



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Ciências e tecnologia agroalimentar
Unidade acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental (UACTA)

Thadeu Formiga Rosendo

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA ALAGADO CONSTRUÍDO (SAC) NO TRATAMENTO
DE EFLUENTES ORIUNDOS DE AGROÍNDUSTRIAS DE LATICÍNIOS.**

Pombal-PB
2021

Thadeu Formiga Rosendo

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA ALAGADO CONSTRUÍDO (SAC) NO TRATAMENTO
DE EFLUENTES ORIUNDOS DE AGROÍNDUSTRIAS DE LATICÍNIOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Ciência e
Tecnologia Agroalimentar da Universidade
Federal de Campina Grande como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Pós-Dra. Andréa Maria
Brandão Mendes de Oliveira

Pombal-PB
2021

R813a Rosendo, Thadeu Formiga.
Avaliação do sistema alagado construído (SAC) no tratamento de efluentes oriundos de agroindústrias de laticínios / Thadeu Formiga Rosendo. - Pombal, 2021.
38f. : il. Color

Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.
Orientação: Profa. Pós-Dra. Andréia Maria Brandão Mendes de Oliveira".
Referências.

1. Saneamento. 2. Lagoas de Tratamento. 3. Espécies Vegetais. I. Oliveira, Andréia Maria Brandão Mendes de. II. Título.

CDU 628(043)

Thadeu Formiga Rosendo

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA ALAGADO CONSTRUÍDO (SAC) NO
TRATAMENTO DE EFLUENTES ORIUNDOS DE AGROÍNDUSTRIAS DE
LATICÍNIOS.**

Aprovado em 20/10 /2021.

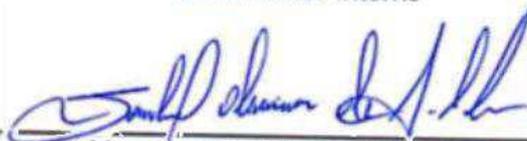
BANCA EXAMINADORA



Profa. Pós-Dra. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira
Orientador(a) – UFCG / Campus Pombal-PB



Msc. Luiz Fernando de Oliveira Coelho
Examinador Interno



Msc. Sanduel Oliveira de Andrade
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Desde os primeiros momentos em que ingressei na vida acadêmica a benção do Senhor meu Deus foi me concedida e em meio a tantos momentos e alegria, mas também de muitas dificuldades, ele esteve ao meu lado. Toda honra e toda glória por todo amparo em minha jornada.

Aos meus pais João e Maria, que moveram montanhas para que hoje tudo isso fosse possível, por inúmeras vezes abdicarem de seus desejos e vontades para que nada me faltasse, diante mão para que novos ares eu possa voar e sei que sempre que precisar terei o apoio em todas as decisões que tomar, e sempre que precisarei de um refúgio eles estarão de braços abertos para me receber.

Ao meu irmão que sempre foi uma fonte de inspiração para minha jornada acadêmica desde o início.

As minhas amigas irmãs de universidade, Mayara, Danielle, Millena e aos demais que fizeram parte da turma, que estiveram e estão comigo desde o primeiro dia de aula, que diante de tantas batalhas, aperreios, dificuldades e derrotas estiveram a meu lado me dando apoio e todo amparo necessário para continuar, assim como em todos os momentos de conquistas, e vitórias em todo o curso. Em toda tensão de véspera de prova nos três juntos conseguíamos tirar sorrisos uns dos outros aliviando sempre todo aperreio, tornando tudo sempre mais leve.

A minha orientadora professora Andréa, juntamente a seu Luiz, técnico do LAAG e ao meu amigo Sanduel, que foram fundamentais desde o meu início na carreira de pesquisador no LAAG, agradeço aos mesmos por todos os ensinamentos, cada puxão de orelha, e por toda paciência comigo.

*“Eu tentei 99 vezes e falhei,
mas na centésima tentativa
eu consegui, nunca desista
de seus objetivos mesmo
que esses pareçam
impossíveis, a próxima
tentativa pode ser a
vitoriosa.”
Albert Einstein.*

ROSENDO, T, F. **AVALIAÇÃO DO SISTEMA ALAGADO CONSTRUÍDO (SAC) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES ORIUNDOS DE AGROÍNDUSTRIAS DE LATICÍNIOS.** 2021 nº 38. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2021.

Resumo

No decorrer dos anos, as agroindústrias tiveram um crescimento significativo e avanço tecnológico após as grandes revoluções industriais, que resultaram no uso de ferramentas tecnológicas para a mecanização dos processos produtivos, incluindo o Brasil, em especial na região Nordeste, se concentrando na região interiorana caracterizado por agroindústrias de pequeno porte, com destaque para as que beneficiam produtos lácteos e que são responsáveis pelo crescimento econômico regional e local. Os efluentes agroindustriais dessa modalidade apresentam características de uma elevada carga de matéria orgânica e inorgânica que, quando lançados aos corpos receptores sem um tratamento prévio, podem acarretar diversos impactos ambientais negativos, contaminando águas superficiais e subterrâneas. Infelizmente, muitos proprietários dessas agroindústrias familiares não apresentam um poder aquisitivo elevado, para que se possa implantar um tratamento convencional. A partir disso, é de suma importância o desenvolvimento de tecnologias alternativas, eficientes e de baixo custo para esses produtores. Neste viés, esta pesquisa objetivou avaliar o desempenho de um Sistema Alagado Construído para tratamento de efluentes agroindustriais de laticínios. A pesquisa foi realizada Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal-PB, onde foi confeccionado um SAC, composto por um biodigestor de modelo chinês, e duas lagoas, uma composta uma camada de brita e a macrófita *Eichhornia crassipes* (Mart.) e a segunda por uma camada de solo + brita e a espécie *Portulaca oleracea* L., foram coletadas amostras em pontos estratégicos do tratamento e realizadas análises físico-químicas. Mediante os resultados obtidos foi possível constatar a influência da vegetação sobre os parâmetros estudados, na qual resultou em um excelente desempenho, exceto para os parâmetros P e CE, que não foram tão expressivos. Porém, o SAC se tornou uma tecnologia alternativa e promissora para o tratamento de efluentes de laticínios, podendo ser melhorado e adaptado para uma vasta gama de efluentes agroindustriais.

Palavras-chave: Saneamento. Lagoas de tratamento. Espécies vegetais

ROSENDO, T, F. **EVALUATION OF THE CONSTRUCTED WETLANDS SYSTEM (CWS) IN THE TREATMENT OF EFFLUENTS FROM DAIRY**

AGROINDUSTRIAS. (2021) nº 38. Completion of Course Work (Graduation in Environmental Engineering) - Federal University of *Campina Grande, Pombal* – PB. 2021.

ABSTRACT

Over the years, agribusinesses had significant growth and technological advances after the great industrial revolutions, which resulted in the use of technological tools for the mechanization of production processes, including Brazil, especially in the Northeast region, focusing on the interior region characterized by small agribusinesses, especially those that benefit dairy products and are responsible for regional and local economic growth. The agro-industrial effluents of this modality present characteristics of a high load of organic and inorganic matter which, when released into the receiving bodies without prior treatment, can cause several negative environmental impacts, contaminating surface and underground waters. Unfortunately, many owners of these family agroindustries do not have a high purchasing power, so that conventional treatment can be implemented. Based on this, the development of alternative, efficient and low-cost technologies for these producers is of paramount importance. In this bias, this research aimed to evaluate the performance of a Constructed Flooded System for the treatment of agro-industrial dairy effluents. The research was carried out at the Federal University of Campina Grande, Pombal-PB campus, where a SAC was made, composed of a Chinese model biodigester, and two lakes, one composed of a gravel layer and the macrophyte *Eichhornia crassipes* (Mart.) and the second by a layer of soil + gravel and the species *Portulaca oleracea* L., samples were collected at strategic points of the treatment and carried out physicochemical analyses. Through the obtained results it was possible to verify the influence of the vegetation on the studied parameters, which resulted in an excellent performance, except for the P and CE parameters, which were not so expressive. However, SAC has become an alternative and promising technology for the treatment of dairy effluents, which can be improved and adapted to a wide range of agro-industrial effluents.

Keywords: Sanitation. Treatment ponds. Plant species

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática de um SAC de fluxo superficial. Fonte: Salati et al. (2009).	19
Figura 4 Localização do município de Pombal – PB. Fonte: Autor: Andrade (2021).	21
Figura 5. Dimensões do biodigestor adquirido comercialmente. Fonte: Fortlev (2019).	22
Figura 6. Eletrodutos para otimizar do desenvolvimento microbiológico. Fonte: Autor (2021).	22
Figura 7 A. Motor Bomba SB 1000. Fonte: Sarlobatter (2020). B. Bombeamento do efluente para o Biodigestor. Fonte: Autor (2021).	23
Figura 8 Confecção das lagoas com compõem os SACs. Fonte: Autor (2021).	24
Figura 9 . Primeiro segmento do SAC, cultivado com <i>Eichhornia crassipes</i> Mart. (Solms). Fonte: Autor (2021).	24
Figura 10. Segundo segmento do SAC, cultivado com <i>Portulaca oleracea</i> L. Fonte: Autor (2021).	25
Figura 11. Dinâmica da CE nos SACs com vegetação e sem vegetação usando linha de tendência polinomial ordem 2. Fonte: Autor (2021).	29
Figura 12. Dinâmica da Turbidez nos SACs com vegetação usando linha de tendência exponencial. Fonte: Autor (2021).	30
Figura 13 Dinâmica da Cor aparente nos SACs com vegetação usando linha de tendência polinomial ordem 2. Fonte: Autor (2021).	31
Figura 14 Dinâmica da DQO nos SACs com vegetação usando linha de tendência exponencial Fonte: Autor (2021).	32
Figura 15 Dinâmica do Nitrogênio nos SACs com vegetação usando linha de tendência polinomial ordem 2. Fonte: Autor (2021).	33
Figura 16 Dinâmica do Fósforo nos SACs com vegetação usando linha de tendência polinomial ordem 2. Fonte: Autor (2021).	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variação média da temperatura ambiente, temperatura do efluente e umidade relativa e radiação solar no momento da coleta.	27
Tabela 2 Variação da Condutividade Elétrica, em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, Teor de Turbidez, nos Sistemas Alagados Construídos	29
Tabela 3 Variação da DQO, Nitrogênio, e fosforo, nos Sistemas Alagados Construídos	31

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BIO	Biodigestor
BRT	Bruto
CE	Condutividade Elétrica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
N	Nitrogênio
P	Fósforo
SAC's	Sistemas Alagados Construídos

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Geral	14
2.2 Específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Sistemas superficiais	19
3.2 Sistemas Subsuperficial	19
3.3 Sistema híbrido	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6 CONCLUSÃO	34
7 Referencias:	36

1 INTRODUÇÃO

A agricultura não consiste em uma atividade recente e foi um marco para o desenvolvimento da humanidade. Sem o advento da agricultura, as sociedades complexas e tecnicamente inovadoras e as grandes populações humanas que existem hoje não poderiam ter evoluído. A agricultura permitiu que as pessoas se fixassem em um determinado local para viver, constituindo assim, as cidades e grandes metrópoles e desenvolvam sociedades com segmentos especializados de trabalho, como agricultores, artesãos, soldados, líderes religiosos, professores, engenheiros e médicos.

Com isso, favoreceu o crescimento populacional, necessitando o aumento na produção de insumos, em especial, de insumos alimentícios, obrigando o homem a adotar novas técnicas de cultivo para obter uma maior produção e qualidade da colheita. Este fato tem alterado, de forma mais acentuada, os ecossistemas naturais, reduzindo gradativamente sua área. Sobre essa alteração, Mazoyer e Roudart (2008) destacam o termo ecossistema cultivado, onde se é composto por alguns sistemas ou subsistemas que se completam e são proporcionais, tendo em vista que são capazes de se renovar, e para o seu bom desenvolvimento dependem das riquezas minerais presentes, além da temperatura da energia solar entre outros.

Dentro deste contexto, as agroindústrias têm sido um dos principais contribuintes da economia mundial, em especial, para os países em desenvolvimento, como o Brasil, onde uma considerável parcela da população depende da agricultura para aquisição de renda. Na região Nordeste brasileira é comum a existência de pequenos produtores rurais enquadrados como agricultores familiares. Para Guilhoto (2007), a agricultura familiar desempenha um importante papel social na mitigação do êxodo rural e da desigualdade social do campo e das cidades.

Entretanto, com o crescimento destes empreendimentos rurais, tem aumentado a geração de resíduos, em especial de efluentes. Muitas agroindústrias, por serem de pequeno porte e de base familiar, não possuem um tratamento adequado para os efluentes gerados no decorrer da cadeia produtiva, sendo lançado diretamente ao solo ou nos corpos hídricos próximos, impactando negativamente o meio ambiente. Em geral, os efluentes agroindustriais são ricos

em resíduos orgânicos, como gorduras, proteínas e açúcares, acarretando altos índices de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Biológica de Oxigênio (DBO). Andrade et al. (2016) enfatizam que a agroindústria familiar, apesar de ser de pequeno porte, possui um elevado potencial poluidor devido a elevada carga orgânica presente, bem como no lançamento diretamente no meio ambiente sem qualquer tratamento prévio. O excesso da carga orgânica lançada pode também contribuir significativamente na intensificação do fenômeno de eutrofização em corpos hídricos.

No tocante as agroindústrias de laticínios, além da carga orgânica presente nos efluentes, há também a presença de sais, com destaque para o Cloreto de Sódio (NaCl), proveniente do processo de salga na produção de queijo tipo coalho. O lançamento de efluentes de alta concentração salina poderá intensificar o processo de desertificação do solo e alteração na biota aquática.

A partir desta premissa, torna-se necessária a adoção de técnicas que visem o tratamento do efluente gerado no processo agroindustrial para posterior lançamento no corpo hídrico ou até mesmo sua reutilização. Uma tecnologia em ascensão é a que utiliza espécies vegetais para remoção de nutrientes em água, conhecida por Sistemas Alagados Construídos (SACs). De acordo com Mendonça et al. (2015), o tratamento de efluentes de laticínios por meio de SACs obteve resultados satisfatórios na redução da DBO e na regulação da faixa de pH. Também é de suma importância que a espécie escolhida para o SAC seja tolerante a ambientes halófilos em virtude das características do efluente a ser tratado.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Verificar a eficiência de um Sistema Alagado Construído (SAC) cultivado com as espécies *Eichhornia crassipes* (Mart) e *Portulaca oleracea* L. no tratamento de efluentes agroindustriais de laticínios.

2.2 Específicos

- ✓ Proporcionar um sistema de tratamento eficiente e de baixo custo ao produtor rural;
- ✓ Mitigar dos impactos ambientais negativos causados pelo despejo incorreto do efluente gerado, tais como a eutrofização de corpos hídricos;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No decorrer dos anos o setor agroindustrial se desenvolveu gradativamente, gerando divisas e empregos a sociedade. O Brasil apresenta uma enorme extensão territorial, possibilitando também a expansão da produção agroindustrial, especificamente de insumos alimentícios. Somada as necessidades, o país vem mostrando que é capaz de obter uma vasta produção, até mesmo comparado aos países ricos, que apresentam uma fonte de tecnologia superior (SANTOS et al., 2018).

As formas que se observam as agroindústrias variam de acordo com as condições climáticas de cada região, como também aos recursos naturais disponíveis. O ser humano desde a sua existência, utiliza-se desses recursos. O que acontece hoje é a forma e a intensidade com que os mesmos são usados e retornados ao meio, com propósito da geração de lucros e suprir suas necessidades, principalmente após a grande revolução industrial, tendo em vista o aumento produtivo com uso de diversas tecnologias como: uso de fertilizantes químicos, melhoramento genético, entre outros.

O termo agroindústria abrange diversos setores industriais. Dessa forma, constitui-se de inúmeras definições. Segundo Day (2010) é o agrupamento oriundo das atividades agrícolas, pecuárias, aquicultura ou silvicultura. Logicamente, isso varia de acordo com o ramo e objetivos de cada empresa, que vai desde o abastecimento de insumos até o consumidor final. Em confronto com outros segmentos industriais, as agroindústrias apresentam os principais atributos das matérias-primas: sazonalidade, perecibilidade e heterogeneidade.

Medina et al. (2015) destacam que 98% das propriedades agrícolas no planeta são de base familiar e tem fundamental relevância para a economia, tendo em vista a crescente demanda por insumos alimentares. Grande parte dos investimentos para o segmento da agricultura familiar tem por base fomentar modelos de negócios modernos e competitivos, gerando benefícios e mitigando a escassez econômica em áreas rurais.

Conforme o Censo Agropecuário Brasileiro (IBGE, 2017), o Brasil possui 1.527.056 estabelecimentos agropecuários com agroindústrias, sendo destes, 1.311.830 considerados como familiares, correspondente a cerca de 86% das agroindústrias brasileiras. Conforme o MDA (2017), 38% da produção agropecuária nacional é proveniente da agricultura familiar e corresponde por sete de cada dez

postos de trabalho no campo e responsável pela produção de mais de 50% dos alimentos da cesta básica brasileira. Para Trentin e Wesz Junior (2013), o setor ocupa 80% da mão-de-obra rural e responde por 40% do valor bruto da produção agropecuária nacional, bem como, obtém em média três vezes mais renda por hectare cultivado.

A agroindústrias familiares são responsáveis por um grande poder econômico local, desenvolvendo pequenos negócios, comércios e serviços, proporcionando o aumento de informação e conhecimento para os produtores, tendo em vista que as agroindústrias familiares englobam famílias que vivem e exploram pequenas propriedades que se encontram com pequeno capital financeiro, assim como grandes produtores inseridos no agronegócio, com poder tecnológico maior, obtendo ganhos expressivos.

Dentro do contexto agroindustrial, ganham destaque as agroindústrias de laticínios. No período de 1997 a 2019, a produção brasileira de leite inspecionado cresceu 133,96%, atingindo seu ápice no ano de 2014, com 27,72 bilhões de litros (IBGE, 2019). Nos anos subsequentes a 2014, houve um leve decréscimo da produção em virtude da elevação do preço do leite, ocasionado ao aumento dos insumos necessários a alimentação do rebanho, energia elétrica e combustíveis. Contudo, nos anos de 2018 e 2019, a produção de leite vem retomando seu crescimento. Neste contexto, a região Nordeste do Brasil produziu 3,89 bilhões de litros de leite no ano de 2019, equivalente a 11,6% do leite nacional (EMBRAPA, 2019). De acordo com o IBGE (2020), apenas no 1º trimestre de 2020, a aquisição de leite por laticínios foi de 6,30 bilhões de litros. Dos produtos originados da agroindústria de laticínios, destacam-se o leite UTH e o queijo, que correspondem a 24,86 e 24,84% das vendas respectivamente (EMBRAPA, 2019). Entretanto, deve-se levar em consideração que esses números são os que foram contabilizados de forma oficial, visto que podem aumentar em virtude de um número considerável de agroindústrias operarem na informalidade, principalmente as agroindústrias familiares. Para Silva et al. (2009), a coexistência dos setores informal e formal é talvez uma das principais características distintivas do setor agroindustrial nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil.

Esses empreendimentos econômicos não têm ocasionado apenas aspectos positivos, mas também diversas consequências adversas em virtude da geração de resíduos oriundos do seu processo agroindustrial. Henson e Cranfield (2009)

ressaltam que é importante reconhecer que os impactos dos processos de agroindustrialização como um todo refletem processos interconectados em todos os níveis da agroindústria, desde a produção até a distribuição. Um dos aspectos ambientais relevantes diz respeito ao fato de as agroindústrias poderem ocasionar efeitos críticos na disponibilidade e qualidade da água. Aumentos em sua capacidade produtiva pode implicar em um aumento na demanda por água, especialmente se estiverem associados a sistemas de produção irrigados (HENSON; CRANFIELD, 2009).

Diante dessa problemática, as agroindústrias são responsáveis por uma grande geração de efluentes e que não devem ser descartados sem um tratamento prévio, pois podem ocasionar diversos impactos ambientais negativos. Quando lançados ao solo podem percolar até o lençol freático, contaminando as águas subterrâneas. Também pode ser lixiviados por arraste até atingir um corpo hídrico superficial, como rios, lagos e represas. Dependendo da quantidade do efluente que for lançado a esses corpos hídricos, pode superar seu poder de autodepuração devido seu grande poder poluidor. Ashby (2013) conceitua a autodepuração como um processo natural e progressivo de um determinado corpo hídrico após o lançamento de uma carga poluidora tanto de origem natural quanto antrópica. No processo de autodepuração estão envolvidos fenômenos químicos, físicos e biológicos, corroborando para que o corpo hídrico venha retornar ao seu estágio inicial, antes da recepção da carga poluente, mantendo assim, o ambiente em equilíbrio.

Carvalho et al. (2015) afirmam que os efluentes de agroindústrias de laticínios são compostos de leite (ou soro de leite) e água de limpeza dos utensílios, maquinários e instalações. São caracterizados por alta concentração de material orgânico, tornando indispensável o seu tratamento, para posteriormente ser lançado os corpos receptores ou reaproveitados para outras finalidades.

A disposição inadequada dos efluentes oriundos do processo agroindustrial poderá causar diversos efeitos adversos ao meio ambiente, como contaminação das águas superficiais e subterrâneas, elevando os níveis de matéria orgânica, eutrofização, desequilíbrio ecológico e o risco a saúde humana e animal. Os resíduos agroindustriais podem ser tratados com as tecnologias mais econômicas e eficientes antes de serem descartados no meio ambiente.

No Brasil, os efluentes para lançamento em corpos hídricos receptores devem se enquadrar na Resolução do CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, que

estabelece em seu Art. 3º: “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução”. A partir desta premissa torna-se necessária a adoção de técnicas que visem o tratamento do efluente gerado no processo agroindustrial para posterior lançamento no corpo hídrico ou sua reutilização.

Posto isso, os tratamentos convencionais são classificados em: tratamento preliminar, que consiste em eliminar ou reduzir a quantidade dos sólidos grosseiros, que é unicamente realizado por processos físicos, através de gradeamentos. Tratamento primário, é a etapa que tem como papel remover ou reduzir os sólidos sedimentáveis e conseqüentemente uma amenização na quantidade de matéria orgânica dos efluentes, que podem ser realizadas através da sedimentação, decantação e ou flotação. Tratamento Secundário, que consiste em um processo biológico, no qual a matéria orgânica presente é consumida por microrganismos, nos chamados reatores biológicos. E o tratamento terciário, que consiste em um tratamento físico-químico que objetiva remover parcialmente a matéria orgânica e os compostos não biodegradáveis, além dos sólidos suspensos, e desinfecção (DIAS et al., 2019)

Além disso, os tratamentos podem ser realizados de duas formas anaeróbio e aeróbio. O tratamento anaeróbio é um processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio onde os microrganismos consomem parte dos compostos orgânicos como proteínas, lipídios, carboidratos, entre outros, em produtos mais simples como metano e gás carbônico (DIAS et al., 2019).

O mais indicado é a combinação entre ambos os sistemas de tratamento, um processo anaeróbio em seguida de um aeróbio, onde a maior parte da remoção dos sólidos é realizado pelo reator anaeróbio e apenas o remanescente seria removido pelo processo aeróbio, reduzindo a quantidade de lodo gerado no processo (DIAS et al., 2019).

Porém, nem todas as agroindústrias apresentam um poder aquisitivo suficiente para que possam implantar um sistema de tratamento convencional. Diante dessa dificuldade, surgem os sistemas de tratamento alternativos, onde uma excelente opção para esses produtores, são os Sistemas Alagados Construídos (SACs), que por sua vez apresentam, custos reduzidos para implantação, uma fácil operação e uma simples manutenção, além de uma utilização de requisitos energéticos

praticamente nulos, e apresentam uma harmonização paisagista (SANTOS et al., 2017).

De acordo com Monteiro (2009), os SACs são classificados em diversos tipos, podendo variar de acordo com alguns padrões, como o fluxo a ser seguido pelo sistema (superficial, subsuperficial vertical e subsuperficial horizontal), além do tipo de água a ser tratado (efluentes, água cinza entre outros) e o tipo de vegetação a ser utilizada no sistema.

3.1 Sistemas superficiais

Os sistemas superficiais apresentam uma lâmina d'água na parte superficial da lagoa onde é ecoado sob o meio filtrante que são compostos normalmente pelas macrófitas, como exposto na Figura 1.

Devido esse tipo de fluxo apresentarem uma necessidade de tempo de retenção maior quando comparado aos demais modelos, além da precisão de um suporte como meio filtrante para as espécies vegetais, resultando para alguns parâmetros como a remoção da matéria orgânica e dos sólidos suspensos, uma eficiência maior.

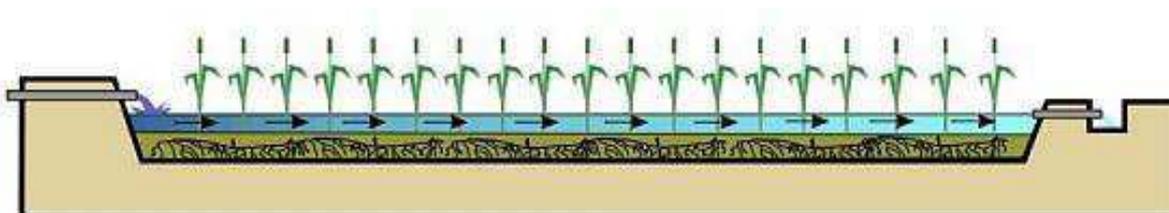


Figura 1. Representação esquemática de um SAC de fluxo superficial. Fonte: Salati et al. (2009).

3.2 Sistemas Subsuperficial

Diferentemente do sistema superficial, o subsuperficial a área úmida não está com contato direto com a atmosfera. Segundo Lima (2016), esse tipo de sistema pode apresentar duas direções de fluxos, os horizontais e ou verticais, além de requisitar maiores detalhes sobre o seu projeto, visto que o líquido é drenado por meio do material filtrante, entrando em contato com os microrganismos e associados ao meio de suporte juntamente com as raízes das espécies vegetais.

Para os sistemas alagados construídos, de fluxo horizontal, onde o líquido é introduzido por baixo da superfície do substrato, no qual segue até a área de saída do sistema, devido a sua declividade, como mostra a Figura 2.

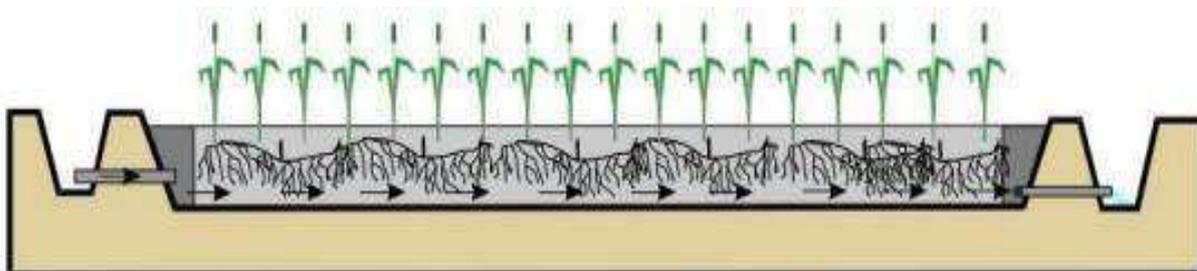


Figura 2. Representação esquemática de um SAC de fluxo subsuperficial horizontal. Fonte: Salati et al. (2009).

Já para os sistemas de fluxo vertical, o efluente é introduzido sob a superfície do sistema onde tende a percolar e cobrir toda a área plantada. A posteriori, o líquido é drenado e captado ao final do sistema conforme ilustra a Figura 3.

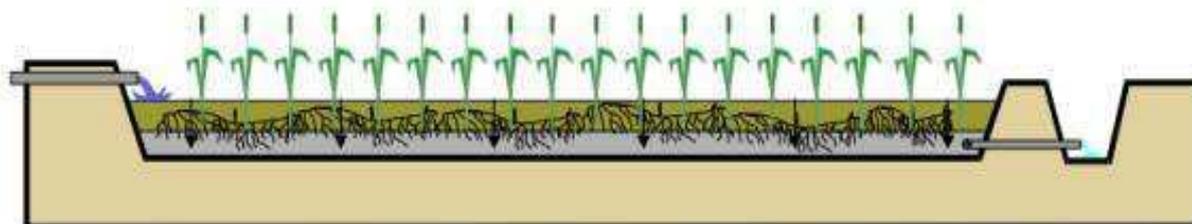


Figura 3. Representação esquemática de um SAC de fluxo subsuperficial vertical. Fonte: Salati et al. (2009).

3.3 Sistema híbrido

Outro tipo de sistema que está sendo muito utilizado é o híbrido, no qual consiste em uma combinação de ambos sistemas citados anteriormente, uma lagoa de fluxo vertical seguido de uma outra lagoa horizontal. Segundo Faissal (2016), na primeira etapa dos sistemas híbridos ocorre a redução dos altos índices de DQO e filtram as partículas em suspensão. Já na segunda fase, tende-se a remoção dos do nitrogênio juntamente dos organismos patogênicos finalizando assim o tratamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus de Pombal – PB, localizado no sertão paraibano, como mostra a Figura 4.

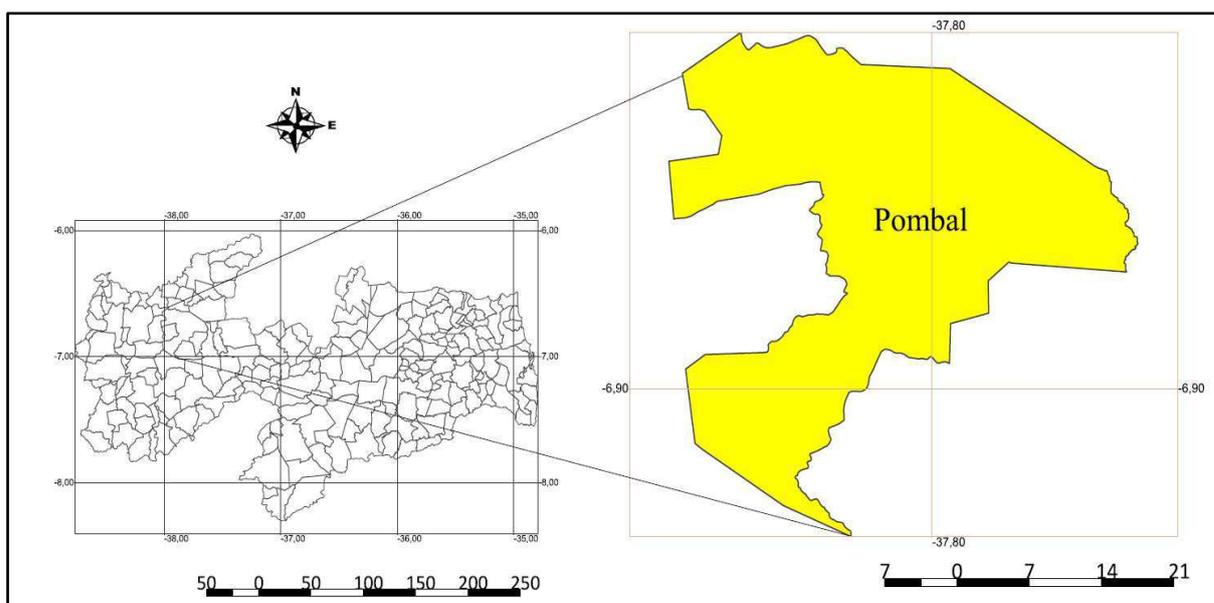


Figura 2 Localização do município de Pombal – PB. Fonte: Autor: Andrade (2021).

Foi construída uma Estação de Tratamento de Esgoto composto de um biodigestor, adquirido comercialmente, com capacidade de 600 L, e dois leitos vegetados. O biodigestor possui uma altura de 1,44 m, diâmetro de 0,95 m. A altura em relação a entrada de efluente foi de 1,36 m e saída 1,26 m. A altura da saída de lodo foi de 0,95 m. Por fim, a circunferência da tampa foi de 0,6 m, ilustrada na Figura 5.

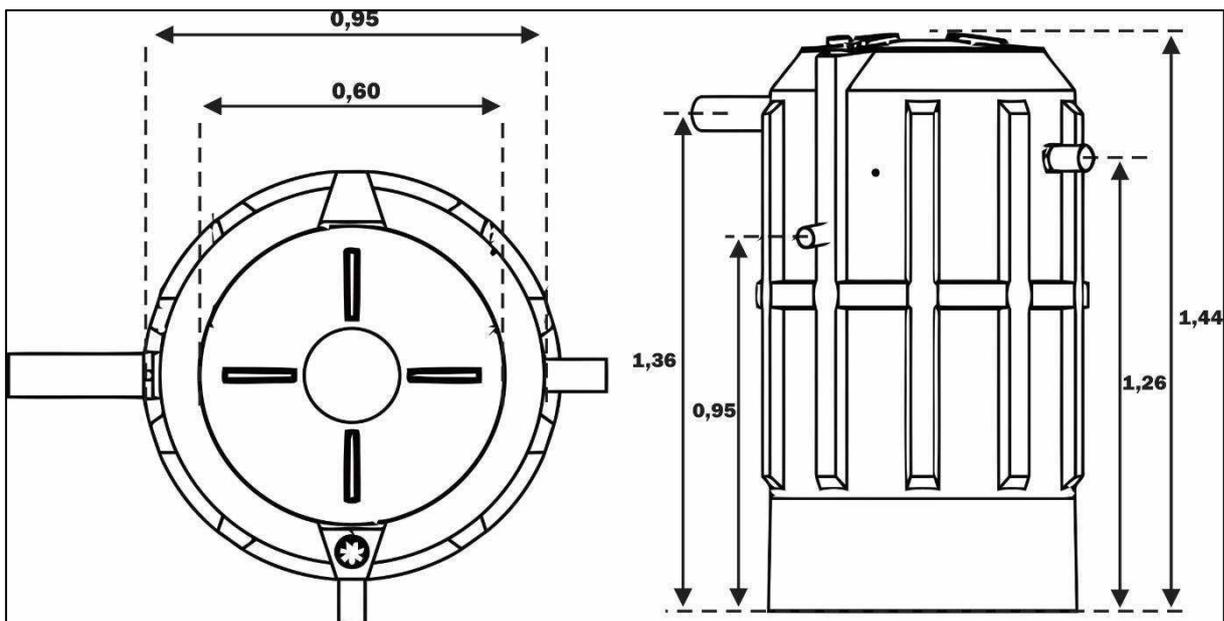


Figura 3. Dimensões do biodigestor adquirido comercialmente. Fonte: Fortlev (2019).

Em seu interior, foi adicionado fragmentos de eletrodutos flexíveis corrugados, de aproximadamente 8 cm de comprimento e 25 mm de diâmetro, como mostrado na Figura 6 no intuito de aumentar a área superficial para geração de biofilmes, otimizando a flora microbiana. Antes do efluente ser inserido no biodigestor, o mesmo passará por um tratamento primário, mediante gradeamento e desarenação para remoção de elementos grosseiros.



Figura 4. Eletrodutos para otimizar do desenvolvimento microbológico. Fonte: Autor (2021).

Antes de abastecer o biodigestor com o efluente a ser tratado, foi inserida uma quantidade de 200 ml de esterco bovino diluído na proporção de 1:1 no intuito de criar uma biota adequada para otimizar o consumo da matéria orgânica presente no efluente. As águas residuárias foram provenientes de uma agroindústria de laticínios, localizada no município de Pombal-PB, onde foram realizadas visitas técnicas para melhor entendimento da cadeia produtiva dos derivados lácteos gerados, em especial, o queijo e a manteiga, bem como, observar os resíduos gerados em cada etapa.

Para transferência do efluente para o biodigestor, após o tratamento primário, foi utilizado um reservatório de 100 L e realizado o bombeamento com uma Moto Bomba modelo SB 1000 da fabricante Sarlobetter®, cuja vazão máxima é de 1000 L.h⁻¹, destacadas nas Figuras 7.



Figura 5 A. Motor Bomba SB 1000. Fonte: Sarlobatter (2020). B. Bombeamento do efluente para o Biodigestor. Fonte: Autor (2021).

O efluente oriundo do biodigestor foi transportado para o SAC. O leito do SAC se subdividirá em dois segmentos, sendo o primeiro de fluxo ascendente e o segundo de fluxo descendente. As lagoas foram confeccionadas com quatro recipientes de Polipropileno circulares medindo 0,6 metros de raio e 0,3 metros de profundidade. Cada segmento da lagoa foi composto com dois destes recipientes, interligado com flanges e cano de PVC de 25 mm, conforme mostra a Figura 8.



Figura 6 Confeção das lagoas com compõem os SACs. Fonte: Autor (2021).

O primeiro segmento foi cultivado com a espécie *Eichhornia crassipes* Mart. (Solms), sendo utilizado como substrato, uma camada de 0,5 m de brita comercial nº 0, no intuito de aumentar a área superficial para favorecer a microbiota local, conforme ilustra a Figura 9. Este primeiro segmento foi acolado em uma coluna feita de tijolos a uma altura de 0,46 m do pavimento.



Figura 7 . Primeiro segmento do SAC, cultivado com *Eichhornia crassipes* Mart. (Solms). Fonte: Autor (2021).

O segundo segmento foi cultivado com a espécie *Portulaca oleracea* L. Foi utilizada, como meio de suporte, uma camada de 0,2 m de brita n. 0, adquirida comercialmente, e 0,08 m de solo, onde teve o cuidado para não ocorrer compactação desnecessária. Este segundo segmento foi construído com um declive de 0,1m em relação ao primeiro, conforme mostra a Figura 10.



Figura 8. Segundo segmento do SAC, cultivado com *Portulaca oleracea L.* Fonte: Autor (2021).

No segundo segmento do SAC foi instalado um tubo de PVC, com 40 mm de diâmetro e disposta verticalmente, 10 cm acima da superfície que serviu para verificar o nível de água existente. O sistema possui registros de controle de vazão, haja vista, o fluxo ser controlado manualmente e por meio gravitacional e pelas alturas de entrada e saída.

Para avaliar o desempenho do SAC foi realizada uma coleta semanal, pela manhã, no ponto de entrada do efluente vindo do biodigestor, nos pontos onde estão instalados os tubos de PVC e no final do processo, sendo realizadas análises físico-químicas e microbiológicas no laboratório da Universidade Federal de Campina Grande e preservado adequadamente quando necessário, para obtenção das variáveis: Temperatura Interna e Externa, Irradiância Solar, Umidade Relativa, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Turbidez, Cor, Condutividade Elétrica (CE), Nitrogênio Total (N-Total), Fósforo Total (P-Total). Os parâmetros, temperatura, condutividade, turbidez e serão mensuradas *in loco*. Foi utilizado para fins de cálculo da eficiência de remoção em % para cada parâmetro a seguinte fórmula:

$$\frac{V_f - V_i}{V_f} * 100\% \quad \text{Eq.01}$$

Onde: V_f = Valor final
 V_i = Valor inicial

Foram utilizados os procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017). A partir dos dados do monitoramento do efluente nas diversas etapas foi possível comparar grupos de dados para verificação da influência da espécie avaliada na remoção de poluentes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto as condições climáticas, percebeu-se que houve significância no decorrer do tratamento, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Variação média da temperatura ambiente, temperatura do efluente e umidade relativa e radiação solar no momento da coleta.

PARAMETROS	TA (°C)	TE (°C)	UR (%)	IS (W/m²)
BRT	37,8 a	30,8 a	22,7 c	655,77 a
BIO	35,9 a	33,7 a	22,8 c	659,00 a
SAC1	28,0 b	26,1 b	46,5 a	148,33 c
SAC2	29,2 b	25,8 b	30,5 b	506,40 b
CV (%)	4,99	5,59	7,55	8,91

BRT – Efluente Bruto; BIO – Efluente do Biodigestor; SAC1 – primeiro segmento da lagoa; SAC2 – segundo segmento da lagoa; TA – Temperatura Ambiente; TE – Temperatura do Efluente; UR – Umidade Relativa; IS – Irradiância Solar; CV – Coeficiente de Variação. Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey considerando o valor nominal de significância de 5%. Fonte: Autor (2021).

A temperatura ambiente apresentou uma variação entre 28 e 37,8 °C, típicas da região de estudo. Já a temperatura do efluente foi levemente menor que a temperatura ambiente, variando entre 25,8 e 33,7 °C. A temperatura se torna um parâmetro relevante por atuar diretamente no metabolismo dos microrganismos e na taxa fotossintética das espécies vegetais presentes nos SACs. Temperaturas mais baixas podem retardar a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos, o que pode acarretar em um maior tempo de retenção hídrica, tanto no biodigestor quanto nos SACs. Temperaturas elevadas podem ocasionar a morte dos microrganismos, afetando negativamente o tratamento.

Segundo Kadlec e Wallace (2009), a temperatura ideal para o funcionamento do sistema varia entre 25°C e 35°C, e que pode ser fator limitante para remoção de alguns parâmetros. Conforme os valores obtidos na Tabela 1, o sistema se enquadra perfeitamente no intervalo indicado e pode-se observar que não houve interferência negativa da temperatura.

Diante o exposto, o sistema analisado se enquadrado em relação a Resolução do CONAMA n. 430/2011 para o descarte do efluente tratado nos corpos hídricos, que estabelece uma temperatura menor a 40°C ou um gradiente de 3° C na zona de mistura, que o efluente se apresentou proporcionalmente a temperatura ambiente.

Houve uma diferença estatística significativa nos pontos entre o BRT e BIO com relação as lagoas tendo em vista que as alterações se deram no momento da coleta por ter sido feitas em dias diferentes, em virtude das leves precipitações ocorridas dias antes da coleta das lagoas. A umidade relativa variou entre 22,5 e 43% que resultou uma diferença também nas TA e TE.

Com relação a irradiância solar, houve uma variação entre 140 e 640.W/m². Este parâmetro pode influenciar na taxa fotossintética das plantas. Para Grameiro et al. (2011), a baixa incidência de luz pode provocar alterações na biota de duas formas, a primeira atua regulando a biomassa máxima atingível no sistema e a segunda, estimulando a aclimatação fisiológica a condições de pouca luz.

Sabe-se que para a realização da fotossíntese a energia necessária é oriundo da radiação solar, no qual a mesma em excesso pode afetar de forma negativa o desenvolvimento da vegetação. Segundo Ávila (2019) em um experimento que a vegetação sob um índice de irradiância solar baixo as plantas tendem a apresentar um diâmetro maior, além de uma altura maior, destacando também uma maior área foliar quando comparados a outros níveis mais elevados de radiação. Com isso no experimento em estudo observou-se dificuldades no período de germinação tendo em vista, que o fato pode se dar devido as altas taxas de radiação solar.

No tocando a transpiração das macrófitas, corresponde a um processo no qual o nível de água em seu interior é regulado. A água liberada em forma de vapor é liberada por meio dos seus pequenos poros, constituídos em suas folhas, quando o volume de água se encontra em excesso, essa transpiração é maior, além de está diretamente relacionado ao índice de umidade relativa, pois quanto menor a umidade, maior será a evapotranspiração das plantas, conseqüentemente maior a perda. (SILVA et al., 2018).

A Tabela 2 mostra os resultados dos parâmetros Condutividade Elétrica (CE), Turbidez, Sólidos Sedimentáveis (SS) e Cor. Com relação a CE, houve uma sensível redução nas lagoas de tratamento quando comparado ao efluente bruto, obtendo uma eficiência de 39,6% no SAC 1, e 47,9% para o SAC 2, no qual está diretamente associado à presença das vegetações e sua capacidade de consumir macronutrientes, micronutrientes e sais minerais reduzindo suas concentrações (BROTA et al., 2018).

Tabela 2 Variação da Condutividade Elétrica, Turbidez, Sólidos Sedimentáveis e Cor no sistema Biodigestor + SACs.

PONTOS	PARÂMETROS			
	CE	TB	SS	COR
BRT	569,1 a	881,0 a	0,42 a	2550,0 a
BIO	564,1 a	182,7 b	0,20 b	1805,0 b
SAC1	343,3 b	24,8 c	0,10 b	185,0 c
SAC2	296,0 c	1,72 d	0,10 b	170,3 c
CV (%)	3,25	2,32	22,36	6,70

BRT – Efluente Bruto; BIO – Efluente do Biodigestor; SAC1 – Efluente da lagoa 01; SAC2 – Efluente da lagoa 2; CE – Condutividade Elétrica em $\mu\text{S.cm}^{-1}$; TB – Turbidez em NTU; SS – Sólidos Sedimentáveis em ml.L^{-1} ; Cor em uH. Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey considerando o valor nominal de significância de 5%. Fonte: Autor (2021).

Foi possível observar que não houve diferença estatística entre os valores do efluente bruto e o biodigestor, tendo em vista que o biodigestor foi adicionado uma parcela de esterco bovino, que por sinal, é rico em sal mineral, devido ser comum utilizar sal mineral como fonte complementar na alimentação dos animais (NURMI et al., 2019). Não aconteceu a adsorção dos sais que decantaria e se concentrariam no lodo gerado, dessa forma fez com que o teor de sais permanecesse constante no biodigestor.

Na Figura 11 nota-se melhor essa redução na CE, obtendo uma taxa de remoção de 42% ao final do tratamento em comparação ao efluente bruto.

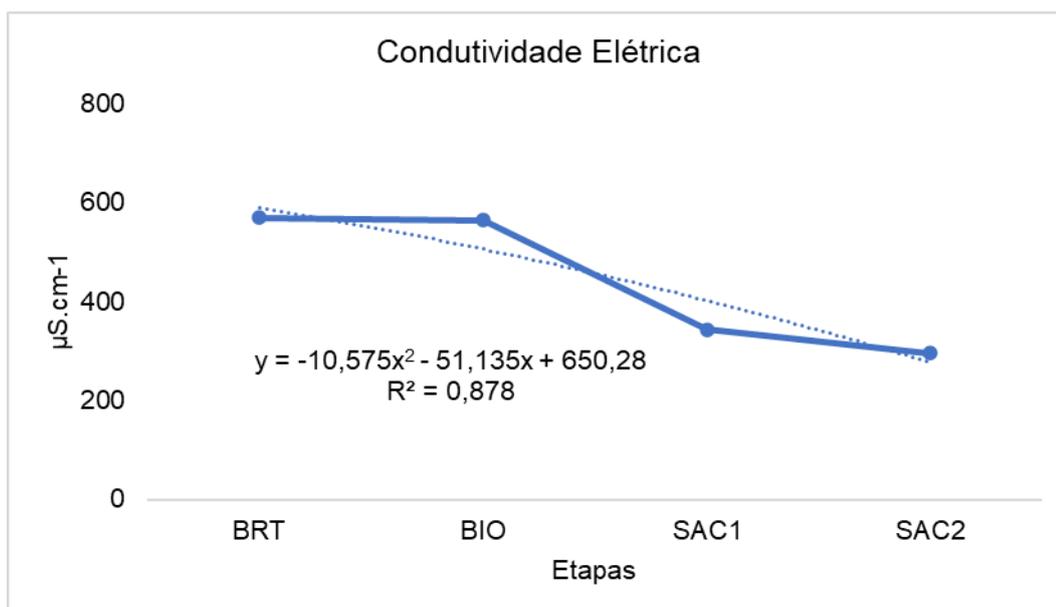


Figura 9. Dinâmica da CE nos SACs com vegetação e sem vegetação usando linha de tendência polinomial ordem 2. Fonte: Autor (2021).

Conforme a Tabela 2, foi possível observar uma redução expressiva da turbidez, durante cada etapa do tratamento desde o biodigestor passando pelas duas lagoas, visto que o efluente passou por um tempo de retenção hidráulico nas lagoas de 3 dias. Foi obtido 79,2% de remoção da turbidez no biodigestor com relação ao efluente bruto, 86,4% no SAC1 com relação ao efluente do biodigestor, e 93% para o SAC2 em relação ao efluente do SAC1. E ao fim do tratamento tomando como base o efluente bruto observou-se 99,8% de remoção, na Figura 12 demonstra o comportamento dos valores de turbidez através do sistema. Tendo em vista que isso é decorrente do procedimento de filtração por conta do substrato e do sistema radicular da espécie vegetal utilizada. (Almeida et al.,2016) Atendendo os limites exigidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 Classe II das águas que são de 100 NTU para turbidez.

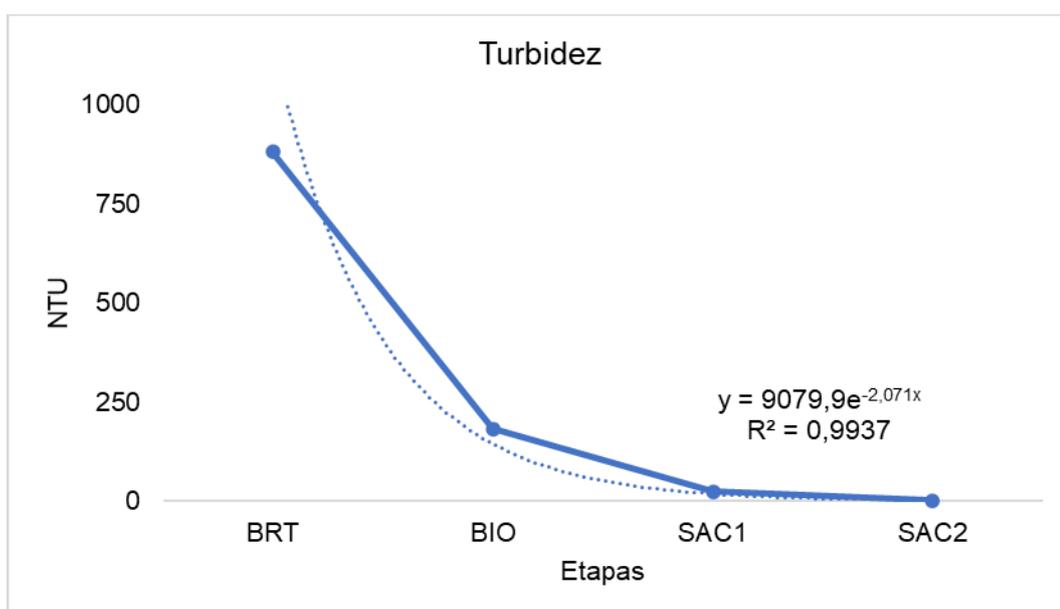


Figura 10. Dinâmica da Turbidez nos SACs com vegetação usando linha de tendência exponencial. Fonte: Autor (2021).

Outro ponto interessante, no processo do tratamento, diz respeito a uma redução da turbidez no biodigestor, no qual contribuiu positivamente. Isso se deu devido a densidade das partículas, sendo as que apresentaram maior densidade decantaram mais rapidamente acumulando-se junto ao lodo gerado (DIPU et al., 2010) e uma parcela das partículas de matéria orgânica consumidas pelos microrganismos presentes no biodigestor.

Além desses, o parâmetro cor, diretamente relacionado com a quantidade de sólidos dissolvidos presentes no efluente, obteve uma eficiência de remoção para o biodigestor de 29,2%, passando para as lagoas, no SAC1 e SAC2, foi possível observar uma eficiência de 92,7% e 93,3% respectivamente, quando comparados ao efluente bruto, um valor significativo, conforme demonstra na Figura 13.

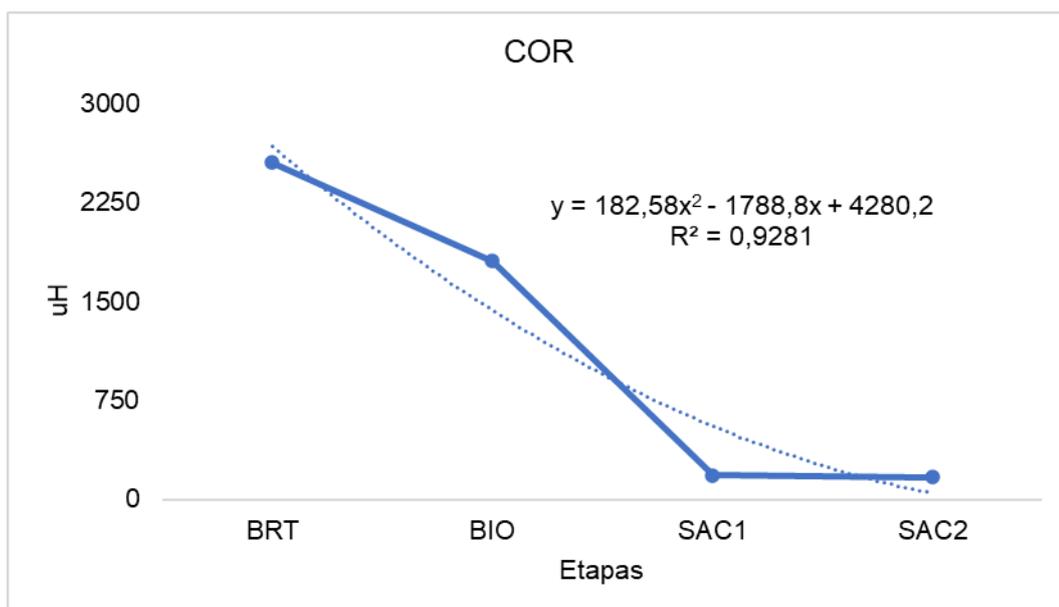


Figura 11 Dinâmica da Cor aparente nos SACs com vegetação usando linha de tendência polinomial ordem 2. Fonte: Autor (2021).

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos a respeito da Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio e Fósforo.

Tabela 3. Variação da DQO, Nitrogênio, e Fósforo no sistema Biodigestor + SAC

PONTOS	PARÂMETROS		
	DQO	N	P
BRT	6169,0 a	31,39 a	3,30 b
BIO	1562,0 b	30,87 a	5,53 a
SAC1	210,7 c	6,33 b	3,60 b
SAC2	44,3 c	2,18 c	1,95 c
CV (%)	7,31	5,18	5,82

BRT – Efluente Bruto; BIO – Efluente do Biodigestor; SAC1 – Efluente da lagoa 01; SAC2 – Efluente da lagoa 2; DQO – Demanda Química de Oxigênio em mg.L⁻¹; N – Nitrogênio em mg.L⁻¹; P – Fósforo em mg.L⁻¹. Médias seguidas por letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey considerando o valor nominal de significância de 5%. Fonte: Autor (2021).

O parâmetro DQO foi muito importante para o tratamento e significativos no decorrer das etapas do sistema. Diante desse elemento, foi possível observar uma

taxa de remoção eficaz na etapa do biodigestor, atingindo eficiência de remoção de 74,6%. Já para o efluente tratado foi de 99,2%, tendo como base o efluente bruto. Porém, vale ressaltar que o valor mais expressivo foi contribuído pelo biodigestor, conforme mostra a Figura 14.

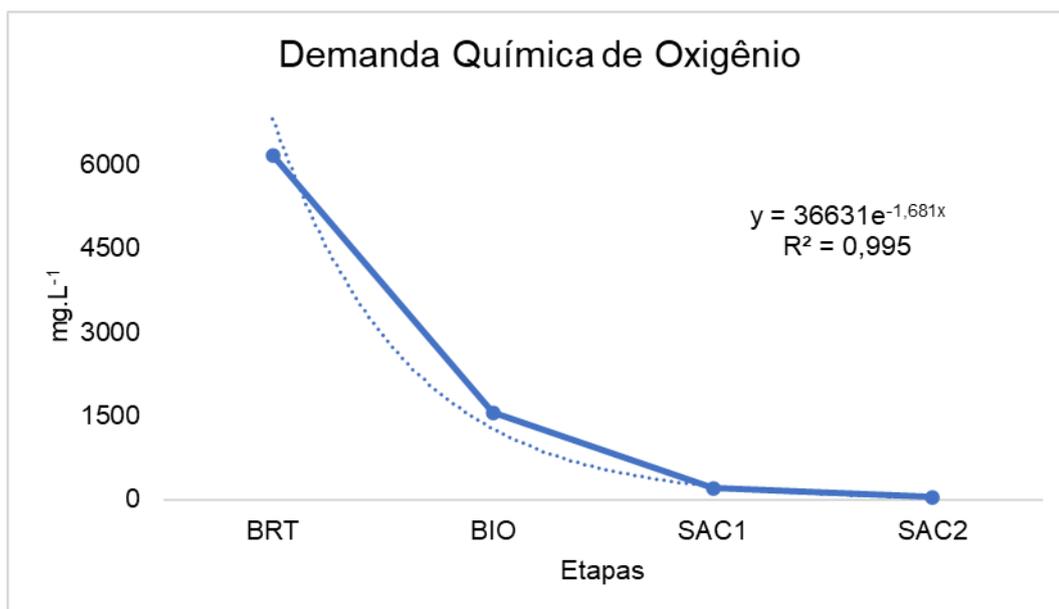


Figura 12 Dinâmica da DQO nos SACs com vegetação usando linha de tendência exponencial Fonte: Autor (2021).

Sahu (2014) obteve uma taxa de remoção de 72% ao final do tratamento de DQO em SAC. Já Yates (2012) constatou uma taxa de remoção entre 79 e 86%. O sistema utilizado no estudo foi mais eficaz, obtendo 99,2% no final do tratamento.

Quanto ao nitrogênio, na etapa do biodigestor foi possível observar que não houve diferença estatística do efluente bruto, provavelmente devido ao esterco bovino inserido ter elevado esse teor visto que no momento da coleta o tempo de retenção não foi suficiente para apresentar uma redução maior. Para o SAC1, obteve-se uma eficiência de 75,6% em relação ao efluente do bio e o SAC2 de 65,6% em relação ao SAC1. No final do sistema foi obtido uma eficiência de 93,3% em comparação ao efluente bruto conforme a Figura 15. Segundo Harty (2017) para sistemas alagados construídos essa remoção se dá através da assimilação de plantas tendo em vista que o nitrogênio é fonte de macronutrientes para as plantas na constituição de suas estruturas celulares. Wu et al., (2015), relatou uma eficiência similar ao estudo, atingindo uma eficiência de 65,7% a 89,2% para remoção de N-total. Conforme a

Resolução CONAMA 430/2011 que exige um valor mínimo de N-amoniaco de 20mg/l no que diz respeito ao padrão de lançamento de efluentes, onde o sistema se usado atingiu valores inferiores ao proposto pela norma.

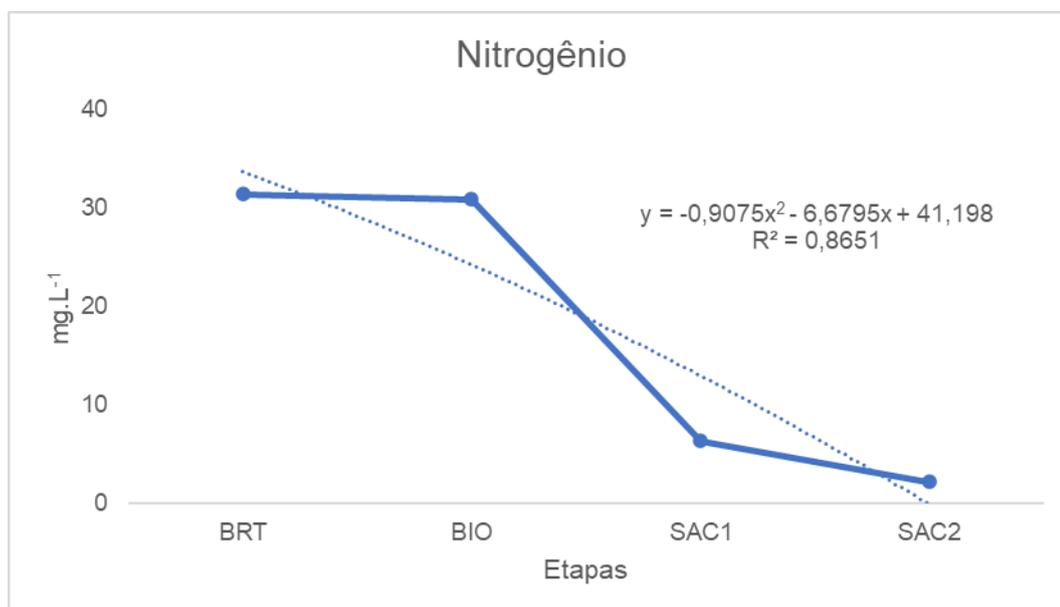


Figura 13 Dinâmica do Nitrogênio nos SACs com vegetação usando linha de tendência polinomial ordem 2. Fonte: Autor (2021).

No que diz respeito ao fósforo, foi observado uma elevação na etapa do biodigestor, provavelmente devido ao abastecimento do biodigestor ter sido preenchido com diversas bombonas diariamente onde os efluentes poderiam apresentar uma divergência de concentração ocasionando esse aumento, além da presença do esterco, que é rico em fósforo. Porém, nas lagoas foi possível observar uma redução em comparação ao biodigestor, obtendo uma eficiência de 34,9% para o SAC1, 45% em para SAC2 em relação ao SAC1 e 64% ao final do tratamento com relação ao efluente do biodigestor. A remoção do fósforo é de extrema importância, tendo em vista que valores elevados do mesmo podem acarretar o crescimento de algas indesejáveis nos corpos hídricos, podendo ocasionar a eutrofização desses receptores, além de ser prejudicial a fauna aquática (MENDONÇA et al., 2020). Para o fósforo a Resolução CONAMA 357/2005 exige um valor de 0,050mg/l para ambientes intermediários e 0,030 para ambientes lânticos, o sistema usado infelizmente não atingiu as exigências propostas, mas nas lagoas foi possível observar uma redução, que com alguns ajustes esses padrões podem ser alcançados, como: o uso de uma terceira lagoa, ou um filtro específico para auxiliar na remoção após o tratamento das lagoas, entre outros.

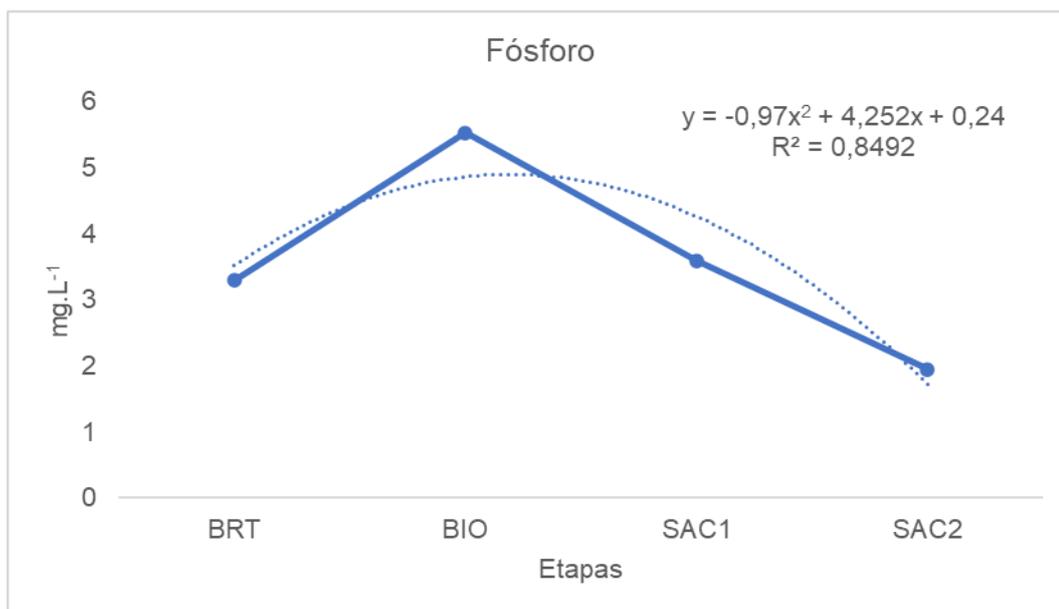


Figura 14 Dinâmica do Fósforo nos SACs com vegetação usando linha de tendência polinomial ordem 2. Fonte: Autor (2021).

Saeed et al. (2016) também observaram redução de fósforo na ordem de 50% mediante SAC.

6 CONCLUSÃO

Em virtude dos resultados obtidos e analisados, demonstram-se que o SAC é uma alternativa muito promissora, mesmo que ajustes serem necessários para os parâmetros CE e P, podendo reduzir a quantidade de esterco bovino utilizado no biodigestor ou até mesmo extinguir ou substituir os elementos presentes no substrato, ou propor uma terceira lagoa para uma remoção maior e possivelmente atingir a resolução vigente.

O SAC ainda se torna muito atraente para esses pequenos produtores, sabendo que são caracterizados por um baixo custo de implantação, uma simples operação e fácil manutenção, e apresentam eficiência satisfatória para remoção dos demais parâmetros analisados, acarretando menos impactos ao lançamento desses efluentes nos corpos receptores.

Além disso, vale salientar a importância da escolha da espécie vegetal a ser utilizada no sistema, pois afetam diretamente o desempenho e eficiência do mesmo,

já que são responsáveis por uma parcela significativa da remoção dos poluentes presentes nos efluentes, deixando um campo de escolhas para os tipos de vegetação possíveis.

7 Referencias:

ANDRADE, S. O.; OLIVEIRA, A. M. B. M.; COELHO, L. F. DE O. BRITO, C. S.; VALÉRIO, A. V. Potencial poluidor de agroindústria de produção de queijo sobre o rio Piancó, Pombal, Paraíba. **Revista Verde**, v. 11, n.5, p.168-176, Edição especial, 2016

APHA. American Public Health Association. **Standart Methods For The Examination Of Water And Wasterwater**. 19 Ed. 1999

ASHBY, M. F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, tecnologia e gestão**. CALIJURI, M. do C. & CUNHA, DGF (coordenadores). Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

ÁVILA, M. S. N.; BARBOSA, J. M. Análise de crescimento de pimenta-biquinho em diferentes níveis de radiação solar. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 5, n. 12, p. 31985-31997, 2019. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n12-279>

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 53, 2005.

BROTA, G. A. **Avaliação de um sistema piloto de wetlands construídos para a remoção de compostos emergentes**. 2018. 209 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2018

DAY. Definição de agroindústria. 2010. Disponível em: . Acesso em: 16 de agosto de 2021

DIAS, M. C. L. **Capacity analysis of the effluent treatment station in Palmas - TO by ETE Aurenly**. 2019. Course Conclusion Paper - Civil Engineering Course, Palmer Lutheran University Center, Palmas / TO, 2019.

DIPU, S.; ANJU, A.; KUMAR, V.; THANGA, S. G. Phytoremediation of dairy effluent by constructed wetland technology using wetland macrophytes. **Global Journal of Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 90-100, 2010.

EMBRAPA. **Anuário Leite 2019**. Texto Comunicação Corporativa. Embrapa Gado de Leite. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/anuario-leite-2019.pdf>>. Acesso em:05 jun. 2020.

FAISSAL, A. A. **Sistema Construtivo Alternativo para Wetland de fluxo horizontal empregado no tratamento de esgoto de Restaurante Universitário**. 2016. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

GUILHOTO, J. J. M.; ICHIHARA, S. M.; SILVEIRA, F. G.; DINIZ, B. P. C.; AZZONI, C. R.; MOREIRA, G. R. C. A importância da agricultura familiar no Brasil e em seus estados. In: Encontro Nacional de Economia, 35, 2007. Recife, PE. **Anais...** Recife, PE: ANPEC, 2007.

HARTY, F. **Permaculture guide to Reed Beds. Designing, building and planting your treatment wetland system.** 1. ed. Hampshire: Permanent Publications, 2017.

HENSON, S.; CRANFIELD, J. Building the Political Case for Agro-industries and Agribusiness in Developing Countries. In: **Agro-Industries For Development.** CAB International and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 2009

IBGE. **Estatística da Produção Pecuária:** junho de 2015. Brasília: IBGE, 2015.

IBGE. **Pesquisa trimestral do leite.** 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21121-primeiros-resultados-2leite.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment wetlands.** Boca Raton: CRC, Press 2 ed, 2009.

LIMA, R. F. S. **Potencialidades dos Wetlands Construídos Empregados no Pós-tratamento de Esgotos: Experiências Brasileiras.** 2016. 81 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo.** Do Neolítico à crise contemporânea. São Paulo, Editora UNESP, 2008

MEDINA, G.; ALMEIDA, C.; NOVAES, E.; GODAR, J.; POKORNY, B. Development conditions for family farming: lessons from Brazil. **World Development**, v. 74, p. 386-396, 2015.

MENDONÇA, J. L. **Dimensionamento de um sistema de wetlands construído de fluxo vertical para pós-tratamento de efluente de cervejaria.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2020

MONTEIRO, R. C. M. **Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento de água cinza visando reuso não potável.** 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

NURMI, A.; HARAHA, M. F. Palatability Test of Mineral Herbal Blocks on Performans of Local Sheep. **Indonesian Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 2, p. 1-7, 2019.

Saeed, T., Paul, B., Afrin, R., Al-Muyeed, A., & Sun, G. (2016). **Floating constructed wetland for the treatment of polluted river water: A pilot scale study on seasonal variation and shock load.** *Chemical Engineering Journal*, 287, 62–73. doi:10.1016/j.cej.2015.10.118

O. Sahu, "**Reduction of Organic and Inorganic Pollutant from Waste Water by Algae**", International Letters of Natural Sciences, Vol. 13, pp. 1-8, 2014

SALATI, E.; FILHO, E. S.; SALATI, E. F. **Utilização de sistemas de Wetlands construídas para tratamento de águas**. 23 f. Piracicaba, 2009

SANTOS, K. C. M. **Análise de práticas sustentáveis nos setores administrativos de uma agroindústria de laticínios do sertão da Paraíba**. 2018. 39 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas Agroindustriais) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2018.

SANTOS, S. H. J. **Avaliação de um wetland: sistema alagado construído para tratamento de esgoto**. 2017. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Saneamento Ambiental) - Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, 2017.

SILVA JÚNIOR, É. D. **Influência climática em modelos cinético-hidrodinâmicos para dimensionamento de wetlands construídas no tratamento de esgoto doméstico**. 2018. xvi, 201 f., il. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, Brasília, 2018

SILVA, C. A.; BAKER, D.; SHEPHERD, A. W. JENANE, C.; MIRANDA-DA-CRUZ, S. (org.) **Agro-Industries For Development**. CAB International and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 2009.

SILVEIRA, J. R.; NEVES, J. P.; VIEIRA, B. H. R.; SANTOS, M. S. C.; PITALUGA, D. P. S. Tratamento de efluentes sépticos em wetlands construídos de uma unidade universitária. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do Ifg**, Goiana/Go, v. 5, p. 1-17, 2020.

WU, H.; FAN, J.; ZHANG, J.; NGO, H. H.; GUO, W.; HU, Z.; LV, J. Optimization of organics and nitrogen removal in intermittently aerated vertical flow constructed wetlands: Effects of aeration time and aeration rate. **International Biodeterioration and Biodegradation**, p. 1–7, 2015^a

Almeida, Gilda Vieira de. **Tratamento de água residuária de bovinocultura de leite, utilizando leitões cultivados**. 2016. [69 f.]. Dissertação (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, [Seropédica-RJ] .