela autora baseado no trabalho de conclusão de Gustavo Silveira, 2010.

A caixa de desaceleração tem a finalidade de retardar o efluente de entrada para que se tenha um maior controle de vazão desde o início e para que não prejudique as etapas posteriores. Já a peneira rotativa e o gradeamento servem para retenção do resíduo sólido, quando se tratando de uma indústria de refrigerantes, por exemplo, ficam retidos plásticos, restos de embalagens, tampas, canudos, entre outros, pois estes componentes prejudiciais os equipamentos e microrganismos responsáveis pela degradação dos poluentes (MARCONDES, 2012).

O canal de areia é responsável pela sedimentação da areia que vem junto ao efluente bruto, é importante porque a areia causa abrasão nos equipamentos, como as bombas, e com isso tem a possibilidade de diminuir a vida útil da mesma. A última etapa do processo preliminar é a caixa separadora de água e óleo, pois, os óleos e graxas são prejudiciais às bactérias porque elas não conseguem depurar o efluente devido à presença desses compostos. Existem vários tipos de caixa separadora que varia de acordo com a frequência e quantidade que o processo gera os óleos e graxas (BITTENCOURT, 2014).

3.5.2 Tratamento Primário

Também conhecida como etapa físico-química, o tratamento primário é onde ocorre a uniformização do efluente bruto. Normalmente, é composta por tanques de

equalização, emergência e condicionamento, onde podem ocorrer a decantação com o intuito de evitar que algum tipo de material inerte siga para os demais processos. Nesta etapa é importante a dosagem de ácido clorídrico ou hidróxido de sódio para realização do ajuste de pH, e um sistema de recirculação junto ao tempo de retenção de modo que o próprio efluente equalize em relação a carga orgânica, pH, temperatura e potencial de oxirredução (redox) (SOUZA,2007).

3.5.3 Tratamento Secundário

Pode ser considerada a etapa de maior importância no tratamento de efluentes, pois, é no tratamento secundário onde ocorre o tratamento biológico que é responsável pela diminuição dos poluentes devido ao metabolismo dos microrganismos. Pode acontecer de forma anaeróbica ou aeróbica e possui grande viabilidade econômica e técnica. (FAEDO, 2010).

O tratamento com lodo anaeróbico ocorre por meio das bactérias que não necessitam de oxigênio para sobreviver, isto é, elas mesmas se desenvolvem através de reações de hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Dessa forma, esses micro-organismos são responsáveis pela diminuição da carga orgânica do efluente. É um tratamento que gera pouco resíduo (GONÇALVES, 2001). Apesar de ter um bom custo-benefício o tratamento anaeróbico é bastante sensível e as bactérias utilizadas não suportam muita variação da carga orgânica, temperatura e vazão quando comparado ao aeróbico (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

O tratamento com bactérias aeróbicas é mais utilizado por ser mais completo e custo inicial menor porque não reduz apenas a carga orgânica, mas também nitrogênio, fósforo e outros compostos. Nele, as bactérias aeróbicas permitem que os poluentes se adsorvam em sua superfície e formem aglomerados microbianos em forma de flocos e filamentos, proporcionando a degradação dos poluentes. Para que o mecanismo ocorra em conformidade é necessário um sistema de aeração e reciclo eficiente para que o lodo gerado permaneça no sistema e seja renovado (SANT'ANNA JUNIOR,2013).

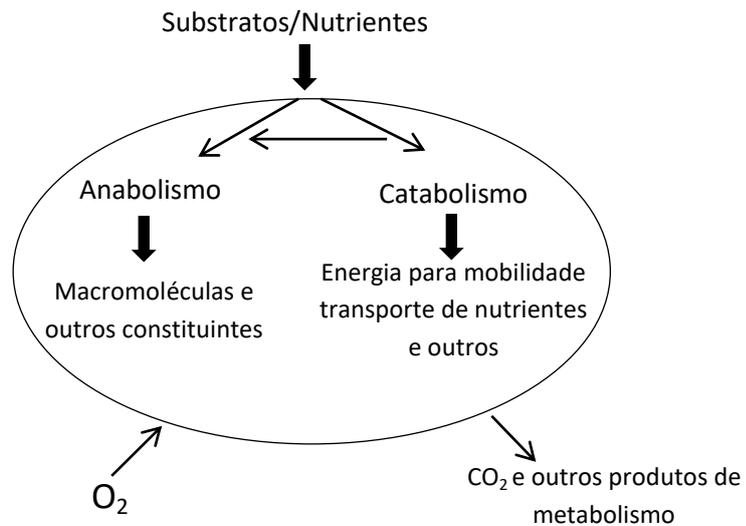


Figura 4- Biodegradação dos poluentes orgânicos por meio aeróbio.

Fonte: Elaborado pela autora baseado no livro de SANT'ANNA JUNIOR, 2013

Além do método biológico há, dentro do tratamento secundário, o decantador secundário que é responsável pela separação do efluente clarificado e da massa de lodo microbiano que é gerado do processo e que é rico em matéria orgânica, conforme mostra o esquema abaixo. (DE OLIVEIRA, 2020).

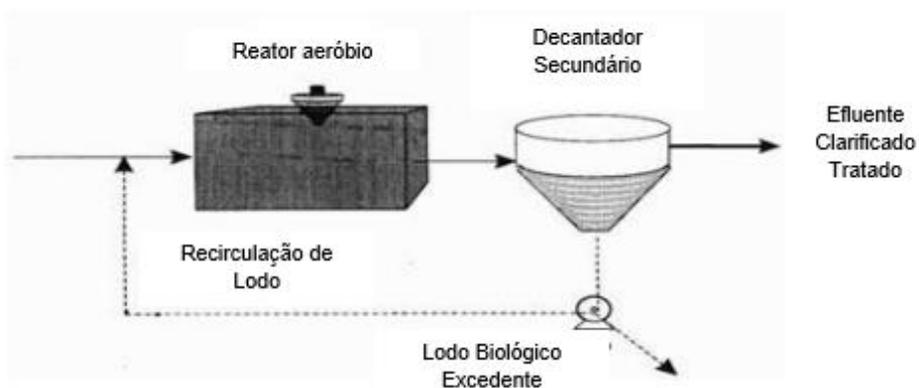


Figura 5– Esquema do tratamento secundário aeróbico com lodo ativado

Fonte: VON SPELING, 2007.

3.5.4 Tratamento do Lodo

O lodo é o resíduo gerado no processo, ele pode ser o lodo químico, oriundo da floculação para remoção de metais, ou o lodo biológico, originado do tratamento com lodo biológico. Essa etapa tem como objetivo a desidratação do lodo, por meio de uma operação unitária presente no equipamento, como por exemplo, a prensa hidráulica e a centrífuga, normalmente mais utilizada devido à porcentagem de sólido no lodo. O processo é bastante simples, o lodo gerado é encaminhado para um tanque de adensamento e homogeneização; após essa etapa ele é enviado à centrífuga, que na sua entrada recebe o lodo e um tipo de polímero catiônico, responsável por aumentar o peso do lodo, conseguindo, assim, separar as fases líquida e sólida. A parte líquida é chamada de clarificado e a parte sólida de lodo desaguado, que é rico em matéria orgânica, podendo ser utilizado, por exemplo, na compostagem (BRASIL, 2006).

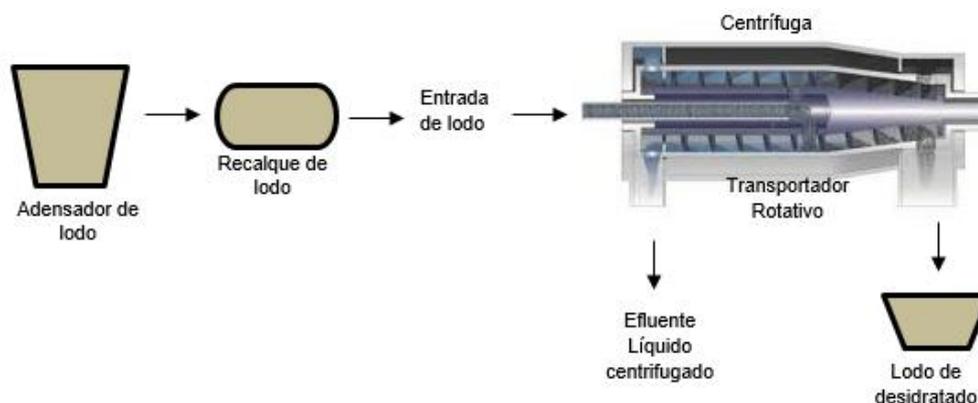


Figura 6- Esquema do tratamento de desidratação do lodo

Fonte: Elaborada pela autora baseado da dissertação de Eliana Ferranti, 2005.

3.5.5 Tratamento Terciário

É uma etapa de polimento final do efluente tratado, onde por meio de dosagem de produtos químicos acontece a remoção da cor, fósforo e de alguns metais, como ferro e alumínio. O processo que ocorre com a dosagem dos químicos é a floculação e coagulação, onde a adição de um coagulante, como o sulfato de alumínio, forma uma suspensão coloidal com cargas positivas que são atraídas por cargas negativas oriundas do polímero aniônico adicionado ao meio e, também,

pelas impurezas da água, assim, ocorrerá a junção dos coloides que formarão flocos que dependendo do tanque podem flotar ou decantar, fazendo com que a separação do lodo e do efluente tratado aconteça (FOGAÇA, 2020).

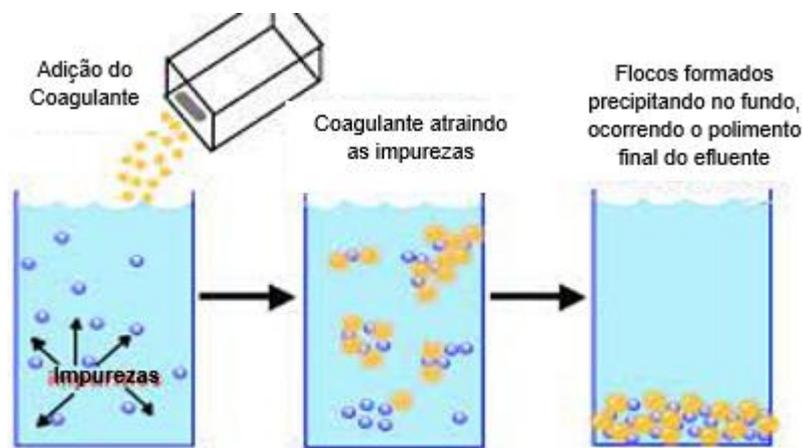


Figura 7 – Processo de coagulação e floculação do sistema terciário

Fonte: KNAPIK, 2016.

3.5.6 Tratamento de desinfecção

É a etapa de remoção final de micro-organismos que podem ser tóxicos e que de acordo como a Resolução do CONAMA Nº 430, 13 de maio de 2011 Art. 18 “O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.” (BRASIL, 2011). Então, na desinfecção é realizada uma pequena dosagem de algum agente oxidante, normalmente hipoclorito de sódio ou de cálcio, que atuam na inativação de patógenos por meio de modificações na sua estrutura, que varia de acordo com o tempo de contato do agente químico com o efluente (PROSAD, 2003).

3.6 Tecnologia dos reatores IC

Como foi mostrado o tratamento de efluentes possui várias etapas de tratamento e dentre elas o tratamento biológico com lodo anaeróbico. Para esse processo foram desenvolvidos reatores capazes de tratar o efluente, chamado de

reatores anaeróbios. Esses reatores possuem uma tecnologia nova e sustentável, pois, uma das principais características é a geração de biogás que pode ser usado como combustível, além da baixa geração de lodo. Há diversos tipos de reatores com diferentes fluxos, mas, um dos mais novos e ainda pouco usados é o de *Internal Circulation* (IC), (SERENO FILHO, 2013).

O reator do tipo IC consiste em um tanque circular, relativamente alto, que possui duas zonas distintas para conversão biológica do efluente. A zona inferior de tratamento contém lodo granuloso em forma expandida ou fluidizada e a zona de mistura completa caracterizada pelas altas velocidades do líquido em fluxo ascendente. Essas velocidades são produzidas pela ação de efluente alimentado mais a vazão do reciclo interno. A vazão de reciclo é gerada pelo biogás coletado no topo do primeiro separador, que fica instalado na parte central do reator do sistema *gas-lift*, responsável por arrastar a mistura de efluente/lodo granuloso para o topo do reator, onde está instalado o tanque de separação de fases, como mostra a Figura 8 abaixo (PENGYI, 2011).



Figura 8 – Reator IC anaeróbico internamente

Fonte: Elaborado pela autora com base no estudo de viabilidade de Pengyi Cui, 2011.

Os responsáveis pela geração de biogás e da redução da carga orgânica do efluente, são os microrganismos que realizam a digestão anaeróbia, convertendo matéria orgânica em metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia, além de novas células bacterianas. As bactérias responsáveis por esse processo são classificadas em três grupos: o primeiro as bactérias fermentativas que através da

hidrólise transverte os polímeros em monômeros, e estes em acetato, hidrogênio, dióxido de carbono, ácido orgânico de cadeia curta, aminoácidos e outros produtos como glicose. O segundo grupo é das bactérias acetogênicas que converte os produtos gerados pelas bactérias fermentativas em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono, que são substratos cruciais para o terceiro grupo que são as bactérias metanogênicas. E estas possuem dois grupos, o que através de redução do dióxido de carbono produz metano e o outro que transforma acetato em metano e dióxido de carbono (IANNICELLI, 2008).

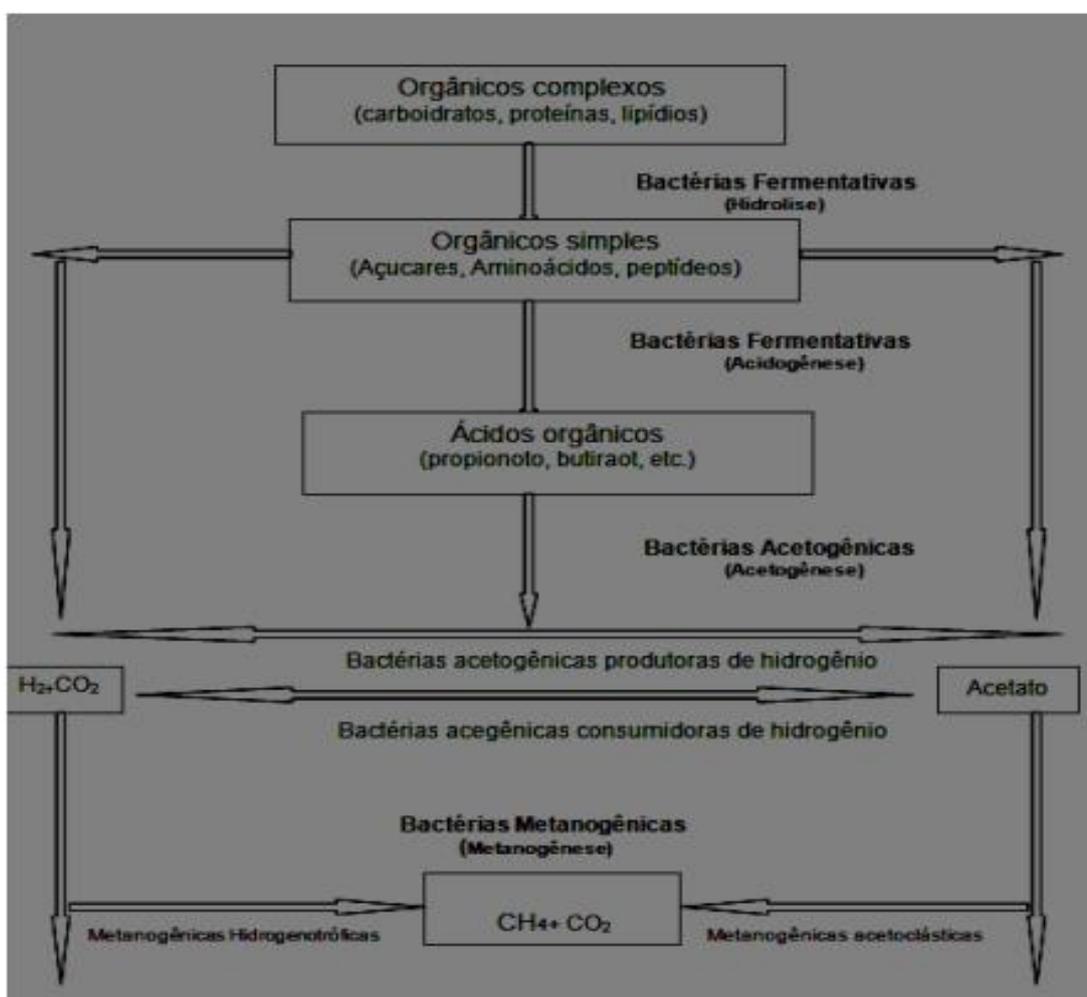


Figura 9 – Sequência metabólica e grupos microbianos envolvidos na digestão

Fonte: SILVA, 2018

Para exemplificar a eficiência destes reatores no tratamento de efluentes industriais serão apresentados três estudos sobre aplicação de reatores IC. Nos três

trabalhos sobre reator IC pode se observar que cada um possui particularidades, mas também semelhanças referentes ao uso do IC. Os dois primeiros a serem apresentados tratam de estudo de casos em estações de tratamentos existentes e que aplica o Reator de Circulação Interna, enquanto o último é um teste de viabilidade do uso do IC para um tipo característico de efluente do qual o mesmo não é comumente utilizado.

O primeiro artigo estudado foi desenvolvido numa Indústria de Bebidas que por ano produz 2,8 milhões de hectolitros de cervejas e 1,0 milhões de hectolitros de refrigerantes, e que possui um tratamento de efluentes com Reator Anaeróbio de Circulação Interna com 70% de eficiência de remoção DQO. O modelo do reator é o AISI-304, com 21,6 m de altura, 4 m de diâmetro, em formato cilíndrico e volume total de 417 m³, TDH mínimo = 2,56h, vazão máxima = 150-200 m³/h, acoplado à gasômetro de 5 m³, flare 150m³/h e tanque de lodo de 148 m³, de acordo com dados de projeto tecnologia DEDINI. O estudo de caso percorre por três meses na estação de tratamento de efluente que possui um sistema de automação que são com medidores de pH e vazão de campo, acionamento de bombas no automático dando uma estabilidade no processo, além do controle operacional que coleta e analisa durante 3 turnos de trabalho. Contudo, os parâmetros avaliados do reator durante o estudo foram à eficiência de remoção de DQO e da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e vazão de alimentação do reator, onde a média de resultados obtidos foi bastante satisfatória conforme mostrado na tabela abaixo. (SERENO FILHO, 2013).

Parâmetros	Resultados
Vazão média (m³/h)	118,63
Remoção DQO IC (%)	82,63
Remoção DBO IC (%)	80,63

Tabela 1: Média de dados obtidos no estudo de caso 1 durante de três meses.

Fonte: Elaborada pela autora com dados de Sereno filho.

O segundo trabalho estudado é um trabalho de conclusão de curso onde o conceito usado é o mesmo do trabalho anterior de modo que o tipo de indústria também produz refrigerante e cerveja e é realizado um estudo de caso de três meses. Porém, quando comparado com o primeiro este tornou-se mais completo por causa da avaliação de parâmetros que são importantíssimos para esse tipo de reator, são eles pH, Atividade Metanogênica (AME) e Biodegradabilidade (BIO), além da eficiência de remoção de DQO e DBO (SILVA, 2018). A AME e BIO são análises bastante relevantes para controle operacional, pois é determinada como a capacidade máxima de produção de metano por um conjunto de microrganismos anaeróbios, realizada em condições controladas de laboratório, para viabilizar a atividade bioquímica máxima de conversão de substratos orgânicos a biogás. Deste modo, essas análises simulam um reator na bancada de laboratório. A diferença é a AME utiliza substratos ideais para se juntar a massa microbiana, já a BIO utiliza o próprio efluente de entrada no reator IC (AQUINO, 2007).

Então, durante os noventa dias de estudos o reator IC foi operado e as análises realizadas. As de pH, DQO e DBO foram feitas diariamente, já as AME E BIO que duram uma semana para ter resultado foram feitas uma vez ao mês. Os resultados obtidos foram satisfatórios, e quando comparado com o trabalho anterior em relação em eficiência de remoção de DQO e DBO foi semelhante os resultados, pois foram $85,9 \pm 4,3$ % para DQO e $85,9 \pm 5,1$ % (SILVA, 2018).

Abaixo a tabela mostra os resultados e os parâmetros aceitáveis, visto que nas análises realizadas diariamente obteve-se uma média de variação nos meses.

Análises	Faixa	Mês 1	Mês 2	Mês 3
pH	6,5 - 7,5	6,5 -7,5	6,3-7,5	6,5-7,5
DQO (mg/L)	< 1500	450	411	442
DBO (mg/L)	< 750	317	348	343
AME (kg DQO/ kg ST. d)	> 0,30	0,49	0,46	0,52

Tabela 2: Parâmetros e resultados obtidos no estudo de caso 2.

Fonte: Elaborada pela autora com dados de Francisco da Silva, 2018.

E, apesar de serem estudos em estações de tratamento diferentes, a base do trabalho é a mesma e os resultados obtidos foram semelhantes.

O terceiro é um teste piloto realizado com equipamento experimental de escala média, no caso o reator IC de 3 metros de diâmetro, 14,5 metros de altura e volume efetivo de 100 m³ utilizando efluentes oriundos de uma indústria de produção de celulose, em Weifang província de Shandong. E este trabalho foi dividido em duas fases, a primeira tinha como objetivo manter uma estabilidade no processo por meio da vazão e CO (Carga Orgânica) de entrada no reator, então ao longo de dias eram feitas análises de DQO do efluente de entrada que é a água residual do processo de produção de celulose, obtendo-se um média de DQO total de 5800 mg/L e era também controlada a vazão de entrada do reator de modo que se manteve uma carga constante de 20KgDQO/m³.d, possibilitando a mudança para a segunda fase, onde mantinha o controle da DQO e CO, porém passou-se a acompanhar o pH para mantê-lo na faixa ideal de 7,2 a 7,8. Após, a estabilidade do pH foi analisada a eficiência de remoção de DQO que se teve como resultado 68% de remoção, além das análises que são comumente usadas no controle operacional do Reator IC são elas alcalinidade total, acidez volátil e os sólidos sedimentáveis (SS) (PENGYI, 2011).

O reator IC é conhecido pela sua alta eficiência de remoção de carga orgânica que é presente na maioria dos efluentes de entrada e como pode ser visto a remoção de DQO foi abaixo quando comparado com os resultados dos dois primeiros estudos. Isso ocorre, devido à diferença dos efluentes gerados, numa indústria de bebidas a maior contribuição é de CO já na de celulose, além de possuir uma carga alta de DQO, contém em sua composição fibras químicas, de viscosa, lignina, carboidratos de macromoléculas que são difíceis de biodegradar. E que por mais seja feita um tratamento preliminar ainda existe uma grande massa de microrganismos que o lodo anaeróbio não consegue degradar, e com isso influenciando no metabolismo dos microrganismos anaeróbio e depositando sólido inerte dentro do reator.

De modo que o reator IC pode ser citado como uma nova tecnologia no processo de tratamento de efluentes, que necessita ser estudado e aperfeiçoado, pois de acordo com o que se foi pesquisado o tipo ideal de efluente é gerado em

indústria de bebidas, para um caso mais específico de refrigerantes e cerveja tornando-o restritivo, apesar da sua boa eficiência.

4 CONCLUSÃO

O Tratamento de Efluente para se firmar como nos dias atuais passou por diversos processos históricos, sociais e econômicos, e como ciência química uma das últimas a exercer a sua finalidade através do estudo da química ambiental. E como foi visto, se desenvolveu junto com o crescimento industrial, que possui uma grande parcela de contribuição na geração efluentes que precisa ser tratado, pois é algo de fundamental importância para manutenção da vida humana e do meio ambiente, visto que trata resíduos nocivos ao meio que são gerados pelo próprio homem devido a seu desenvolvimento. Então, ao passar dos anos houve um aperfeiçoamento no tratamento de efluentes, seja através das normas que passaram a ser mais exigentes, como novas tecnologias que foram desenvolvidas, maioria com o intuito de viabilizar o processo, e isso é comprovado pelo número de patentes publicadas ao longo dos anos no Brasil e no mundo, além do desenvolvimento de reatores anaeróbios de alta eficiência e recirculação interna, podendo observar que o tratamento de efluente está sendo ampliado e realizado.

5 REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, 2015. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.898-Coleta-de-Amostras.pdf>> Acesso em: 06 fev. 2020.

ABNT. NBR ISO 14001 – Sistemas de gestão ambiental – Introdução a ABNT NBR ISO 14001:2015. Rio de Janeiro, 2015.

Agência do Senado. Senado notícias, 2019. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2019/09/25/brasil-tem-48-da-populacao-sem-coleta-de-esgoto-diz-instituto-trata-brasil>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

AESBE, Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. Portal do Saneamento Básico, 2016. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/estacao-de-tratamento-de-esgoto-mais-antiga-tambem-e-a-pioneira-em-inovacao/>> Acesso em: 07 Abr. 2020.

ALBORNOZ, Luidi Lauer. Estudo de caso: avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de efluentes de um campus universitário. 2015.

ALLEMAN, James E. et al. The history of wastewater treatment systems with fixed film. 2000.

AQUINO, Sérgio F. et al. Metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 2, p. 192-201, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 15 de Março de 2005 - In: Resoluções 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 375, de 26 de Agosto de 2006 - In: Resoluções 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

BARROS, Rodrigo. Conheça a história do saneamento básico e tratamento de água e esgoto. EOS consultores, 2017. Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/historia-saneamento-basico-e-tratamento-de-agua-e-esgoto/>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

BRASIL, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto, 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/coleta-de-agua-e-esgotos>>. Acesso em: 07 mai. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Consultoria Jurídica. Legislação Ambiental Básica / Ministério do Meio Ambiente. Consultoria Jurídica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, UNESCO, 2008. 350 p.: il.; 25,5 cm.

BUFF, Sonia Rosalie. Saneamento básico como tudo começou, 2010. Disponível em: <<http://www.eloambiental.org.br>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

BITTENCOURT, Claudia. Tratamento de água e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos / Claudia Bittencourt, Maria Aparecida Silva de Paula. – 1 ed. - São Paulo: Érica, 2014.

CAMATTI, Arthur et al. AS DIFERENTES FORMAS DE TRATAR UM EFLUENTE INDUSTRIAL. Revista Tecnológica, v. 3, n. 2, p. 72-85, 2015.

CERQUEIRA, Alexandre Andrade et al. Gestão das águas de produção: histórico, políticas ambientais e alternativa tecnológica. Revista Brasileira Multidisciplinar, v. 12, n. 2, p. 21-36, 2009

CARVALHO, Antonio R. P. Carvalho. SILVA, Diego de Oliveira e. Artigo técnico Kurita Handbook, 2020. São Paulo. Disponível em: <<http://kurita.com.br/index.php/artigos-tecnicos/tratamento-de-efluentes/>> Acesso em: 07 abr. 2020.

DE SOUSA, Ana Cristina Augusto. A evolução da política ambiental no Brasil do século XX. Achegas. net, v. 26, 2005.

DE OLIVEIRA, Diogo Botelho Correa et al. Avaliação da influência da precipitação pluviométrica na qualidade do tratamento de esgoto tipo filtro biológico e decantação secundária. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 06, p. 2728-2743, 2020.

DO ROSÁRIO COSTA, Nilson. Política pública, ambiente e qualidade de vida: revisitando o PLANASA. *Revista de Administração Pública*, v. 25, n. 2, p. 31-39, 1991.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "Coagulação e Flocculação"; *Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/coagulacao-floculacao.htm>>. Acesso em 03 abr. 2020.

FERREIRA, Pedro Cavalcanti; VELOSO, Fernando A. O desenvolvimento econômico brasileiro no pós-guerra. 2015.

FERRANTI, Eliana M. Desidratação de lodos de estação de tratamento de água. 2005.

FAEDO, Andreia Maria. Tecnologias convencionais e novas alternativas para o tratamento de efluentes domésticos. TCC. Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

GERBER, Wagner. Mercado de tratamento de efluentes industriais no Brasil. Disponível em: <<http://www.ecocell.com.br/PDF/Artigo01.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

GEORGES, MARCOS RICARDO ROSA; BENEDICTO, S. C. Certificação Ambiental: Panorama da Certificação ISO 14001 no mundo. ENGEMA–Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2014.

GUTIERRES, Henrique Elias Pessoa. As escalas geográficas da certificação ISO 14001: um panorama da gestão ambiental empresarial. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 27, 2013.

GOMES DA SILVA, Francisco Pereira. Sistema de tratamento de efluente industrial: Reator anaeróbio de circulação interna / Francisco Pereira Gomes da Silva - 2018. 52 p.: il. color

GONÇALVES, Ricardo Franci et al. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, v. 1, p. 171-278, 2001.

GIORDANO, Gandhi et al. Tratamento e controle de efluentes industriais. Revista ABES, v. 4, n. 76, p. 1-84, 2004.

HUZIR, Nurhamieza Md. Md Maniruzzaman A. Aziz, S.B. Ismail, Nik Azmi Nik Mahmood, N.A. Umor, Syed Anuar Faua'ad Syed Muhammad. Optimization of coagulation-flocculation process for the palm oil mill effluent treatment by using rice husk ash, Industrial Crops and Products, Volume 139, 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. Structure and governance, Geneva, 2020. Disponível em: < <https://www.iso.org/about-us.html> > Acesso em: 07 Mar. 2020.

INPI, Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Relatórios gerenciais. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/relatorios-gerenciais>. Acesso em: 15 mai. 2020.

IANNICELLI, André Luiz. Reaproveitamento energético do biogás de uma indústria cervejeira. 2008.

KAMALI, Mohammadreza, Seyedeh Azadeh Alavi-Borazjani, Zahra Khodaparast, Mohammadreza Khalaj, Akram Jahanshahi, Elisabete Costa, Isabel Capela. Additive and additive-free treatment technologies for pulp and paper mill effluents: Advances, challenges and opportunities. Water Resources and Industry. Volume 21,2019.

KNAPIK, Heloise Garcia. Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Paraná. Engenharia Ambiental. Aula 13 – Coagulação e Flocculação, 2016. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/14710872-Saneamento-ambiental-i-aula-13-coagulacao-e-floculacao.html>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. *Revista de Administração Pública*, 2011, 45.2: 331-348.

LIMA, Caroline Silva. DOCUMENTO INFORMATIVO. 2017.

LOFRANO, Giusy; BROWN, Jeanette. Wastewater management over time: a history of mankind. *Total Environmental Science*, v. 408, n. 22, p. 5254-5264, 2010.

MATTOS, Mirna Pereira. Diagnóstico ambiental para implantação da ISO14001: estudo de caso: Indústria de Embalagens de Papelão, Urussanga, SC. 2012.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Informações, 2019. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/15500-decreto-d%C3%A1-mais-agilidade-a-conama.html>>. Acesso em: 06 jan. 2020.

MAYERHOFF, Zea Duque Vieira Luna. Inovações estão em aperfeiçoar o tratamento de águas e efluentes. *Inovação Uniemp*, v. 3, n. 1, p. 22-22, 2007.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MURTHA, NEY ALBERT; CASTRO, José Esteban; HELLER, LÉO. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, v. 18, n. 3, p. 193-210, 2015.

MARCONDES, Josiane Gasparini Tratamento de água/ Josiane Gasparini Marcondes. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2012.

NETO, Maria de Lourdes Fernandes; FERREIRA, Aldo Pacheco. Perspectivas da sustentabilidade ambiental diante da contaminação química da água: desafios normativos. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, v. 2, n. 4, 2007.

OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Otávio José de; PINHEIRO, Camila Roberta Muniz Serra. Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas. *Gestão & Produção*, v. 17, n. 1, p. 51-61, 2010.

PASSOS, Elisângela de Andrade. Métodos instrumentais de análise / Elisângela de Andrade Passos. – São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2011.

PENGYI CUI, XUEFEI ZHOU, YALEI ZHANG, The Feasibility Study of Cotton Pulp Wastewater Treatment with IC Anaerobic Reactor, **Procedia Environmental Sciences**, Volume 11, Part B, 2011.

PERES, Waldir Rugero et al. As normas da série ISO 14000: contexto histórico e análise crítica. In: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói. 2010.

PROSAD. Desinfecção de efluentes sanitários / Ricardo Franci Gonçalves (coordenador). – Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003 438 p.: il..Disponível em:<<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/esgoto-desinfeccao-de-efluentes-sanitarios/>>. Acesso em: 04 abr. 2020.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

POMBO, Felipe Ramalho; MAGRINI, Alessandra. Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2008.

REIS, Vandelino Ribeiro dos. Artigo saiba mais sobre a ISO 1400. - Faculdade Oswaldo Cruz - São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/informativomat_610> Acesso em: 17 jan. 2020

Revista Brasileira de Gestão e Inovação – Brazilian Journal of Management & Innovation. Mapeamento dos registros de propriedade intelectual (patentes) na universidade federal do rio grande do sul, 2017. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/rbqi/article/download/5860/pdf>> Acesso em: mai. 2020.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. Juiz de Fora, MG, p. 13, 2010.

ROCHA J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. Introdução à Química Ambiental. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ROCHA J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. apud GROSS, André Luis. Estação de tratamento de efluentes (ETE). Blumenau, 2011. Disponível em: <http://www.bc.furb.br/docs/MO/2011/347633_1_1.pdf>. Acesso: 03 fev. 2020.

RIBEIRO, Glaucus Vinicius Biasetto. A origem histórica do conceito de Área de Preservação Permanente no Brasil. Revista Thema, v. 8, n. 1, 2011.

SPRENGER, C. et al. Inventory of managed aquifer recharge sites in Europe: historical development, current situation and perspectives. Hydrogeology Journal, v. 25, n. 6, p. 1909-1922, 2017.

SANT'ANNA JUNIOR, Geraldo Lippel. Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações/ Geraldo Lippel Sant'Anna junior, 2ª ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2013, 424 p.: il., 23cm.

SOUZA, Carla Núbia de. Tratamento Primário de Efluentes Brutos de Curtume Quimicamente Aprimorado por Sedimentação/ Carla Núbia de Souza – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campo Grande, 2007.

SERENO FILHO, José Amaro et al. TRATAMENTO de efluentes da indústria de bebidas em reator anaeróbio de circulação interna (IC). Revista Internacional de Ciências, v. 3, n. 1, p. 21-42, 2013.

SILVA, Antônio Pacheco e. História do saneamento básico. Livro AR- ITU, 2016. Disponível em: < <https://pt.calameo.com/read/004484262426ad436c836> >. Acesso em: 03 fev. 2020

SILVA, Paulo Ricardo Santos da. Avaliação de impactos e custos ambientais em processos industriais: uma abordagem metodológica. 2003.

SILVA, Francisco Pereira Gomes da et al. Sistema de tratamento de efluente industrial: reator anaeróbio de circulação interna. 2018.

SAIANI, Carlos César Santejo; TONETO JÚNIOR, Rudinei. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). Economia e Sociedade, v. 19, n. 1, p. 79-106, 2010.

SILVEIRA, Jéssica Garcia da. Ciência, política e natureza na construção do 'parlamento ambiental' brasileiro: o Conama e a institucionalização do meio ambiente no Brasil (1981-1992). 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, Gustavo Echenique. Sistemas de tratamento de efluentes industriais. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TEGA, Engenharia e Meio Ambiente. Teste de tratabilidade revela condições de tratamento de águas e efluentes, 2020. Disponível em:< <https://www.tegaengenharia.com.br/artigo/teste-de-tratabilidade-revela-condicoes-de-tratamento-de-aguas-e-efluentes> > Acesso em: 10 mar. 2020.

VON SPERLING, Marcos. **Lodo ativado e reatores de biofilme aeróbio**. Publicação IWA, 2007.

WIPO, World Intellectual Property Organization. Pesquisa avançada de patentes. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/pt/result.jsf?_vid=P22-KAMHPC-32702>. Acesso em: 15 mai. 2020.

