



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**TRATAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS GERADOS PELAS
INDÚSTRIAS DE SUCOS NO BRASIL**

Flávia de Oliveira Machado

Uberlândia – MG

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**TRATAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS GERADOS PELAS
INDÚSTRIAS DE SUCOS NO BRASIL**

Flávia de Oliveira Machado

Monografia de graduação apresentada à
Universidade Federal de Uberlândia como parte
dos requisitos necessários para a aprovação na
disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso
do curso de Engenharia Química.

Uberlândia – MG

2019

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
PROJETO DE GRADUAÇÃO DE FLÁVIA DE OLIVEIRA MACHADO APRESENTADA
À UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, EM 15/01/2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dra. Vicelma Luiz Cardoso
Orientadora – FEQUI/UFU

Mestranda: Jéssica Gatti Silva
FEQUI/UFU

Doutoranda: Camila Silveira Lamanes dos Santos
FEQUI/UFU

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela vida e por ter me dado força e coragem durante todo o meu caminho.

Agradeço aos meus pais Cristina e Ronaldo por todo amor, carinho, paciência e que apesar de todas as dificuldades, sempre acreditaram em mim e me encorajaram a seguir em frente, sem eles seria impossível completar esta jornada.

Ao meu namorado William, uma pessoa muito importante e especial na minha vida que me deu apoio em todos os momentos, foi paciente, me incentivou a correr atrás dos meus sonhos mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço a minha família pelo apoio, em especial a minha prima Michelle que comemorou muito a minha aprovação no vestibular e que agora comemora a minha formatura.

Aos meus amigos, em especial as minhas amigas Marina e Alice que estiveram comigo muito antes deste sonho se concretizar e vibraram muito com todas as minhas conquistas.

Agradeço aos meus colegas de sala e a minha amiga Marcela que me ajudou muito e tornou esta jornada mais leve.

Aos meus professores e em especial a minha orientadora Vicelma.

“A imaginação é mais importante que o conhecimento.
Conhecimento auxilia por fora, mas só o amor socorre
por dentro”.

Albert Einstein

RESUMO

As indústrias de suco no Brasil são responsáveis por consumirem uma parcela significativa de água em seus processos produtivos que está diretamente relacionado com a alta quantidade de despejos líquidos gerados. Estes efluentes quando lançados nos corpos receptores sem o devido tratamento geram grandes danos ambientais. Para garantir a integridade ambiental e a necessidade da adequação das atividades industriais respeitando a legislação de lançamento de efluentes, faz-se necessário o tratamento dos mesmos em uma Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETE) antes do descarte nas redes coletoras ou corpos d'água receptores. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo descrever os processos de tratamento de efluentes utilizados nas indústrias de sucos, detalhando as etapas físicas, químicas e biológicas e analisando os parâmetros exigidos pela lei. Também foi feito um estudo de caso para uma indústria de sucos situada no Estado de Minas Gerais, abordando as características de entrada e saída do efluente, o método de tratamento, o resultado das análises realizadas, tais como, pH, DQO (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Óleos e Graxas, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Surfactantes e Sulfeto Total. Por fim, analisou a eficiência do tratamento no estudo de caso realizado.

Palavras chave: Tratamento, Efluentes, Indústrias de Sucos.

ABSTRACT

The juice industries in Brazil are responsible for consuming a significant portion of water in their production processes that is directly related to the high amount of liquid waste generated. These effluents when thrown into receiving bodies without proper treatment generate great environmental damage. In order to guarantee the environmental integrity and the need to adapt the industrial activities respecting the effluent release legislation, it is necessary to treat them in an Industrial Effluent Treatment Station (ETE) before disposal in the collection networks or bodies of d ' water receptors. Therefore, the present work had as objective to describe the processes of treatment of effluents used in the juice industries, detailing the physical, chemical and biological stages and analyzing the parameters required by the law. A case study was also carried out for a juice industry located in the State of Minas Gerais, addressing the incoming and outgoing characteristics of the effluent, the treatment method, the results of the analyzes performed, such as pH, COD Oxygen), BOD (Oxygen Biochemical Demand), Oils and Greases, Sedimented Solids, Total Suspended Solids, Surfactants and Total Sulfide. Finally, it analyzed the efficiency of the treatment in the case study carried out.

Keywords: Treatment, Effluents, Juice Industries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de peneira estática.	19
Figura 2 - Exemplo de um desarenador.	20
Figura 3 - Tanque de equalização.	20
Figura 4 - Representação do ajuste e controle de pH em um tanque de neutralização.	21
Figura 5 - Exemplo de um decantador circular.	22
Figura 6 - Exemplo de um floculador mecânico.	23
Figura 7 - Flotador por ar dissolvido.	23
Figura 8 - Representação esquemática simplificada de um sistema de tratamento de efluentes do tipo lodo ativados.	25
Figura 9 - Esquema operacional de lodo ativado por regime intermitente.	26
Figura 10 - Fluxograma do sistema de lodos ativados por aeração prolongada.	27
Figura 11 - Arranjo de um reator UASB.	28
Figura 12 - Imagem do processo que ocorre em uma lagoa facultativa.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual de resíduo gerado no processo de produção de alguns sucos.....	14
Tabela 2 - Padrões de lançamentos dos principais parâmetros.	17
Tabela 3 - Objetivos de cada nível de tratamento de efluentes.	18
Tabela 4 - Vazões de Efluentes da Estação de Tratamento	32
Tabela 5 - Características do efluente bruto, do efluente tratado e os limites de lançamento estabelecidos pela legislação	32

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	12
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 – A indústria de sucos no Brasil	13
2.2 – Efluentes das indústrias de sucos	14
2.3 – Caracterização do efluente	15
2.4 – Legislação nacional quanto ao tratamento de efluentes	16
2.5 – Principais tratamentos de efluentes	17
2.5.1 – Tratamento preliminar	18
2.5.1.1 – Peneiramento	18
2.5.1.2 – Desaneração	19
2.5.1.3 – Equalização	20
2.5.1.4 – Neutralização	21
2.5.2 – Tratamento primário	21
2.5.2.1 – Sedimentação ou decantação	22
2.5.2.2 – Flocculação ou coagulação	22
2.5.2.3 – Flotação	23
2.5.3 – Tratamento secundário	24
2.5.3.1 – Lodos ativados	24
2.5.3.1.1 – Sistema convencional de lodos ativados (contínuo)	24
2.5.3.1.2 – Sistema de regime intermitente ou batelada	25
2.5.3.1.3 – Sistema com aeração prolongada (fluxo contínuo)	26
2.5.3.2 – Reator UASB (<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>)	27
2.5.3.3 – Lagoas de estabilização	28
2.5.3.3.1 – Lagoas facultativas	28
2.5.3.3.2 – Lagoas anaeróbias	29
2.5.3.3.3 – Lagoas aeróbias	30
3 - ESTUDO DE CASO	31
3.1 – Origem dos efluentes líquidos	31
3.2 – Caracterização dos volumes e cargas dos efluentes líquidos	31
3.3 – Características físico-químicas do efluente bruto e do efluente tratado	32
3.4 – Sistema de tratamento	33

3.5 – Descrição detalhada do sistema	33
3.6 – Plano de controle do sistema	35
3.6.1 – Livro diário	36
3.6.2 – Acompanhamento das vazões.....	36
3.6.3 – Acompanhamento analítico.....	36
4 – CONCLUSÃO	37
5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 – INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o aumento das atividades industriais no Brasil tem sido motivo de constantes discussões, uma vez que, a produção sustentável é indispensável para qualidade de vida das pessoas e preservação do meio ambiente.

No setor de bebidas a água é a principal matéria prima utilizada nos processos produtivos, conseqüentemente o alto consumo deste recurso gera elevadas quantidades de efluentes, que necessitam ser tratados antes de serem lançados nos corpos receptores. A Resolução CONAMA nº 357/2005, discute sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais e estabelece as condições e padrões que devem ser atendidos para o lançamento de efluentes.

Os efluentes gerados na indústria de bebidas possuem uma alta complexidade, pois, são ricos em açúcares, o pH varia constantemente e apresentam uma elevada carga orgânica (DQO, DBO e sólidos totais). Por isso, para atender a legislação vigente, várias etapas de tratamentos são utilizadas, que são classificadas em três níveis, e são elas: preliminar, primário e secundário (VON SPERLING, 2007).

A etapa preliminar constitui-se de processos físicos cuja finalidade é a remoção de sólidos grosseiros, a fim de facilitar os processos posteriores e evitar danos aos equipamentos de bombeamento e tubulações (VON SPERLING, 2007).

O tratamento primário é composto por processos físico-químicos onde ocorre a neutralização do efluente em um tanque de equalização e posteriormente os sólidos em suspensão sedimentáveis e os sólidos flutuantes são removidos em um tanque decantador primário (METCALF; EDDY, 2003).

O processo secundário é destinado à degradação biológica nos chamados reatores biológicos, no qual os microrganismos presentes decompõem a matéria orgânica dissolvida e a matéria orgânica em suspensão. Os principais tratamentos biológicos utilizados nas indústrias de sucos são: Lagoas de Estabilização e Lodos Ativados (METCALF; EDDY, 2003).

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – A indústria de sucos no Brasil

O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de países produtores de frutas, devido à sua vasta extensão territorial, condições adequadas do clima e do solo, anualmente são geradas 40 milhões de toneladas de frutas, em que, 47% deste valor destina-se ao setor industrial. Diante deste cenário, o país apresentou um constante crescimento na área de produção de sucos nos últimos anos (GAZETA, 2015).

Os principais produtores de frutas no país são: São Paulo (39% da produção total), Bahia (12%), Rio Grande do Sul (6%), Minas Gerais (6%) e Pará (3,7%). A Bahia produz mais de três milhões de frutas, numa área de 263 mil hectares (SEBRAE, 2013).

As frutas processadas fazem parte da rotina das pessoas, no Brasil estima-se um volume de 6 bilhões de litros de sucos produzidos anualmente. Dentre as diversas categorias deste segmento, o destaque é a de sucos prontos para beber que em 2002 teve um consumo anual de aproximadamente 170 milhões de litros, o que representa um consumo *per capita* nacional de 1 a 1,5 litros por ano (LOPEZ, 2004).

De acordo com a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), em conformidade com o artigo nº 64, do Decreto-lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, o Suco de Fruta é a bebida não fermentada que é destinada ao consumo, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado e submetido a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo.

O processo de produção de sucos depende do tipo de fruta e envolve várias etapas complexas, que são: colheita, transporte, recepção e pesagem, seleção, lavagem, desintegração, extração, formulação e homogeneização, desaeração, pasteurização, enchimento e fechamento e resfriamento (ACHINEWHU, 1994).

2.2 – Efluentes das indústrias de sucos

As indústrias de sucos são as que mais geram efluentes, visto que, o processo de produção requer uma grande quantidade de água em suas etapas de lavagens das frutas, pisos e equipamentos, extração, concentração nos evaporadores, purga das caldeiras e das torres de resfriamento, lavador de gases, armazenamento de bagaços, dentre outros (YAMANAKA, 2005).

Tabela 1 - Percentual de resíduo gerado no processo de produção de alguns sucos.

Suco Produzido	Percentual de Resíduo Gerado	Fonte
Manga	69,4%	Teles et al., 2005
Maracujá	65 a 70%	Rogério, 2005
Acerola	27 a 41%	Ferreira et al., 2004
Caju	40%	Ferreira et al., 2004
Abacaxi	30 a 40%	Ferreira et al., 2004
Goiaba	40%	Ferreira et al., 2004

Fonte: ELABORAÇÃO DA AUTORA, 2018.

Os efluentes gerados são ricos em matéria orgânica, que pode ser medida pela DQO (demanda química de oxigênio) e pela DBO (demanda bioquímica de oxigênio) (FADINI; JARDIM; GUIMARÃES, 2004).

Além da matéria orgânica, estão presentes nos efluentes, substâncias inorgânicas, tais como, metais, nitratos, nitritos, sais de amônia e sulfetos. Os detergentes utilizados durante o processo possuem em sua composição química nitrogênio e fósforo que são essenciais para a sobrevivência, porém, se em excesso provocam um desequilíbrio ambiental (CETESB, 2014).

Os metais presentes nos efluentes, tais como: alumínio, cobre, estanho, níquel, mercúrio, chumbo, vanádio e zinco, são tóxicos e se forem lançados sem o devido tratamento podem causar sérios danos aos animais e plantas presentes naquele habitat (VON SPERLING, 1996; GIORDANO, 2004).

Desta forma, em função do elevado grau de complexidade dos efluentes gerados nestas indústrias, faz-se necessário um alto grau de tratabilidade e uma combinação de processos para que a remoção de poluentes seja eficiente e atenda a legislação vigente (RIC, 2013).

2.3 – Caracterização do efluente

Para determinar qual o tipo de tratamento mais adequado para cada tipo de resíduo, é fundamental que se faça a caracterização dos efluentes industriais, visto que, podem haver grandes variações até mesmo em indústrias do mesmo ramo devido às diversidades das matérias primas utilizadas no processo de produção (SULZER, 2016).

A caracterização consiste em determinar as principais características químicas, físicas, biológicas e/ou quantitativas da amostra (SULZER, 2016). Nas indústrias de sucos os principais parâmetros analisados são:

- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio): É definida como a quantidade de oxigênio requerido na degradação da matéria orgânica por processos biológicos. O seu conhecimento é importante para saber se o descarte direto ou após o tratamento não vai comprometer os níveis de oxigênio dissolvido nos corpos receptores (SULZER, 2016).
- DQO (Demanda Química de Oxigênio): É definida como a quantidade de oxigênio requerido na degradação da matéria orgânica por processos químicos. A análise dos valores de DQO é uma das maneiras para determinar o grau de poluição das águas e determina a quantidade total de componentes oxidáveis, tais como, carbono, hidrogênio, nitrogênio, enxofre e fósforo (SULZER, 2016).
- Sólidos Totais: Representa a concentração de sólidos presente em uma amostra podendo estar em suspensão ou decantados (SULZER, 2016).
- pH: Fundamental para determinar o tipo de tratamento e tem grande interferência nas águas residuais (SULZER, 2016).
- Temperatura: A temperatura pode afetar a etapa biológica alterando a concentração de oxigênio dissolvido e interferir na velocidade de degradação dos compostos orgânicos. Já na no tratamento físico-químico pode interferir na formação dos flocos das etapas de coagulação-floculação (SULZER, 2016).

2.4 – Legislação nacional quanto ao tratamento de efluentes

Para se enquadrar na legislação vigente é importante que a indústria entenda sobre as leis e decretos de padrões de lançamentos de efluentes, tanto para ter conhecimento sobre seus direitos e deveres, quanto para obter o licenciamento ambiental e evitar multas e penalizações (OPERSAN, 2013).

O licenciamento ambiental garante que a indústria atua sem gerar impactos ambientais. Para obter esta documentação deve-se garantir que o efluente passa corretamente pelos processos de tratamento (VGRESÍDUOS, 2018).

O cumprimento das leis ambientais é essencial para a reputação de uma empresa, ser enquadrado por descumprimento das mesmas, pode prejudicar seriamente o meio ambiente e a credibilidade da indústria pode ficar comprometida diante da opinião pública e de sua clientela. Periodicamente as indústrias são fiscalizadas por órgãos ambientais para garantir que a lei esteja sendo cumprida (VGRESÍDUOS, 2018).

No âmbito Federal, a legislação brasileira que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes é a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 430, de maio de 2011, em seu artigo 3º diz que: “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 dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”.

Ainda no artigo 16º da mesma resolução são traçadas as diretrizes legais para disposição final dos efluentes em corpos hídricos.

No Estado de Minas Gerais há ainda a Deliberação Conjunta entre a COPAM (Conselho de Política Ambiental) e a CERH-MG (Conselho Estadual de Recursos Hídricos) nº 01 de 2008, a qual define alguns padrões de lançamento que se mostram mais restritivos que a Legislação Federal vigente (COPAN; CERH-MG).

Análises periódicas do efluente lançado no corpo hídrico receptor são realizadas em laboratórios devidamente capacitados e posteriormente os resultados são encaminhados ao órgão responsável. Conforme a Resolução nº 430/2011 do CONAMA, 2011 é necessário que a empresa tenha um responsável técnico habilitado (CONAMA, 2011).

Os principais parâmetros e seus padrões de lançamento seguidos no Estado de Minas Gerais se encontram na Tabela 2. Para os parâmetros não abrangidos na Deliberação Conjunta, adota-se as diretrizes da Resolução CONAMA nº 430/2011.

Tabela 2 - Padrões de lançamentos dos principais parâmetros.

Parâmetro	COPAM/CERH-MG nº 1/2008
DBO	< 60 mg/L
DQO	< 180 mg/L
pH	6 a 9
Sólidos suspensos totais	< 100 mg/L
Sólidos sedimentáveis	< 1 mg/L
Óleos vegetais e gorduras animais	< 50 mg/L
Temperatura	< 40 °C
Agentes tensoativos	< 2 mg/L
Óleos e Graxas	< 20 mg/L

Fonte: COPAM/CERH-MG, 2008.

2.5 – Principais tratamentos de efluentes

O método de tratamento de efluente a ser escolhido pela empresa vai depender da legislação regional, clima, custos de investimentos e operacionais, tipo de processo industrial, localização da empresa e se este efluente vai ser reutilizado ou devolvido para natureza (GIORDANO, 1999).

Na maioria das indústrias de sucos, a vazão de efluentes é tratada inicialmente com um peneiramento fino para a remoção de sementes, bagaços e possível polpa existente. O pH das águas residuárias varia entre 4 e 5 e este deve ser corrigido utilizando soluções alcalinas através da etapa de neutralização. O tratamento biológico utilizado, em geral, consiste em sistemas de lodos ativados e lagoas de estabilização (VON SPERLING, 1997).

O mecanismo de separação do material poluente está relacionado com a característica do efluente e podem ser classificadas em etapas (SANÁGUA, 2014):

- **Física:** São processos nos quais as mudanças são causadas por meio ou através da aplicação de forças físicas. Os processos físicos mais utilizados no tratamento de efluentes são: gradeamento, sedimentação, flotação e equalização (METCALF; EDDY, 2003).
- **Química:** Processos utilizados para o tratamento de efluentes nos quais as alterações são efetuadas por alterações químicas. Os processos químicos mais utilizados são: coagulação, precipitação e neutralização (METCALF; EDDY, 2003).

- Biológica: Processo no qual a matéria orgânica presente nos efluentes industriais é degradada e digerida por microrganismos (SUPERBAC, 2015).

Os tratamentos também podem ser classificados em três etapas de acordo com seu objetivo de remoção e são elas: preliminar, primário e secundário como descrito na Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Objetivos de cada nível de tratamento de efluentes.

Nível de Tratamento	Objetivos de Remoção
Preliminar	Sólidos grosseiros
Primário	Sólidos em suspensão e matéria orgânica em suspensão
Secundário	Matéria orgânica fina em suspensão, sólidos sedimentáveis e nutrientes

Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 1996.

2.5.1 – Tratamento preliminar

O tratamento preliminar é constituído por processos físicos com o objetivo de remover os materiais em suspensão, tais como, pedaços de frutas, areia e sólidos grosseiros. Esta etapa é de extrema importância e faz-se necessária antes de qualquer outro tipo de tratamento para evitar danos aos equipamentos e para não comprometer a eficiência do tratamento biológico (ICLEI, 2017).

Os tratamentos preliminares mais utilizados nas indústrias de sucos são: peneiramento, desaneração, equalização e neutralização.

2.5.1.1 – Peneiramento

A utilização de peneiras é imprescindível no tratamento de efluentes das indústrias de sucos. Estes dispositivos atuam como filtros, em que o efluente passa por uma tela metálica que permite apenas a passagem de líquidos ou sólidos muito finos, nesta etapa ficam retidos os sólidos tais como pedaços de frutas, galhos e folhas (LINS, 2010).

As peneiras utilizadas podem ser estáticas ou rotativas. Na figura 1 tem-se um exemplo de peneira estática.



Figura 1 - Exemplo de peneira estática.

Fonte: DOSAQ, 2018.

Para que o processo funcione sempre de forma eficiente, os sólidos que ficam retidos na peneira devem ser retirados constantemente de forma manual ou mecanizada.

2.5.1.2 – Desaneração

É a etapa em que ocorre a decantação das partículas que não foram removidas na peneira. O sólido particulado que possui densidade maior do que a da matéria orgânica e dos líquidos se deposita no fundo. É muito importante a remoção destas partículas sólidas para a proteção de bombas, válvulas de retenção, registros e canalizações, evitando entupimentos e abrasões (NUNES, 2015).

Para que o sistema funcione de forma eficiente é importante que o efluente passe pelo sistema com velocidade nem tão baixa que facilite a deposição de matéria orgânica, nem elevada a ponto que arraste partículas maiores de sólido (NUNES, 2015).

Na figura 2 tem-se um exemplo de um processo de desaneração.

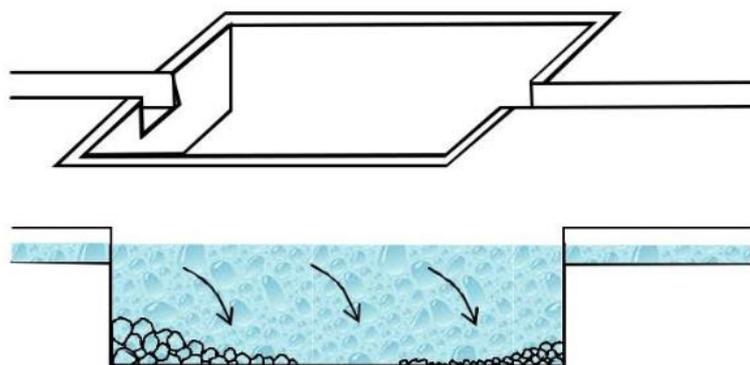


Figura 2 - Exemplo de um desarenador.

Fonte: AGRICULTURES, 2017.

2.5.1.3 – Equalização

O principal objetivo da etapa de equalização é garantir a homogeneização do meio líquido, os tanques de equalização recebem o efluente após passarem pelos sistemas de gradeamento e desarenação, esta etapa tem como consequência: evitar altas na concentração de poluentes e oscilações de pH, garantir alimentação contínua e maior distribuição dos poluentes (NUNES, 2015).

A figura 3 representa um tanque de equalização em funcionamento:



Figura 3 - Tanque de equalização.

Fonte: HIDROSUL, 2018.

2.5.1.4 – Neutralização

A etapa de neutralização é de extrema importância, pois nela ocorre o ajuste do pH para a faixa correta garantindo o bom funcionamento do processo biológico e o atendimento à legislação vigente (PINTO, 2009).

A neutralização do efluente das indústrias de sucos ocorre com a adição de produtos químicos, tais como, cal, bases, como NaOH ou Na₂CO₃. A escolha do melhor agente que irá ser utilizado deve ser baseada na análise de variáveis operacionais e econômicas (PINTO, 2009).

O produto químico pode ser dosado diretamente no tanque por bombas dosadoras automáticas que detectam e ajustam a dosagem correta de acordo com a variação do pH (PINTO, 2009).

Um exemplo de neutralização no tratamento de efluentes está representado na figura 4.

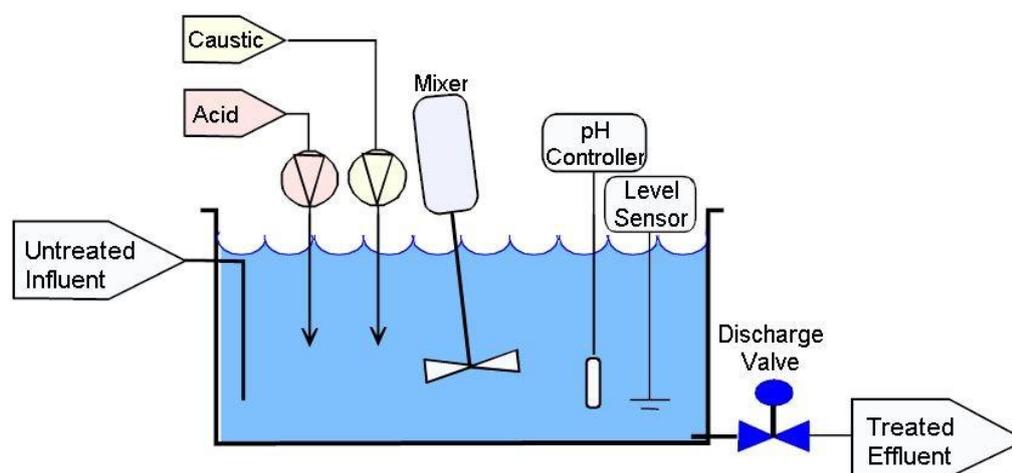


Figura 4 - Representação do ajuste e controle de pH em um tanque de neutralização.

Fonte: ELETROANALÍTICA, 2016.

2.5.2 – Tratamento primário

O tratamento primário remove sólidos inorgânicos e matéria orgânica em suspensão e utiliza-se de mecanismos físicos para a remoção de DBO sedimentável e sólidos em suspensão sedimentáveis. Na indústria de sucos, este nível de tratamento segue os seguintes processos: sedimentação ou decantação, floculação ou coagulação e flotação (NUNES, 2015).

2.5.2.1 – Sedimentação ou decantação

A sedimentação, também chamada de decantação, é um método físico de tratamento baseado na diferença de densidade entre o efluente e os sólidos em suspensão. Seu princípio de funcionamento consiste na deposição e posterior remoção dos sólidos suspensos e ocorre normalmente em tanques nominados por sedimentadores ou clarificadores (GRUNDFOS, 2012).

Os tanques são normalmente retangulares ou circulares. O material sedimentado é removido continuamente e recebe o nome de lodo primário (NUNES, 2015). A figura 5 mostra um exemplo de um decantador circular.



Figura 5 - Exemplo de um decantador circular.

Fonte: HIDROSUL, 2018.

2.5.2.2 – Floculação ou coagulação

Na etapa de floculação ocorre a adição de coagulantes que provocam a neutralização e aglutinação de partículas a serem removidas. Os coagulantes mais utilizados são os sais de ferro e de alumínio que permitem a formação de flocos através de reações químicas que ocasionam na precipitação do hidróxido metálico com as impurezas (PINTO, 2009).

A figura 6 apresenta uma representação de um processo de floculação com sulfato de alumínio e hidróxido de cálcio.

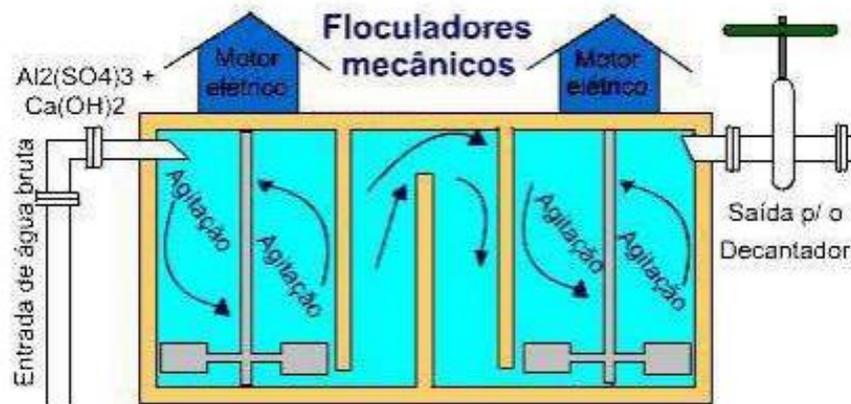


Figura 6 - Exemplo de um floculador mecânico.

Fonte: AQUASTORE, 2015.

2.5.2.3 – Flotação

A flotação é um processo utilizado para separar as partículas que estão presentes no efluente. Existem diferentes modelos de flotadores, sendo a tecnologia mais utilizada a flotação por ar dissolvido. Neste tratamento a separação ocorre quando microbolhas de ar são introduzidas na fase líquida, provocando a ascensão das partículas para a superfície que são coletadas e removidas por escumadeiras (NATURALTEC, 2018).

Na Figura 7 tem-se um tanque de flotação por ar dissolvido em uma estação de tratamento de efluentes da SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.



Figura 7 - Flotador por ar dissolvido.

Fonte: RUBIM, 2013.

2.5.3 – Tratamento secundário

O tratamento secundário consiste na remoção da matéria orgânica através da atividade biológica dos microrganismos presentes no efluente. O seu princípio é a transformação da matéria orgânica, sob a forma de sólidos dissolvidos e em suspensão, em gases, água e material biológico sedimentável (PINTO, 2009).

O tratamento secundário pode ocorrer de forma aeróbica ou anaeróbica. As etapas mais comuns no tratamento de efluentes das indústrias de sucos são: lodos ativados, lagoas de estabilização e reatores UASB.

2.5.3.1 – Lodos ativados

O sistema de tratamento de efluentes por lodo ativado é um método utilizado a nível mundial em situações em que é necessária uma elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de áreas. É um processo biológico que consiste na oxidação da matéria orgânica, por microrganismos, em dióxido de carbono e água (CERVANTES et al., 2006).

As bactérias são os microrganismos mais utilizados nos sistemas de lodos ativados. Rotíferos e protozoários são importantes para a remoção da fração de bactérias dispersa (CERVANTES et al, 2006).

O funcionamento dos sistemas de lodo ativado é altamente mecanizado e necessita de grandes quantidades de energia elétrica, acarretando em elevados custos de implementação e manutenção. No entanto, este sistema possui uma elevada eficiência de remoção de matéria orgânica presentes em efluentes sanitários e industriais (VON SPERLING, 1997).

De acordo com SILVA (2007), existem algumas variantes do processo de lodos ativados e podem ser classificados em:

- Idade do lodo (tempo de permanência da biomassa): convencional ou aeração prolongada;
- Fluxo: contínuo ou intermitente (sequência de reatores batelada).

2.5.3.1.1 – Sistema convencional de lodos ativados (contínuo)

O tratamento convencional de lodo ativado apresenta fluxo contínuo, ou seja, à medida que o efluente entra no sistema, o tratamento está sendo realizado (COMUSA, 2008).

Os principais componentes de um sistema de tratamento de lodos ativados são: tanque de reação ou reator biológico (local onde ocorre a degradação da matéria orgânica), sistema de aeração, tanque de decantação e sistema de recirculação de lodo. O sistema de lodos ativados convencional possui um decantador primário e um secundário (IZQUIERDO, 2006). O decantador primário retira a matéria orgânica sedimentável antes do tanque de aeração, gerando economia de energia.

De acordo com SILVA (2007) este sistema possui um tempo de detenção hidráulico baixo, da ordem de 6 a 8 horas e idade do lodo em torno de 4 a 10 dias. Como o lodo retirado ainda é jovem e possui uma grande quantidade de matéria orgânica em suas células, há necessidade de uma etapa posterior de estabilização do lodo.

A figura 8 representa um sistema convencional de tratamento de efluentes do tipo lodo ativado.

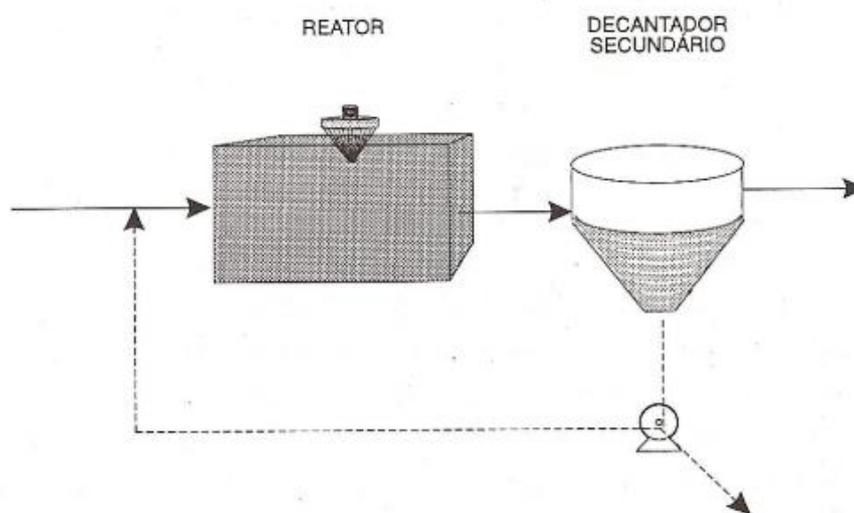


Figura 8 - Representação esquemática simplificada de um sistema de tratamento de efluentes do tipo lodo ativados.

Fonte: COMUSA, 2008.

2.5.3.1.2 – Sistema de regime intermitente ou batelada

No tratamento de efluentes denominados de regime intermitente ou batelada todas as unidades, processos e operações, ou seja, oxidação biológica e decantação, operam em um único tanque. Desta forma, as etapas de aeração e decantação tornam-se sequências no tempo e não são mais unidades físicas distintas construídas em separado (COMUSA, 2008).

O efluente permanece no reator durante todos os ciclos de tratamento que são (RIC,2008):

- Enchimento: entrada do efluente bruto no reator;
- Reação: aeração/mistura da massa líquida contida no reator;
- Sedimentação: separação dos sólidos em suspensão do efluente tratado;
- Esvaziamento: retirada do efluente do reator;
- Repouso: ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente.

A duração de cada ciclo pode ser alterada em função das variações de vazão, das características do efluente e da necessidade de tratamento (SULZER, 2018).

A figura 9 apresenta esquematicamente um sistema de tratamento de efluentes de regime intermitente.

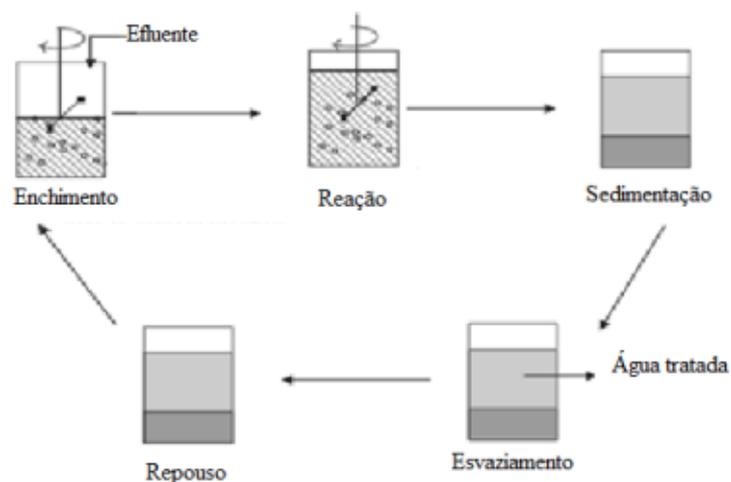


Figura 9 - Esquema operacional de lodo ativado por regime intermitente.

Fonte: Adaptado de CERVANTES et al.; 2006.

2.5.3.1.3 – Sistema com aeração prolongada (fluxo contínuo)

O sistema de tratamento com aeração prolongada é similar ao sistema de lodos ativados convencional (sem o sedimentador primário), a diferença é que neste processo o efluente permanece por mais tempo no reator, com uma idade do lodo de 18 a 30 dias (SILVA, 2007). Desta forma, ocorre uma redução na quantidade de substrato disponível e conseqüentemente as bactérias fazem o uso do próprio material celular como fonte alimentar (VON SPERLING, 2007).

A figura 10 mostra um esquema de tratamento de lodo ativados com a presença das etapas anteriores para a entrada do efluente no reator.

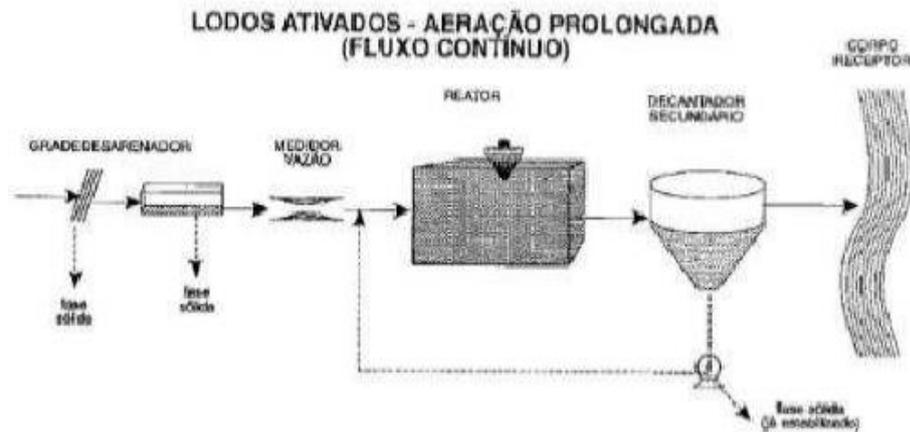


Figura 10 - Fluxograma do sistema de lodos ativados por aeração prolongada.

Fonte: VON SPERLING, 1996.

2.5.3.2 – Reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)

O reator UASB é um reator anaeróbio de fluxo ascendente que apresenta uma alta eficiência. Estes tipos de reatores são muito utilizados em processos primários para a estabilização da matéria orgânica inicial (VON SPERLING, 2007).

Este modelo de reator é composto por um leito biológico denso e de elevada atividade metabólica, o lodo é estabilizado em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo), sendo que a mistura do sistema é realizada pelo fluxo ascendente de líquido e das bolhas de gás. O efluente deixa o reator pela parte superior do reator (ÁGUAS CLARAS, 2017).

Após o lodo ser estabilizado de forma anaeróbia ocorre a decomposição do mesmo e a geração de metano. O metano (também chamado de biogás) produzido pelo sistema é insolúvel em água, e pode ser aproveitado e usado como fonte de energia (VON SPERLING, 2007).

Segundo VON SPERLING (2007), o tempo de detenção do efluente no reator UASB é de 6 a 10 horas e a eficiência do reator, com relação à DBO, segundo os dados de projeto pode chegar até 70%.

A figura 11 apresenta um arranjo simples de funcionamento de um reator UASB.

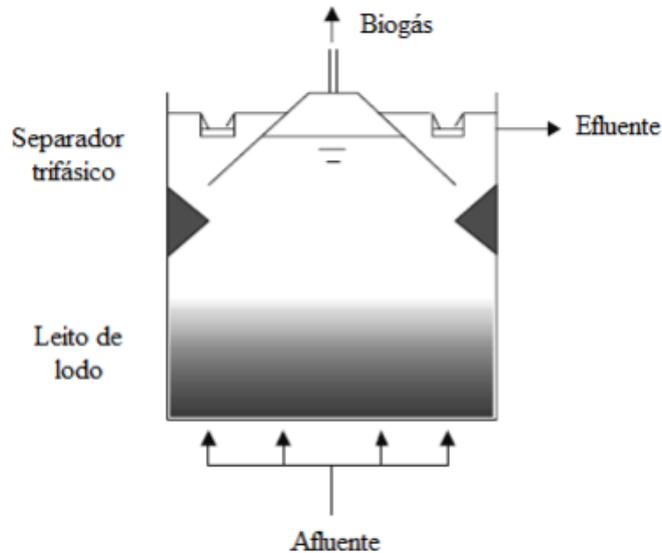


Figura 11 - Arranjo de um reator UASB.

Fonte: Adaptado de CERVANTES et al., 2006.

2.5.3.3 – Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização funcionam de forma simples e apresentam diferentes níveis operacionais e de requisitos de áreas. Algumas configurações sequenciais dos tipos de lagoas são feitas para tratamento de efluentes.

2.5.3.3.1 – Lagoas facultativas

As lagoas facultativas se utilizam de fenômenos naturais de degradação microbiológica. Por existirem padrões ambientais específicos para o tratamento ocorrer de forma eficiente e não inutilizar a lagoa, é necessário que se tenha um monitoramento constante neste tipo de sistema de tratamento.

No processo de tratamento, o efluente entra continuamente em um extremo da lagoa e sai pelo outro, da entrada à saída, que dura diversos dias, ocorre a estabilização da matéria orgânica presente no efluente. A matéria orgânica é decomposta por ações de microrganismos, em sua grande maioria bactérias (LOGICAMBIENTAL, 2016).

Durante o processo parte da matéria orgânica sedimenta e é decomposta por microrganismos anaeróbios. A matéria orgânica de menor dimensão permanece dispersa na lagoa e sua decomposição ocorre pelas bactérias aeróbias e facultativas. O oxigênio necessário

para a respiração bacteriana é fornecido por algas, através da fotossíntese (VON SPERLING, 2007).

As lagoas facultativas devem ser instaladas em áreas com boa incidência solar para existir a energia solar essencial para a fotossíntese das algas (VON SPERLING, 2007).

O processo de estabilização da matéria orgânica por bactérias facultativas é lento, desta forma, baixas vazões, grande área disponível e tempos de detenção superiores a 20 dias são utilizados no tratamento (VON SPERLING, 2007).

A figura 12 apresenta um esquema simplificado de uma lagoa facultativa.

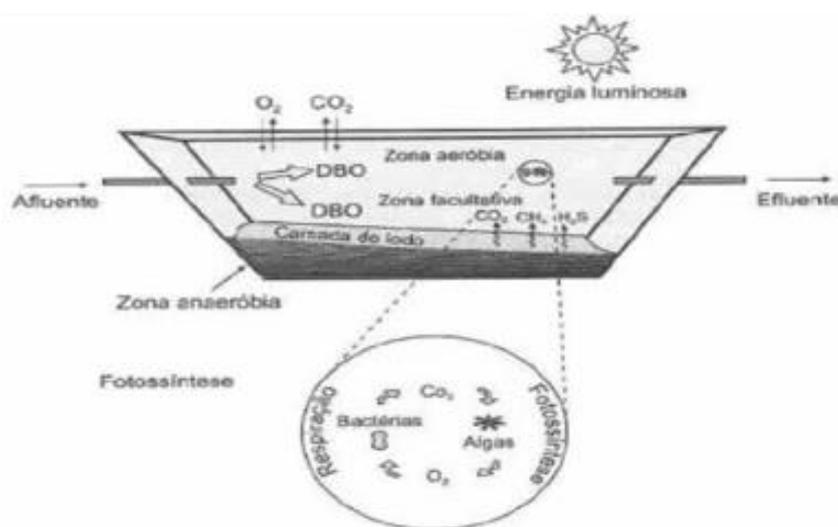


Figura 12 - Imagem do processo que ocorre em uma lagoa facultativa.

Fonte: LOGICAMBIENTAL, 2016.

2.5.3.3.2 – Lagoas anaeróbias

Para que o processo de estabilização ocorra de forma eficiente e obtenção do ambiente anaeróbio desejado, as lagoas anaeróbias possuem menores dimensões e maiores profundidades, em torno de 4 a 5 metros. Com uma profundidade maior, a fotossíntese praticamente não ocorre e no balanço de oxigênio consumido e produzido, o consumo do mesmo acaba sendo maior (VON SPERLING, 2007).

As lagoas anaeróbias são adotadas no tratamento de efluentes com elevadas cargas orgânicas e possuem uma eficiência 50 a 60% para um tempo de detenção de 3 a 6 dias. Este tratamento requer etapas posteriores (VON SPERLING, 2007).

2.5.3.3.3 – Lagoas aeróbias

As lagoas aeróbias possuem baixas profundidades e são seguidas de um sistema de separação de sólidos (lagoa de decantação). O arranjo da lagoa aeróbia com uma lagoa de decantação requer a menor área entre o sistema de lagoas e não utiliza recirculação. No entanto existe um elevado gasto energético devido ao sistema de aeração (SILVA, 2007).

3 - ESTUDO DE CASO

A indústria estudo do caso do ramo de fabricação de sucos, cuja estação de tratamento de efluentes foi analisada no presente trabalho, encontra-se no Estado de Minas Gerais. Por questões de preservação de identidade, tendo em vista a obtenção de dados confidenciais da empresa, seu nome foi omitido neste documento.

Os dados e análises foram obtidos por meio de uma experiência de estágio com duração de dois anos que teve início no ano de 2016. Além disso, o acesso ao banco de dados da indústria estudo de caso, no que tange a dados necessários ao pleno desenvolvimento do trabalho, foi liberado sem restrições.

3.1 – Origem dos efluentes líquidos

O efluente bruto que chega à Estação de Tratamento é constituído por esgoto doméstico e despejos industriais que são conduzidos por tubulações independentes até a Estação de Tratamento.

O esgoto doméstico é constituído pelo esgoto sanitário (vasos sanitários, mictórios, lavatórios e chuveiros), água residuária da cozinha e do refeitório além de águas de lavagem de pisos dos banheiros, cozinha e refeitório.

Os despejos industriais são constituídos por águas de lavagem das frutas e de equipamentos de produção, águas de lavagem de tubulações, de pisos das áreas fabris, águas residuais dos laboratórios, águas de purgas e trocas das torres de refrigeração, sistema de drenagem (ralos) das áreas internas dos depósitos e das áreas internas da manutenção.

3.2 – Caracterização dos volumes e cargas dos efluentes líquidos

A vazão média do esgoto sanitário foi estimada com base na população de funcionários e terceiros dentro da empresa. As águas residuárias de cozinha e refeitório foram estimadas com base no número médio de refeições servidas na unidade industrial.

Estas estimativas estão associadas a valores consagrados pelo uso e recomendadas pela Norma NBR 7229 da ABNT (Norma Brasileira de Instalação Predial de Fossas Sépticas). Nos casos de divergência, foram adotados os valores experimentais. As vazões máximas horárias

foram estimadas a partir das médias, adotando-se um coeficiente de hora máxima equivalente a duas vezes a hora média.

Considerando-se o período de geração de 24 horas/dia, a tabela abaixo mostra a composição das vazões afluentes da Estação de Tratamento.

Tabela 4 - Vazões de Efluentes da Estação de Tratamento

Efluente	Vazão Média Diária (m ³ /d)	Vazão Média Horária (m ³ /h)	Vazão Máxima (m ³ /h)
Esgotos domésticos	16	0,66	1,32
Despejos industriais	534	22,25	44,50
Efluente total a tratar	550	22,91	23,57

Fonte: EMPRESA DO ESTUDO DE CASO.

3.3 – Características físico-químicas do efluente bruto e do efluente tratado

Tabela 5 - Características do efluente bruto, do efluente tratado e os limites de lançamento estabelecidos pela legislação

Parâmetros	Efluente Industrial Bruto	Efluente Tratado	Limites estabelecidos pela Legislação
pH	4,7	6,8	6 a 9
DQO (mgO ₂ /L)	1.000	50	< 180
DBO (mgO ₂ /L)	650	30	< 60
Materiais Sedimentáveis (mL/L)	-	< 1,0	< 1,0
Detergentes (mg/L)	-	< 2,0	< 2,0
Óleos e Graxas	95	< 5,0	< 20

Fonte: EMPRESA DO ESTUDO DE CASO.

3.4 – Sistema de tratamento

O sistema de tratamento da indústria estudo de caso é composto pelas etapas: preliminar, primária, secundária e por fim o tratamento de lodo.

As etapas de cada um dos tratamentos consistem em:

Etapas do Tratamento Preliminar:

- Peneiramento;
- Medição e controle de pH;
- Equalização.

Etapas do Tratamento Primário:

- Coagulação;
- Floculação;
- Decantação Primária;
- Flotação;

Etapas do Tratamento Secundário:

- Aeração;
- Lavagem dos gases;
- Decantação Secundária;
- Retorno de Lodo.

Etapas do Tratamento de Lodo:

- Tanque de Lodo;
- Floculação;
- Desaguamento Mecânico.

3.5 – Descrição detalhada do sistema

O efluente industrial chega na ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) por gravidade, passando por uma peneira mecânica, que tem a função de reter os sólidos com espessura maior que 3 mm. Os materiais retidos são transportados através de uma esteira e descarregados em uma caçamba de coleta apropriada e então conduzidos para uma empresa terceirizada para o tratamento e disposição final adequados.

O efluente livre de sólidos grosseiros é acumulado nos “tanques de efluente bruto”, no qual, a correção do pH é feita de forma automática pelo controle/indicador que comanda uma

bomba dosadora de solução de Aluminato de Sódio e Ácido Nítrico, mantendo o pH na faixa de 8,00 a 9,50 (pH ideal e específico para efetuar o processo de coagulação).

Após a correção do pH, o efluente alcalinizado é homogeneizado e equalizado em dois tanques de equalização e em um tanque de pré-decantação e homogeneização. Estes tanques são ligados em série e tem a função de absorver as variações de vazão e homogeneizar os efluentes através de misturadores submersíveis que são comandados por chaves de nível.

A vazão do efluente preliminar é regulada manualmente, sendo possível fazer a recirculação ou, caso o pH esteja adequado, o envio do efluente para os próximos estágios de tratamento (primário e secundário).

Após a etapa preliminar inicia-se a etapa primária, na qual, primeiramente, o efluente é encaminhado para o Tanque de Coagulação que possui um misturador rápido de eixo vertical. Neste tanque é dosada uma solução de Policloreto de Alumínio para que ocorra a coagulação do efluente e ajuste do pH entre 6,0 e 7,0.

O efluente coagulado, escoar por gravidade para o Tanque Pulmão que recebe o efluente do Tanque de Coagulação e armazenada para próxima etapa: flotação. O Tanque Pulmão é provido de duas bombas centrífugas que recalcam o efluente para o Tanque Flotador, passando por um ejetor gás/líquido que injeta ar continuamente no fluxo hidráulico numa faixa de 2,5 a 4,0 psi de pressão.

O Tanque Flotador tem a função de separar a fase sólida (flóculos em suspensão) da fase líquida (efluente) através de um removedor mecânico de superfície. Posteriormente, o efluente livre de sólidos em suspensão, escoar através de uma válvula controladora de nível, e é conduzido para os Tanques de Aeração, passando por uma Calha Parshall.

O Tanque de Aeração compreende a primeira etapa do tratamento secundário, o sistema de aeração é um processo de tratamento biológico, no qual o ar é introduzido para degradação bioquímica dos compostos orgânicos, diretamente à unidade do tratamento.

A aeração no tanque é realizada por dois sopradores de ar do tipo “roots”, que insuflam ar no fundo do tanque através de malha de difusão, com difusores do tipo membrana. Os tanques de aeração recebem o esgoto sanitário e o efluente do tratamento primário, e ainda solução de ácido fosfórico para complemento alimentar dos microrganismos.

Após todo efluente ser aerado, a mistura escoar por gravidade para o Tanque Decantador, que tem a função de sedimentar o lodo biológico oriundo do Tanque de Aeração.

Para que ocorra um bom funcionamento desta etapa, evita-se a permanência exagerada dos lodos orgânicos no fundo dos decantadores para reduzir a sua anaerobiose e a consequente

formação de gases, que causam a flutuação de aglomerados de lodos. Isto pode ocorrer por simples anaerobiose, com a formação de metano e gás carbônico, e pela desnitrificação, com a redução dos íons nitratos a gás nitrogênio. Pode ocorrer também a formação de gás sulfídrico pela redução do íon sulfato.

Nos Tanques Decantadores, os flocos biológicos (lodo ativado) formados nos Tanques de Aeração são separados continuamente da fase líquida. O efluente clarificado (sobrenadante) transborda para canaleta de saída, passando por medidor de vazão (Calha Parshall), sendo em seguida lançado na rede pública de esgoto e águas pluviais.

O lodo decantado é removido, por pressão hidrostática, para os Tanques de Lodo. Os Tanques de Lodo primário e secundário recebem, respectivamente, todo lodo gerado da etapa primária, proveniente do Tanque Flotador, e da etapa secundária, proveniente do Tanque de Aeração.

Os Tanques de Lodo possuem misturadores para equalização e/ou homogeneização e o lodo depois de acumulado é bombeado para a Centrífuga onde ocorrerá o desague, nesta etapa ocorre a adição de polímero através de bomba dosadora, proveniente de um tanque de estocagem, a solução é necessária para que ocorra a aglomeração da parte sólida do lodo, favorecendo assim o desaguamento. O lodo seco pode ser utilizado na agricultura ou ser descartado nos aterros sanitários.

Os gases liberados do Tanque de Aeração são conduzidos ao sistema de tratamento através de exaustão forçada realizada por um exaustor centrífugo. O sistema consiste em duas colunas de lavagem de seis pratos perfurados, tendo os furos 2,0 mm de diâmetro. Os gases são “lavados” em contracorrente com solução de hipoclorito de sódio, e em seguida liberados para a atmosfera; todo efluente gerado no sistema de lavagem de gases, livre de cloro residual, é reciclado para o Tanque de Aeração.

3.6 – Plano de controle do sistema

A eficiência do tratamento é verificada ao longo da operação da Unidade de Tratamento para orientar o operador na condução do trabalho e garantir o bom desempenho do sistema.

3.6.1 – Livro diário

Um livro diário é utilizado para registrar todos os acontecimentos ligados a ETE, no que se refere ao desempenho do tratamento, assim quanto ao funcionamento dos equipamentos. Neste livro são registradas as manobras efetuadas, as anormalidades constatadas e as providências tomadas e quaisquer outras ocorrências relativas à operação/manutenção da ETE, assim como: resultados e análises de campo, dias de descarte de lodo, alterações nos períodos de funcionamento, paradas para manutenções eletromecânicas, limpezas realizadas nas instalações e etc.

3.6.2 – Acompanhamento das vazões

A vazão da Estação de Tratamento é determinada diariamente nas calhas Parshall e caixas de medição de vazão.

3.6.3 – Acompanhamento analítico

Para o acompanhamento da Estação de Tratamento, os seguintes parâmetros gerais são analisados: DBO, DQO, Oxigênio Dissolvido (OD), Resíduo Não Filtrável Volátil (RNFV), Resíduo Não Filtrável Total (RNFT), Detergentes, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Sedimentabilidade do Lodo (SL), Óleos e Graxas (OG), Materiais Sedimentáveis (MS), Potencial Hidrogeniônico (pH).

Com base nos resultados analíticos, são determinados os seguintes parâmetros: Índice Volumétrico do Lodo (IVL), Índice de Densidade do Lodo (IDL), Relação Alimento/Microrganismos (A/M).

As análises de materiais sedimentáveis (MS), Oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), sedimentabilidade do lodo (SL) e temperatura (T), são realizadas no laboratório interno da empresa. As demais análises são realizadas em laboratórios credenciados.

4 – CONCLUSÃO

O tratamento de efluentes é um aspecto de significativa importância para um crescimento sustentável. A destinação correta dos resíduos deve fazer parte da rotina de empresas de todas as áreas.

Além da preocupação com o meio ambiente a falta de tratamento de efluentes pode ocasionar em crimes ambientais, prejuízo à saúde, perda de financiamento e vários outros fatores.

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou maior conhecimento dos efluentes e algumas etapas dos processos produtivos das indústrias de sucos no Brasil.

O estudo de caso realizado mostrou através dos resultados das análises que o sistema de tratamento é eficiente e atende a Legislação Vigente.

Na escolha das etapas a serem utilizadas deve-se conhecer bem as vazões de efluentes, áreas disponíveis, recursos financeiros e um acompanhamento dos parâmetros de avaliação da qualidade da água, para avaliação da eficiência do tratamento.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHINEWHU, S. C.; HART, A. D. *Effect of processing and storage on the ascorbic acid (vitamin C) content of some pineapple varieties grown in the Rivers State of Nigeria*. *Plant Foods Hum. Nutr.*, v. 46, n. 4, p. 335-337, 1994.

AGRICULTURERS. *Red de especialistas en Agricultura*. 2017. Disponível em: <<http://agriculturers.com/disenodeun-desarendor-para-el-pre-filtrado-de-agua-de-riego/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. *Reator UASB: Saiba o que é e como funciona*. 2017. Disponível em: <<http://aguasclarasengenharia.com.br/como-funciona-reator-uasb/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

AQUASTORE. *Processos de tratamento de água*. Disponível em: <<http://www.aquastore.com.br/default.aspx?code=64>> Acesso em: 13 ago. 2018.

CERVANTES et al., F. J. , PAVLOSTATHIS, S.G.; VAN HAANDEL A.C. *Advanced Biological Treatment Processes for Industrial Wastewaters Principles and Applications*. United Kingdom, IWA Publishing, 2006.

COMISSÃO NACIONAL DE NORMAS E PRADRÕES PARA ALIMENTOS (CNNPA) - *DOU de 24/07/1978 (Seção I-Parte I, pág. 11.528)*. Disponível: <http://www.editoramagister.com/doc_308643_RESOLUCAO_N_12_DE_MARCO_DE_1978.aspx>. Acesso em: 25 jun. 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB), 2014. *Águas superficiais – Variáveis de qualidade das águas*. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

COMUSA. *O Processo de Tratamento de Esgotos – Uma breve introdução*. 2008. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoesgoto>>. Acesso: 04 jun. 2018.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). *Legislação Ambiental no Estado de Minas Gerais*. Disponível em: <http://www.semad.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=72>. Acesso em: 04 jun. 2018.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CERH). *Gerenciamento e Monitoramento dos Recursos Hídricos*. Disponível em: <<https://seama.es.gov.br/conselho-estadual-de-recursos-hidricos-cerh>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA) - *Resolução No 357, de 17 de março de 2005 Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63*. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA) - *Resolução No 430, de 13 de maio de 2011. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005.*. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

DOSAQ – *Indústria e Comércio de Bombas Ltda*. Disponível em: <<http://www.dosaq.com.br/formulario.asp?produto=peneiras>> Acesso em: 02 jul. 2018.

EDITORA GAZETA. *Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2015*. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-da-fruticultura-2015/>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

ELETROANALÍTICA. *Aplicação da Eletroanalítica em Análises Químicas na Indústria*. 2016. Disponível em: <<https://ianalitica.com.br/eletroanalitica-1/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FADINI, P. S.; JARDIM, W. F.; GUIMARAES, J. R. *Evaluation of organic load measurement techniques in a sewage and waste stabilisation pond. Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 15, p. 131-135, 2004.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; LOBO, R.N.B.; VASCONCELOS, V.R. *Valor nutritivo das silagens de capim elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, p. 1380-1385, 2004.

GIORDANO, G. *Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos*. Niterói: UFF, 1999. Dissertação (Mestrado de Ciência Ambiental) Universidade Federal Fluminense, 1999.

GIORDANO, G. *Tratamento e controle de efluentes industriais*. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ, Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: <<http://72.29.69.19/~nead/disci/gesamb/doc/mod7/2.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

GRUNDFOS. *Sedimentação*. 2012. Disponível em: <http://pt.grundfos.com/industrias_aplicacoes/applications/sedimentation.html>. Acesso em: 25 jul. 2018.

HIDROSUL. *Estações de tratamento de efluentes*. Tanque de equalização, 2018. Disponível em: <<http://www.hidrosul.com.br/produto/equalizacao>> Acesso em: 02 jun. 2018.

ICLEI – *Governos Locais pela sustentabilidade. Tratamento e destinação, 2017*. Disponível em: <http://www.iclei.org.br/residuos/site/?page_id=411> Acesso em: 31 jul. 2018.

IZQUIERDO, B.K.H. *Estudo do comportamento de um sistema de lodos ativados com reator de leito móvel*, Rio de Janeiro, 2006.

LINS, G.A. *Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETEs)*. Rio de Janeiro, UFRJ, 2010, 285p.

LOGICAMBIENTAL. *Lagoa facultativa*. 2016. Disponível em:
<<http://www.logicambiental.com.br/lagoa-facultativa/>> Acesso em: 31 mai. 2018.

LOPEZ R. *Preferência por hábitos saudáveis gera excelentes oportunidades para o mercado*. Engarrafador Moderno, São Paulo, ed n° 20, 2004.

METCALF, L.; EDDY, H. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4. ed. Revisado por George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. McGrawHill, New York, 2003, 1819p.

NATURALTEC. *Flotação e Flotadores – Tratamento Preliminar da água*. 2018. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/flotadores/>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

NUNES, G.F.M. *Tratamento primário de efluentes*, CEFET-MG, 2015. Disponível em:
<http://www.tecquimica.cefetmg.br/galerias/arquivos_download/Tratamento_Primario_de_Efluentes_-_Gisele_-_Cefet_2015.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2018.

OPERSAN. *Legislação sobre tratamento de efluentes é rigorosa*, 2013. Disponível em:
<<http://info.opersan.com.br/bid/179669/legisla-o-sobre-tratamento-de-efluentes-rigorosa>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

PINTO, K.G.A. *Tratamento de efluentes industriais e domésticos*, CRQ/SP, Campinas, 2009. Disponível em:
<http://www.crq4.org.br/sms/files/file/Tratamento_%20de_%20efluentes_%20industriais_dom%C3%A9sticos_crq2009%20%5BModo%20de%20Compatibilidade%205D.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2018.

REVISTA INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS (RIC), *Tratamento de Efluentes da Indústria de Bebidas em Reator Anaeróbio de Circulação Interna.*, v3 – n°1 . jan/jun 2013.

ROGÉRIO, M.C.P. *Valor nutritivo de subprodutos de frutas para ovinos*. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais 2005. 318p, 2004.

RUBIM, C. *O trabalho da flotação e aeração*. Revista TAE, 2013. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/5804-noticias>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

SANÁGUA – *Análises Químicas e Ambientais. Resíduos Químicos e seu impacto no meio ambiente*, 2014. Disponível em: <<http://sanagua.com.br/noticias/residuosquimicos-e-seu-impacto-no-meio-ambiente-95.html>> Acesso em: 02 jul. 2018.

SEBRAE – *Mercado de Fruticultura, panorama do setor no Brasil*, 2015. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/11/Panorama-do-mercado-de-fruticultura-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

SILVA, C.E. da. *Sistema de lodos ativados*, UFSM, 2007. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A4.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

SULZER. *A importância da Caracterização dos Efluentes Industriais*, 2016. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/importancia-da-caracterizacao-dos-efluentes-industriais/>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

SULZER. *Lodo ativado por batelada*, 2018. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/lodo-ativado-por-batelada/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

SUPER BAC. *Entenda o que é o tratamento biológico de efluentes e suas etapas*, 2015. Disponível em: <<http://www.superbac.com.br/entenda-o-que-e-o-tratamento-biologico-de-efluentes-e-suas-etapas/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

TELES, M.M.; NEIVA, JN.M.; RÊGO, A.C.; CAVALCANTE, M.A.B.; PAULA, R.C.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; CLEMENTINO, R.H. *Consumo de nutrientes de silagens de capimelefante contendo níveis crescentes de adição do subproduto da manga*. In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 2005.

VGRESÍDUOS. *Saiba quais as normas pertinentes ao tratamento de efluentes, 2 de outubro de 2018*. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/normas-pertinentes-ao-tratamento-de-efluentes/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

VON SPERLING, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2 ed. Minas Gerais, 1996.

VON SPERLING, Marcos. *Lodos ativados*. Belo Horizonte: *Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental*, UFMG, 1997. 416 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 4).

VON SPERLING, Marcos. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: DESA-UFMG. Vol. 7. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios, 2007, 588 p.

YAMANAKA, H. T. *Sucos cítricos*. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/sucos_citricos.pdf> Acesso em: 02 jun. 2018.