

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

PROPOSAL FOR A TREATMENT SYSTEM FOR EFFLUENTS GENERATED IN A DAIRY INDUSTRY

Eduarda Moraes da Silva¹ Eliezio Nascimento Barboza² Andriely Tiburtino Leite Chaves³ Vitoria Regia Ferreira Sales de Melo⁴, Ana Millene dos Santos Silva⁵, Agílio Tomaz Marques⁶, Anelyse Esequiel de Lucena Neves⁷, Dalieva Lopes Alves⁸ e Wallace Ruan Nobre Pereira⁹

ARTIGO

Recebido: 21/12/2022

Aprovado: 24/12/2022

Palavras-chave:

Efluentes industriais;
Indústria de laticínios;
Tecnologias;
Tratamento.

Key words:

industrial effluents;
dairy industry;
technologies;
treatment.

RESUMO

A indústria do leite é uma das mais poluentes do ramo alimentício, referente ao consumo de água e a geração de efluentes, ocasionando poluição hídrica. Águas residuárias da indústria leiteira sem o tratamento apropriado possui elevado nível de poluentes, ocasionado por sistemas mal dimensionados e inexistência de operação, criando problemas ambientais quando lançadas em corpo hídrico, tendo em vista a quantidade de matéria orgânica e sólidos em suspensão. Os efluentes são formados por soro, lodo leiteiro e esgoto (processamento, limpeza e sanitário). Possuem elevada concentração de nutrientes, demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), bem como conteúdo inorgânico. Neste contexto, este estudo tem como objetivo apresentar uma tecnologia que seja viável economicamente e tecnicamente para uma indústria de laticínios do município de Boa Esperança (MG), buscando amenizar os impactos ocasionados pelos efluentes industriais. Foi realizado um levantamento de dados, através visitas *in loco*, com finalidade de identificar e direcionar o efluente gerado para tratamento com maior eficiência, bem como entrevista com os funcionários por meio de um questionário e análise dos projetos existentes. Através da análise de várias variáveis, como custos, área disponível no terreno e tecnologia com alta eficiência, o sistema de tratamento proposto neste trabalho é formado por tratamento preliminar (gradeamento e caixa de areia, seguindo para a calha parshall), reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB), filtros biológicos do tipo percolador, sumidouros e leito de secagem do lodo gerado no processo.

ABSTRACT

The milk industry is one of the most polluting industries in the food sector, in terms of water consumption and effluent generation, causing water pollution. Residual water from the dairy industry without proper treatment has a high level of pollutants, caused by poorly sized systems and lack of operation, creating environmental problems when discharged into water bodies, in view of the amount of organic matter and suspended solids. The effluents are formed by whey, milk sludge and sewage (processing, cleaning and sanitary). They have high concentration of nutrients, biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), as well as inorganic content. In this context, this study aims to present a technology that is economically and technically feasible for a dairy industry in the municipality of Boa Esperança (MG), seeking to mitigate the impacts caused by industrial effluents. A data survey was carried out, through site visits, in order to identify and direct the effluent generated for treatment with greater efficiency, as well as interviews with employees through a questionnaire and analysis of existing projects. Through the analysis of several variables, such as costs, available land area and high efficiency technology, the treatment system proposed in this work consists of preliminary treatment (grating and sandbox, followed by the parshall flume), ascending flow anaerobic reactors (UASB), percolator-type biological filters, drains and drying bed for the sludge generated in the process.

¹Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará. Email: eduarda.morais.silva07@aluno.ifce.edu.br;

²Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará. Email: eliezio.nascimento.barboza05@aluno.ifce.edu.br;

³Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará. Email: andriely.tiburtino.leite07@aluno.ifce.edu.br;

⁴Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará. Email: vitoria.regia.ferreira06@aluno.ifce.edu.br;

⁵Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal do Ceará. Email: ana.millene.santos06@aluno.ifce.edu.br;

⁶Graduado em Direito, Mestre pela Universidade Federal de Campina Grande e Juiz do TJPB. E-mail: agiliotomaz@hotmail.com;

⁷Advogada, graduada em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande, pós-graduanda em Direito Civil e Processo Civil pela Esa/PB. E-mail: annelyse.neves@gmail.com;

⁸Graduada em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande, Analista Judiciário do TJPB. E-mail: dalieva.analista@hotmail.com;

⁹Graduando em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Campina Grande. Email: walaceruan14@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Em 2021, a produção brasileira de leite foi de 35,3 bilhões de litros, garantindo a colocação no ranking dos 5 países que mais produzem leite no mundo. Minas Gerais é o maior produtor estadual, responsável por 27,3% da produção nacional, seguido de Estado do Paraná (IBGE, 2022). Nas indústrias de laticínios, são fabricados vários produtos, tais como: leite em pó, leite UHT (*Ultra High Temperature*) e UAT (Ultra alta temperatura), bem como cremes, queijos, etc (GOMES *et al.*, 2019).

Esse tipo de indústria é caracterizado pelo alto consumo de água, que é utilizada manter as condições de limpeza e no processamento de leite, gerando elevadas vazões de efluentes e tornando a indústria de laticínios com potencial poluidor (GALVÃO; GOMES, 2015). Ahmad *et al.* (2019) complementam ao afirmar que os principais produtos gerados são soro, lodo leiteiro e esgoto (processamento, limpeza e sanitário).

Dos subprodutos do leite, o soro é o que mais colabora para o aumento da carga orgânica do efluente industrial, devendo ser tratado ou ser reutilizado em outros setores da indústria, bem como pode ser usado na alimentação animal, reduzindo os custos no tratamento do efluente (MOREIRA; CERQUEIRA; SARAIVA, 2020).

Dessa forma, o aumento de produção de leite deve estar relacionado com a preocupação com os recursos naturais, tendo em vista que os sistemas de tratamento devem ser adequados para dar o destino

adequado para os efluentes com as devidas propriedades para impedir problemas ambientais, sociais e econômicos (FAVARETTO *et al.*, 2015).

O tratamento de efluentes industriais é de suma importância para tratar e dar o destino adequado do esgoto doméstico proveniente dos banheiros e pias, bem como industrial, gerado no processo de produção, minimizando impactos ambientais adversos. Pois, os produtos descartados possuem elevada concentração de material orgânico, como proteínas, carboidratos, gorduras, graxas, minerais com altos valores de DQO e DBO (SINHA *et al.*, 2019).

Sendo assim, há necessidade de tratamento adequado antes de sua descarga das instalações da fábrica, objetivando diminuir o conteúdo orgânico das águas residuárias; retirar e reduzir os nutrientes que poderiam causar poluição das águas superficiais ou subterrâneas; remover ou inativar o potencial patogênico microrganismos (BIRWAL *et al.*, 2017).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo selecionar uma tecnologia de tratamento de efluentes que seja viável economicamente e tecnicamente para uma indústria de laticínios do município de Boa Esperança (MG) por meio de uma concepção da ETE (*layout*), buscando amenizar os impactos ocasionados pelos efluentes industriais, que até o momento, são lançados na rede coletora, para tratamento pela Companhia de Saneamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tratamento de efluentes e a questão ambiental

No que se refere os recursos naturais mais importantes para a sobrevivência do homem, destaca-se a água, em que é utilizada em praticamente todos os tipos de atividades humanas. No meio urbano, houve aumento acelerado da população nas últimas décadas, onde a questão do fornecimento de água adequada para atender necessidades da sociedade e para assegurar a equidade no acesso à água se tornou um grande problema a ser enfrentado pelo Poder Público e sociedade (JUNIOR, 2022).

Atualmente, tem-se uma concentração muito grande de habitantes nos centros das grandes cidades brasileiras, elevando o consumo da água, por conseguinte, há um aumento na poluição dos corpos hídricos, que são utilizados para a captação da água para consumo humano, devido a grande quantidade de dejetos gerados e despejados no ambiente aquático (KRÜTZMANN, 2015).

No planeta, cerca de 70% é água. Dá-se a falsa ideia de um volume grande de recurso hídrico, mas apenas 2,5% de água doce é propícia ao consumo humano, sendo que 2,2% apresentam-se congelada nas regiões polares, sobrando somente 0,6% nos rios, lagos e lençóis subterrâneos (SILVA; PEREIRA, 2019).

No Brasil, por exemplo, apesar de ser considerado um dos países mais ricos em água doce do planeta, a sua disponibilidade é desigual. Aproximadamente 73% da água doce disponível no país está presente na bacia Amazônica, que é residida por menos de 5% da população e apenas 27% dos recursos hídricos estão disponíveis para as

várias regiões, onde residem grande parte da população brasileira (SILVA, 2018).

Sua preservação é essencial, tendo em vista que a água potável é um dos recursos mais importantes e indispensáveis para a sustentação da vida, além de ser fundamental para o planeta, fauna, flora, atividades econômicas como agricultura e industrial (WOLKMER, PIMMEL, 2013).

Neste contexto, conforme explicam El Tugoz, Bertolini e Brandalise (2017), a questão ambiental na atualidade chama a atenção para a importância de proteger os recursos hídricos. Dessa forma, com as crescentes pressões sobre os recursos hídricos, surgem apreensões sobre como encontrar novos recursos com potencialidade de contribuir a alcançar o equilíbrio dentro da demanda e oferta. Tendo em vista a degradação dos recursos hídricos existentes no Brasil, bem como as exigências normativas vigentes no país, há necessidade do tratamento das águas residuárias (SALGOT; FOLCH, 2018).

“O atual estágio de degradação ambiental exige todos os esforços em prol da minimização de impactos ambientais gerados, principalmente pela ação não sustentável e pouco sensível do homem” (CUNHA, 2009, p. 1). Cunha (2009) afirma que a natureza passou a receber resíduos e efluentes em quantidades cada vez maior, especialmente de novas substâncias químicas geradas em processos produtivos, desestabilizando o equilíbrio ambiental. Isso é ocasionado devido a inexistência de gestão de efluentes das indústrias e dos municípios e resíduos sólidos, resultando em impactos negativos significativos em diferentes ambientes compartimentos: solo, ar, sedimentos, águas

superficiais, águas subterrâneas, saúde humana, e flora e fauna (SOARES *et al.*, 2021).

Dessa forma, houve a necessidade de tratar os resíduos e efluentes provenientes de indústrias, em que é necessário devido a três fatores principais: escassez de água, alta descarga de águas residuárias e padrões cada vez mais rigorosos de descarga (ZHENG *et al.*, 2015). Atualmente, a legislação relacionada com o efluente industrial está se tornando cada vez mais rigorosa, especialmente em países mais desenvolvidos, e impõe o tratamento de qualquer efluente antes de ser liberado no meio ambiente (CRINI; LICHTFOUSE, 2019).

Quando a água residuária é lançada no meio ambiente sem o devido tratamento, há presença de partículas sólidas, microrganismos e até mesmo presença de substâncias tóxicas advindas de efluentes industriais, podendo acarretar prejuízos à qualidade da água, bem como mau cheiro, visual desagradável, baixas taxas de oxigênio, e potencialidade de infecção de animais e humanos por meio do consumo ou contato com a água (MARQUES *et al.*, 2020).

A falta de saneamento básico pode gerar inúmeros problemas de saúde. Portanto, o conjunto de fatores que reúnem o saneamento leva a uma melhoria de vida na população na medida que controla e previne doenças, combatendo muitos vetores. Nesse caso, podemos pensar num dos maiores problemas enfrentados pela população brasileira atualmente com a disseminação do mosquito *aedes aegypti* os quais se proliferam mediante a água parada. Dessa forma, o saneamento básico promove hábitos higiênicos e controla a

poluição ambiental, melhorando assim, a qualidade de vida da população.

2.2 Panorama da indústria de laticínios

A pecuária leiteira no Brasil é uma atividade do setor agropecuário com importante papel no processo de crescimento e desenvolvimento da economia do país (BERNARDES, 2022). O Brasil é um dos maiores produtores de leite do mundo. De acordo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022), em 2021, o país produziu 34,84 bilhões de litros de leite, com maior quantidade em Minas Gerais e Goiás.

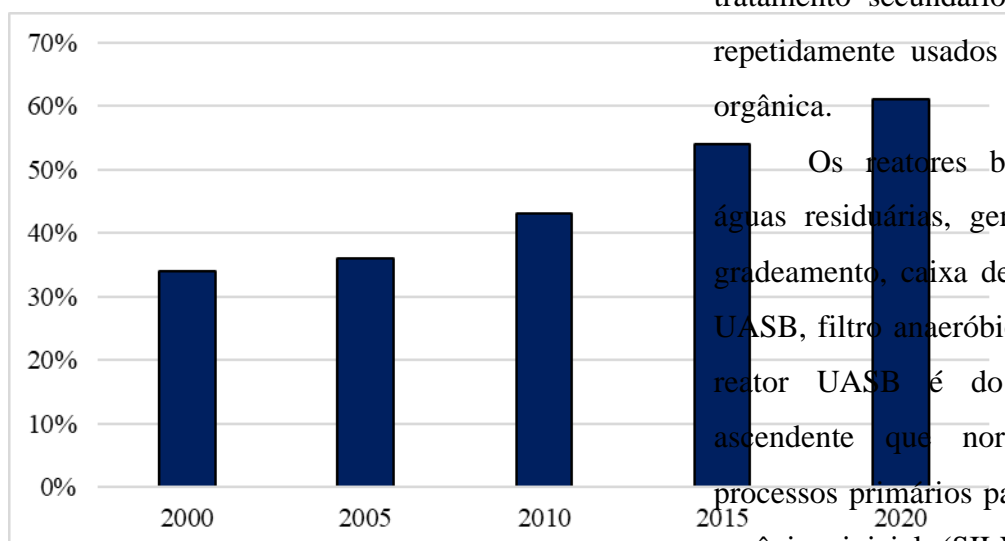
A indústria de laticínios possui como principal matéria-prima o leite, que depois do processamento, gera vários derivados, tais como “leite pasteurizado, queijos, manteiga, margarina, coalhada, iogurte, bebidas lácteas, requeijão, doce de leite, creme de leite, leite condensado, leite em pó, sorvete e outros” (VEIGA; LOUREIRO, 2022, p. 2).

Globalmente, de forma especial no Brasil, esse setor é caracterizado pela concentração de uma grande quantidade de micro e pequenas empresas, com algumas empresas de grande porte (LIMA; PEREZ; CHAVES, 2017). Apresenta-se como uma indústria relativamente numerosa e diversificada, em que, geralmente, as empresas de pequeno porte são pequenos produtores rurais. As grandes empresas são multinacionais e possuem maior capacidade diária de processamento de leite (VEIGA; LOUREIRO, 2022).

O Gráfico 1 apresenta a evolução da concentração de indústria brasileira de laticínios em

(%), em que mostra o aumento significativo entre os anos de 2000 até 2020. Percebe-se que no ano de 2000, a concentração de indústria brasileira de laticínios era de 34%, em que evolui para 36% no ano de 2005, para 43% em 2010, para 54% em 2015 e para 61, em 2022.

Gráfico 1: Evolução da concentração de indústria brasileira de laticínios em (%)



Fonte: Adaptado pela EMBRAPA (2021). Elaborado pelo autor.

Outrossim, verifica-se que as indústrias de laticínios no Brasil vêm cada vez mais procurando aumentar a eficiência nos processos, ocasionando uma diminuição na quantidade de empresas fornecedoras sem causar prejuízos na captação, garantindo uma redução no custo de captação de leite (CARVALHO, 2018).

2.3 Tecnologias de tratamento de efluentes

Existem várias tecnologias que podem ser empregadas no tratamento de águas residuárias, tais como: reatores biológicos, lagoas anaeróbias,

tanques sépticos e etc. De acordo com Viana *et al.* (2021), o tratamento adequado deve atender a diversos parâmetros, utilizando uma das várias tecnologias disponíveis no mercado, como, por exemplo: tratamento primário de efluentes, que promove a sedimentação, fundamentando-se em um processo físico ou físico-químico, onde ocorre a separação dos sólidos suspensos. Referente ao tratamento secundário, os reatores biológicos são repetidamente usados para a diminuição de carga orgânica.

Os reatores biológicos no tratamento de águas residuárias, geralmente, são formados por: gradeamento, caixa de areia, calha Parshall, reator UASB, filtro anaeróbio e tanque de desinfecção. O reator UASB é do tipo anaeróbio de fluxo ascendente que normalmente é utilizado em processos primários para a estabilização da matéria orgânica inicial (SILVA; DANTAS; OLIVEIRA, 2018).

As lagoas australianas, geralmente são formadas por: duas lagoas anaeróbias paralelas, seguida por uma lagoa facultativa e uma lagoa de maturação. As lagoas anaeróbias constituem-se em uma forma alternativa de tratamento de esgoto, onde a existência de condições estritamente anaeróbias é essencial. Tal é alcançado através do lançamento de uma grande carga de DBO por unidade de volume da lagoa, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja várias vezes superior à taxa de produção (GOMES, 2018; CARVALHO, 2022).

Segundo Silva *et al.* (2015), uma característica dessas lagoas é sua grande profundidade, que impede a penetração da luz solar no fundo e do oxigênio produzido na superfície,

através da fotossíntese, para as demais camadas. A eficiência de remoção de DBO nas lagoas anaeróbias é usualmente da ordem de 50 a 70%. A DBO remanescente é removida na lagoa facultativa, através de três zonas: zona anaeróbia, aeróbia e facultativa. As lagoas de maturação objetiva a remoção de patógenos, e não da remoção adicional de DBO. Porém, uma das desvantagens no uso de lagoas de estabilização é a grande demanda de área territorial, assim aumenta seus custos de implantação (VIANNA; MESQUITA; ROSA, 2019).

Ainda que considerado uma tecnologia sem eficiente, os tanques sépticos ainda são utilizados em residências. Consiste, basicamente, em uma unidade onde se realizam, simultaneamente, várias funções: decantação, flotação, desagregação e digestão parcial dos sólidos sedimentáveis (lodo) e da crosta constituída pelo material flotante (escuma). O principal fenômeno que ocorre sobre o efluente é de ação física, através de decantação (CORNELLI *et al.*, 2015; SATIRO *et al.*, 2018).

Para o tratamento de efluentes industriais, existem uma diversidade de tecnologias, em que grande parte não são viáveis para pequenas e médias empresas devido o alto custo de construção e manutenção. Entre as tecnologias empregadas para tratamento de efluentes das indústrias de laticínios, verifica-se na literatura as seguintes: processo oxidativo avançado (H₂O₂/TiO₂/UV) (DIAS, 2018); reator de leito fixo operado com Aeração Intermitente (AI) (CORREA *et al.*, 2019); tanque de flotação (DANTAS, 2018); ozonização (ALMEIDA, 2021); biorreator a membrana de leito móvel (GAVLAK; VIDAL, 2018); sistemas

alagados construídos em operação por bateladas (MENDONÇA, 2011); sistema de eletrofloculação em fluxo contínuo (BENAZZI, 2013); digestão anaeróbia (KISPERGHER, 2013); separação por membranas (GALVÃO; GOMES, 2018); lodo ativado (KLUMB; SAINZ, 2018); filtro biológico (COLERAUS; BRIÃO, 2004); lagoas de estabilização (MAGNO, 2010) e uma das tecnologias mais empregadas devido ao seu custo-benefício, o reator UASB (manta de lodo) (CAMPOS *et al.*, 2004; SILVEIRA, 2012; LIMA *et al.*, 2018).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A indústria é dividida em banheiros (masculino e feminino), sala de peças e equipamentos, sala de produtos químicos, almoxarifado de embalagens, almoxarifado de insumos, sala de gerador de energia, laboratório de microbiologia, laboratório físico-químico, sala de tanque isotérmico, sala de estocagem de massa de requeijão, sala de expedição de requeijão, sala de fabricação de requeijão, sala de envase, câmara de estocagem do leite, sala de fabricação de fermentados, câmara de estocagem de fermentados, expedição de leite e fermentados, área para lavagem de caixas, sala de caldeira, oficina e 3 salas de escritório, lavadeira e cozinha / refeitório, totalizando 1631,80 m² (área total) e 1134,07 m² de área construída.

3.2 Procedimentos metodológicos

O estudo foi dividido em duas etapas, sendo a primeira de cunho bibliográfico, buscando enriquecer a pesquisa através da literatura; e a segunda etapa, a realização de um estudo de caso acerca de tecnologias viáveis economicamente e tecnicamente para uma indústria de laticínios do município de Boa Esperança (MG).

Na etapa bibliográfica, para organizar as informações dos trabalhos selecionados da base de dados, será utilizada a leitura flutuante dos títulos e resumos dos trabalhos bem como os resultados apresentados. O principal critério de exclusão dos trabalhos está relacionado ao tempo da publicação, visto que apenas obras mais recentes são bem-vistas no meio científico. A ordem de prioridade para a escolha de trabalho foi: (i) artigos publicados em periódicos internacionais; (ii) artigos publicados em periódicos nacionais reconhecidos; (iii) livros publicados por bons editores; (iv) teses e dissertações; (v) anais de conferências internacionais; (vi) anais de conferências nacionais.

Os artigos foram selecionados de acordo com o tema principal e a adequação deles ao foco da pesquisa, que priorizou os seguintes critérios de inclusão: ter sido publicado nos últimos 10 anos; não há restrição quanto ao idioma; sem objeção ao tipo da pesquisa, desde que o seu tema se adequasse o presente trabalho. Os critérios de exclusão envolveram os trabalhos que se repetiam, artigos noticiosos, textos em resenhas, artigos não indexados, opiniões, editoriais ou manuais.

Na etapa bibliográfica, foi verificado através de estudos de casos publicados nas bases de dados, manuscritos que caracterizaram os efluentes industriais das indústrias de laticínios em empresas

de médio e grande porte, além de suas peculiaridades e concernente forma de tratamento, abordando suas intervenções com os recursos naturais. Essa etapa também foi importante para propor uma tecnologia viável tecnicamente e economicamente.

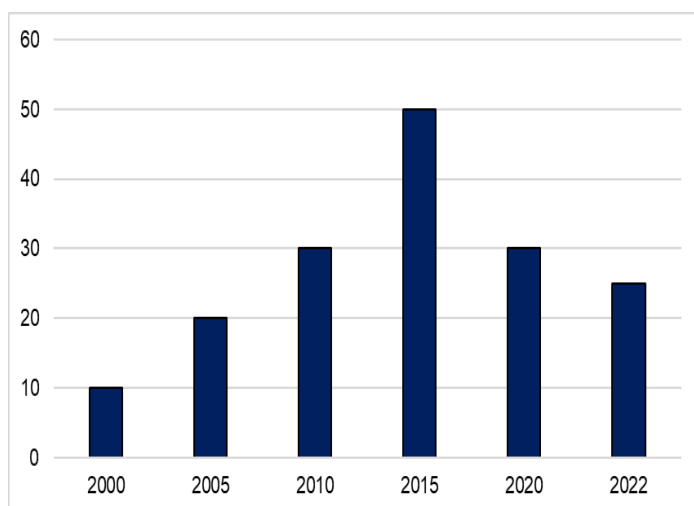
Posteriormente a etapa bibliográfica, foi realizado um estudo de caso na indústria que produz produtos derivados do leite do município de Boa Esperança. A obtenção das informações referentes ao processo produtivo e as pranchas do projeto de arquitetura e hidráulico foi concretizada através de uma visita *in loco* na empresa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características da empresa

Através da pesquisa *in loco*, foi possível obter os dados referentes a quantidade de funcionários, que influencia diretamente na quantidade de geração de efluentes domésticos na indústria, conforme pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2: Quantidade de funcionários



Fonte: Autor (2022).

Foi possível verificar a vazão de efluente gerado, demanda, característica com potencialidade de poluição nos processos, tipo e eficiência do tratamento realizado, que neste caso, é realizado pela Companhia de Saneamento, e forma de descarte do efluente, bem como o *layout* da indústria e informações ambientais, como a (in) existência de um sistema de tratamento de efluentes, bem como do um sistema de gestão ambiental.

No estudo de campo, verificou-se que o esgoto gerado na indústria é basicamente efluente sanitário proveniente das pias e cozinhas, com elevado teor orgânico, e do processo produtivo, que é simplificada, a geração de soro e leite. A vazão é em média é de 12 m³ / dia, ou seja, 12000 litros / dia, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Geração de efluente

Ano	Geração de efluente (l)
2000	3000
2005	7000
2010	15000
2015	20000
2020	15000
2022	12000

Fonte: Autor (2022).

Os subprodutos são originados dos vários setores do processo produtivo, como na lavagem e limpeza dos equipamentos; derrames na operação; equipamentos em manutenção e perdas no processo. Porém, sistema de limpeza é onde gera maior quantidade de efluente, em que cada litro de leite processado produz cerca de 0,01 m³. Conseqüentemente, também é o processo em que demanda maior quantidade de água.

Neste contexto, a Tabela 2 apresenta os produtos que são produzidos de 2000 até 2022. Atualmente, a indústria produz leite pasteurizado, bebida láctea, bebida fermentada, iogurte bicamada e polpa de fruta em bandeja.

Tabela 2: Produção de 2000 a 2020

Ano	Produção
2000	Produção leite pasteurizado
2005	Produção leite pasteurizado, queijo e bebida láctea
2010	Produção leite pasteurizado, leite pasteurizado, queijo, bebida láctea
2015	Produção leite pasteurizado, leite pasteurizado, queijo, bebida láctea, bebida fermentada, iogurte integral e iogurte bicamada
2020	Produção leite pasteurizado, bebida láctea, bebida fermentada, iogurte bicamada
2022	Produção leite pasteurizado, bebida láctea, bebida fermentada, iogurte bicamada e polpa de fruta em bandeja

Fonte: Autor (2022).

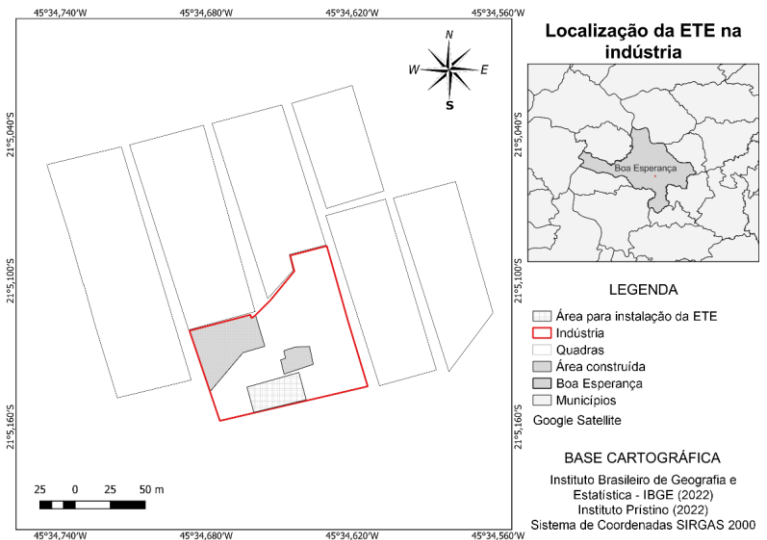
Dessa forma, através da análise dos subprodutos gerados que são lançados no sistema

hidrossanitário da indústria, verificou-se que o efluente final possui elevada concentração de nutrientes, demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e conteúdo orgânico e inorgânico, bem como pode conter diversos agentes esterilizadores, ácidos e detergentes alcalinos.

4.2 Proposta de uma tecnologia viável para tratamento de efluente da indústria de laticínios

Para selecionar a tecnologia mais viável para a indústria de interesse neste estudo, tornou-se necessário verificar o espaço disponível para elaboração do layout da ETE. As ETEs atuais são consideradas compactas, no entanto, dependendo da vazão de tratamento, o sistema completo pode exigir áreas de até 150 m².

Dessa forma, conforme pode ser verificado pela Figura 3, o espaço disponível para instalação da Estação de Tratamento de Esgoto é uma variável limitante, exigindo que o sistema de tratamento seja o mais compacto possível.



Fonte: Autor (2022).

Sendo assim, através de uma análise da área disponível, da topografia do terreno, das tecnologias empregadas no tratamento de efluentes em indústrias de laticínios, bem como das características de eficiência, o tipo de tratamento selecionado foi o reator UASB.

Neste tipo de tratamento, ocorre a decomposição da matéria orgânica. Há uma menor demanda por área e custo de implantação, além da grande eficiência de remoção de carga orgânica. O reator UASB possui elevada potencialidade para a empresa analisada, pois, tem como vantagens: baixa demanda por área e custos de implantação, baixo consumo de energia e tolerância a elevadas cargas orgânicas. Porém, é uma tecnologia que necessita de um pós-tratamento, como os filtros biológicos (IOPP; MENDES, 2020).

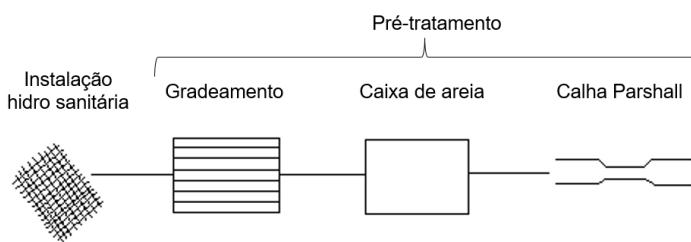
A proposta de ETE presente neste estudo fundamenta-se em um tratamento preliminar composto por gradeamento e caixa de areia, seguindo para a calha parshall que determinará a vazão em cada entrada. Este tratamento preliminar na entrada da estação obedece aos requisitos

Figura 3: Localização da ETE

propostos pelo tratamento preliminar geral, sendo adequados os tamanhos para atender cada vazão afluente ao sistema.

Dessa forma, o sistema de tratamento possuirá tratamento preliminar, reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB), filtros biológicos do tipo percolador, sumidouros e leito de secagem do lodo gerado no processo, conforme pode ser verificado na Figura 4.

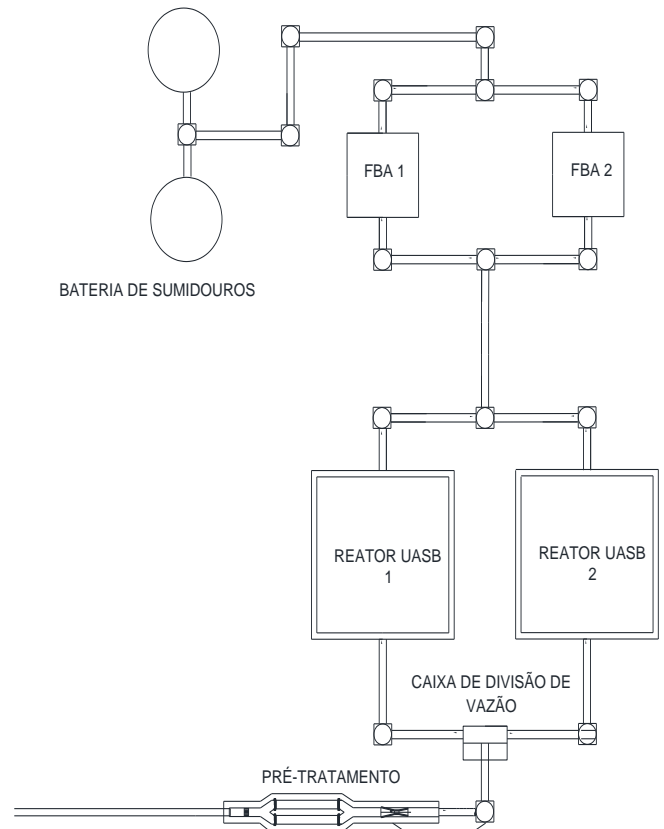
Figura 4: Concepção do sistema



Fonte: Autor (2022).

O layout do Projeto de Estação de Tratamento de Efluente para a indústria de laticínios está apresentado na Figura 5, em que o sistema conta com pré-tratamento, reator UASB seguido de filtro anaeróbio e sumidouro, com a finalidade de tratar o efluente gerado na indústria e reduzir a contaminação dos corpos receptores do município.

Figura 5: Layout do Projeto de Estação de Tratamento de Efluente para a indústria



Fonte: Autor (2022).

Dessa forma, o tratamento proposto é formado basicamente por 3 unidades (tratamento preliminar, tratamento biológico e disposição no solo (Quadro 1).

Quadro 1: Unidades

Unidades	Tratamento
1ª Etapa	Tratamento Preliminar
2ª Etapa	Tratamento Biológico – UASB + Filtro biológico anaeróbio (FBA)
3ª Etapa	Disposição no solo (Sumidouros)

Fonte: Autor (2022).

O pré-tratamento tem finalidade de remoção de sólidos grosseiros e areia, para que estes não danifiquem as tubulações, protegendo, dessa forma, as próximas etapas do processo. Os mecanismos

básicos de remoção são de ordem física, sendo que o fluxo típico do esgoto nesse nível de tratamento corresponde à passagem do efluente em uma grade (para remover sólidos grosseiros), em um desarenador (para remover areia, através do processo de sedimentação) e por um medidor de vazão, Calha Parshall.

O gradeamento retém sólidos grosseiros, considerados de maior diâmetro e a caixa de areia ocorre o processo de desarenação, onde a areia é sedimentada, enquanto os materiais orgânicos ficam nas camadas superiores. A calha Parshall servirá como medidor de vazão do esgoto.

O tratamento secundário, por sua vez, tem como objetivo a remoção da matéria orgânica. No reator UASB, a matéria orgânica sofre decomposição por bactérias anaeróbias resultando na remoção de grande parte dos sólidos, onde ocorre a separação entre as partes líquida, sólida e gasosa. Deve ser dimensionado segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, seguindo a NBR 12.209/2011 que dispõe o Projeto de Estação de Esgoto Sanitário.

Após o efluente passar pelo reator UASB, deve seguir para o filtro anaeróbio, que é um tratamento complementar, onde a eficiência se torna mais significativa. Ele serve como um polimento do efluente, pois, após uma quantidade de matéria orgânica bem reduzida, esse reator irá promover uma diminuição na parcela de poluentes que não foi removida na etapa anterior.

Além disso, o sistema proposto neste estudo possui o leito de secagem, que é necessário para que o lodo excedente seja desidratado para posteriormente ser levado um aterro sanitário. Por

fim, o efluente é lançado em sumidouros. É necessário o acompanhamento contínuo da qualidade do efluente que está sendo tratado, para garantir que esse não venha a gerar impactos adversos no meio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou realizar um estudo de caso objetivando selecionar uma tecnologia de tratamento de efluentes que seja viável economicamente e tecnicamente para uma indústria de laticínios do município de Boa Esperança (MG) por meio de uma concepção da ETE (*layout*). A partir da análise dos resultados, percebeu-se que este estudo respondeu aos objetivos postos, em que permitiram contribuir com informações sobre o tema e proporcionar uma visão maior do estudo.

Como o trabalho foi estruturado ao longo de cinco capítulos, cada um foi relevante para a compreensão do tema, desde o primeiro momento abordando breves apontamentos sobre o tratamento de efluentes e meio ambiente, até o penúltimo capítulo, que apresentou a tecnologia UASB como viável tecnicamente e economicamente para a indústria de interesse neste estudo.

O sistema de tratamento proposto neste trabalho é formado por tratamento preliminar (gradeamento e caixa de areia, seguindo para a calha parshall), reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB), filtros biológicos do tipo percolador, sumidouros e leito de secagem do lodo gerado no processo.

Sendo assim, espera-se que o presente trabalho sirva de base para futuras pesquisas e

contribua com a literatura científica no que se refere ao tema. Recomenda-se para futuros trabalhos uma análise sobre a tecnologia de membrana de ultrafiltração utilizada no tratamento de águas residuárias.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, Talha *et al.* Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 88, p. 361-372, 2019.
- ALMEIDA, Jhonatan Caio Serafim de. **Avaliação de ozonização para pós-tratamento de efluente de laticínios**. 2021. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus Ji-Paraná, 2021.
- BENAZZI, Toni Luis. **Otimização de um sistema de eletrofloculação em fluxo contínuo para o tratamento de efluentes líquidos das indústrias de laticínios**. 2013. Tese de Doutorado - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2013.
- BERNARDES, N. R. **Análise da competitividade de laticínios em Goiás**. 2022. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.
- BIRWAL, Preeti *et al.* Advanced technologies for dairy effluent treatment. **J Food Nutr Popul Health**, v. 1, n. 1, p. 7, 2017.
- CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro *et al.* Avaliação da eficiência do reator UASB tratando efluente de laticínio sob diferentes cargas orgânicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 1376-1384, 2004.
- CARVALHO, Glauco Rodrigues. **A Indústria de laticínios no Brasil: passado, presente e futuro**. 2018. Disponível em: <https://pt.engormix.com/pecuaria-leite/artigos/industria-laticinios-brasil-t37791.htm>. Acesso em 26 set. 2022.
- CARVALHO, José Valderisso Alfredo de. **Proposta de sistema de esgotamento sanitário para o município de Riacho de Santana/RN**. 2022. 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Campina Grande, 2022.
- COLERAUS, Douglas; BRIÃO, Vandrê Barbosa. Filtro biológico para tratamento de efluentes de laticínios. **VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, v. 14, n. 2, p. 109-124, 2004.
- CORNELLI, Renata *et al.* Métodos de tratamento de esgotos domésticos: uma revisão sistemática. **Revista de estudos ambientais**, v. 16, n. 2, p. 20-36, 2015.
- CORREA, Camila Zoe *et al.* Reator de leito fixo operado com Aeração Intermitente (AI) no tratamento de efluente de indústria de laticínio. **Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia**, v.7, n.1, p.1-4, 2019.
- CRINI, Grégorio; LICHTFOUSE, Eric. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, n. 1, p. 145-155, 2019.
- CUNHA, Carlos Eduardo Soares Canejo Pinheiro da. **Gestão de resíduos perigosos em refinarias de petróleo**. 2009. 148 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2009.
- DANTAS, T. S. **Proposta de tratamento de efluentes de uma indústria de laticínios em Catolé do Rocha - PB**. 2018. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2018.
- DIAS, Fernando Ferreira Silva *et al.* Tratamento de efluente da indústria de laticínios aplicando processo oxidativo avançado (H₂O₂/TiO₂/UV). **Revista Geama**, v.3, n.1, p. 10-15, 2018.
- EL TUGOZ, Jamila; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor; BRANDALISE, Loreni Teresinha. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de gestão ambiental e sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2017.

FAVARETTO, Danúbia Paula Cadore *et al.* Análise técnica do processo de tratamento de efluentes de empresa de laticínios da região de Passo Fundo/RS. **Revista CIATEC-UPF**, v. 7, n. 2, p.1-13, 2015.

GALVÃO, Douglas Felipe; DOS SANTOS GOMES, Eliane Rodrigues. Os processos de separação por membranas e sua utilização no tratamento de efluentes industriais da indústria de laticínios: revisão bibliográfica. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 70, n. 6, p. 349-360, 2015.

GALVÃO, Douglas Felipe; GOMES, Eliane Rodrigues Santos. Pós-tratamento de efluentes de indústria de laticínios por processos de separação por membranas. **AMBIÊNCIA**, v. 14, n. 3, p. 594-613, 2018.

GAVLAK, Guilherme; VIDAL, Carlos Magno de Sousa. Avaliação de um biorreator a membrana de leite móvel na remoção de nutrientes de efluente da indústria de laticínios. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 15, n. 2, p. 896-915, 2018.

GLUMB, Alberto Kuhn; SAINZ, Ricardo Lemos. Caracterização de lodo ativado e lodo físico-químico de estação de tratamento de efluentes de indústrias de arroz parboilizado e de laticínios para geração de energia térmica. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 677-689, 2018.

GOMES, Raniele Adame. **Proposta de implantação de sistema de tratamento de efluentes na cidade de Igaracy-PB**. 2018. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

GOMES, Vinícius Marques *et al.* Avaliação do sistema de tratamento de efluentes gerados em indústria de laticínios. **Colloquium Exactarum**, v. 9, n.3, p. 29–37, 2017.

HAMERSKI, Fernando. **Partida de um reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) no tratamento de efluentes provenientes de uma indústria de laticínios**. 2012.

77 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE**: estatística da produção pecuária. 2022. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72380>. Acesso em 15 set. 2022.

IOPP, Patrick Lucas; MENDES, Alesi Teixeira. Análise de sistemas de tratamento de efluentes de abatedouros bovinos por lagoas de estabilização e por reator UASB seguido de lagoa de polimento. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 13, n. 2, p. 640-654, 2020.

JUNIOR, Osvaldo do Carmo Silva. Benefícios do reuso de água pluvial em edificações residenciais. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 15435-15456, 2022.

KISPERGHER, Eduardo Muchiutti. **Digestão anaeróbia de efluentes da indústria de alimentos**. 2013. 99 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos - Universidade Federal do Paraná, 2013.

KRÜTZMANN, Uiliam Eduardo. **Captação da água das chuvas com a reutilização em bacias sanitárias**. 2015. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário UNIVATES, 2015.

LIMA, Luiz Paulo *et al.* Nota técnica: método para seleção de sistemas de tratamento de efluentes em agroindústrias de micro e pequeno porte. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 4, p. 334-342, 2018.

LIMA, Luiz Paulo; PEREZ, Ronaldo; CHAVES, José Benício Paes. A indústria de laticínios no Brasil—Um estudo exploratório. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 35, n. 1, p.1-13, 2017.

MAGNO, Paulo Sérgio do Livramento. **Tratamento de efluentes em lagoas de estabilização**: um estudo de caso em indústria de laticínio. 2010. 73 f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Taubaté, 2010.

- MARQUES, Janaína Santos Saldanha *et al.* Desafios da implantação de tratamento de esgoto em regiões ribeirinhas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98817-98824, 2020.
- MENDONÇA, Henrique Vieira de. **Avaliação da eficiência de sistemas alagados construídos em operação por bateladas no tratamento de efluentes da indústria de laticínios**. 2011. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2011.
- MOREIRA, Fernanda Deister; CERQUEIRA, Valdeane Dias; SARAIVA, Claudéty Barbosa. Diagnóstico ambiental e avaliação de pontos críticos de indústria de laticínios de pequeno porte. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 319-332, 2020.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.
- ROCHA, Ana Cláudia da Costa. **Avaliação dos resíduos gerados no processo produtivo de uma empresa de laticínios da região do Ceará**. 2017. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, 2017.
- SALGOT, Miquel; FOLCH, Montserrat. Wastewater treatment and water reuse. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 2, p. 64-74, 2018.
- SATIRO, André *et al.* Tratamento de água negra domiciliar através de bananeiras por tanque de evapotranspiração. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 6, n.2, p. 235-248, 2018.
- SCALETISKY, Celso Carnos. Pesquisa aplicada/pesquisa acadêmica—o caso Sander. **Estudos em Design**, v. 18, n. 2, p.1-14, 2010.
- SEVERO, Elisabeth; SOUSA, Hipólito. Ferramentas Quantitativas e Qualitativas para Avaliação da Sustentabilidade das Edificações. **Ciaiq2016**, v. 4, n.1, p.13-21, 2016.
- SILVA, Jefferson Fernandes Amaral; PEREIRA, Roberto Guimarães. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 263-280, 2019.
- SILVA, Leonardo Bruno Morais Vieira da; DANTAS, Gerbeson Carlos Batista; OLIVEIRA, Andrea Saraiva de. Análise dos componentes de uma estação de tratamento de esgoto destinada a população carente do semiárido. **Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido**, v.7, n.1, p.1-12, 2018.
- SILVA, Rosângela Maria *et al.* Lagoas de estabilização: um estudo de revisão. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.3, n.1, p.1-13, 2015.
- SILVA, Rubenildo Campos da. **O potencial de captação de água de chuvas: uma proposta para o uso de modelagem matemática**. 2018. 27f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Campina Grande, 2018.
- SINHA, Surbhi *et al.* Uma revisão sobre as características da indústria leiteira, seu impacto sobre o meio ambiente e as possibilidades de tratamento. **Questões emergentes em ecologia e ciência ambiental**, v.74, n.8, p. 73-84, 2019.
- SOARES, Ricardo *et al.* Evaluation of the Efficiency of Reverse Osmosis in the Treatment of Sanitary Landfill Leachate in the Metropolitan Region of the Rio de Janeiro. **Rev. Virtual Quim.**, v.12, n.2, p. 1-11, 2021.
- TONETTO, Leandro Miletto; BRUST-RENCK, Priscila Goergen; STEIN, Lilian Milnitsky. Perspectivas metodológicas na pesquisa sobre o comportamento do consumidor. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 34, p. 180-195, 2014.
- VEIGA, Lilian Bechara Elabras; LOUREIRO, Gabriele Pinheiro. Produção mais limpa aplicada a gestão dos resíduos sólidos em indústrias de laticínios. **Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**, v.5, n.1, p.1-7, 2022.
- VIANA, C. C.; MENDONÇA, H. V.; OTENIO, M. H. Efluente da indústria de laticínios: qual tecnologia aplicar para tratamento? In: Tecnologia,

Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Produtos Lácteos, v.2, n.1, p.1-2, 2021.

WOLKMER, Maria de Fátima S.; PIMMEL, Nicole Freiburger. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequência (Florianópolis)**, n. 63, p. 165-198, 2013.

ZHENG, Xiang *et al.* Overview of membrane technology applications for industrial wastewater treatment in China to increase water supply. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 105, p. 1-10, 2015.