

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL  
CAMPUS SERTÃO  
EIXO DAS TECNOLOGIAS  
ENGENHARIA CIVIL

ISRAEL SILVA LEMOS

**TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA EM REATOR  
ANAERÓBIO DE LEITO FIXO UTILIZANDO BUCHA VEGETAL DE  
CUCURBITÁCEA COMO MATERIAL SUPORTE**

Delmiro Gouveia/AL  
2015/2

ISRAEL SILVA LEMOS

**TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA EM REATOR  
ANAERÓBIO DE LEITO FIXO UTILIZANDO BUCHA VEGETAL DE  
CUCURBITÁCEA COMO MATERIAL SUPORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, como requisito parcial, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.º Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto

Delmiro Gouveia/AL  
2015/2

ISRAEL SILVA LEMOS

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA EM REATOR ANAERÓBICO DE LEITO FIXO UTILIZANDO BUCHA VEGETAL DE CUCURBITÁCEA COMO MATERIAL SUORTE

L555t Lemos, Israel Silva.

Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator anaeróbico de leito fixo utilizando bucha vegetal de cucurbitácea como material suporte / Israel Silva Lemos. – 2015.

60f.:il

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2015.

Orientador(a): Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto.

1. Tratamento de esgotos. 2. Resíduos – suinocultura.

CDU 628.3

Delmiro Gouveia  
2015/2

# FOLHA DE APROVAÇÃO

ISRAEL SILVA LEMOS

## TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA EM REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO UTILIZANDO BUCHA VEGETAL DE CUCURBITÁCEA COMO MATERIAL SUPORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão e aprovado em 20 / 05 / 2016.




Orientador: Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto - UFAL

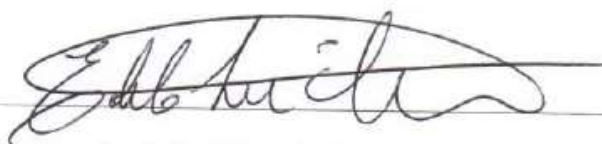
Banca Examinadora:



Membro Interno: Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto - UFAL



Membro Interno: Prof. MSc. Karlisson André Nunes da Silva - UFAL



Membro Externo: Prof. Dr. Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim - UFAL

Aos meus pais, Ageilton e Ivânia, pessoas que tornam todo meu caminho mais fácil, fazendo com que meu sonho fosse possível.

## AGRADECIMENTOS

Seria um erro meu e também egoísmo, não agradecer primeiramente a Deus, pois foi Ele que me proporcionou a vida e os pais maravilhosos que tenho, que tudo fizeram/fazem por mim, na medida que foi/é possível. Deus, agradeço por tudo de bom que tem feito em minha vida, em especial por proteger sempre minha família, o que me deixou/deixa mais tranquilo enquanto estive/estou fora de casa e pelo dom da sabedoria, pois sem ela, não teria chegado até aqui.

Ao meu pai, *Ageilton Ferreira de Lemos*, pela pessoa extraordinária que ele é, por toda assistência que ele sempre me deu, no que se refere à educação, saúde e alimentação mesmo em tempos de crise financeira, e principalmente, ao amor de pai, pois nunca me faltou nada. Ele não é aquele pai de ficar falando muito como se deve fazer as coisas, já recebi sim conselhos dele, é claro, mas o que sempre achei interessante nele, é que ele sempre passou para eu e meus irmãos, o modo de se comportar, o certo ou errado, na prática, agindo como quer que a gente aja. Ele é meu espelho de homem que uso na minha vida. Esse perfil sempre me motivou a ir sempre mais longe, a dar aquele passo em uma fase difícil, a estudar quando estava cansando, porque eu tenho que chegar lá. Quando eu me dava mal em uma prova durante todo curso de graduação, eu ligava para ele e dizia, assim como quando me dava bem, ele era a primeira pessoa que eu ligava para contar também. Em todo momento apoiou minhas decisões, às vezes eu acertava, outras errava, e isso era para ele me mostrar como a vida era e no cuidado que devo ter em cada passo dado. A confiança entre nós é muito grande, e sempre procuro fazer da melhor forma minhas escolhas, de modo a honrá-lo. Ainda falta muito para que eu possa ser um pouco do que ele é, espero um dia poder representá-lo bem. Sempre digo que quero ser para meus filhos o pai que ele é para mim, o amo infinitamente!

À minha mãe, *Ivânia Maria Silva Lemos*, de modo semelhante ao meu Pai, pela pessoa de coração sem igual que ela é, pelo cuidado que sempre teve comigo e também com meus irmãos, sempre procurou, do seu jeito, dar os melhores conselhos, sempre com aquela preocupação tão grande comigo e meus irmãos, que eu não sei até hoje de onde ela sempre tirou tanta preocupação e cuidado. Uma pessoa digna e que sempre me incentivou nos estudos, tentando durante toda minha fase de educação regular, me condicionar nas melhores condições de estudos possíveis, em consonância com a opinião do meu pai e orçamento do lar. Estudar em Delmiro Gouveia/AL foi muito ruim para ela quanto para mim no que se refere à saudade e o tal do cuidado que citei, senti muita falta disso quando mudei de cidade,

dos lanches que ela preparava a tarde, da comida excelente, dos abraços, dos beijos etc. Sobre minha mãe, na mesma intensidade que meu pai, a amo infinitamente, digo que ela é uma assíntota do amor no meu coração.

Já ouvi pessoas falarem que os pais não são determinantes no sucesso dos filhos, eu posso estar errado, mas minha opinião é contrária, ter os pais que tenho, foram meus alicerces, não sei como estaria minha vida hoje se não fosse por eles, com certeza, leitor, você não estaria lendo estes agradecimentos.

Ao meu professor e orientador, *Antônio Pedro de Oliveira Netto*, por seus ensinamentos acadêmico, profissionais e experiência de vida que me foram passados. Por sua amizade e apoio nos momentos difíceis. E, principalmente, pela excelente orientação.

Ao meu avô, *José Júlio da Silva*, que muito me inspirou desde criança, fazendo com que eu entendesse que o estudo será sempre o melhor caminho, me inspirou também na escolha do curso, pelo fato de trabalhar com construções, aliando isso ao meu gosto pelas exatas, saiu um resultado muito bom dessa junção. Quando eu era criança, ele deixava que eu fosse com ele para as obras. Meu avô não é Engenheiro Civil, é mestre de obras, e fico impressionado com o conhecimento que ele tem e trabalho bem executado que ele realiza. Sempre foi muito bom tê-lo como referência de honestidade e serenidade. Nessas condições, é muito fácil amá-lo. Serei eternamente grato ao meu vô *José Júlio*.

À minha avó, *Maria da Penha Nunes da Silva*, pelo amor de mãe e avó que ela sempre teve e tem por mim, e também pelas empadas de frango que ela faz, que me dá uma sensação indescritível. Passei uma parte considerável da vida com ela, por ser mais perto da escola. Costumava dormir na casa dela, e pela manhã, ter o prazer de ouvir: “ Israel, acorda, já é 6:30, hora de se arrumar para ir pra escola”. Eu acordava, tomava banho, vestia a farda, tomava café, e quando ainda na mesa do café, olhava para o relógio que fica até hoje na parede da sala, e marcava ainda em torno de 6:30, eu olhava para ela, ela começava a rir e dizia: “ se eu acordasse você na hora certa você ia se atrasar”. Mesmo sabendo disso, era incrível, eu sempre me enganava. O amor que tenho pela vó *Penha*, é gigantesco, ocupa um espaço em meu coração o qual sempre será dela. Mesmo não sendo alfabetizada, sempre me deu conselhos para estudar e até mesmo contribuiu no processo de educação, isso me inspirou e inspira bastante, sou grato a cada ação e formas de carinho dela para comigo.

Ao meu irmão, **Aleff Silva Lemos**, pelo incentivo e por sempre acreditar bastante em mim. E, principalmente, na minha ausência, fazer o papel de irmão mais velho em casa.

Ao meu irmão, **Lucas Silva Lemos**, por sempre acreditar e, segundo ele, sentir orgulho de mim. Saber disso foi importante, pois eu sempre tento ser uma pessoa melhor, para que o orgulho dele não seja em vão.

À minha irmã, **Iara Silva Lemos**, por estar sempre ao lado da minha mãe.

Ao meu irmão, **Ihago Silva Lemos**, pelo amor, brincadeiras e, por ser o caçula, fazer com que eu dê exemplo, para que ele siga sempre pelo melhor caminho.

À minha irmã, **Izabelle Silva Lemos**, pelo imenso amor que ela me passa, uma criança muito inteligente e carinhosa que esteve sempre comigo. Por suas cartas, desenhos e até dicionário que fazia e faz para mim, em uma linguagem infantil e carinhosa. Isso faz com que eu tenha mais força, para poder direcioná-la para o melhor caminho e apoiá-la em suas decisões futuras. O amor que tenho por ela é imensurável.

À minha terceira mãe, **Marinava Monteiro de Lima**, pessoa que ganhei logo quando cheguei em Delmiro Gouveia/AL, sendo que, sem ela, tudo teria sido muito mais difícil durante esses mais de 5 anos fora de casa.

Ao meu tio, **Jorge Nunes da Silva**, pelos conselhos em problemas familiares e nos momentos que eu me senti fraco, fazendo sempre com que eu acreditasse que eu sempre poderia ir mais longe.

Ao meu tio, **Josivan Nunes da Silva**, que também sempre se importou comigo e torceu e torce sempre pelo meu sucesso.

Ao meu tio, **José Júlio da Silva Júnior**, por sempre me apoiar nas minhas decisões, por estar sempre presente na fase de graduação e, principalmente, por torcer bastante por mim, acreditando em um futuro belo para mim e até mesmo descrevendo este futuro, e claro, se incluindo nele. Isso sempre serve de motivação.

À minha tia, **Kellyane Freitas Santos**, pelos conselhos, incentivos, amizade e por estar comigo nos melhores e piores momentos.



Ao meu professor, **Thiago Alberto Pereira da Silva**, pelos conhecimentos passados e, principalmente, pela sua amizade.

Ao meu professor, **Gabriel Bádue**, que além de ter sido um excelente professor, se tornou um amigo e conselheiro.

Ao meu amigo, **Oswaldo Nogueira de Souza Filho**, pela sua amizade desde o 1º do ensino médio, que no período de graduação, ficou ainda mais forte, estando sempre presente nos momentos de risos ou lágrimas, apoiando e aconselhando. É um irmão que a vida me deu.

Ao meu amigo, **Alan Silva Araújo**, que tive o prazer de conhecer na graduação, se tornando em pouco tempo, um grande amigo. Agradeço por estar sempre presente, apoio em todos os momentos e, principalmente, no TCC, ajudando nas coletas e operação do sistema, sem ele, teria sido muito mais difícil.

Ao meu amigo, **Jeferson Lima de Araújo**, pela amizade, apoio e conselhos. Com certeza foi um grande amigo que o curso me deu.

Ao meu amigo, **Alex Oliveira da Silva**, pela amizade, pelos estudos juntos e por sua ajuda em todos os momentos.

Ao meu amigo, **Marcos Maciel Serafim da Silva** e **Mykaell Vieira Noronha**, pela amizade e aprendizado juntos durante o curso.

Ao meu amigo, **Dimas Crescencio Verissimo Santos**, pela amizade e pela experiência que vivemos morando juntos por um bom tempo durante o curso.

Ao meu amigo, **Luís Paulo Cardozo**, pela sua amizade, estudos realizados juntos e apoio me dado quando precisei, principalmente nas idas à Maceió. Sem dúvidas, uma grande amizade que fiz nessa vida.

Ao meu amigo, **Davi Tenório de Albuquerque**, pela amizade, estudos juntos, brincadeiras e também, pelas caronas para o estágio. Um amigo que espero que permaneça por toda a vida.

Ao meu amigo, **Samuel Góis**, pela amizade feita durante o curso e por seus conselhos religiosos.

Ao meu amigo, **Gabriel Macêdo**, pela amizade feita durante o curso e apoio nos momentos em que precisei.

À minha amiga, **Thaynara Oliveira**, pela sua amizade e por sempre acreditar em mim, me influenciando positivamente, e sonhando juntos.

À minha amiga, **Lays Rocha**, pela sua amizade, por sempre acreditar e torcer por mim, e pelo apoio durante quase todo período de graduação.

À minha amiga, **Meliza Macêdo**, por sempre acreditar em mim e me apoiar em todos momentos, e também, pelas nossas incansáveis conversas, projetando um futuro bastante promissor.

À minha amiga, **Thallyta Kátia**, por nossas conversas pelo WhatsApp, onde a gente, de alguma forma, estava gente se ajudando.

À minha amiga, **Eduarda Ferreira (Edu)**, pela sua amizade e contribuição um para com o outro quando estávamos em momentos não muito bons, mas no meio das nossas conversas, no final, sempre acabávamos rindo, é incrível. Quero que a **Edu** permaneça para sempre em minha vida!

À minha amiga, **Edla Thatiane (Mainha)**, por sempre estar presente, acreditando, torcendo e me dando o que tem de melhor, sua amizade. É uma pessoa incrível que nunca mede esforços para ajudar o próximo e sempre se preocupar com o bem de seus amigos. Sem você, **Mainha**, a definição de amizade estaria longe de ser alcançada.

À minha amiga, **Karen Mariana (MaryCat)**, uma pessoa bastante especial que surgiu em minha vida, quando eu menos esperava, que acabou sendo um presente para mim, onde nossas conversas via sms e depois, WhatsApp, sempre são um momento muito feliz. Agradeço pela existência da **MaryCat**, é um diferencial em minha vida. Como é das exatas, digo que ela é uma assíntota da felicidade, pois sua energia é bastante contagiante.

Ao meu amigo, **Antônio Carvalho Santa Cruz**, que sendo engenheiro, muito me ensinou no estágio realizado na COHIDRO, que hoje o tenho como amigo.

Ao meu amigo, **Luís Gustavo de Moura Reis (LG)**, por seus ensinamentos, impactando grandemente em minha vida, fazendo com que eu repensasse a melhor forma de seguir a vida,

mostrando que devemos sempre fazer as coisas, não importa o que seja, mas da melhor forma que seja possível realizar. Seus conselhos durante o estágio na Gama Engenharia foram de grande importância, me influenciando positivamente. Sou eternamente grato ao **LG**.

Aos amigos, **Pedro Lucas, Thyago Silva, Yasmim Albuquerque, Renata Veiga e Alex Gama**, pelo apoio durante o período de estágio na Gama Engenharia.

Ao suinocultor, **Marcos Gomes**, por disponibilizar a área para estudo.

À minha turma, **Engenharia Civil 2011.1**, que juntos produzimos e aprendemos bastante.

*Por mais que seja doloroso, nunca desista de correr atrás dos seus sonhos. Use as pessoas que acreditam em você como motivação, e as que não acreditam também. Quando você chegar até seu objetivo, vai ser muito gratificante, principalmente se sua realização vai ser motivo de felicidade de outras pessoas além de você, no meu caso, em especial, dos meus pais, e você, tem alguém que ficaria feliz pelo seu sucesso?*

*Autoria Própria.*

## RESUMO

Este trabalho avaliou o tratamento águas residuárias de suinocultura em reator de bancada anaeróbio de fluxo ascendente operado de modo contínuo, com bucha vegetal de cucurbitácea como material suporte para imobilização da biomassa para diferentes cargas orgânicas volumétricas (COV). O reator foi operado por um período total de 21 dias, com COV de 20, 10 e 5 g DQO<sub>total</sub> (L.dia)<sup>-1</sup>, nas primeira, segunda e terceira etapa, respectivamente. Sabendo que a suinocultura é uma atividade cujos dejetos gerados são altamente poluentes, em especial para o solo, águas superficiais e subterrâneas, a aplicação do reator anaeróbio em escala laboratorial objetivou a remoção da demanda química de oxigênio (DQO) proveniente da atividade suinícola para tempo de detenção hidráulica (TDH) de 8 horas e com diluição do afluente, afim de se alcançar as COV supracitadas. O sistema retornou eficiências superiores a 60%, 60% e 70% para as etapas 1, 2 e 3, respectivamente, sendo considerado bastante satisfatórias devido ser realizado em único reator e com TDH fixo de 8 horas. Desse modo, o reator anaeróbio de leito fixo mostrou-se eficiente com a utilização de bucha vegetal cucurbitácea e diluição afluente, podendo ser uma alternativa no tratamento de águas residuárias de suinocultura.

**Palavras-chave:** Atividade suinícola, Demanda Química de Oxigênio, Carregamento Orgânico Volumétrico.

## **ABSTRACT**

This study evaluated the removal of organic matter in upflow anaerobic fixed bed reactor operated continuously with loofah of cucurbit as support material for immobilization of biomass for different volumetric organic loads (VOCs). The reactor was operated for 21 days with VOC 20, 10 and 5 g total COD (L.day)<sup>-1</sup>, in the first, second and third phase, respectively. Knowing that pig farming is an activity which generate polluting waste, especially for the soil, surface water and groundwater, the application of anaerobic laboratory scale aimed at removing chemical oxygen demand (COD) for hydraulic retention time (HRT) 8 hours with dilution of the pig farming wastewater in order to achieve the above VOC. The system returned efficiencies exceeding 60%, 60% and 70% for steps 1, 2 and 3, respectively, it is considered very satisfactory due be performed in a single reactor and fixed HRT of 8 hours. Thus, the anaerobic fixed bed reactor proved efficient with the use of cucurbit loofah and affluent dilution and may be an alternative in the treatment of swine wastewater.

**Keywords:** pig activity, Chemical Oxygen Demand, Volumetric Organic Loading.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Crescimento da produção de carne suína no mundo, 1995 a 2012 .....	18
Tabela 2 - Principais planteis de suínos, por país, 1995 a 2012 .....	19
Tabela 3 - Classificação dos Países em nível tecnológico, 2010 .....	19
Tabela 4 - Quantitativo de suínos, 1990 a 2013 .....	20
Tabela 5 - Produção média de dejetos na suinocultura por categoria de suínos .....	23
Tabela 6 - Características das águas residuárias da suinocultura .....	24
Tabela 7 - Composição química média dos dejetos de suínos analisada por diferentes autores.....	25
Tabela 8 - Volume (V), tempo de detenção hidráulico (TDH) e carga de alimentação (DQO).....	28
Tabela 9 - Parâmetros Analisados, método utilizado e frequência de amostragem ..	35
Tabela 10 – Parâmetros (DQO, TDH, COV e PH) e eficiências, em todo período de operação do reator operado continuamente, em 3 etapas .....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema geral do tratamento das águas residuárias do sistema de confinamento de suínos .....	29
Figura 2 - Reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo.....	30
Figura 3 - Reator anaeróbio de leito fixo usado com recobrimento de papel alumínio.....	31
Figura 4 - Bomba utilizada para alimentar o sistema, fazendo com que o mesmo opere continuamente .....	31
Figura 5 - Reator preenchido com material suporte e procedimento experimental Iniciado .....	32
Figura 6 - Lodo coletado na lagoa anaeróbia .....	33
Figura 7 - Bucha vegetal de cucurbitácea usada como material suporte.....	33
Figura 8 - Coletas de amostras sendo realizada e peneiramento .....	35



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Perfil temporal de DQO, durante todo período de operação do sistema, afluente e efluente ao reator operado anaerobiamente .....	40
Gráfico 2 - Eficiência de remoção de DQO ao longo do tempo, na primeira etapa do tratamento, para amostra bruta para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente .....	41
Gráfico 3 - Variação temporal do pH afluente e efluente, na primeira fase do experimento, para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente com TDH de 8 horas e TCO de 20 g DQO <sub>total</sub> (L.dia) <sup>-1</sup> .....	42
Gráfico 4 - Eficiência de remoção de DQO ao longo do tempo, na segunda etapa do tratamento, para amostra bruta para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente .....	43
Gráfico 5 - Variação temporal do pH afluente e efluente, na segunda fase do experimento, para o reator de leito fixo operado de modo contínuo com TDH de 8 horas e TCO de 20 g DQO <sub>total</sub> (L.dia) <sup>-1</sup> .....	44
Gráfico 6 - Eficiência de remoção de DQO ao longo do tempo, na última etapa do tratamento, para amostra bruta para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente .....	45
Gráfico 7 - Variação temporal do pH afluente e efluente, na última fase do experimento, para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente com TDH de 8 horas e TCO de 20 g DQO <sub>total</sub> (L.dia) <sup>-1</sup> .....	46
Gráfico 8 - Eficiência de remoção de DQO ao longo de todo período de operação para amostra bruta para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente .....	48

## **LISTA DE SIGLAS**

COV – Carregamento Orgânico Volumétrico

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

TCOV – Taxa de Carregamento Orgânico Volumétrico

TDH – Tempo de Detenção Hidráulica

UASB - Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente com Manta de Lodo

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	17
1.1.1. Objetivo Geral.....	17
1.1.2. Objetivos Específicos.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1. SUINOCULTURA .....	18
2.1.1 Suinocultura no Brasil e no mundo.....	18
2.1.2 Resíduo da suinocultura .....	20
2.1.3 Impactos ambientais causados pela suinocultura.....	21
2.1.4 Quantificação dos resíduos da atividade suinícola.....	22
2.1.5. Principais características químicas dos esgotos da suinocultura.....	24
2.2 TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA .....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	29
3.2. LOCAL DO EXPERIMENTO .....	29
3.3. REATOR ANAERÓBIO DE LEITO FIXO.....	29
3.4 INÓCULO .....	32
3.5. MATERIAL SUPORTE .....	33
3.6. ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA .....	34
3.7. COLETA .....	34
3.8. MÉTODOS ANALÍTICOS .....	35
3.9. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	35
3.10 DILUIÇÃO .....	36
3.11 ÁGUA DESTILADA .....	36
3.12 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA AFLUENTE E EFLUENTE AO REATOR.....	37
3.13 ETAPAS DO EXPERIMENTO .....	37
3.14. AMOSTRAGEM .....	38
3.15. FONTES DE EVIDÊNCIAS .....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1 VARIAÇÃO DA DQO DURANTE TODO PERÍODO OPERACIONAL...39	
4.2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO REATOR .....	40

4.2.1 Avaliação do desempenho do reator para taxa de carregamento orgânico volumétrico (TCOV) de 20 g DQO (L.dia) <sup>-1</sup> .....	40
4.2.1.1 Remoção de matéria orgânica .....	41
4.2.1.2 pH para TCOV de 20 g DQO (L.dia) <sup>-1</sup> .....	41
4.2.2 Avaliação do desempenho do reator para taxa de carregamento orgânico (TCOV) de 10 g DQO (L.dia) <sup>-1</sup> .....	42
4.2.2.1 Remoção de matéria orgânica .....	43
4.2.2.2 pH para TCOV de 10 g DQO (L.dia) <sup>-1</sup> .....	43
4.2.3 Avaliação do desempenho do reator para taxa de carregamento orgânico (TCOV) de 5 g DQO (L.dia) <sup>-1</sup> .....	43
4.2.3.1 Remoção de matéria orgânica .....	44
4.2.3.2 pH para TCOV de 5 g DQO (L.dia) <sup>-1</sup> .....	45
4.3 COMPARATIVO ENTRE AS TRÊS ETAPAS DE TRATAMENTO .....	43
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo de carne suína vem crescendo de forma considerável, ocupando o primeiro lugar em preferência da população, e por isso recebe o título de “a carne mais consumida do mundo”. Nos últimos 40 anos o consumo de carne suína em nível mundial, tem crescido 1,52% ao ano. Em 2012 o consumo mundial per capita era de 15,5 kg e alguns anos atrás, em 1970, esse consumo era de 9,2kg por habitante, representando um aumento de mais de 60% nesse período. Em 2020 é esperado que o consumo chegue a 16,3 kg/pessoa (FERREIRA, et al, 2014).

Analisando o Brasil, a população consome 2,87 milhões de toneladas de carne suína anualmente, classificando-se assim, como o quinto maior consumidor, ficando atrás apenas da Rússia, Estados Unidos, União Europeia e China. O Brasil ocupa ainda o quarto lugar em exportação, sendo responsável por 8% do comércio mundial (FERREIRA et al, 2014).

Devido a este crescimento cada vez mais os países têm buscado investir na suinocultura, na genética dos animais e alimentação, para aumentar a eficiência na criação dos animais. De 1995 a 2012 o plantel mundial de suínos passou de 900 para 940 milhões de cabeças, ou seja, um aumento de 4,4%. O Brasil ocupa o terceiro lugar em número de cabeças e quarto lugar em exportação, isso está diretamente relacionado ao nível tecnológico, que é a quantidade de carne produzida por matriz alojada (FERREIRA et al, 2014).

Fazendo uma abordagem mais específica, o estado de Alagoas, que hoje possui 143.112 suínos (IBGE, 2013), que é uma quantidade preocupante visto que não há o tratamento para o esgoto gerado proveniente da atividade suinícola. Desse modo, os países estão sempre investindo em tecnologias para elevar a produção, porém nem sempre há a preocupação em sistema de tratamento dos dejetos gerados, onde estes são de alto poder poluidor.

Os resíduos gerados pela suinocultura destacam-se dentre os resíduos animais, isso é resultado do alto nível de confinamento dos suínos e das características dos resíduos, que é de grande parte de forma líquida. Os resíduos são formados pelos dejetos somados à água utilizada na higienização. Onde a quantidade de dejetos está diretamente relacionada com a produção de urina, que depende diretamente da ingestão de água (OLIVEIRA, 1993). Isso causa uma preocupação porque dessa forma, há facilidade de mobilidade e conseqüentemente transporte de agentes poluentes para os corpos d’água, causando problemas ambientais e que podem vir causar doenças na população.

Os principais problemas ambientais ligados aos resíduos da atividade suinícola são sua elevada carga orgânica, nutrientes e alguns metais como Ferro, Cobre e Zinco que são incluídos como vitaminas na alimentação dos animais (KUNZ, 2003).

Os problemas ambientais gerados são preocupantes e frequentes, que ocorrem devido ao manejo inadequado para o tratamento dos resíduos gerados ou até mesmo a inexistência do mesmo. O manejo correto dos resíduos para um tratamento é a forma ideal para evitar danos ambientais provocados pelo lançamento inadequado em cursos d'água superficiais e podendo também ser subterrâneo, causado pela infiltração através do solo.

Segundo Diesel (2002), o lançamento direto do esterco de suínos nos cursos de água, sem o tratamento necessário, tem constituído a principal causa da poluição, provocando desequilíbrios ecológicos e poluição devido à redução do teor de oxigênio dissolvido na água, propagação de agente patógenos e contaminação das águas potáveis com nitratos, amônias e demais elementos tóxicos.

Existem diversos sistemas de tratamento de esgoto que podem promover a remoção de carga orgânica, agentes patogênicos, nutrientes e demais elementos que venham causar danos ambientais. Na literatura é notado que diversos autores conseguiram resultados satisfatórios para tratamento de dejetos de suínos, como Santos (2011) e Kunz (2003). Tratar determinado esgoto é aplicar procedimentos ao mesmo que vise a remoção dos poluentes, adequando o mesmo aos padrões exigidos por lei.

Visando o tratamento, Dartora (1998) propôs um sistema que vai desde o tratamento preliminar ao terciário alcançando uma eficiência total de 99,61% em remoção de matéria orgânica. Vivian et al, (2010) também trataram dejetos de suínos com um sistema composto de biodigestor e lagoas de estabilização, atingindo eficiência de 98%.

Desse modo, devido as complicações ambientais e tratamentos que já foram empregados por outros autores, este estudo é justificado, de modo a promover outra alternativa de tratamento das águas residuárias de suinocultura, a partir da utilização de reator anaeróbio de leito fixo em escala de laboratório, que já fora utilizado por Oliveira Netto (2007) para tratamento de esgoto sanitário.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1. Geral**

- Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator anaeróbio de leito fixo e fluxo ascendente utilizando bucha vegetal de cucurbitácea como material suporte

### **1.1.2. Específicos**

- Avaliar a remoção de matéria orgânica a partir da análise da DQO de águas residuárias de suinocultura de um sistema de confinamento de suínos com diluição afluente;
- Avaliar o efeito da diluição do afluente;
- Avaliar o desempenho de reator anaeróbio de leito fixo para efluente de suinocultura;

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Suinocultura

#### 2.1.1 Suinocultura no Brasil e no mundo

No meio agropecuário, a suinocultura, é uma das atividades mais difundidas e produzidas no mundo (GERVÁSIO, 2013). A carne suína é utilizada como alimento há milhares de anos antes de cristo. O suíno doméstico é originado do javali e um membro da espécie *Cetartiodactyla* (FERREIRA et al, 2014), estando presente no mundo em cerca de um bilhão de indivíduos, desse modo torna-se um dos grandes mamíferos em maior abundância.

A carne suína destaca-se ainda como sendo a mais consumida mundialmente, a produção registrou um salto de 78,2 para 111,7 milhões de toneladas em um período de certa forma curto, de 1995 a 2012, caracterizando um aumento considerável, de 42,7% na produção mundial (Tabela 1).

Tabela 1 - Crescimento da produção de carne suína no mundo, 1995 a 2012 (Mil T).

1995	2000	2005	2010	2012
78.243,25	90.049,02	98.785,92	109.317,96	111.730,38

FONTE: L. Roppa, 2013 adaptado de OECD stat 2013(2013 *apud* FERREIRA, et al, 2014)

Nesse mesmo período (1995 a 2012), o plantel mundial de suínos, passou de 900 para 940 milhões de cabeças (Tabela 2), registrando um acréscimo de 4,4% em rebanhos, contra 42,7% na produtividade, assim, é notável que o aumento na produção de carne suína, está diretamente ligado à evolução na qualidade de produção de suínos, e, conseqüentemente, aumento de peso no abate por um mesmo número de rebanhos, isto é, o suíno está mais gordo (FERREIRA, et al, 2014).



Tabela 2 - Principais planteis de suínos, por país, 1995 a 2012 (Em milhões de cabeças).

	1995	2012	Aumento (%)
1. China	424,79	473,34	11,4
2. Estados Unidos	59,738	66,631	11,5
3. Brasil	36,062	39,306	9
4. Alemanha	24,698	28,331	14,7
5. Espanha	18,345	25,25	37,6
Total cinco maiores	563,63	632,858	12,3
Total mundial	900,212	940	4,4
5 maiores/Total mundial	62,60%	67,39%	-

FONTE: L. Roppa, 2013 com base em dados do USDA, OCDE-FAO e Eurostat (2013 *apud* FERREIRA, et al, 2014)

O Brasil ocupa o terceiro lugar em cabeças de suínos (Tabela 2), entretanto ocupa o quarto lugar em exportação e produtividade, esta posição é devido ao nível tecnológico na produção de suínos, que é dado pela produção de cada país pelo número de matrizes do mesmo, onde nesta, o Brasil ocupa o sexto lugar (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação dos Países em nível tecnológico, 2010.

País	Nº matrizes em 2010 (Milhões)	Produção em 2010 (Milhões de toneladas)	Produção/Matriz (Kg)
Alemanha	2,233	5,438	2.435
Estados Unidos	5,778	10,187	1.763
Espanha	2,408	3,401	1.412
Canadá	1,295	1,772	1.368
Polônia	1,328	1,741	1.311
Brasil	2,89	3,195	1.106
China	47,5	51,07	1.057
Filipinas	1,94	1,255	647
Vietnã	4,39	2,31	526
Rússia	4,345	2,135	491

FONTE: L. Roppa, 2013 com base em dados do USDA, OCDE-FAO e Eurostat (2013 *apud* FERREIRA, et al, 2014)

O nível tecnológico de suínos vem aumentando nos últimos anos (GERVÁSIO, 2013), além disso possui certificação sanitária, que é de suma importância, pois garante que a carne produzida é de qualidade e ausente de doenças, que é uma exigência de grandes países importadores, como por exemplo, o Japão (FERREIRA, et al, 2014).

O Brasil é o quarto maior produtor e exportador mundial de carne suína, porém mesmo com os avanços em tecnologias voltadas para suinocultura, ainda ocupa a sexta posição (Tabela 6) em nível tecnológico, enquanto a Alemanha, que é referência na atividade suinícola, possui o dobro na relação produção por matriz (FERREIRA, et al, 2014)

Entretanto não é apenas pensar em crescimento sem quantificar os impactos ambientais, no caso dos países europeus, como por exemplo, a Alemanha, a legislação é bastante rígida no que se refere aos dejetos da suinocultura e este é um problema da produção brasileira, no que diz respeito às tecnologias para tratamento dos dejetos gerados, causado, geralmente, pela falta de investimentos (SANTOS, 2011).

As tecnologias voltadas para a prática da suinocultura no que diz respeito às formas de tratamento estão ligadas aos impactos ambientais. Isso é preocupante porque o número de suínos é grande, o que não é uma realidade apenas de hoje. Conforme o IBGE o plantel brasileiro, assim como o de Alagoas, sofre pequenas variações ao longo de anos (Tabela 4).

Tabela 4 - Quantitativo de suínos, 1990 a 2013.

	1990	1995	2000	2005	2010	2013
Agreste Alagoano	30628	36399	32421	42414	58249	59283
Sertão Alagoano	53853	58603	50689	43776	53580	46794
Alagoas	110354	123619	105919	127781	154808	143112
Brasil	33623186	36062103	31562111	34063934	38956758	36743593

FONTE: IBGE 2013, elaborado pelo autor.

Tendo conhecimento dos números (Tabela 4), nota-se a suinocultura presente de forma considerável em Alagoas. Desse modo, torna-se fundamental o seu tratamento e disposição, afim de se preservar o meio ambiente, visto que é uma atividade de alto poder poluidor.

### 2.1.2 Resíduo da suinocultura

A suinocultura merece atenção no que diz respeito aos resíduos gerados, e estes tendem a ser elevados, já que o Brasil é o atual quarto maior produtor e exportador. O número de suínos presentes no Brasil é alto, e está disperso em diferentes regiões, tanto de forma intensiva, bem como pela criação de subsistência (FERREIRA et al, 2014). Dados mostram que o Agreste e Sertão Alagoano, respondem por 59.283 e 46.794 cabeças respectivamente, segundo dados do IBGE (2013).

Esses números são pequenos quando comparados ao plantel de suínos do país, que é de 36.743.593 (IBGE, 2013), porém, é necessário que cada produtor trate dos resíduos gerados pela atividade, porque suinocultura apresenta em seus dejetos, elevadas concentrações de elementos químicos, assim, caracteriza-se como sendo de alto potencial de contaminação ambiental ( SATURNINO et al , 2011).

Os suínos geram uma carga poluidora bastante elevada, sendo um problema para o meio ambiente. Isto está relacionado ao seu confinamento ser bastante elevado e produzirem resíduos de grande percentual líquido (KUNZ, 2003).

Nesse sentido, os dejetos merecem atenção, de modo a aplacar a poluição e evitar a contaminação dos ambientes que ainda se encontram preservados, nesse sentido, dentre os meios existente de manejo dos dejetos, o tratamento se sobressai como meio de tornar viável, ambientalmente, a atividade de produção animal, nesse caso, a suinocultura (KUNZ, 2003).

### **2.1.3 Impactos ambientais causados pela suinocultura**

A poluição gerada pela suinocultura tem sido uma questão bastante discutida por diversos autores, a literatura é clara no que diz respeito à poluição gerada pela atividade suinícola, tanto de forma intensiva quanto subsistência. Deng et al.(2008 *apud* SANTOS, 2011) classifica que efluente da suinocultura tem se mostrado uma das principais fontes de poluição para a água, solo e ar.

Desse modo se torna extremamente importante voltar a atenção para a atividade suinícola, pois os números são consideráveis com poder poluidor elevado. A preocupação com os dejetos na atividade suinícola é sobre seu lançamento de forma inadequada, um fator abordado por diferentes pesquisadores, na qual, a principal abordagem é no que diz respeito à contaminação dos cursos naturais de água assim como do solo.

Toda água que é utilizada torna-se esgoto após uso. Dependendo do uso a qual a mesma for designada, as características da água residuária serão variadas, podendo ter um poder poluidor maior ou menor, de forma orgânica ou inorgânica. Devido a este fato que a mesma requer um tratamento específico para que se enquadre nos padrões de qualidade exigidos por lei.

O lançamento de forma inadequada por parte dos produtores causa sérios danos sendo fonte de poluição dos mananciais superficiais e subterrâneos. Por isso o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) impõe os padrões de lançamento de esgoto, como é o caso do parâmetro DBO, onde o mesmo deve ser e no máximo 120mg/L, podendo ser ultrapassado apenas sendo efluente de um sistema com mais de 60% de eficiência no tratamento, ou caso exista estudo de autodepuração do corpo hídrico que se enquadre às metas do corpo receptor (CONAMA, 2011).

De acordo com Diesel (2002), o lançamento direto do esterco de suínos nos cursos de água, sem o tratamento necessário, tem sido a principal causa da poluição, gerando desequilíbrios ecológicos e poluição devido à redução do teor de oxigênio dissolvido na água, propagação de agente patógenos e contaminação das águas potáveis com nitratos, amônias e demais elementos tóxicos.

Conforme Oliveira (1993), o lançamento de grandes quantidades de dejetos da suinocultura em rios e lagos, pode acarretar em sérios desequilíbrios ecológicos e poluição devido à redução do teor de oxigênio dissolvido na água, à carga orgânica integrante e alta demanda bioquímica de oxigênio.

Kunz (2003) diz o seguinte em relação aos dejetos suínos:

Os principais problemas ambientais associados aos dejetos suínos são sua alta carga orgânica, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e algumas espécies metálicas como por exemplo ferro, cobre e zinco que são incluídos na dieta dos animais.

É devido à alta carga orgânica nos dejetos de suínos, que o mesmo é utilizado na agricultura pelos produtores, de modo a promover uma certa economia em fertilizantes, porém causando danos ambientais, como é o caso da contaminação do solo, como também dos mananciais subterrâneos, devido à aplicação de esterco sem o devido tratamento.

Segundo Oliveira (1993), aplicar esterco líquido em grandes quantidades no solo, pode levar à sobrecarga da capacidade de infiltração do mesmo e retenção dos nutrientes do esterco, quando o limite de infiltração é atingido, parte dos nutrientes podem atingir as águas subterrâneas ou superficiais, causando assim, contaminação das fontes de água.

#### **2.1.4 Quantificação dos resíduos da atividade suinícola**

Os resíduos da suinocultura apresentam-se, em grande parte, na fase líquida. A quantidade de água ingerida pelo suíno está ligada diretamente à quantidade de dejetos líquidos, isso porque o suíno vai liberar mais urina (OLIVEIRA, 1993), sendo assim, sua quantificação é essencial. Os valores existentes para produção de dejetos de suínos são médios, estes são dados por gênero, fase e cultivo de cada suíno (Tabela 5).

Tabela 5 - Produção média de dejetos na suinocultura por categoria de suínos.

	Esterco	Esterco + Urina	Dejetos Líquidos
Categoria	Kg/dia	Kg/dia	L/dia
25-100kg	2,3	4,9	7
Porcas em gestação	3,6	11	16
Porcas em lactação com leitões	6,4	18	27
Macho	3	6	9
Leitões	0,35	0,95	1,4
Média	2,35	5,8	8,6

Fonte: Adaptado de Oliveira (1993).

O conhecimento da quantidade de dejetos produzidos pela atividade suinícola se faz necessário como dados de dimensionamento para as diversas formas de tratamento. No período de crescimento e terminação, um suíno produz de 12 a 15 litros de dejetos por dia, ao passo que uma fêmea no seu período de gestação produz cerca de 16 litros/fêmea/dia. Este valor eleva-se para 27 litros por fêmea por dia na maternidade. Já na fase inicial de vida os leitões geram 1,4 litro/animal/dia de dejetos. No intuito de armazenar e estabilizar os dejetos, uma faixa de 155 a 170 litros é adotada para cada fêmea no plantel para um ciclo completo, com um coeficiente de segurança de 1,2. Já na produção de leitões, a faixa de volume gerados por ciclo completo é de 35 a 40 litros/dia por matriz no plantel, também majorada com coeficiente de segurança de 1,2 (KONZEN, 2000).

É fundamental quantificar os dejetos da suinocultura, e é um fato abordado por diversos autores, pois se torna uma situação preocupante devido a produção de resíduos ser bastante elevada e possuir elevada concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Zhu (2007 *apud* SANTOS, 2011) estimam que em um sistema intensivo de 10 mil cabeças de suínos, em torno de 30 mil toneladas de resíduos sejam gerados anualmente. Fazendo uma analogia a estes dados, apenas o Sertão alagoano, com 46.794 cabeças (IBGE, 2013) iria produzir aproximadamente 140 toneladas, considerando alagoas como um sistema intensivo.

Para criatórios de animais confinados, cada unidade, por tonelada viva de suínos, diariamente, é responsável por uma vazão específica de 0,2m<sup>3</sup>/unid. com 2kg/unid. de carga específica de DBO, equivalente populacional que varia de 35 a 100[hab./(unid./dia)] e concentração de 10.000 a 50.000 mgDBO/L. Em contrapartida a DBO<sub>5</sub> de esgoto sanitário varia de 250 a 400 mg/L, que é bastante inferior ao esgoto industrial de suinocultura (VON SPERLING,2014).

Já Oliveira (1993) afirma que a concentração de DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio) em esgoto doméstico é em torno de 200mg/L, que é bastante inferior ao efluente de suinocultura, com concentração de 30.000-52.000 mg/L, sendo esta, cerca de 260 vezes maior que o esgoto sanitário.

Os dados de Von Sperling (2014) são baseados em tonelada vida de suínos, assim, tendo conhecimento do peso dos suínos em terminação, é possível realizar uma estimativa da carga gerada em um dia por suínos próximos do período de abate. Em 2012 o Brasil registrou, em sistema tecnificado, que os suínos um peso vivo de abate de em média com 110-120 kg, com 140-150 dias de confinamento (FERREIRA et al, 2014).

Desse modo, para uma fase final de vida dos suínos e utilizando-se do conceito de equivalente populacional, com valor da contribuição per capita que é utilizado internacionalmente, de 54gDBO/hab.d, concentração de 300mgDBO/L, comumente aplicada ( VON SPERLING,2014), os valores de vazão específica, carga específica e concentração, são elevados (Tabela 6) alertando assim, para os tratamentos de efluente da suinocultura de modo a se viabilizar a atividade (KUNZ, 2003).

Para as devidas estimativas (Tabela 6), foi considerado que os dados de população de suínos (IBGE,2013) em sua totalidade chegam a fase de vida de 110kg, ou seja, 140 – 150 dias de confinamento, desse modo, os dados são baseados em um dia nesse estado de terminação.

Tabela 6 - Características das águas residuárias da suinocultura.

Local	Nº suínos	Vazão de esgotos (m <sup>3</sup> /dia)	Carga específica de DBO (kg/dia)	Concentração de DBO(mg/L)	Equivalente populacional(hab)
Agreste Alagoano	59283	1304,226	13042,26	10000	241523,3333
Sertão Alagoano	46794	1029,468	10294,68	10000	190642,2222
Alagoas	143112	3148,464	31484,64	10000	583048,8889
Brasil	36743593	808359,046	8083590,46	10000	149696119,6

FONTE: IBGE (2013), Von Sperling (2014), Ferreira et al, (2014).

### 2.1.5 Principais características químicas dos esgotos da suinocultura

A característica dos esgotos está diretamente ligada ao uso da água, podendo ser de natureza doméstica ou industrial. Nesse sentido a água residuária resultante vai possuir características para um uso específico, como é o caso da atividade suinícola, a qual se torna importante destacar alguns parâmetros de estudo da qualidade do seu efluente a partir da sua composição química (Tabela 7).

Tabela 7 - Composição química média dos dejetos de suínos analisada por diferentes autores.

Parâmetro	Duart et al. 1992 (Portugal)	Sevrin-Reyssac et al. 1995 (França)	Medri 1997 (SC/Brasil)	Zanotelli 2002 (SC/Brasil)	Kunz et al 2005 (SC/Brasil)
pH	7,46	-	6,90	6,87	7,3
DQO total	21.670,00	80.000,00	21.647,00	26.387	65.090
DBO total	7.280,00	40.000,00	11.979,00	-	34.300
NTK	2.150	8.100	2.205	2.539	4.530
NH3	1.420,00	3.400	-	-	2.520
P total	-	7.100	633	1.215	1.600
Sólidos totais	-	82.000	17.240	22.867	-
Sólidos voláteis	-	66.000	10.266	16.855	39.220

Fonte: Adaptado por Kunz (2003)

A partir desses parâmetros da composição química dos dejetos da suinocultura, a qualidade do esgoto pode ser avaliada, sendo possível mensurar seu poder poluidor pelo parâmetro analisado.

A suinocultura é uma atividade de alto poder poluidor como já fora descrito, possuindo em seus dejetos grande quantidade de matéria orgânica, porém, determinar os componentes da matéria orgânica não é tarefa simples, devido as diversas formas e compostos que esta pode se apresentar, desse modo, a mesma pode ser determinada pelos parâmetros DBO e DQO.

Von Sperling (2014), diz o seguinte sobre DBO e DQO:

A DBO retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea enquanto DQO representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea.

Ambos os testes são utilizados para determinação da quantidade de matéria orgânica, porém, o teste de DBO dura 5 dias para ser realizado, enquanto o teste da DQO gasta apenas de 2 a 3 horas, desse modo tem-se uma tendência dele ser mais utilizado devido à operação nas estações de tratamento de esgotos, mas existe relação entre os parâmetros DQO/DBO.

Pela relação é possível obter conclusões sobre a biodegradabilidade dos despejos e do método de tratamento que deve ser aplicado (SPERLING,2014):

- Relação DQO/DBO baixa (< cerca de 2,5):

A fração biodegradável é elevada;

Indicação para tratamento biológico.

- Relação DQO/DBO intermediária (entre cerca de 2,5 e 4,0):

A fração biodegradável não é elevada;

Estudos de tratabilidade para verificar a viabilidade do tratamento biológico.

- Relação DQO/DBO elevada (> cerca de 4,0):

A fração inerte (não biodegradável) é elevada;

Possível indicação para tratamento físico-químico.

## **2.2 Tratamento e Disposição Final de Águas Residuárias de Suinocultura**

O tratamento dos esgotos visa a remoção dos poluentes, de modo a adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente. Esta remoção está diretamente associada aos conceitos nível do tratamento e eficiência do tratamento, tais níveis vão do tratamento preliminar ao terciário (SPERLING,2014).

No tratamento preliminar o objetivo é apenas a remoção de sólidos grosseiros, a partir de mecanismos básicos de ordem física, enquanto no primário a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Uma parte considerável desses sólidos em suspensão é composta pela matéria orgânica em suspensão, que é removida simplesmente pela sedimentação, desse modo, a carga de DBO que vai para o tratamento secundário é menor, possuindo eficiência de remoção de 60 a 70% em sólidos em suspensão e 25 a 35% em DBO. Também há predominância de mecanismos de ordem física de remoção. A etapa que possui a função de remover matéria orgânica e ainda, nutrientes, como nitrogênio e fósforo, é o tratamento secundário. O terciário ocorre apenas eventualmente, caso se deseje alcançar a remoção de poluentes específicos que não foram eliminados nas etapas anteriores (SPERLING,2014).

O efluente de suinocultura deve passar por tratamento para que os padrões exigidos vigentes sejam atingidos e assim, tenham uma disposição final de forma adequada, sem que agrida ao



meio ambiente de forma a promover sua alteração de forma negativa, desse modo, existem diversas formas de tratamento que podem ser aplicadas para os dejetos de suínos afim de promover alterações em sua composição física, química e biológica.

Dartora (1998) descreve um sistema de tratamento de dejetos suínos que vai do tratamento preliminar ao terciário. O tratamento preliminar é formado por um decantador de fluxo ascendente, promovendo a separação da parte sólida da líquida, removendo em torno de 50% do material sólido dos dejetos, num volume em cerca de 15% do total dos dejetos líquidos produzidos por uma criação.

O tratamento primário nesse sistema é formado por duas lagoas anaeróbias em série com profundidade útil de 2,2m com relação de comprimento x largura de 2 a 3:1. O tempo de detenção hidráulico foi de 35 dias para a primeira lagoa, alcançando nessa etapa uma remoção de 80% da DBO e remoção de 64% na remoção da carga orgânica oriunda da primeira lagoa, com tempo de detenção hidráulico e 46 dias.

O tratamento secundário é formado por lagoas facultativas com profundidade útil com cerca de 1,0 m, atingindo 42% de remoção de DBO de dejetos oriundos da 2ª lagoa anaeróbia com 24 dias de tempo de detenção hidráulico.

A última etapa foi o tratamento terciário, com lagoas de aguapés, com profundidade útil de 1,0 m com tempo de detenção hidráulico de 19,3 dias, atingiu uma eficiência de 45% da DBO proveniente da lagoa facultativa.

Esse sistema descrito por Dartora (1998) foi aplicado para uma criação com 44 matrizes em ciclo completo com teor de matéria seca entre 2 e 3%, com DBO inicial de 21.000mg/l, passando por um sistema combinado que resultou em uma eficiência de 99,61%, desse modo, a concentração efluente de DBO foi de 79,96%.

Os sistemas de tratamento para esgotos são diversos, o que é fundamental, é garantir que o sistema escolhido vai atender os padrões vigentes ou à uma qualidade específica que se deseja alcançar. Duda et al (2013 ) descreve um sistema de tratamento anaeróbio composto por um reator anaeróbio horizontal com manta de lodo e três reatores horizontais de leito fixo, em série, com pós-tratamento utilizando reator sequencial em batelada aeróbio, com alimentação contínua, foi possível alcançar eficiências de remoção de DQO acima de 60% com tempos de detenção hidráulica (TDH) que atingiram 50 horas nos reatores anaeróbios horizontais.

A remoção de DQO também foi analisada por Vivian et al, (2010) em um sistema composto de um biodigestor e lagoas de estabilização (lagoa anaeróbia, uma facultativa e duas lagoas de maturação) dispostas em série, alimentadas com lodo proveniente de uma estação de tratamento de dejetos de suínos, foi alcançada uma eficiência de em torno 98% no sistema combinado (Tabela 8).

Tabela 8 – Volume (V), tempo de detenção hidráulico (TDH) e carga de alimentação (DQO).

Sistema	V (m <sup>3</sup> )	TDH (d)	DQO (kg O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> .d)
Biodigestor	135	45	0,94
Lagoa anaeróbia	166	55	0,43
Lagoa facultativa	113	38	0,18
Lagoa de maturação1	57	19	0,09
Lagoa de maturação2	44	15	0,11

Fonte: adaptado de Vivian et al (2010).

Duda e Oliveira (2011) também avaliaram a DQO de águas residuárias de suinocultura, porém utilizando reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) seguido de um filtro anaeróbio, instalados em séries. Para pós-tratamento utilizou-se filtro biológico percolador. No reator UASB Foi alcançada uma eficiência de 91% de DQO com TDH de 12 horas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste tópico serão descritos o material utilizado e os procedimentos metodológicos empregados para a realização do estudo.

#### 3.1 Área de Estudo

O sistema de confinamento de suínos (FIGURA 1) em estudo está localizado em Limoeiro de Anadia - AL, cujas coordenadas geográficas são: Lat -9.720011 e Lng -36.613127. A granja contempla um quantitativo médio de 2300 suínos. O sistema de tratamento (FIGURA 1) das águas residuárias de suinocultura da granja analisada conta com o tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e disposição final dos resíduos sólidos.

Figura 1 – Esquema geral do tratamento das águas residuárias do sistema de confinamento de suínos.



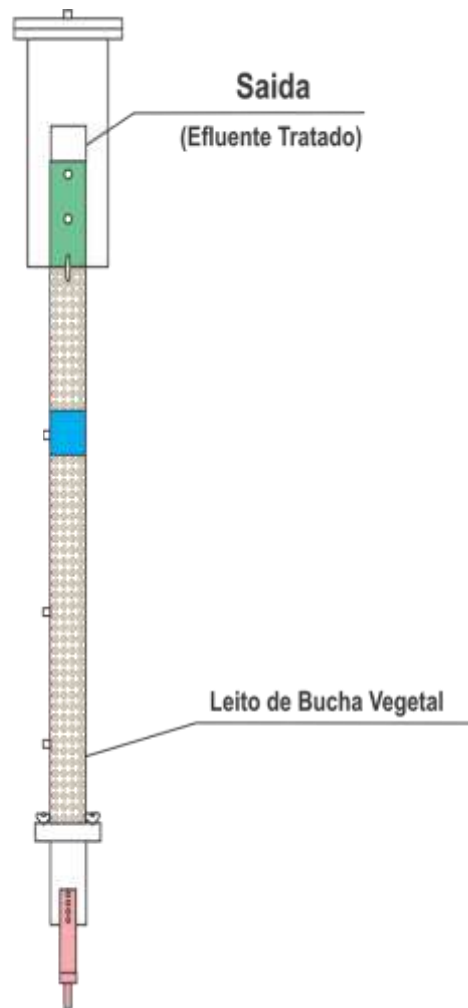
#### 3.2 Local do Experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Saneamento Ambiental, Campus do Sertão - Delmiro Gouveia, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). O Laboratório possui temperatura em média de 22°C cujas coordenadas são: Lat -9.350561 e Lng -37.987683.

#### 3.3 Reator Anaeróbio de Leito Fixo

O experimento foi realizado utilizando um reator de leito fixo de fluxo ascendente com capacidade de operação em dupla fase, anaeróbia-aeróbia, porém a pesquisa foi realizada apenas em nível anaeróbio (FIGURA 2) com operação contínua.

Figura 2 - Reator combinado anaeróbio de leito fixo



O reator utilizado foi construído em tubo de acrílico com comprimento de 900,5 mm e 53 mm de diâmetro, resultando em um volume total em torno de 2,0 L medido sem material suporte.

Afim de se evitar incidência direta de luminosidade, acarretando em crescimento de microrganismo fotossintetizantes inconvenientes ao processo, o reator foi coberto com papel alumínio (FIGURA 3).

Figura 3 – Reator anaeróbio de leito fixo usado com recobrimento de papel alumínio.



Em relação à alimentação do sistema, a mesma era feita pela parte inferior do reator através de bomba dosadora da marca Exatta tipo diafragma com fluxo em pulso (FIGURA 4), com sucção no reservatório que era alimentado diariamente no momento pós-coleta.

Figura 4 – Bomba utilizada para alimentar o sistema, fazendo com que o mesmo opere continuamente.



Antes do esgoto de suinocultura chegar ao reator, foi necessário promover ao mesmo um tratamento preliminar, afim de remover os sólidos mais grosseiros, evitando danos ao sistema

de tratamento, principalmente no bombeamento. Dessa forma, foi realizado o peneiramento durante todas as amostras coletadas. Realizados os procedimentos supracitados, o reator foi preenchido com o material suporte e colocado em funcionamento (FIGURA 5).

Figura 5 – Reator preenchido com material suporte e procedimento experimental iniciado.



### 3.4 Inóculo

O material suporte utilizado no reator foi inoculado com o lodo proveniente do tratamento do sistema de confinamento de suínos em estudo, coletado na lagoa anaeróbia (FIGURA 6). A inoculação foi realizada fazendo a submersão do material suporte, por duas horas, no lodo coletado no sistema de tratamento da granja estudada.

Figura 6 – Lodo coletado na lagoa anaeróbia.



### 3.5 Material Suporte

A camada suporte tem a função de promover a retenção dos sólidos biológicos no interior do reator. O contato do afluente com a matéria orgânica é promovido devido a camada suporte, pois esta faz com que o escoamento do afluente se distribua uniformemente no interior do reator (YOUNG,1990).

A bucha vegetal de cucurbitácea foi o material suporte utilizado no experimento (FIGURA 7), a mesma foi disposta em matrizes cúbicas de cerca de 1,0 cm de lado.

Figura 7 –Bucha vegetal de cucurbitácea usada como material suporte.



ARAÚJO (2015) obteve sucesso utilizando bucha vegetal de cucurbitácea, em remoção de matéria orgânica em reator combinado aeróbio-anaeróbio de leito fixo, alcançando eficiência na ordem de 80% em termos de DQO bruta.

A bucha vegetal pertence à família Cucurbitaceae e ao gênero *Luffa* (FERREIRA et al, 2010). A bucha de cucurbitácea é biodegradável e não deixa resíduos durante sua decomposição, sendo uma solução para destino final, a compostagem seca (ECYCLE, 2013)

### **3.6 Água Residuária de Suinocultura**

O afluente utilizado no experimento foi água residuária de suinocultura coletada semanalmente em sistemas de confinamento de suínos em fase de crescimento e terminação, com alimentação à base de milho, soja e sobras de alimentos domésticos. Nas instalações, o esgoto da atividade suinícola era levado até sua disposição final, à base de injeção de água no sistema de confinamento via bombeamento, gerando assim uma lâmina d'água capaz de promover o arraste dos dejetos.

### **3.7 Coleta**

A coleta do afluente foi realizada na granja de suínos descrita na área de estudo. A coleta foi feita nos pontos de preexistentes para coleta de amostras que serão realizadas análises laboratoriais.

Em todas as coletas de águas residuárias, foi utilizado um peneiramento prévio (FIGURA 8) em três etapas, variando a abertura de 3 a 1 mm, para que assim fosse evitado que o material grosseiro (pedras, cascalhos, pedaços de madeira, ossos) viessem a provocar danos na bomba, mangueiras e até mesmo no reator. Esta medida foi utilizada por Santos (2011) com sucesso em tratamento de águas residuárias de suinocultura.



Figura 8 – Coleta de amostras sendo realizada e peneiramento.



### 3.8 Métodos Analíticos

Durante todo o processo executivo do experimento, foram monitorados os parâmetros (TABELA 9) conforme os métodos descritos pela APHA (1998). Os ensaios foram realizados exclusivamente no Laboratório de Saneamento Ambiental do Campus do Sertão e Campus A.C. Simões.

Tabela 9 – Parâmetros Analisados, método utilizado e frequência de amostragem.

Parâmetro Analisado	Método de Análise	Frequência de Amostragem
Vazão	Medição manual	Diária
DQO bruta (mg/L)	Espectrofotométrico	3 x semana
pH	Potenciométrico	3 x semana

Fonte: APHA (1998)

### 3.9 Procedimento Experimental

O procedimento experimental do sistema de tratamento anaeróbio foi realizado em etapa única, no período de 21/12/2015 a 11/01/2016, resultando em 21 dias de operação. Foram realizadas 3 coletas afluentes de 10 L cada, quantidade suficiente para uma semana, visto que o reator trabalhou com bombeamento cuja vazão foi  $0,25 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ , correspondendo a um tempo de detenção hidráulico de 8 horas. O TDH utilizado baseou-se na literatura de sistemas compactos que atuam via tecnologia anaeróbia e alta carga orgânica aplicada. Para esse tipo

de resíduo, os tempos de detenção hidráulico são bastantes variáveis, chegando a atingir 50 horas dependendo das características que se desejam alcançar e do sistema de tratamento aplicado.

### **3.10 Diluição**

Devido às elevadas concentrações de DQO que o esgoto de suinocultura apresenta, o experimento foi realizado com diluição do afluente, para que assim fosse realizada a operação e analisado o comportamento na remoção de matéria orgânica para diferentes taxas de carregamento orgânico.

A carga orgânica presente na água residuária de suinocultura da granja, foi de 127,13 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>. Para reduzir esta carga aos valores desejados, que foram de 20, 10 e 5 g DQO(L.dia)<sup>-1</sup>, foi necessário realizar diluição. Para cada litro de esgoto diluído, foi necessário acrescentar 136, 68 e 34 ml de esgoto bruto em 864, 932 e 966 ml de água destilada, respectivamente. Afim de obter volume de alimentação do barrilete para cada etapa, foram realizadas as devidas proporções.

No tratamento de efluentes mais concentrados, os reatores que utilizam a tecnologia anaeróbia são limitados pela aplicação de matéria orgânica, em geral na faixa de 5 a 10 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia, embora tenham sido registradas taxas de até 20 kg/m<sup>3</sup>.dia com bons resultados no tratamento.

Santos (2011) aplicou carregamento orgânico volumétrico (COV) variando de 6,6 a 20,5 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia, em reator aerado submerso (FAS), alcançando eficiência máxima de 77% na remoção da DQO. Por isso, houve a ideia de se trabalhar dentro da faixa limite, e observar o comportamento do sistema em termos de remoção da DQO.

### **3.11 Água Destilada**

Toda água necessária para diluição do esgoto bruto foi destilada no destilador do laboratório de materiais de construção da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, Polo Delmiro Gouveia.

### **3.12 Caracterização da Água Residuária de Suinocultura Afluente e Efluente ao Reator**

A primeira coleta na granja, apresentou os valores de 42.333,43 e 36.200,17 mg DQO/L, para afluente e efluente do reator, respectivamente, resultando em uma remoção de 14,49% de matéria orgânica através do sistema anaeróbio descrito na metodologia. Por isso houve a necessidade de diluição para que assim o sistema operasse dentro das suas faixas de carregamento orgânico, sem que fosse prejudicado por operar com taxas acima do seu limite.

Devido os números relatados anteriormente, durante a operação do reator, foram realizadas três taxas de carregamento orgânico do esgoto de suinocultura afluente e efluente ao reator. As taxas foram de 20, 10 e 5 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, para a primeira, segunda e terceira fase de operação respectivamente. Para cada fase foram coletadas amostras para verificação da demanda química de oxigênio (DQO).

### **3.13 Etapas do Experimento**

O experimento foi realizado em três etapas. As cargas orgânicas volumétricas (COV) aplicadas foram de 20, 10 e 5 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, nas etapas 1, 2 e 3, respectivamente.

Na primeira etapa do experimento, de 21 a 27/12/2015 o sistema operou com taxa de carregamento orgânico de 20 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, e TDH de 8 horas, foram realizadas 3 coletas brutas, do afluente e efluente, nos dias 21, 23 e 26/12/2015, totalizando 6 amostras, para esse período.

Na segunda etapa do experimento, 28/12/2015 a 04/01/2016, o sistema operou com TCOV de 10 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, e TDH de 8 horas, foram realizadas 3 coletas brutas, do afluente e efluente, nos dias 28/12/2015, 30/12/2015 e 04/01/2016, totalizando 6 amostras, para esse período.

Na terceira etapa do experimento, de 06 a 11/01/2016 o sistema operou com TCOV de 5 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, e TDH de 8 horas, foram realizadas 3 coletas brutas, do afluente e efluente, nos dias 06/01/2016, 08/12/2015 e 11/01/2016, totalizando 6 amostras, para esse período.

### **3.14 Amostragem**

As amostras do afluente e efluente foram coletadas na tubulação de entrada e saída do reator, respectivamente. Cada uma das amostras possuindo um volume de 300 ml. Quando coletadas, foram conservadas em freezer cuja temperatura média era de  $-6^{\circ}\text{C}$  para que assim as propriedades das amostras fossem mantidas até que o teste de DQO fosse realizado para avaliação da quantidade de matéria orgânica removida pelo sistema.

### **3.15 Fontes de Evidências**

O referencial teórico desta pesquisa foi resultado de buscas na literatura disponível em meio virtual, desse modo, foi possível ter acesso a teses, dissertações, livros e artigos científicos que abordam o assunto.

Além dos dados obtidos na literatura, foram utilizados neste trabalho dados referentes a como ocorre o sistema de confinamento da atividade suinícola em análise fornecidas pelo proprietário.

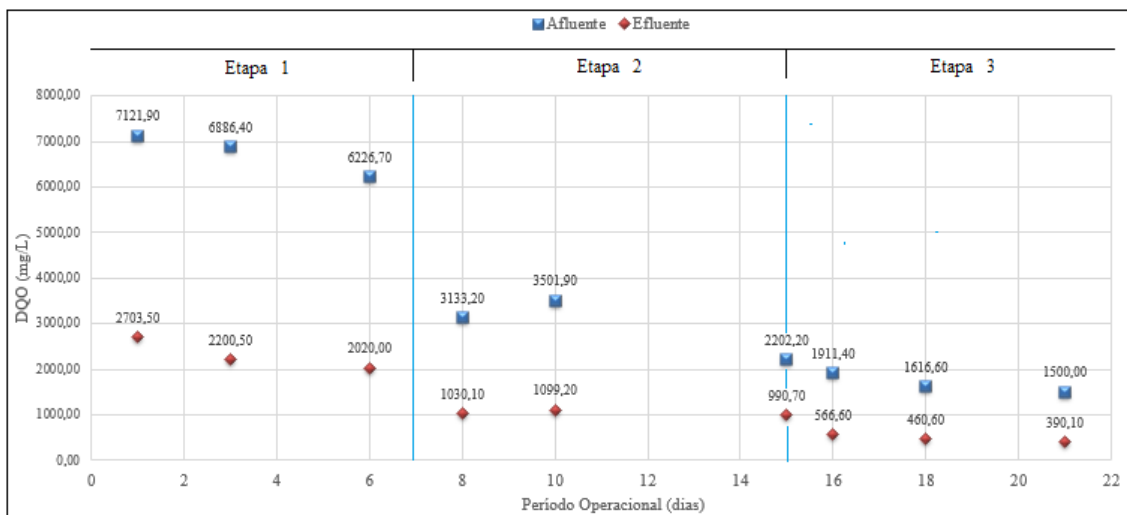
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados do experimento em reator anaeróbio de leito fixo e com fluxo ascendente sob todas as circunstâncias relatadas na metodologia. A partida no reator foi realizada em 21/12/2015 com operação até 11/01/2016, compondo uma fase experimental de 21 dias.

### 4.1 Variação da DQO Durante Todo Período Operacional

Na etapa 1 valor médio da DQO afluyente bruta (GRÁFICO 1) do esgoto proveniente da atividade suinícola foi de  $6745,00 \pm 464,05$  mg/L e para a amostra efluente bruta,  $2308,00 \pm 354,20$  mg/L.

**Gráfico 1 – Perfil temporal de DQO, durante todo período de operação do sistema, afluyente e efluente ao reator operado anaerobiamente.**



Na etapa 2, o valor médio da DQO afluyente bruta do esgoto de suinocultura foi de  $2945,70 \pm 669,93$  mg/L e para a amostra efluente bruta,  $1040,00 \pm 54,92$  mg/L.

Na etapa 3, o valor médio da DQO afluyente bruta do esgoto de suinocultura foi de  $1676,00 \pm 212,03$  mg/L e para a amostra efluente bruta,  $472,43 \pm 88,84$  mg/L.

## 4.2 Avaliação do Desempenho do Reator

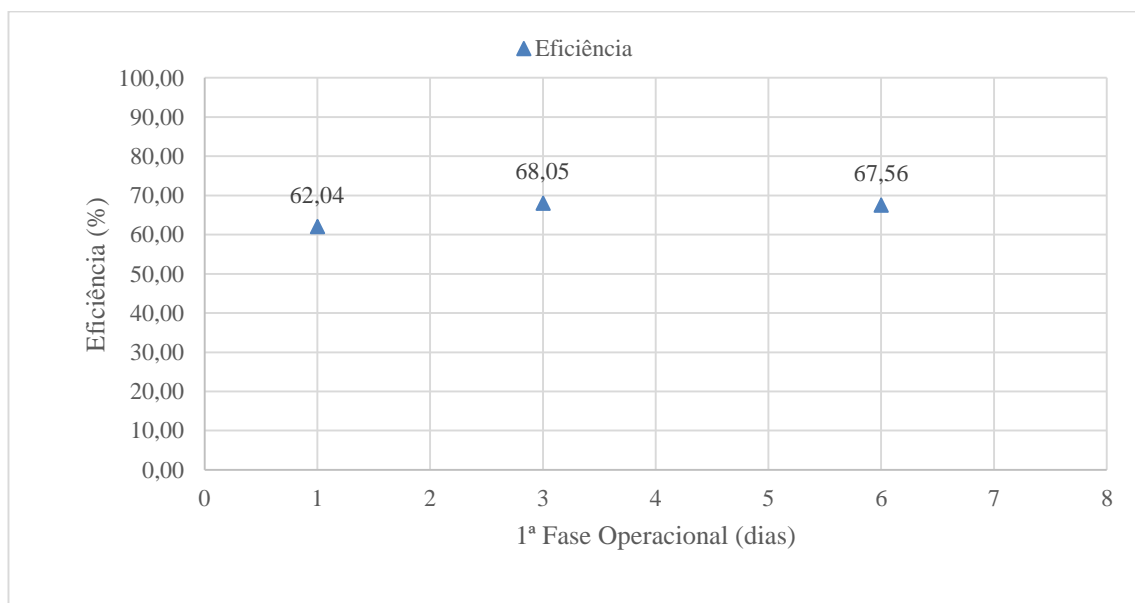
Neste tópico do trabalho serão apresentados e discutidos os resultados alcançados durante todo o período operacional, dividido em três fases. Todas as fases ocorreram de forma anaeróbia e com TDH (tempo de detenção hidráulica) de 8 horas.

### 4.2.1 Avaliação do desempenho do reator para taxa de carregamento orgânico volumétrico (TCOV) de 20 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>

A vazão aplicada foi de 0,25 L/h e o período para avaliação operacional foi de 7 dias. As eficiências para a primeira fase de operação (GRÁFICO 2) ficaram na ordem de 60% de remoção de DQO. Oliveira Netto (2007) tratou esgoto sanitário no mesmo reator, com TDH de 8 horas, alcançando uma eficiência, em relação às amostras brutas, na ordem de 69% de remoção de DQO.

Santos (2011) tratou água residuárias com altas taxas de carregamento orgânico em reator anaeróbio compartimentado (ABR) compartimentado em duas câmaras, com variação do TDH de 5,2 a 13,6 horas e taxa de carregamento orgânico volumétrico (TCOV) variando de 8,6 a 93,0 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, atingindo eficiências em remoção de DQO que variando de 82 a 89%.

**Gráfico 2– Eficiência de remoção de DQO ao longo do tempo, na primeira etapa do tratamento, para amostra bruta para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente.**



#### 4.2.1.1 Remoção de matéria orgânica

A remoção de matéria orgânica (EQUAÇÃO 1) pode ser realizada a partir da média das eficiências para esta etapa, calculando a mesma através do produto entre a eficiência média ( $E_{média}$ ) e carga orgânica aplicada ( $CO_{aplicada}$ ).

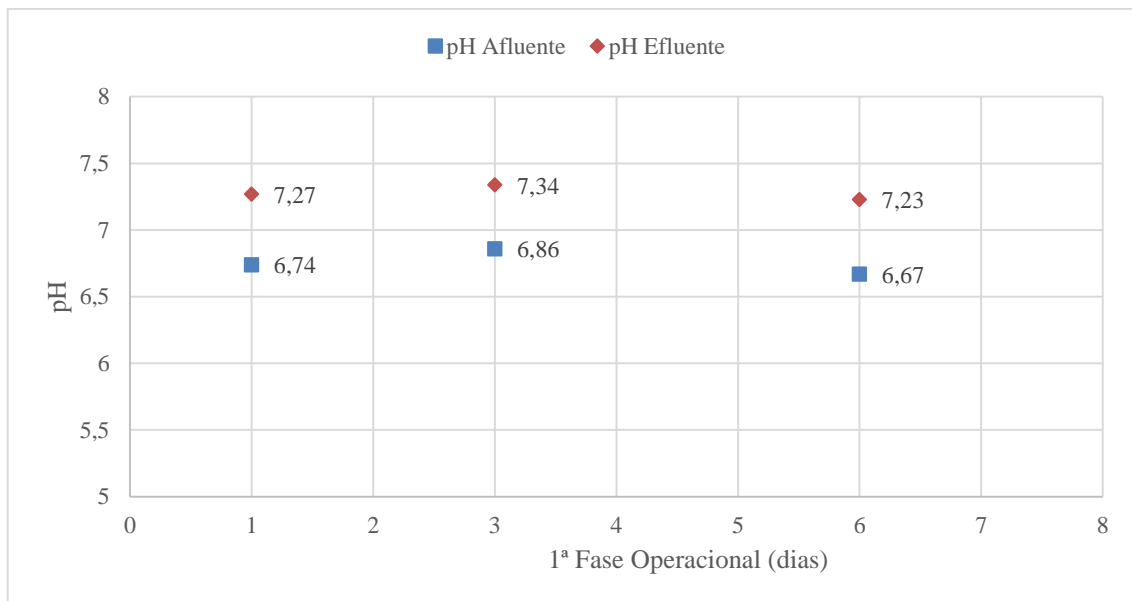
$$CO_{removida} = E \cdot CO_{aplicada} \quad (1)$$

A eficiência média para esta fase do tratamento foi de 65,88 %, desse modo, para a carga orgânica aplicada nesta fase do experimento, a carga orgânica removida foi de 13,17 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>. Desse modo, 6,83 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup> é de carga orgânica não removida, seguindo, nesta pesquisa, para disposição final.

#### 4.2.1.2 pH para TCOV de 20 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>

A variação do pH (GRÁFICO 3) ao longo do tempo para a primeira fase do experimento, foi realizada, registrando-se, assim, que o pH efluente foi maior que o afluente, confirmando assim, estabilidade durante o processo de digestão anaeróbia, pela provável não formação de ácidos orgânicos em excesso, o que possibilitaria redução nos valores do pH efluente. O valor médio do pH a fluente foi  $6,76 \pm 0,10$  e do efluente  $7,28 \pm 0,06$ .

**Gráfico 3– Variação temporal do ph afluente e efluente, na primeira fase do experimento, para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente com TDH de 8 horas e TCO de 20 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>.**



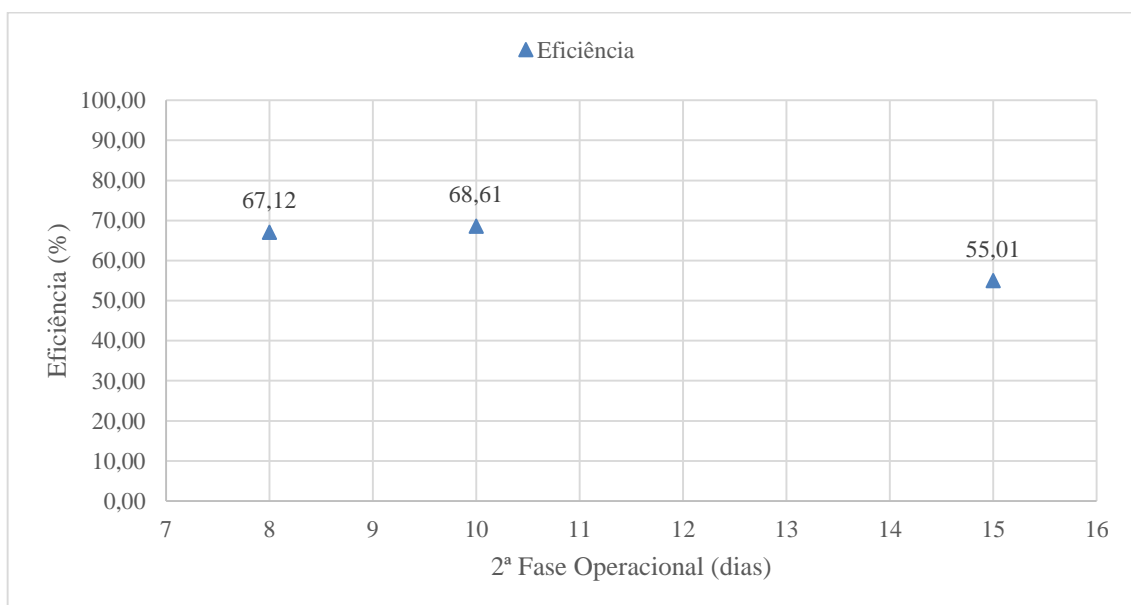
#### 4.2.2 Avaliação do desempenho do reator para taxa de carregamento orgânico volumétrico (TCOV) de 10 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>

A vazão aplicada foi de 0,25 L/h e o período para avaliação operacional foi de 8 dias. As eficiências para a segunda fase de operação (GRÁFICO 4) ficaram na ordem de 60% de remoção de DQO.

Oliveira e Santana (s.d.) trataram esgoto de suinocultura em sistema combinado reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) em série, duas unidades, com TDH de 28 e 11 horas e de 14 e 6 horas no primeiro e segundo reatores UASB, respectivamente. A taxa de carregamento orgânico aplicada no primeiro UASB variou de 14,8 a 24,4 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>. Nesse sistema as eficiências de remoção de DQO foram verificadas para os maiores TDH, atingindo valores médios de 78 a 88 % nos dois estágios do sistema em série.

Como pode ser observado, o sistema passou de 68,61 para 55,01 % com sistema operando de modo contínuo, este decaimento brusco, pode ter sido causado devido à dificuldade de regularização da vazão, e como é sabido, a vazão aplicada foi de 0,25L/h, ocorrendo aumento da mesma, o sistema passa a não trabalhar mais com TDH de 8 h e sim com valores inferiores a este, então, este pode ser um fator que justifique a redução brusca das eficiências entre as duas últimas amostras.

**Gráfico 4 – Eficiência de remoção de DQO ao longo do tempo, na segunda etapa do tratamento, para amostra bruta para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente.**





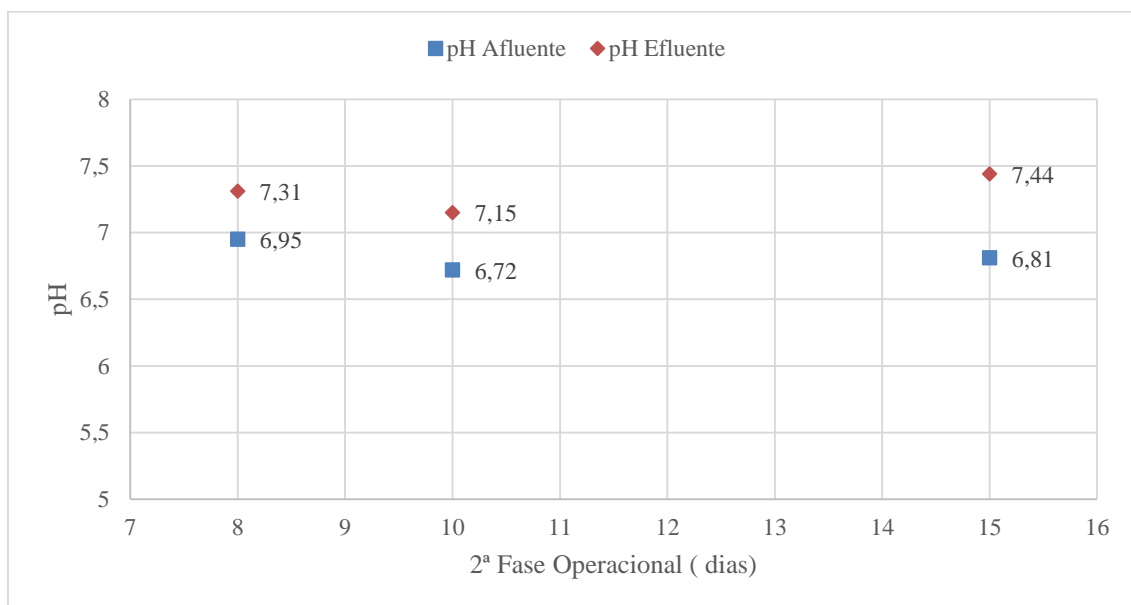
#### 4.2.2.1 Remoção de matéria orgânica

A eficiência média para esta fase do tratamento foi de 63,58 %. Aplicando a eficiência e a carga orgânica aplicada nesta fase do experimento à equação já estabelecida em etapa anterior (Equação 1), a carga orgânica removida foi de 6,36 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>. Desse modo, 3,64 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup> é de carga orgânica não removida, seguindo, nesta pesquisa, para disposição final. O mais correto seria que a carga orgânica não removida, fosse levada para outro dispositivo de tratamento, ou para o mesmo reator utilizado nesta pesquisa operando em série.

#### 4.2.2.2 pH para TCOV de 10 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>

A variação do pH ao longo do tempo (GRÁFICO 5) para a segunda fase do experimento, foi realizada, sendo verificado que durante este período, o pH efluente foi maior que o afluente, confirmando assim, estabilidade durante o processo. O valor médio do pH afluente foi  $6,83 \pm 0,12$  e do efluente  $7,30 \pm 0,15$ .

**Gráfico 5 – Variação Temporal do pH Afluente e Efluente, na Segunda Fase do Experimento, para o Reator de Leito Fixo Operado de Modo Contínuo Anaerobiamente com TDH de 8 horas e TCO de 20 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>.**

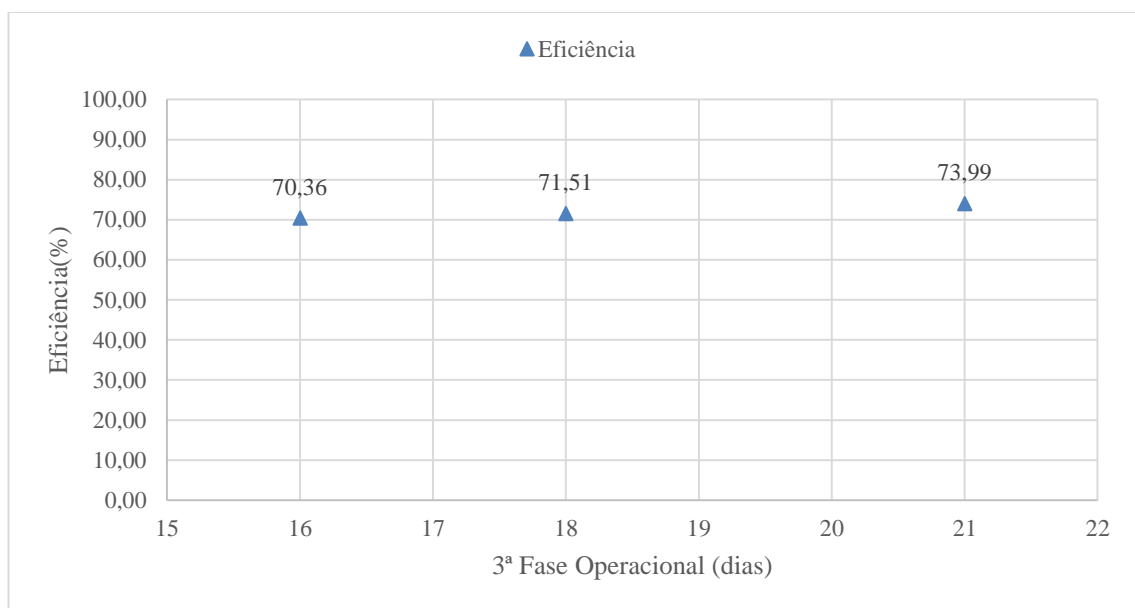


### 4.2.3 Avaliação do desempenho do reator para taxa de carregamento orgânico volumétrico (TCOV) de 5 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>

A vazão aplicada foi de 0,25 L.h<sup>-1</sup> e o período para avaliação operacional foi de 6 dias. As eficiências para a segunda fase de operação (GRÁFICO 6) se enquadram na ordem de 70% de remoção de DQO.

Em relação às etapas anteriores, esta assume as maiores eficiências verificadas no sistema de tratamento proposto neste trabalho, cujas condições foram as mesmas para cada etapa, diferindo apenas na taxa de carregamento orgânico, pois esta foi sendo diminuída da primeira à última fase do experimento.

**Gráfico 6 – Eficiência de remoção de DQO ao longo do tempo, na última etapa do tratamento, para amostra bruta para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente.**



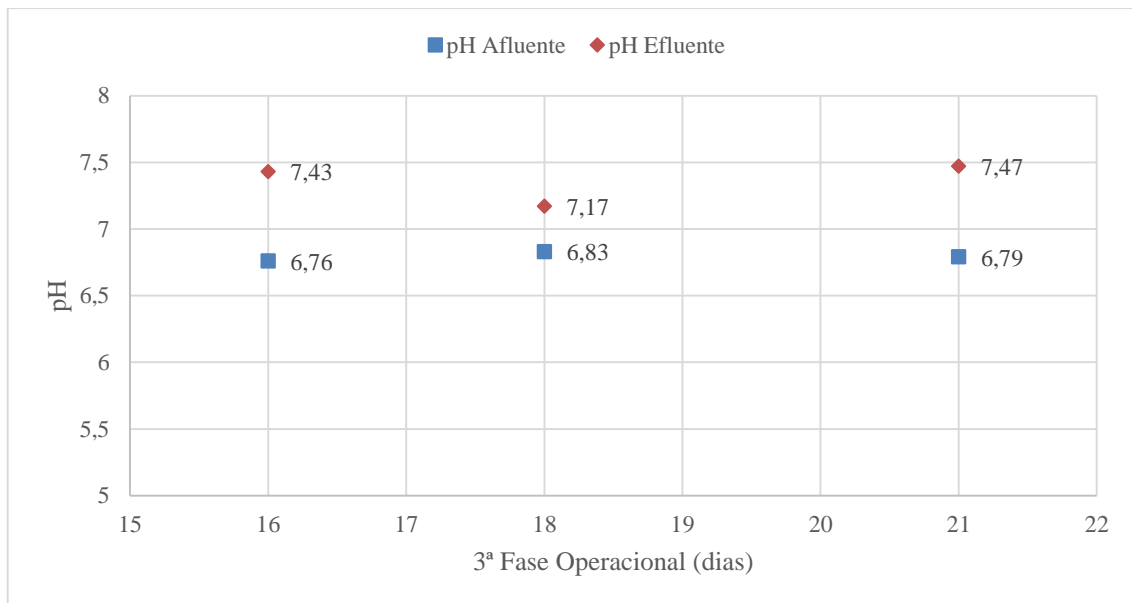
#### 4.2.3.1 Remoção de matéria orgânica

A etapa 3 do experimento foi a que apresentou melhor, registrando média para esta fase do tratamento de 71,95 %. Aplicando a eficiência e a carga orgânica aplicada nesta fase do experimento à equação já estabelecida em etapa antecedente a esta (EQUAÇÃO 1), a carga orgânica removida foi de 3,59 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>. Desse modo, 1,41 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup> é de carga orgânica não removida, seguindo, neste trabalho, para disposição final. O mais correto seria que a carga orgânica não removida, fosse levada para outro dispositivo de tratamento, ou para o mesmo reator utilizado nesta pesquisa operando em série.

#### 4.2.3.2 pH para TCOV de 5 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>

A variação do pH (GRÁFICO 7) para a segunda fase do experimento, foi realizada, sendo notório que durante este período, o pH efluente foi maior que o afluente, confirmando assim, estabilidade durante o processo. O valor médio do pH a fluente foi  $6,79 \pm 0,04$  e do efluente  $7,36 \pm 0,16$ .

**Gráfico 7 – Variação temporal do pH afluente e efluente, na última fase do experimento, para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente com TDH de 8 horas e TCO de 20 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>.**



#### 4.3 Comparativo entre as Três Etapas de Tratamento

O período total de operação do reator (GRÁFICO 10), foi de 21 dias, onde ao longo do tempo, a carga orgânica volumétrica (COV) foi variada de 20 a 5 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, com TDH constante de 8 horas. Observa-se que as melhores eficiências ocorreram para COV de 5 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, mantendo-se na ordem de 70%. Já para as etapas 1 e 2, observa-se que as mesmas tiveram eficiências próximas, na ordem de 60% no geral, registrando apenas uma amostra fora da faixa característica, possivelmente, pelo motivo descrito no item 5.2.2.

Silva e Nour (2005 apud SANTOS, 2011), tratando águas residuárias domésticas em reator ABR seguido de etapa aeróbia, com diversos tempos de detenção hidráulica (TDH), registraram 73% como sendo a melhor eficiência em remoção de DQO para TDH de 8 horas. Afirmaram ainda que, para este estudo com esgoto mais complexo e maior concentração de matéria orgânica, que TDH mais elevados, favoreceram a remoção de DQO, atingindo eficiências mais elevadas.

Santos (2011) tratou águas residuárias de suinocultura, de um sistema de confinamento de suínos, a partir de um sistema de tratamento anaeróbio, aeróbio e anóxico, composto por reator anaeróbio compartilhado (ABR), filtro aerado submerso (FAS) e USB anóxico. Afirma que é possível atingir eficiências de remoção de DQO de até 99%, para esgoto de suínos com DQO média de 20.324 a 28.936 mg L<sup>-1</sup>. Nesse estudo, os TDH foram de 24 e 12 h no reator ABR, de 3,9 a 9,1 no FAS e de 7,8 e 3,9 no USB anóxico.

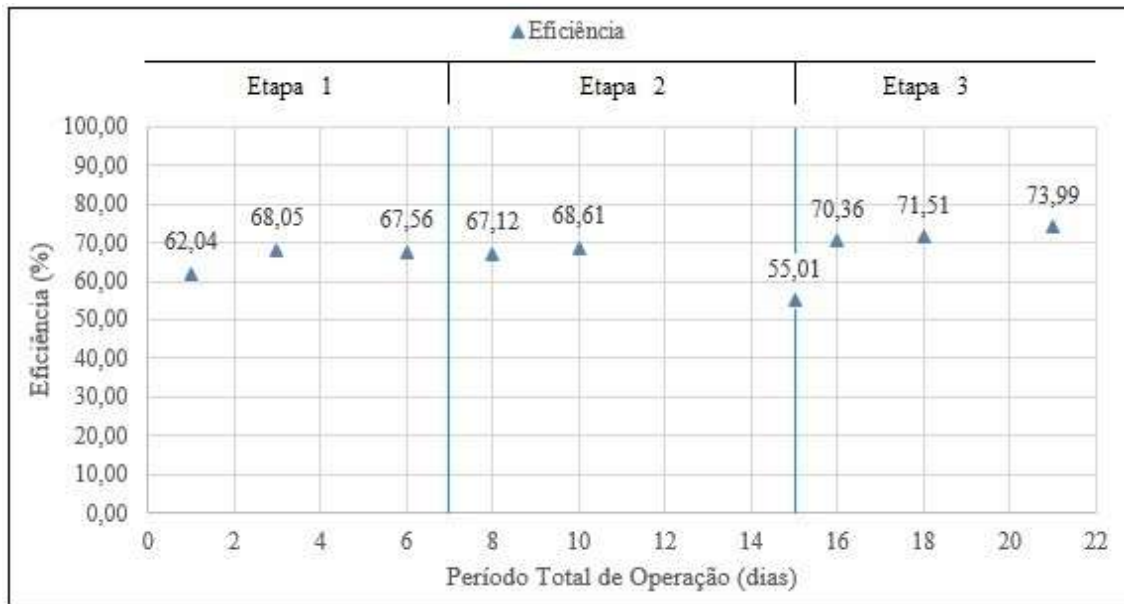
A maior eficiência (Gráfico 8) durante toda a operação do sistema foi de 73,99%, ocorrendo para o último dia de operação do reator.

É necessário apontar para o fato de que mesmo a terceira etapa possuindo maior desempenho, com aplicação do menor COV, não é a que remove mais matéria orgânica, fazendo uma análise rápida, nota-se que a segunda etapa possui um COV duas vezes menor que a primeira, e a terceira etapa, possui COV quatro vezes menor que a primeira. Desse modo, não houve um aumento tão significativo para a eficiência com reator operando em uma taxa menor, considerando o fato de que para atingir menores taxas, é necessário um volume ainda maior de água para diluição do esgoto.

É possível registrar, então, que o sistema operando com a maior taxa de carregamento orgânico entre as três trabalhadas, o mesmo apresenta um bom desempenho e pode ser uma alternativa para tratamento de águas residuárias provenientes da atividade suinícola.

A escolha da taxa para tratamento, entre as três analisadas, deve levar em consideração qual a vazão de dejetos de suínos para cada sistema de confinamento, porque assim, o mesmo pode ser diluído como por exemplo, com a conciliação à um sistema de drenagem de águas pluviais.

**Gráfico 8 – Eficiência de remoção de DQO ao longo de todo período de operação para amostra bruta para o reator de leito fixo operado de modo contínuo anaerobiamente.**



Assim, levando em consideração que o maior carregamento orgânico foi para a primeira etapa, os resultados foram satisfatórios para TCO de 20 g DQO, apresentando eficiência média acima de 62% (GRÁFICO 8).

Nos parâmetros analisados ao longo do experimento (TABELA 10), como é notório, o TDH foi de 8 h durante todo o experimento. Isso devido ao mesmo se mostrar eficiente para tratamento anaeróbico, como confirmou Oliveira Netto (2007) tratando esgoto doméstico, alcançando eficiência na remoção de DQO, na ordem de 69%, utilizando reator similar ao descrito na metodologia desse trabalho.

As taxas de carregamento orgânico (TCO), também representada por carga orgânica volumétrica (COV), foram de 20, 10 e 5 g DQO (L.dia)<sup>-1</sup>, nas etapas 1, 2 e 3, respectivamente. Desse modo, o experimento retornou valores para os parâmetros analisados (TABELA 10). Os valores de pH, durante todo o tratamento, ficaram na média de  $6,78 \pm 0,14$  e  $7,20 \pm 0,12$  afluente e efluente, respectivamente.

Tabela 10- Parâmetros (DQO, TDH, COV e pH) e eficiências, em todo o período de operação do reator operado continuamente.

Parâmetros		Etapas		
		1	2	3
TDH (horas)		8	8	8
COV g DQOtotal (L.dia)-1		20	10	5
DQO mg/L	Afluente	6745,00 ± 464,05	2945,70 ± 669,93	1676,00 ± 212,03
	Efluente	2308,00 ± 354,20	1040,00 ± 54,92	472,43 ± 88,84
pH	Afluente	6,76 ± 0,10	6,83 ± 0,12	6,79 ± 0,04
	Efluente	7,28 ± 0,06	7,30 ± 0,15	7,36 ± 0,16
Eficiência (%)	Afluente	65,88 ± 3,44	63,58 ± 7,46	71,95 ± 1,86

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o experimento já relatado, não ocorreram problemas a ponto de comprometer o trabalho. O maior problema verificado, foi durante a segunda etapa do experimento, quando o mesmo operava com carga orgânica volumétrica de  $10 \text{ g DQO (L.dia)}^{-1}$ , onde o sistema registrou um valor com variação significativa em relação à média nesse período. Uma possível hipótese para este acontecimento, foi a dificuldade na regularização da vazão, onde a mesma deveria se manter na ordem de  $0,25 \text{ L.h}^{-1}$ , isso explica o período aumentando para coleta entre as penúltima e última amostras dessa etapa. Porque a coleta só pode ser realizada depois que houvesse estabilidade da vazão, para que assim o TDH de 8 horas fosse mantido.

É importante destacar que o efeito da diluição, para tratamento de águas residuárias de suinocultura, operando em reator anaeróbio de fluxo ascendente e de modo contínuo, é satisfatório, alcançando eficiências médias de 66, 64 e 72 %, para as etapas 1, 2 e 3, respectivamente, o que são eficiências boas devido ao TDH utilizado e com utilização da bucha vegetal de cucurbitácea.

A diluição do esgoto de suinocultura foi realizada para que assim pudesse ser analisado o comportamento na remoção de DQO em diferentes etapas e escala de laboratório. Uma sugestão para utilização desse tipo de reator, nas condições que foram trabalhadas, seria o consórcio de esgoto da atividade suinícola com águas provenientes de sistemas de drenagem pluvial, sendo possível, assim, promover a redução da matéria orgânica.

Este trabalho pode ser levado adiante a partir de outras avaliações, como por exemplo, aplicar em série o mesmo reator usado nesse experimento, com o intuito de remover a carga orgânica que não foi removida nesse sistema, essa avaliação pode ser realizada para as cargas aqui trabalhadas, como também para diferentes taxas de carregamento orgânico. Também pode ser avaliado um sistema de reator anaeróbio de fluxo ascendente e de modo contínuo seguido de reator UASB.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of waste and wastewater**. Washington, D.C. 20. Ed. 1998.

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

ARAÚJO, A. S; NETTO, A. P. O; GARRIDO, M. S. Remoção de matéria orgânica carbonácea em reator combinado aeróbio-anaeróbio de leito fixo. In: Semana de Engenharia do Campus do Sertão, 3, 2015, Delmiro Gouveia. **Anais...** Delmiro Gouveia: UFAL, 2015 p. 1–8, 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

FERREIRA, I. C. P. V. et. al. Caracterização morfológica de frutos de 17 acessos de bucha vegetal cultivados no Norte de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, p. 2192-2198, 2010.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de dejetos de suínos. **Boletim Informativo BIPERS**, v.7, n.11, p.4-33, 1998.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologia sobre dejetos suínos. **Boletim Informativo BIPERS**, v.10, n.14, p.1-30, 2002.

DUDA, R. M. et al. Reatores anaerobios horizontais seguidos de reator em batelada sequencial aeróbio para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. In: Symposium on Agricultural and Agroindustrial Waste Management, 3, 2013, São Pedro. **Anais...** São Pedro: UNESP, 2013 p. 1–4, 2013.

DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbio em série seguidos de filtro biológico percolador. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 91–100, 2011.

Bucha vegetal: opção sustentável para substituir a esponja sintética na lavagem da louça, **eCycle**. 15 mai. 2013. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1330-bucha-vegetal-opcao-sustentavel-para-substituir-a-esponja-sintetica-na-lavagem-da-louca.html>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

FERREIRA, A. H. et al. **Produção de suínos: teoria e prática**. 1. ed. Brasília-DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, 2014.

GERVÁSIO, E. W. Suinocultura - Análise da Conjuntura Agropecuária. **Revista Nacional da Carne**, v. 1, n. 41, p. 1–16, 2013.



IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal – 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2011/default\\_zip\\_municipios\\_ods.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2011/default_zip_municipios_ods.shtm)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32p.

KUNZ, A. Impactos sobre a disposição inadequada de dejetos de animais sobre a qualidade das águas superficial e subterrâneas. In: Simpósio Nacional Sobre Uso da Água na Agricultura, 2, 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2006. p.1-6.

NETTO, A. P. O. **Reator aneróbio-aeróbio de lito fixo, com recirculação de fase líquida, aplicado ao tratamento de esgoto sanitário**. 2007. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2007.

OLIVEIRA, P. A. V. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Concórdia, SC: Embrapa-CNPSA, 1993. 188p.

OLIVEIRA, R. A.; SANTANA, A. M. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em dois estágios seguidos de reator operado em batelada sequencial (RBS). **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 178–192, 2011.

SATURNINO, R. M. et al. Geração de resíduos provenientes da suinocultura na região Oeste do Paraná: Um caso de insustentabilidade. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 160 n. 2, p. 21–36, 2011.

SANTOS, S. C. **Sistema de tratamento anaeróbio , aeróbio e anóxico para águas residuárias de suinocultura: remoção de matéria orgânica , de nutrientes e de coliformes sistema de tratamento anaeróbio , aeróbio e anóxico para águas residuárias de suinocultura**. 2011. 224 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal. 2011.

SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, v.01. 4. Ed – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

VIVIAN, M. et al. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 320–325, 2010.

YOUNG, J.C., Factors affecting the design and performance of up-flow anaerobic filters. **Water Science and Technology**, v. 24, p. 133-155. 1991.