



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

**DIVISÃO DE AGRICULTURA**

**CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL**

**MONOGRAFIA CIENTIFICA**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTE DE SUINOCULTURA OPERADOS EM SÉRIE E DUPLO ESTÁGIO  
ENVOLVENDO REATORES UASBS (*UPFLOW ANAERÓBIC SLUDGE BLANKLET*)  
E LAGOAS DE MATURAÇÃO VISANDO SEU REUSO NA AGRICULTURA**

**Autor:** Nicolau Inácio Jó

**Tutor:** Prof. Doutor Mário Tauzene Afonso Matangue

Lionde, Novembro de 2022



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

**DIVISÃO DE AGRICULTURA**

**CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL**

Monografia de investigação científica sobre Avaliação do Desempenho de um Sistema de Tratamento de Efluente de Suinocultura Operados em Série e Duplo Estágio Envolvendo Reatores UASBs (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) e Lagoas de Maturação Visando Seu Reuso na Agricultura, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

(Prof. Doutor Mário Tazene Afonso Matangue, Ph.D.)

(Eng.º Raul Abel Chambal, MSc)

(Eng.º Algardás Damião Mabunda)

**Lionde, Novembro de 2022**

## Índice

Índice.....	ii, iii
INDICE DE TABELAS.....	iv, v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
DECLARAÇÃO.....	vii
DEDICATÓRIA.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	ix
AGRADECIMENTO.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJECTIVOS .....	3
1.2 Geral .....	3
1.3 Específicos.....	3
1.4 Problema de Estudo .....	4
1.5 Justificativa.....	4
1.6 Hipótese de Estudo .....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	6
2.1 Águas residuais de actividades agropecuárias.....	6
2.1.1 Águas residuais de suinocultura .....	6
2.1.2 Impactos causados pelos dejetos de suínos .....	7
2.1.3 Dejetos de Suinocultura como Fertilizante.....	17
2.1.4 Unidades de tratamento de água residuária de suinocultura .....	19
2.1.4.1 Tempo de detenção hidráulica (TDH).....	19
2.1.5 Decantador.....	19
2.1.5.1 Projecto do decantador .....	19
2.1.6 Tanque de acidificação e equalização do esgoto (TAE).....	20

2.1.6.1 Projecto de tanque de acidificação e equalização do esgoto .....	20
2.1.7 Reactores UASBs (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) .....	20
2.1.8 Lagoas de maturação .....	21
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 Localização da área do estudo .....	23
3.1.1 Concepção do Sistema de Tratamento de Dejetos de Suíno (STDS).....	24
3.2 Caracterização do Sistema de Tratamento de Dejeção de Suíno .....	26
3.2.1 Dimensionamento do Sistema de Tratamento de Dejeção de Suíno .....	28
3.2.2 Avaliação da eficiência do Sistema de Tratamento de dejeção de Suíno .....	34
3.2.3 Descrição dos pontos de colecta de amostra .....	34
3.2.4 Materiais usados para a colecta das amostras.....	37
3.2.5 Procedimentos .....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1 Características do dejecto bruto de suíno .....	39
4.2 Reactores UASBs.....	40
4.2.1 Avaliação da eficiência do reactor UASB 1 .....	41
4.2.2 Avaliação da eficiência do reactor UASB 2.....	43
4.3 Lagoas de Maturação.....	45
4.3.1 Avaliação da eficiência da lagoa de maturação 1 .....	46
4.3.2 Avaliação da eficiência da lagoa de maturação 2.....	48
4.3.3 Avaliação da eficiência da lagoa de maturação 3.....	50
4.4 Avaliação do desempenho do sistema de tratamento de dejecto de suíno .....	52
4.5 Aplicação (reuso) do efluente tratado na agricultura.....	57
5 CONCLUSÃO.....	59
6 RECOMENDAÇÕES.....	60
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
8 ANEXOS .....	64

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1. Concentração e parâmetros físico-químicos e biológicos dos dejetos brutos de suínos.....	6
Tabela 2.Riscos ambientais da produção de suínos.....	7
Tabela 3.Valores de DQO e DBO5 do dejecto de suíno e do digestato .....	13
Tabela 4.Materiais usados na concepção do sistema de tratamento de dejecto de suíno.....	25
Tabela 5.Rotina de monitoramento do sistema de tratamento de dejecto de Suíno. ....	38
Tabela 6.características do dejecto bruto de suíno .....	39
Tabela 7.Dados dos reactores UASBs .....	40
Tabela 8.Eficiência do reactor UASB 1 no processo de tratamento de dejecto de suíno.....	42
Tabela 9.Dados da eficiência do reactor UASB 2 .....	44
Tabela 10.Dados do dimensionamento das lagoas de maturação.....	46
Tabela 11.Eficiência da primeira Lagoa de maturação. ....	47
Tabela 12.Eficiência da segunda Lagoa de maturação.....	49
Tabela 13.Eficiência da terceira Lagoa de maturação.....	51
Tabela 14.Dados da eficiência do Sistema de Tratamento.....	54
Tabela 15.Avaliação do dejecto tratado de suíno visando o seu reuso na agricultura .....	57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.Imagem de um decantador .....	19
Figura 2.Imagem de tanque de acidificação e equalização .....	20
Figura 3.Imagem de um reator UASB.....	21
Figura 4.Imagem de uma lagoa de maturação .....	22
Figura 5.Mapa de Localização da área e do local de estudo .....	23
Figura 6.Material usado para a concepção do sistema de tratamento de dejecto de suíno .....	26
Figura 7.Layout final do sistema de tratamento de dejetos de suíno.....	27
Figura 8.Vista geral do sistema de tratamento de dejecto de suíno na escala laboratorial.....	28
Figura 9.Modelo do decantador para a sedimentação do dejecto de suíno .....	30
Figura 10.Representa o modelo do tanque de acidificação e equalização do dejecto de suíno	31
Figura 11.Modelo dos reatores UASBs.....	33
Figura 12.Representa o modelo das lagoas de maturação .....	34
Figura 13.Ilustra pontos de colecta do dejecto Bruto.....	35
Figura 14.Ilustra ponto de colecta do dejecto tratado nos reactores UASB.....	36
Figura 15.Ilustra pontos de colecta do dejecto tratado nas lagoas de maturação .....	36

Figura 16.Dejecto final .....	37
Figura 17.Esquema do projecto dos reactores UASBs e os detalhes dos seus componentes...	41
Figura 18. Variação mensal de concentração de DBO, DQO, N e P do efluente do reactor UASB1 .....	43
Figura 19.Variações das concentrações das medias no reactor UASB2 .....	45
Figura 20.Esquema do projecto das lagoas de maturação. ....	46
Figura 21.variação mensal das concentrações dos parâmetros.....	48
Figura 22.Variação mensal das concentrações na lagoa 2.....	50
Figura 23.variação das concentrações dos parâmetros em função do tempo. ....	52
Figura 24.Sistema de tratamento em funcionamento .....	53
Figura 25.Variação das medias por unidade de tratamento.....	53
Figura 26.Variação das eficiências de DQO, DBO, N e P, por unidade de tratamento .....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- ❖ **STDS** - Sistema de Tratamento de Dejecto de Suíno
- ❖ **UASB** - Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reactor anaeróbico de fluxo ascendente);
- ❖ **°C** - Graus celsius;
- ❖ **%** - Percentagem;
- ❖ **TDH**- Tempo de detenção hidráulica
- ❖ **P** – Fósforo
- ❖ **K** – Potássio
- ❖ **M** - Metro
- ❖ **m<sup>2</sup>** - Metro quadrado;
- ❖ **m<sup>3</sup>** - Metro cúbico;
- ❖ **mL** - mililitros
- ❖ **Mg/L** – Miligrama por litro
- ❖ **N** – Nitrogénio
- ❖ **CT** – Coliformes Totais
- ❖ **CF**-Coliformes Fecais
- ❖ **DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- ❖ **DQO** – Demanda Química de Oxigênio
- ❖ **OD** – Oxigênio Dissolvido
- ❖ **MO**- Matéria Orgânica
- ❖ **SSV** – Sólidos Suspensos
- ❖ **SST** – Sólidos Suspensos Totais
- ❖ **TAE** – Tanque de Acidificação e Equalização
- ❖ **APHA** – American Public Health Association
- ❖ **LPHAA** – Laboratório Provincial de Higiene de Águas e Alimentos
- ❖ **ISPG**-Instituto Superior Politécnico de Gaza
- ❖ **UNT**- unidade nefelometrica de turbidez
- ❖ **CO<sub>2</sub>** - Dióxido de Carbono
- ❖ **H<sub>2</sub>** - Hidrogênio
- ❖ **CH<sub>4</sub>** – Metano
- ❖ **Cu** - Cobre
- ❖ **Zn** – Zinco
- ❖ **C** – Carbono
- ❖ **S** – Enxofre
- ❖ **Mg** - Magnésio



## DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que esta monografia de Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e da orientação do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra Instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, 30 de Novembro de 2022

Nicolau Inácio Jó

(Nicolau Inácio Jó)

## **DEDICATÓRIA**

Combati o bom combate, acabei a carreira, guardei a fé.

Desde agora, a coroa da justiça me está guardada, a qual o senhor, justo juiz, me dará naquele dia; e não somente a mim, mas, também, a todos os que amarem a sua vinda.

(2 Timóteo 4: 7 - 8).

Com estas palavras dedico o meu trabalho a minha família, especialmente aos meus pais que depositaram o seu voto de confiança e por acreditarem em mim, sendo pilares da minha vida no decorrer do curso durante esses 5 anos. Aos meus colegas e amigos pelo companheirismo que foi criado ao longo desses anos, recordarei dos bons momentos que tivemos juntos na academia ISPG.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer a Deus pelo dom da vida e por ter me protegido desde a minha chegada neste mundo, durante o percurso desta jornada e por permitir que tudo acontecesse sobre a sua vontade.

Agradecer aos meus pais, Inácio Nicolau Jó e Maria de Céu, aos meus irmãos, Armando, Joaquim, Mãezinha, Amélia, Elisa e a minha querida esposa Marta Antônio pelo apoio e suporte em todos os momentos da minha vida, a todos familiares que com muita persistência me apoiaram sem se cansar.

Meu maior agradecimento vai para o meu tutor Dr. Mario Tauzene Afonso Matangue, pelo ensino, paciência, compreensão e pelo auxílio de todo trabalho prestado para o término desta jornada.

Aos meus docentes: Orlando Couve, Fernando Brasão Tembe, Philipa Ncube, Antônio Rosse, Algardas Damiao, Moises Buduio, Cesário Cambaza, Paulo Saveca, Eleutério, Manhique, Gramão, Lateiro Salvador de Sousa, Agapito Jeremias, por terem me transmitido muita bagagem para que eu pudesse me tornar um Hidráulico prático, sempre levarei comigo o vosso ensinamento e conselhos.

Aos recepcionistas da secretaria do diretor geral: Lurdes Moises Mabunda e Leonardo Ezequiel Mazuze. Aos da comissão: Eng. Antônio Manhique e Crisper.

Agradeço por todas as oportunidades e o privilégio que a instituição e o curso me proporcionaram desde o início e término da minha carreira. Pela maturidade que a jornada acadêmica me trouxe, aprendi a ser autodidata. A todos os desafios que com foco e determinação foram superados.

Agradeço a todos colegas e amigos. João Alberto Feijamo Passur, Adelino Sumbane, Ronaldo Monjane, Télia Alexandre, Elisa Tembe, João Caetano Salo, Moises João, Leonardo Tivane, Daniel João, Armando Jonasse, Aplínio da Rosa, Maulidio, Mouzinho, Fausto Cambula, Agnercio Sambo, Salvador, Casimiro Mondlane, Sancho Owen, Nasma Hibraimo, Ricardo Mbiza, Joana, Henriques Ambrósio, Luís Xavier, Vicente, Pedrito, Atanásio, Arsênia Henriques, Amélia Moiane, Saudate Mindo, Sousa Francisco, Izaque, Lazaro Mazembe, Alberto, Raimundo, Mateus Izaque, Inácio Antônio, Sande Mataia, Gervasio Tovela, Abchel, Orlando Norte, Assucena, Elton Mondlane, João Tivane, Horácio Navio, Magaço, Zaida Tivane, Lizete Tivane, Gerson, Margarida, Eulália, Lito Ambrósio, Sara, Berta, Samuel, Joao, Fernanda, Adélia, Yurica, Lucas Cossa, Johane, Estelio, Juvenildo, Chiziane, pastor Nito Magaço, Neima Madombe, wilssis pacule.

## RESUMO

O presente trabalho é referente ao tratamento de dejecto de suíno em Moçambique precisamente no distrito de Chókwè -Lionde (ISPG) visando o reuso do efluente tratado na agricultura em forma de insumo orgânico. Foi aplicado neste experimento um sistema de tratamento anaeróbio e aeróbio composto por um decantador, tanque de acidificação e equalização do dejecto, dois reactores (UASB) e três lagoas de maturação, objectivando o reuso do efluente tratado na agricultura como alternativa aos insumos orgânicos de acordo com as normas técnicas Brasileiras e Moçambicana, portanto é uma alternativa viável para mitigar os factos que apoquentam a nossa sociedade acadêmica e em geral do mal despejo do dejecto de suíno. O sistema de tratamento em miniatura foi instalado no Instituto Superior Politécnico de Gaza, no departamento de Zootecnia e foi monitorado durante 5 meses, sendo que o primeiro mês foi de construção, instalação e implantação da população bacteriana no sistema para a estabilização da matéria orgânica, desta sendo os restantes meses foram de colecta das amostras e as análises no laboratório da cidade de Xai-Xai na província de Gaza. Os dados foram analisados e processados usando o software Excel. Os resultados obtidos expressos em parâmetros físico-químicos e biológicos e traduzindo a eficiência foram seguintes: Ferro (28,29%), Nitrogênio (92,02%), Fosforo (59%), Matéria orgânica (85%), Turvação (94%), TDS (85,11%), DBO (87%), DQO (85%), OD (78,42%) e Coliformes totais (75,56%). De referir que o sistema de tratamento de dejecto de suíno apresentou resultados satisfatório de eficiência de remoção de poluentes, os mesmos coadunam com o estabelecido pelas normas técnicas brasileiras e Moçambicana para o reuso agrícola e a eficiência total do sistema foi de 70,8%. E findado o estudo concluiu-se que o sistema de tratamento de dejecto de suinocultura estudado é uma alternativa viável para o reuso do efluente tratado na agricultura em forma de insumo orgânico na agricultura em Chókwè.

**Palavras-chaves:** Dejecto de suíno, Reactores UASBs, Lagoas de maturação, Reuso agrícola.

## **ABSTRACT**

The present work is related to the treatment of swine manure in Mozambique precisely in the district of Chókwè -Lionde (ISPG) aiming at the reuse of treated effluent in agriculture in the form of organic input. An anaerobic and aerobic treatment system was applied in this experiment, consisting of a decanter, acidification and equalization tank of the manure, two reactors (UASB) and three maturation ponds, aiming at the reuse of treated effluent in agriculture as an alternative to organic inputs according to with Brazilian and Mozambican technical standards, so it is an alternative to mitigate the viable facts that plague our academic society and in general from the bad eviction of swine manure. The miniature treatment system was installed at the Instituto Superior Politécnico de Gaza, in the Zootechnics department, and was monitored for 5 months, the first month being the construction, installation and implantation of the bacterial population in the system for the stabilization of organic matter, the remaining months were for sample collection and analysis at the laboratory in the city of Xai-Xai in Gaza province. Data were analyzed and processed by Excel software. The expressed results obtained in physical-chemical and biological parameters and translating the efficiency were: Iron (28,29%), Nitrogen, Phosphorus (92,02%), Phosphorus (59%), following Organic matter (85%), Turbidity (94%), TDS (85,11%), BOD (87%), COD (85%), OD (78,42%) and Total Coliforms (75.56%). It should be noted that this is an efficient agriculture and treatment with a total efficiency of the system with an efficiency of use of residues for the removal of pollutants of 70,8%. And find it was concluded that the swine use treatment system is studied and a viable alternative to the affluent study treated in agriculture in the form of organic juice in agriculture in Chókwè.

**Keywords:** Swine manure, UASB reactors, Maturation ponds, Agricultural reuse.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da população, a urbanização, o aumento da renda nos países desenvolvidos e em via de desenvolvimento, contribui no maior consumo de alimentos de origem animal a nível mundial. O aumento do número de animais por área, tem proporcionado um impacto ambiental altamente negativo, especialmente quando a actividade é extremamente poluidora, como a da suinocultura. (LEANDRO, SERGIO, LUCILA, 2014)

Segundo (MATANGUE, 2011), a suinocultura é um sector que tem apresentado uma importância social, econômica e cultural em regiões em que é praticada esta atividade, portanto tem operado com baixa qualidade ambiental poluindo as águas, solo e o ar.

De acordo com (SUINO, 2013), as águas residuais de suinocultura são compostas por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeira e outros materiais decorrentes do processo criatório. Salientar que os dejetos de suínos possuem altas concentrações de matéria orgânica e de nutrientes, tais como o nitrogênio, fósforo potássio, cobre e zinco (DUDA,2010).

A água é considerada um recurso natural renovável, a consciência de sua escassez têm despertado a preocupação dos representantes das nações a tratarem seus recursos hídricos, visto que o mesmo é um bem finito, sistematizando políticas para sua reutilização, buscando melhorar a qualidade da água, reduzindo a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e a sua reutilização segura ((ONUBR, 2016), citado por MATANGUE).

Os dejetos de suínos lançados no campo suinícola do ISPG não são tratados, contribuindo para a contaminação do solo, promovendo a contaminação dos lençóis subterrâneos (o aumento da concentração do ião nitrato, patógenos e excesso de nutrientes, dentre outros) e no ar (emissão de gases tóxicos). Devido a presença de nitrogênio e fósforo, os dejetos de suínos acarretaram problemas de eutrofização nas águas superficiais (lagoas, rios, e reservas), quando lançados em corpos de água, provocando perda da biodiversidade pela hipóxia, contaminação das águas e doenças de veiculação hídrica, e contaminados estes compromete os padrões e requisitos de potabilidade ((SEGANFREDO, 2007; WANG,2009), citado por MATANGUE, 2011).

Segundo (MATANGUE, 2011), os dejetos de suínos possuem altos teores da matéria orgânica carbonácea comparativamente ao esgoto humano, variando de 800 a 50.000 mgL<sup>-1</sup>DBO<sub>5</sub> enquanto que o esgoto doméstico varia na faixa de 300 a 500 mgL<sup>-1</sup>DBO. Desta sendo, a

poluição que é gerada por cada suíno equivale a poluição gerada por 3 a 260 habitantes. Essas constatações evidenciam a necessidade de se buscar alternativas tecnológicas viáveis de tratamento que possibilitem desonerar o ambiente de receber a totalidade dos resíduos gerados por esta actividade.

A agressão do meio ambiente deste sector prende-se ao lançamento dos dejetos destes animais na água e no solo sem tratamento prévio, o que tem causado graves desequilíbrios ambientais na ecosfera, dado que estes dejetos contêm altos teores de matéria orgânica, nitrogênio, fosforo potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos na dieta destes animais ((DE OLVEIRA; DUDA, 2009; YE *et al*, 2010), citado por (MATANGUE, 2011). A digestão anaeróbia é considerado um tratamento apropriado para os dejetos de suínos, nela os microrganismos degradam a matéria orgânica para a estabilização do efluente e produzem como subproduto, o biogás que pode ser utilizado como energia renovável, já o efluente estabilizado é utilizado como biofertilizante na agricultura (KUNZ; OLIVEIRA, 2006), citado por AREZI (2020).

Uma das alternativas de reciclagem dos dejetos de suínos é a sua utilização em jeito de fertilizante na agricultura, em função do seu elevado conteúdo de nutrientes presentes no mesmo (Matangue, 2011). Hoje em dia, a aplicação de efluentes de suinocultura no solo é vista como uma forma efetiva de controle da poluição. A tendência do uso de reatores UASBs e lagoas de maturação em série como pôs-tratamento, apresenta alto desempenho na remoção de matéria orgânica e nutrientes.

O tratamento de água residual de suinocultura em Moçambique, principalmente em Chókwè é um factor muito importante visto que o dejetos de suíno não é tratado, porem este é fonte de nutrientes, se tratado este dejetos pode-se reutilizar os nutrientes para agricultura, irá tornar o solo fértil capaz de garantir o bom desenvolvimento das plantas sem a introdução de produtos químicos. Esta é uma tecnologia avançada e de baixo custo que pode ser implementado para tratar água residual de suínos para fins agrícolas em Moçambique.

O trabalho foi realizado no Instituto Superior Politécnico de Gaza, e teve como proposito o dimensionamento, construção e avaliação do desempenho do sistema de tratamento de dejetos de suíno em escala laboratorial em Lionde no ISPG, com vista a propor uma alternativa de saneamento sustentável ao meio ambiente e despertar a consciência em reuso de efluente de suíno tratado na agricultura.

## 1.1 OBJECTIVOS

### 1.2 Geral

- ❖ Avaliar o desempenho do sistema de tratamento de efluente de suinocultura operados em série e duplo estágio envolvendo reatores UASBs (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) e lagoas de maturação visando seu reuso na agricultura.

### 1.3 Específicos

- ❖ Dimensionar as unidades de tratamento do efluente (decantador, tanque de acidificação e equalização, reatores UASBs e lagoas de maturação);
- ❖ Determinar os parâmetros físico-químicos e biológicos do efluente tratado em cada unidade de duplo estágio;
- ❖ Determinar os parâmetros físico-químicos e biológicos do efluente tratado nas lagoas de maturação;
- ❖ Determinar a qualidade de água do efluente final sob ponto de vista do seu uso na agricultura.

#### 1.4 Problema de Estudo

O lançamento indiscriminado de dejetos de suíno no campo suinícola do ISPG, no solo agrava os problemas ambientais como a contaminação do lençol freático, acumulação de elementos tóxicos, salinização, impermeabilização, desequilíbrio dos nutrientes e a contaminação das culturas. Em cursos de água provoca o processo de eutrofização, altera a biodiversidade aquática, promove a presença de organismos prejudiciais ao ser humano (verminoses, alergia, hipertensão, câncer de estômago e esôfago) e no ar, traz desconforto a população (proliferação de moscas, borrachudos e mau cheiro).

Os contaminantes do ar mais comuns nos dejetos de suínos são: amônia, metano, ácidos graxos voláteis, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, etanol e propanol. A emissão de gases pode causar graves prejuízos nas vias respiratórias do homem e dos animais, bem como a formação de chuva ácida através de descargas dessas substâncias ou compostos na atmosfera. (PERDOMO, 1999; LUCAS *et al.* 1999).

O lançamento dos dejetos destes animais na água e no solo sem tratamento prévio, tem causado graves desequilíbrios ambientais na ecossfera, dado que estes dejetos contêm altos teores de matéria orgânica, nitrogênio, fosforo potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos na dieta destes animais ((DE OLVEIRA; DUDA, 2009; YE *et al.*, 2010), citado por MATANGUE, 2011).

#### 1.5 Justificativa

Sabendo dos danos que os dejetos de suínos tem causado no solo, nos cursos de água e no ar, surge a necessidade de se implementar um sistema de tratamento desses dejetos. Neste caso optou-se a implementação de reatores UASBs em duplo estágio e lagoas de maturação em série. A escolha deste tipo de sistema para tratamento de dejetos de suínos é devido as suas vantagens de implementação, operação e manutenção. Todavia, estes dejetos poluidores de suíno, quando submetidos a processos de tratamento adequados serve de matéria-prima capaz de gerar produtos úteis e valiosos, tais como hidrogênio e metano, adubos orgânicos de alta qualidade e nutrientes como fosforo e nitrogênio, que são elementos essenciais para o crescimento das plantas.

Segundo (AREZI, 2020), dejetos de suíno é rico em material orgânico, nitrogênio, fósforo e potássio, portanto é uma excelente fonte para produção de biogás e biofertilizante. Atualmente, é obrigatório que se mantenha o dejetos armazenado por um período de modo a garantir uma

boa estabilização da matéria orgânica, em relação à diminuição da demanda química e biológica de oxigênio para posterior aplicação no solo. A digestão anaeróbica favorece este processo em um período de tempo menor, diminuindo a DBO e a DQO, e promovendo a formação do biogás, que é uma fonte de energia renovável e que pode ser utilizado em propriedades rurais como uma fonte de energia térmica.

Segundo (CAMPOS, 1990), citado por MATANGUE, (2011) sistema de tratamento de águas residuárias de suinocultura por meio de reatores UASBs e lagoa de maturação, operados em série é uma alternativa para tratamento de efluentes poluidores, pois operam com baixo TDH possuem simplicidade na sua construção e operação.

Os nutrientes contidos nos dejetos da suinocultura, após sua mineralização no solo, podem ser adsorvidos por plantas da mesma forma como os fertilizantes químicos. ((SEGANFREDO, 2000), citado por MATANGUE, 2011).

### **1.6 Hipótese de Estudo**

O efluente de suinocultura após-tratamento anaeróbio em reatores UASBs e pós-maturação em lagoas apresentara parâmetros físico-químicos e biológicos adequados para o reuso agrícola.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Águas residuais de actividades agropecuárias

#### 2.1.1 Águas residuais de suinocultura

Segundo (SUINO, 2013), as águas residuais de suinocultura são compostas por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração e etc. Dejetos da actividade suínica possuem altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes tais como, nitrogênio, fosforo, potássio, cobre e zinco (DUDA, 2010).

Segundo (HOLTZ, 2010), a composição e o potencial poluidor dos dejetos de suínos em geral, estão associados a nutrição dos animais. A alimentação possui alto teor de proteínas que não são totalmente assimilados pelos animais e posteriormente são excretadas. A concentração dos componentes nos dejetos de suínos pode variar largamente em função do sistema de manejo adotado e da quantidade de água e nutrientes em sua composição. Na tabela 1, estão apresentadas as características físico-químicos e biológicos dos dejetos brutos de suínos obtidos a partir de vários estudos e diferentes autores.

Tabela 1: Concentração e parâmetros físico-químicos e biológicos dos dejetos brutos de suínos

Parâmetros físico-químicos e biológicos	Conc entração	Fonte
pH	7,46	Duarte
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	40000	Sevrin-Reyssac
DQO total	21647	Medri
NTK	3400	Sevrin-Reyssac
Sólidos Totais	82000	Sevrin-Reyssac
Sólidos Voláteis	39220	Kunz
P total	633	Medri
NH <sub>3</sub>	3400	Sevrin-Reyssac

**Fonte:** Indicados, citado por Holtz (2010).

### 2.1.2 Impactos causados pelos dejetos de suínos

A degradação ambiental é gerado pelo intenso e desordenado crescimento da criação de suínos. São produzidos elevados volumes de dejetos nas instalações suinícola, com excedentes de resíduos orgânicos sem tratamento eficiente, gerando preocupação a população e dos órgãos ambientais pela qualidade ambiente e saúde pública. (OLIVEIRA *et al.*, 1995), citado por HOLTZ (2010, p.40). A tabela 2, apresenta os riscos ambientais mais comuns associados com a criação confinada de suínos

Tabela 2: Riscos ambientais da produção de suínos

PRODUÇÃO DE SUINOS		
Recursos	Riscos	Factores fundamentais
Solo	Níveis tóxicos de nutrientes no solo;	Manejo inadequado dos dejetos;
	Poluição do solo com metais pesados (Cu, Zn e Cd);	Manejo inadequado das rações;
	Destruição da vegetação por chuva ácida;	Emissão de amônia;
Água	Poluição da água superficial e subterrânea;	Manejo inadequado dos dejetos;
	Redução dos recursos hídricos;	Aumento no uso das fontes de água;
Ar	Aquecimento global; Emissão de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O;	Aumento na emissão de gás responsável pelo efeito estufa;
Biodiversidade	Redução da diversidade genética; Aumento da suscetibilidade a doenças;	Perda de raças nativas; Redução da resistência as doenças;

Fonte: DE HAAN *et. al* (1995), citado por Holtz (2010).

### 2.1.2.1 Parâmetros para análise de dejetos tratados de suíno

#### 2.1.2.2 Parâmetros Físicos

##### ❖ Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui ao conduzir a corrente elétrica, este é um parâmetro que está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas (MINELO *et al.*, 2010), citado por (Fatima 2020).

Para BOLLMANN (2003), é um indicativo da contaminação por descargas de efluentes industriais e domésticos, visto que a CE está associada à quantidade de sais e íons dissolvidos na água, os quais são liberados na decomposição da matéria orgânica constituinte no meio.

##### ❖ Sólidos totais dissolvidos

Sólidos totais suspensos é a quantidade de substância dissolvida na água, que altera as características físicas e químicas do mesmo resultando na alteração da cor, temperatura e de transmissão da radiação solar na água para que ocorra as reações de estabilização em lagoas (SPERLING, 1996). Sólidos totais são subdivididos em, sólidos em suspensão, fixos, dissolvidos e voláteis, nas águas residuais e naturais e imperioso que analise este parâmetro, visto que arrasta sedimentos durante o processo de escoamento da água o que pode proporcionar impureza para o solo (VON SPERLING, 2007), citado por CUCO (2021).

##### ❖ Temperatura

A temperatura é o parâmetro que mede a intensidade de calor, reflete o grau de aquecimento das águas e da radiação solar, porém este afeta de forma direta o estado ambiental dependendo dos fatores climáticos, composição geológica (MATIC *et al.*, 2013). Portanto é de salientar que o aumento da temperatura tem um impacto direto nas reações químicas e biológicas (aumento das reações) e contribui na redução da solubilidade dos gases que por sua vez aumenta a transferência de gases (pode liberar gases com odores desagradáveis durante o processo de tratamento do esgoto), a concentração do oxigênio dissolvido reduz contribuindo desta forma para a depleção dos níveis de oxigênio (VON SPERLING, 2006)

### ❖ **Turbidez**

A turbidez é a concentração de partículas em suspensão presente na água com menor densidade, que é causado pela presença de matérias sólidas em suspensão, algas, presença da matéria orgânica e inorgânica, e outras substâncias finamente divididas que impede a incidência da radiação ultravioleta, sua unidade é expressa em unidade nefelométrica de turbidez UNT (LIBANO, 2005; FALCAO, 2011), citado por CUCO (2021).

#### 2.1.2.3 Parâmetros Químicos

### ❖ **Potencial hidrogeniônico (pH)**

Segundo (SPERLING, 2007), citado por CUCO (2021), pH é a concentração de íons hidrogênio  $H^+$  na água que indica a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade, de acordo com a concentração de  $H^+$ . O pH em termos de saúde pública não tem implicações desde que os seus valores estejam dentro dos limites estabelecidos pela norma. O íon hidrogênio é um parâmetro muito importante para a análise das águas residuais e naturais, visto que o seu valor é que determina o equilíbrio em que se estabelece na água, de acordo com Sousa (2001).

### ❖ **Oxigênio Dissolvido (OD)**

Oxigênio dissolvido é um parâmetro que é usado para caracterizar a qualidade de água residuária, tendo em referência a concentração de saturação na água que está relacionado com as seguintes variáveis: pressão atmosférica, salinidade, temperatura e as atividades biológicas, de uma forma indirecta por meio da interferência de antrópicas, tais como o lançamento de efluentes nos cursos de água. A sua unidade é expressa em mg/L (PINTO, 2007). A variação da temperatura é directamente proporcional ao oxigênio dissolvido, com a ocorrência da variação da temperatura consequentemente influencia na redução da concentração de saturação de oxigênio dissolvido, e com o aumento da temperatura a concentração de saturação de oxigênio dissolvido também aumenta, a temperatura funciona como um parâmetro para a monitoria de oxigênio dissolvido (JORDAO e PESSOA, 2014). Oxigênio dissolvido é indispensável para os organismos aeróbico, pois durante a ocorrência do processo de estabilização da matéria orgânica os organismos aeróbicos (bactérias) usam o oxigênio dissolvido como fonte que garante o seu processo, visto que este processo respiratório por parte das bactérias resulta na redução do oxigênio no meio (VON SPERLING, 2006).

### ❖ **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Segundo (NUVOLARI, 2011), demanda bioquímica de oxigênio corresponde a toda matéria orgânica biodegradável, com a presença da dissolução do oxigênio para os microrganismos, que ajuda a estabilização do mesmo por meio de ações anaeróbicas. Quanto maior for a quantidade da matéria orgânica biodegradável presente no efluente, maior é a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Quando temos baixas concentrações da matéria orgânica, a decomposição da DBO é feita por meio de ações aeróbicas, e quanto mais alto for a concentração da matéria orgânica o processo aeróbico torna-se incapaz de degradar, desta sendo a decomposição da DBO é feita por ações anaeróbicas (KADLEC e WALLACE, 2008).

A sua determinação no laboratório é usado o método de Eletrometria, referenciado no Standard Methods é classificado como DBO5 devido a oxidação da matéria orgânica num período de 5 dias e a temperatura optima para a ação dos microrganismo é de 20°C.

### ❖ **Demanda Química Oxigênio (DQO)**

De acordo com DUBBER; GRAY, (2010); BARCELA, (2016), demanda química de oxigênio corresponde a quantidade de oxigênio dissolvido que é igual a quantidade de matéria orgânica possível de ser oxidado por agente químico dicromato de potássio em meio ácido, na presença do catalizador de prata oxida de uma única vez, as espécies de carbono orgânico e inorgânico. Em muitos casos este parâmetro tem sido mais usado para avaliar a poluição da água residual.

Segundo a norma Moçambicana lei n° 18/ de 2 de Julho de 2004 o valor máximo permissível de (DBO) proveniente de suinocultura deve ser 50 mg/L.

### ❖ **Matéria Orgânica**

A matéria orgânica é um parâmetro que está diretamente relacionado com o carbono e mais outros elementos, que ao ser decomposto torna-se em composto mais simples, a sua determinação em laboratório é dada em função de demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), e sólidos voláteis (SV) (OLIVEIRA, 2017). A ocorrência deste parâmetro na água é devido a matéria orgânica vegetal, animal e microrganismos, proveniente dos despejos domésticos e industriais (MOTA, 2006; LIMA, 2011), citado por CUCO (2021).

### ❖ Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento dos dejetos. Usualmente é verificado nas formas de nitrogênio orgânicos (dissolvido ou em suspensão) e amoniacal ( $N-NH_4^+$ ) ou ionizado ( $NH_4^+$ ), característico de poluição fresca (DOUTRA,2014), citado por MATAVELE (2021. P.8).

### ❖ Fosforo

O fosforo é parte integrante do protoplasma das células dos microrganismos, constituindo num dos elementos essenciais para a síntese bacteriana (DUTRA, 2014), citado por (MATAVELE 2021). Fósforo (P) é um macro nutriente necessário para o solo, as plantas e animais, é um composto vital que garante a produção de alimentos. Com isso, é de suma importância a reutilização do P, presente nos dejectos de suínos para evitar a mineração, tornados assim os processos produtivos mais sustentáveis (PENG *et al.*, 2018).

Segundo (QUEVEDO e PAGANINI, 2011), o fosforo é um elemento de extrema importância para o funcionamento dos processos biológicos de todos os organismos vivos, a fonte onde podemos encontrar o fosforo na natureza é na litosfera. A sua importância está associada pelo facto de ser um nutriente essencial para o solo e as plantas, contribui para a estabilização da matéria orgânica e crescimento de algas (MOTA e VON SPERLING, 2009). Segundo o Decreto 8468 o valor máximo permissível de Fósforo, proveniente da água residuária de suinocultura é de 2 mg/L.

#### 2.1.2.4 Parâmetros Biológicos

##### ❖ Coliformes totais

Segundo MENEZES & SIQUEIRA (2012), citado por MATAVELE (2020), os coliformes totais são formados por um grupo de bactérias de seguintes gêneros, escherichia, Cirobater, Enterobater e Klesbistela. Os coliformes totais são bacilos de gram-negativos, aeróbios e anaeróbios facultativas, não forma esporos, porem fermenta a glicose através da produção de aldeído, ácido e gás a 35°C durante 1 a 2 dias, (HOLT *et al.*, 1993).

##### ❖ Coliformes fecais

Os coliformes fecais ou termotolerante, são as que se desenvolvem para fermentar a lactose por meio da produção de ácido e gás a uma temperatura de 44,5°C em um dia (24h).

O factor principal deste grupo de coliformes é *Escherichia coli*, alguns do género *Klebsiella* tem esta capacidade (HOLT *et al.*, 1993).

#### ❖ *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* é a bactéria anaeróbica fermentativa que está presente no trato intestinal de animais de sangue quente, pode ser isolada de forma fácil (DERISIO, 2012). A *Escherichia coli* se enquadra ao grupo dos termotolerante, pois se desenvolvem a uma temperatura de 44,5°C, com a produção do ácido, gás e aldeídos, e que constitui risco de doenças de gastrointestinais (MATTOS, 2003).

#### 2.1.2.5 Tratamento dos dejetos de suínos

O tratamento dos dejetos de suínos consistem na remoção ou transformação dos agentes poluentes contidos no mesmo, desta sendo a transformação e a remoção destes poluentes garantem o reaproveitamento do produto final a ser aplicado no solo (aplicação de insumo orgânico de forma controlada), proporcionando boa fertilização do mesmo (equilíbrio dos nutrientes) e bom crescimento das plantas, o descarte de forma segura nos cursos de água, minimizando os factos que apoquentam o meio ambiente (SOUSA, 2005), citado por (RIZZONI, TOBIAS, DEL BIACHI E GARCIA, 2012).

#### ❖ DQO e DBO<sub>5</sub>

De acordo com VON SPERLING (1996), a demanda química de oxigênio (DQO) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) são parâmetros fundamentais que caracterizam o dejecto de suíno, portanto estes indicam a quantidade total de matéria orgânica e a parcela da matéria orgânica biodegradável de forma mais simples pelos microrganismos (bactérias). Desta sendo a relação entre DQO/DBO<sub>5</sub> é um fator muito importante pois esta relação indica qual é o melhor método de tratamento que deve ser aplicado para tratar dejecto de suíno. TCHOBANOGLOUS e BURTO (1991) afirmam que para o tratamento biológico os efluentes devem apresentar uma relação de DQO/DBO<sub>5</sub> no intervalo de 1 a 3, o efluente que tenha uma relação dentro dos intervalos estabelecidos o tratamento biológico é eficiente. A tabela 3 abaixo ilustra os valores de DQO e DBO<sub>5</sub>, bruto e tratado assim como a relação entre eles.

Tabela 3: Valores de DQO e DBO<sub>5</sub> do dejecto de suíno e do digestato

Substrato	Inicial			Relação			Final			Relação		
	DQO (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO/DBO <sub>5</sub>									
<b>Dejecto</b>	244,8	104,9	2,3	100,2	50,2	1,9						
<b>de suíno</b>	300	110,3	2,7	67,8	40,5	1,6						

Fonte: Do autor (2022).

Segundo PINTO *et al* (2014), dentre os principais métodos de tratamento de dejecto de suíno destacam-se os seguintes métodos: físico e biológico. O tratamento físico consiste na separação da parte líquida da parte sólida através de decantação, enquanto que o tratamento biológico consiste na criação de bactérias (microrganismos que realizam fermentações anaeróbicas), gerando o biogás com a finalidade de eliminar fontes patogênicas e diminuído a carga orgânica.

#### ❖ Tratamento físico

O tratamento físico promove a separação entre a porção sólida da porção líquida do dejecto de suíno. Esta separação pode ser feita através do decantador (DIESEL *et al*, 2002), citado por (RIZZONI, TOBIAS, DEL BIACHI E GARCIA, 2012).

#### ❖ Tratamento Biológico

O tratamento biológico consiste na degradação da matéria orgânica de forma biológica dos dejetos de suínos por meio de microrganismos anaeróbios e aeróbios, depois deste processo resulta um material estável e isento de organismos patogênicos. Para os dejetos sólidos tem-se como exemplo a compostagem e para os dejetos líquidos podem-se ressaltar as lagoas de maturação, digestão e biodigestão (DIESEL *et al.*, 2002), citado por (RIZZONI, TOBIAS, DEL BIACHI E GARCIA, 2012).

#### ❖ Digestão Anaeróbica

De acordo com (KLEEREBEZEM *et al.*, 2015; STOCKMANN *et al.*, 2016), a digestão anaeróbica é um processo que consiste na formação de microrganismos (bactérias) com a ausência de oxigênio para posterior degradar a matéria orgânica (reduzindo o seu potencial poluidor), visando a produção do biogás rico em metano, porém esta técnica tem sido realizada de forma controlada nos biodigestores.

Segundo (GUERI *et al.*, 2018; ANTES; BORTOLO; KUNZ, 2019), este processo envolve grupos diferentes de microrganismos que coadunam para transformar a matéria orgânica em biogás, portanto cada grupo desempenha função específica para a degradação da matéria orgânica, que são compostas por 4 fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. De referir que cada fase é responsável pela degradação de um certo tipo de substância específica.

#### ❖ Fase hidrolítica

Segundo (ANGTES; BORTOLO; KUNZ, 2019), esta fase é responsável por degradar matéria complexa (lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e polissacarídeos), transformando-os em materiais mais simples tais como (aminoácidos, carboidratos e ácidos graxos) porém este processo leva horas para a degradação do mesmo.

#### ❖ Fase de fermentação ácida (acidogênese)

De acordo com (DA SILVA; BORTOLI, 2018; PRADO 2018), esta fase ocorre a transformação dos produtos gerados na hidrólise (aminoácidos, carboidratos e ácidos graxos), em ácidos orgânicos (acético, propionico, butirico, isobutirico, fórmico, hidrogênio (H<sub>2</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)).

#### ❖ Fase de acetogênese

Esta fase as bactérias acetogênicas, denominadas produtoras de hidrogênio, são responsáveis em converter os produtos gerados na fase de fermentação ácida em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), acetato e ácido orgânico de cadeia curta (DA SILVA; DE BORTOLI, 2018; PRADO 2018).

#### ❖ Fase metanogênica

Nesta fase, os microrganismos (bactérias metanogênicas) transformam os ácidos orgânicos de cadeia curta (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e hidrogênio (H<sub>2</sub>)), em metano (CH<sub>4</sub>). Durante o processo de transformação é imperioso que não haja a presença de oxigênio, porém para o bom desempenho dos agentes anaeróbicos, é fundamental que todo o oxigênio tenha sido consumido nas fases anteriores de modo que este não interfira na formação do biogás (metano (CH<sub>4</sub>)) (GUERI *et al.*, 2018).

### ❖ **Efluente do Biodigestor**

Segundo (SCHISSI, 2015), dejectos de suínos tratados por meio de biodigestores promovem a estabilização da matéria orgânica e a produção de biogás (metano ( $\text{CH}_4$ )), após este processo o efluente estabilizado que sai do biodigestor é chamado de digestato, portanto este possui nutrientes que favorecem o seu reuso em forma de biofertilizante na agricultura.

#### **2.1.2.6 Factores que Influenciam na Produção do Biogás**

Durante o processo da decomposição anaeróbica, existem diversos microrganismos em ação de forma simultânea, sendo necessário considerar que o produto gerado por uns, torna-se substrato de outros assim sucessivamente. Desta forma é de suma importância que os parâmetros que tem maior influência nas reações sejam controlados, pois eles influenciam no bom rendimento na produção do biogás. De todas as etapas, a mais sensível é a do processo de formação do metano (HASAN, 2016).

### ❖ **Temperatura**

A temperatura possui maior influência face aos microrganismos, afecta no seu desenvolvimento, pois estes são classificados de acordo com a sua temperatura ótima de crescimento. Os psicófilos a sua temperatura ótima para o crescimento está na faixa de  $15^\circ\text{C}$ , os mesófilos necessitam de uma temperatura maior que a dos psicófilos, para o crescimento ótimo dos mesófilos a sua temperatura está na faixa de  $37^\circ\text{C}$  e os termófilos para o seu crescimento ótimo a sua temperatura atua na faixa de  $60^\circ\text{C}$ . O aumento da temperatura beneficia o processo de digestão anaeróbica, eliminando os patógenos, garantem maior solubilidade dos compostos orgânicos, porém é desvantajoso até certo ponto visto que promove a dissociação de amônia, o mesmo é um inibidor microbiológico (Antes, Bortolo e Kunz (2019)). Existem certas faixas da temperatura que são denominadas mínimas, ótimas e máximas, sendo a melhor faixa para a produção do biogás com qualidade é a ótima, a temperatura deve estar na faixa de 35 a  $37^\circ\text{C}$ . Com a variação da temperatura para faixa mínima influencia na redução do rendimento para a produção do biogás com qualidade, se a temperatura for muito alta irá promover a desnaturação enzimática resultando na parada de produção do biogás (GUERI et al., 2018), citado por Arezi, (2020).

### ❖ pH e Alcalinidade

O pH é um dos factores que influencia na estabilização da digestão anaeróbica, porem a não monitoria do pH o mesmo pode exercer a função de inibidor sobre os microrganismos. A faixa optima de pH para a produção do biogás com elevado teor de metano é de 6,5 a 7,8, está é a melhor faixa visto que os microrganismos acidogênicos são mais resistentes quando o pH está abaixo de 6, porem os metanogenicos necessitam de um pH neutro na faixa de 7 a 8 (AKUNNA, 2018), citado por AREZI, (2020).

### ❖ Nutrientes

Os nutrientes são essenciais pois estes influenciam na digestão anaeróbica proporcionando o desenvolvimento dos microrganismos, garantindo a metabolização de matéria orgânica. Os nutrientes principais responsáveis por esta actividade são: carbono (C), nitrogênio (N) e fosforo (P), assim como os minerais enxofre (S), magnésio (Mg), cálcio (Ca), ferro (Fe) e potássio (K). As principais fontes de nutrientes provem da hidrolise de carbonatos, lipídios e proteínas, para o bom desempenho e rendimento dos microrganismos na produção do biogás é necessário que os nutrientes estejam em equilíbrio (GUERI et al., 2018), citado por AREZI, (2020).

Segundo AKUNNA (2018), carbono e nitrogênio pode-se considerar como sendo macronutrientes pois estes apresentam uma relevância maior no processo de digestão anaeróbica, fosforo e enxofre pode ser considerado micronutrientes.

### ❖ Sólidos Totais

Os sólidos totais representam a quantidade de sólidos presentes no resíduo, pois estes são divididos em sólidos voláteis (compostos orgânicos) e sólidos fixos (compostos inorgânicos) que são responsáveis pela geração do biogás. Desta sendo quanto maior for os níveis de sólidos voláteis (SV) presentes no resíduo, mais serão os processos biológicos de tratamento na digestão anaeróbia. Portanto os sólidos voláteis é usado para calcular o rendimento de produção do biogás, na sua conversão em biogás (LEITE, POVINELLI, 1999; MAARMIRI; AMRANI, 2014). Outro parâmetro de grande influência no rendimento e na produção do biogás é a granulometria dos sólidos pois este afecta de forma directa no processo da hidrolise, quanto maior for a densidade das partículas maior será a disponibilidade da superfície de modo que ocorra as reações, que de certa forma otimizará a fase hidrolítica na produção do biogás (VIRIATO *et al.*, 2015), citado por AREZI, (2020).

### ❖ Tempo de Detenção Hidráulica

O tempo de detenção hidráulica (TDH) corresponde ao tempo necessário que o dejetos líquido permanece dentro do reator, de modo a garantir que o processo de produção do biogás ocorra normalmente. Portanto o fator tempo varia de acordo com as características dos dejetos, visto que representa o tempo necessário que garante a decomposição da matéria orgânica (HASAN, 2016; AKUNNA, 2018). Porém é de suma importância este parâmetro, pois garante a eficiência do biorreator, visto que o tempo de detenção hidráulica não deve ser muito curto, se o tempo for curto os microrganismos não poderão decompor a matéria orgânica na sua totalidade, é importante cuidar deste fator de modo que seja maior para facilitar a decomposição da matéria orgânica na sua totalidade e garantir o desenvolvimento dos microrganismos no biodigestor (FNR, 2010), citado por AREZI, (2020).

### 2.1.3 Dejectos de Suinocultura como Fertilizante

Os dejectos de suínos possuem elementos químicos muito importantes para as plantas, e a sua aplicação no solo torna-se uma pratica bastante precisa na área agrícola, especialmente para as culturas de milho, pastagem e alface. Assim sendo, vários estudos apontam os benefícios agrônômicos resultantes do uso de dejetos de suíno como fonte de nutriente, particularmente N, P, Cu e Zn, pelas quantidades disponíveis no dejetos de suíno e também pelo elevado custo de fertilizante mineral (ARANTES, 2016)

A principal forma de reaproveitamento do efluente de suíno é a sua aplicação no solo em forma de insumo orgânico, portanto devido as altas cargas orgânicas de N e P, estes podem causar problemas como a eutrofização das águas, influenciando na dinâmica do oxigênio dissolvido e no acumulo de nutrientes no solo, ocasionando o desequilíbrio do mesmo. Por isso umas das formas de evitar este facto é realizar o tratamento para a remoção das cargas e dos excessos de N e P, para posterior utiliza-lo como fertilizante (ANTES; BORTOLO; KUNZ, 2019), citado por AREZI (2020).

### ❖ Nitrogênio

Na agricultura, o nitrogênio (N) é um nutriente determinante para o metabolismo das plantas, e por consequência, influencia no rendimento da produção agrícola. Por isso usam-se fertilizantes para corrigir a deficiência do solo (BATISTA *et al*, 2018). SEIDEL *et al*, (2010), a aplicação dos dejetos de suínos tratados no solo, é um método de fertilização para suprir a necessidade de

nitrogênio, onde o dejetos de suíno pode substituir a adubação química com a ureia no cultivo de milho, sem interferir no rendimento da produção. (Citado por AREZI (2020)).

O nitrogênio é um dos minerais mais requeridos pelas plantas, o mesmo se encontra presente em diversas estruturas da planta em forma de proteínas, ácidos nucleicos, membranas, clorofilas e hormônios vegetais, nos dejetos de suínos o nitrogênio é um dos elementos que está presente em maior concentração, a proporção entre N- orgânico e o inorgânico varia de acordo com as características dos dejetos. O sistema de tratamento de dejetos de suínos de forma anaeróbica (biodigestores), apresentam maior concentração de  $N-NH_4^+$ , tem apresentado preocupação por perda destes elementos durante o processo de volatilização na irrigação, contudo pode ser minimizado através da incorporação dos dejetos líquidos no solo, é mais vantajoso visto que o nitrogênio está mais disponível as culturas (ARANTES, 2016).

#### ❖ Fosforo

O fosforo (P) é um macro nutriente necessário para todas as espécies, sejam vegetais ou animais, é um composto vital para garantir a produção dos alimentos. Contudo, é de suma importância reutilizar o P, presente nos dejetos de suínos para evitar mineração, desta sendo ir tornar os processos produtivos mais sustentável (PENG *et al*, 2018), citado por AREZI (2020).

O fosforo na planta participa de diversos processos metabólicos, que contribui bastante para a transferência de energia, respiração, glicose síntese de ácidos nucleicos. O uso de dejetos líquidos de suíno como fertilizante, aumenta a disponibilidade do fosforo P inorgânico no solo, que possibilita a sua maior adsorção pelas plantas (GATIBONI, 2008; CERETTA *et al.*, 2010).

De acordo com SEIDEL (2010) e MOARES (2014), a aplicação do dejetos líquido de suíno no solo é um bom substituto do fertilizante químico NPK, porém o uso deste tem proporcionado em maior rendimento na produção, não contribui para a degradação do solo e nem o desequilíbrio dos nutrientes no solo.

#### ❖ Cobre (Cu) e Zinco (Zn)

O cobre é um elemento muito importante na planta, pós este é constituinte de enzimas que combate o estresse oxidativo tais como ácido ascórbico (vitamina C), citromó-oxidase e da plastociana que estão presentes no cloroplasto, de forma que a planta não apresente clorose, folhas murchas e enroladas, abortamento de flor e a morte celular (MANLIO, 2006).

O zinco (Zn) é um elemento muito importante para a planta, participa no processo da fotossíntese com a ativação da enzima trifosfato-desidrogenase, porem é muito essencial para a produção de glicose, participa em outros processos tais como: na respiração, fermentação e na superóxido desmutase. O zinco é a enzima defensora da clorofila (MANLIO, 2006).

O excesso do cobre no solo, é prejudicial as culturas, dificultando na adsorção dos nutrientes consequentemente influência no crescimento da planta, porem a sua aplicação no solo deve ser de forma controlada de modo que não prejudique a culturas. Em particular o zinco a maioria das culturas são tolerantes o seu excesso (FERREIRA *et al.*, 2001; MANLIO, 2006).

## 2.1.4 Unidades de tratamento de água residuaria de suinocultura

### 2.1.4.1 Tempo de detenção hidráulica (TDH)

Tempo de detenção hidráulico não é uma unidade de tratamento, portanto é o tempo médio (geralmente expresso em dias) em que os dejetos líquidos permanecem em uma determinada unidade ou sistema de tratamento. Sendo a razão entre o volume e a vazão média diária (MONTEIRO & SOBRINHO, 1999). De acordo com a NBR13369, o tempo de detenção hidráulica está relacionado com a temperatura média do mês mais frio do ano que de variar entre (18°C a 21°C), o mesmo deve ser igual o superior a (8:00h) citado por MATAVELE (2021).

### 2.1.5 Decantador

Segundo (DIAS *et al.*, 2011), o decantador é uma unidade que compõe o sistema de tratamento tendo a função de sedimentar (separação da fase solida e liquida), as partículas solidas suspensas presentes no dejetos liquido de suíno com maior densidade para o fundo do mesmo.

#### 2.1.5.1 Projecto do decantador

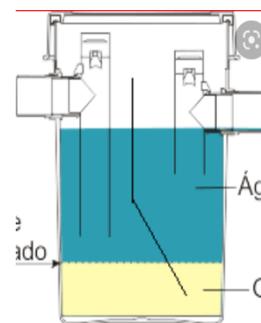


Figura 1: Imagem de um decantador.

Fonte: Internet (2022).

### 2.1.6 Tanque de acidificação e equalização do esgoto (TAE)

Segundo VON SPERLING (2006) tanque de acidificação e equalização é a unidade em que ocorrem as primeiras etapas da digestão anaeróbia, com ênfase os compostos complexos inerentes aos dejectos (proteínas, carboidratos, lipídeos, entre outros).

#### 2.1.6.1 Projecto de tanque de acidificação e equalização do esgoto

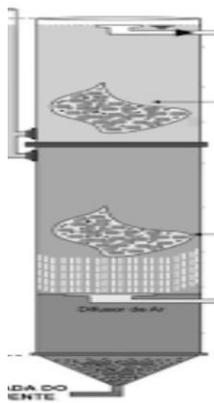


Figura 2: Imagem de tanque de acidificação e equalização.

Fonte: Internet (2022).

### 2.1.7 Reactores UASBs (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

Segundo (ANDRADE 1995), o reactor UASB (Reactor Anaerobico de Fluxo Ascendente com Manta de Lodo), é uma unidade de alta taxa muito utilizado no tratamento anaeróbico do dejecto bruto de suíno e dejecto doméstico, pois apresenta alta eficiência em relação a outras unidades que compõe o sistema de tratamento. Trata-se de um reactor, onde as bactérias responsáveis pela conversão da matéria orgânica em biogás são retidas em seu interior. É um sistema simples, composto por uma entrada que esse situa no fundo do reactor por onde entra o dejecto, que através de escoamento ascendente fica em contacto com uma região de alta concentração de bactérias (manta activa de lodo) atravessa um sedimentado (separador trifásico), que sai pela parte superior do reator (CARMO JR, 1998).

#### 2.1.7.1 Projecto de reactores UASBs

Segundo (CAPASSI, 2013) citador por MATAVELE (2021), projecto de reatores UASBs para o tratamento de dejecto de suíno é maioritariamente, referenciado pelos parâmetros que visam o seu dimensionamento que são: volume e área do reator, carga volumétrica hidráulica e orgânica (CHV), carga orgânica volumétrica (COV) e tempo de detenção hidráulica (TDH).

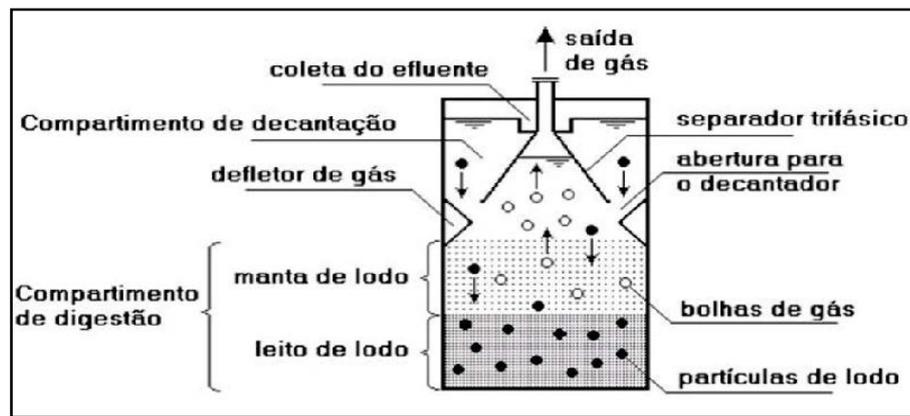


Figura 3: Imagem de um reator UASB.

Fonte: Matavele (2022).

### 2.1.8 Lagoas de maturação

O sistema de lagoas de maturação é amplamente utilizado no tratamento de águas residuárias da suinocultura (COSTA & MEDRI, 2002). É eficiente na decomposição da matéria orgânica, tornando estável a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), sólidos e nutrientes (COSTA *et al.*, 2000; HURSE & CONNOR, 1999). De acordo com Vale (2007) esse processo representa uma alternativa econômica, segura e ambientalmente correta para desinfecção de efluentes, em substituição aos métodos tradicionais como a cloração.

SILVEIRA, SILVA e SANTOS (2014) afirmam que as lagoas de maturação são fundamentais no polimento da matéria orgânica, porém a sua principal função consiste em remover micro-organismo patogênicos. É uma tecnologia com grande potencial de aplicação em países em desenvolvimento por se tratarem de unidades que combinam o tratamento aeróbio a um tratamento anaeróbio eficiente (reator UASB). Esta interação permite a estabilização da área referente a sistemas de lagoas facultativas e monitoria de odores em relação a sistemas que integram lagoas anaeróbias, fixando a eficiência e exata estabilidade (OLIVEIRA E VON SPERLING (2011))

#### 2.1.8.1 Projecto das lagoas de maturação

De acordo com (VON SPERLING 2005, FERREIRA 2017), citado por MATAVELE (2021) as lagoas de maturação possuem um processo muito simples no tratamento do efluente do dejecto, pois depende dos processos naturais maioritariamente tem sido construído na terra.

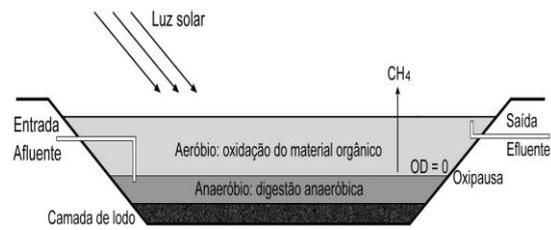


Figura 4: Imagem de uma lagoa de maturação.

Fonte: Internet (2022).



### 3.1.1 Concepção do Sistema de Tratamento de Dejetos de Suíno (STDS)

O sistema de Tratamento de Dejetos de Suíno (STDS), foi instalado e operado no Instituto Superior Politécnico de Gaza, no sector de suinocultura do Departamento de Zootecnia durante (5) meses. O mesmo era composto por 1 Reservatório, 1 Decantador, 1 Tanque de Acidificação e Equalização do Esgoto (TAE), 2 Reatores UASB e 3 Lagoas de maturação, tendo sido construído num intervalo de 1 semana usando materiais diversos ilustrados na Tabela 4.

1. O reservatório (balde de 80L com uma altura de 63 cm) era composto por dois (2) pontos, um ponto para a manutenção (descarga) do dejecto e outro ponto era para controle de saída do dejecto que alimentava as unidades subsequentes do sistema de tratamento.

2. Decantador era feito de tubo de PVC com um Ø110mm, tinha uma altura de 1m e possuía uma capacidade de 0,086 m<sup>3</sup>, composto por uma unidade e tinha uma conduta de alimentação que saía do reservatório alimentando o mesmo com um ponto de manutenção situava-se na parte inferior.

3. Tanque de acidificação e equalização esta unidade era feito de tubo de PVC com um Ø110mm uma altura de 1m e tinha uma capacidade de 0,0086 m<sup>3</sup>, era composto por 2 pontos, 1 para a descarga do dejecto este situava-se na parte inferior, outro ponto para a saída do dejecto fermentado para os reatores UASBs situa-se na parte superior desta unidade.

4. Os Reatores UASBs foram feitos de tubos de PVC com Ø110mm uma altura de 1m e possuíam uma capacidade de 0,00576 m<sup>3</sup>, compostos por várias componentes hidrodinâmicos que dinamizavam o sistema de tratamento biológico e o sistema de canalização que fornecia e retirava o dejecto, 2 componente que regulava a vazão do lodo dos reatores 1 componente para cada reator.

5. As terceira unidade de tratamento foram feitos de tubo de PVC Ø110mm com uma altura de 10cm um comprimento de 40cm e uma capacidade de 400cm<sup>3</sup> para cada unidade, era composto por três lagoas de maturação em série, através de um completando a série no intervalo de tempo estipulado, para desempenhar a função de desinfetar e polir o dejecto liquido proveniente dos reatores UASBs.

Tabela 4: Materiais usados na concepção do sistema de tratamento de dejetos de suíno

<b>Material</b>					
<b>Orde m</b>	<b>Reservatório</b>	<b>Decantador</b>	<b>TAE</b>	<b>Reatores UASBs</b>	<b>Lagoas de maturação</b>
1	Balde (PVC, 40L)	Tubo (PVC, Ø110mm)	Tubo (PVC, Ø110mm)	Tubo (PVC, Ø110mm)	Tubo (PVC, Ø110mm)
2	Válvula de (½")	Válvula de (½")	Válvula de (½")	Válvulas de (½")	—————
3	—————	Torneiras (1")	Torneiras (1")	Torneiras (1")	—————
4	Tubo de (1")	Tubo de (1")	Tubo de (1")	Tubo de (1")	Tubo de (1")
5	Cola (PVC)	Cola (PVC)	Cola (PVC)	Cola (PVC)	Cola (PVC)
7	Fita isoladora	Fita isoladora	Fita isoladora	Fita isoladora	Fita isoladora
8	Silicone	Silicone	Silicone	Silicone	Silicone
9	Massa de ferro	Massa de ferro	Massa de ferro	Massa de ferro	Massa de ferro
10	—————	Tampão de (PVC, Ø110mm)			

Fonte: Autor (2022)

O estudo foi conduzido e monitorado face a situações reais com o propósito de obter informações verídicas, credíveis e fiáveis, que de certa forma reflitam a veracidade das condições que serão implementados no tratamento de dejetos de suíno por meio de um sistema anaeróbico aeróbico na escala real.

O sistema de tratamento de dejecto de suíno (STDS) que foi montado no departamento de Zootecnia no Instituto Superior Politécnico de Gaza, não era composto por conjunto eletrobomba, o sistema obedeceu ao tipo de sistema de vasos comunicantes foi operado sob condições hidrodinâmicas que permitia o movimento do dejetos de forma contínuo em todo o

sistema usando um sistema de canalização composto por condutas pequenas de (PVC) e componentes de regulação do fluxo.

A figura 6: ilustra os materiais usados para a construção do sistema de tratamento de dejetos de suíno



Figura 6: Material usado para a concepção do sistema de tratamento de dejetos de suíno.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2 Caracterização do Sistema de Tratamento de Dejetos de Suíno

O sistema de tratamento de água residuária de suinocultura foi dimensionado segundo (VON SPERLING, 2006) com a seguinte configuração:

- i) Tratamento primário: foi composto por um decantador que possuía uma área de  $0,0095\text{m}^2$  e uma altura de 1m, cuja unidade exercia a função de sedimentação das partículas sólidas;
- ii) Tratamento secundário: Composto por um tanque de acidificação e equalização (TAE) esta unidade tinha uma área de  $0,0095\text{m}^2$  e uma altura de 1m, na qual ocorriam as primeiras etapas da digestão anaeróbia, com ênfase os compostos complexos inerentes aos dejetos (proteínas, carboidratos, lipídeos, entre outros). O reator UASB1 possuía uma área de  $0,0095\text{m}^2$  e uma altura de 1m, este complementava as actividades do (TAE) e garantia o processo de

acetogênese e o reator UASB 2 converte todos os produtos orgânicos formados nas etapas anteriores em metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ),

iii) Tratamento terciário: Composto por três lagoas de maturação que possuíam cada uma área de  $400\text{cm}^2$  e uma altura de 10cm, sua função era polir o dejetos provenientes dos reatores UASBs, remoção de patógenos (bactérias, vírus, cistos de protozoários e helmintos).

O Layout final do sistema de tratamento de dejetos de suíno está ilustrado na figura 7

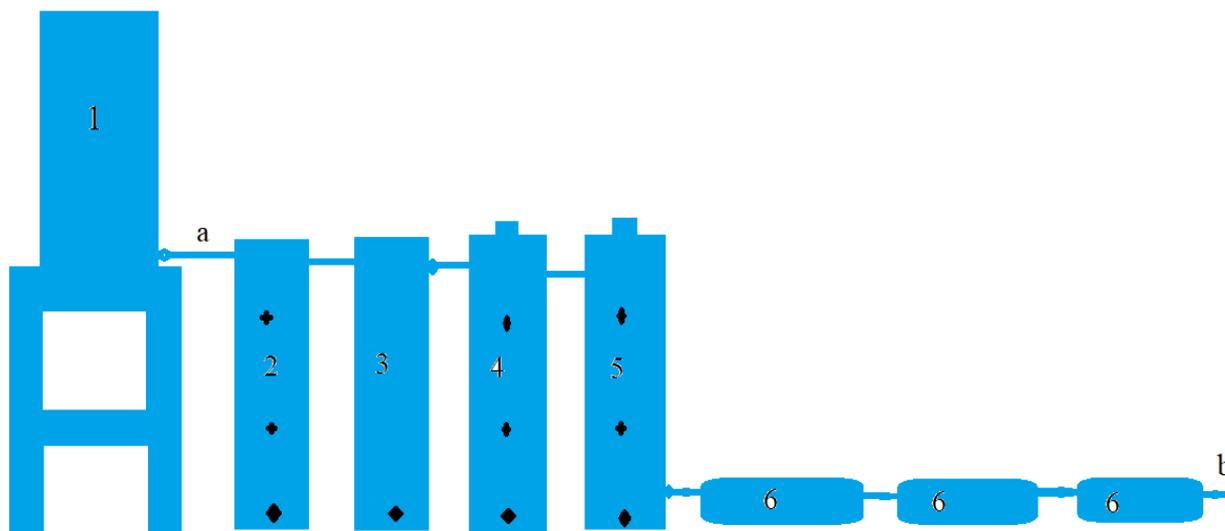


Figura 7: Layout final do sistema de tratamento de dejetos de suíno.

Fonte: Autor (2022)

Legenda:

1.Reservatório;

a. Afluente;

2.Decantador;

3.Tanque de Acidificação e Equalização;

4.Reator UASB 1;

5. Reator UASB 2;

6. 3 Lagoas de Maturação;

b. Efluente.

O modelo do Sistema de tratamento de dejecto liquido de suíno no Instituto Superior Politécnico de Gaza no departamento de Zootecnia, o mesmo tinha uma capacidade de tratamento de 20L, recebia um afluente de 80L e tratava 10L após 7 dias, foi construído com base em materiais alternativos de fácil aquisição no mercado, a aplicação do sistema foi com o intuito de garantir o reaproveitamento dos nutrientes presentes no dejecto de suíno visando sua aplicação na agricultura como adubo orgânico, a figura 8 ilustra o sistema de tratamento de dejecto de suíno.



Figura 8: Vista geral do sistema de tratamento de dejecto de suíno na escala laboratorial.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.1 Dimensionamento do Sistema de Tratamento de Dejecto de Suíno

#### 3.2.1.1 Reservatório do sistema

Para a concepção desta unidade de armazenamento de dejecto bruto de suíno foi usado um recipiente plástico com uma capacidade volumétrica de 80 L, o qual alimentava todo sistema sem alteração da vazão pela redução da pressão no reservatório, para facilitar o escoamento do dejecto liquido de suíno do reservatório para todo o sistema, foi perfurado no reservatório a 4cm de altura da sua base com um material aquecido. Depois foi fixado duas válvulas de ( $\frac{3}{4}$ " ) na perfuração feita no recipiente, uma válvula foi fixada nas extremidades conectado a um tubo de 16,0mm de ( $\varnothing$ ) que transportava o dejecto para as unidades subsequentes e a outra válvula tinha a função de descarregar o dejecto no reservatório.

#### 3.2.1.2 Decantador

Esta unidade foi dimensionada segundo as orientações de (VON SPERLING, 2006), com o tempo de detenção hidráulica de 8h.

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad \text{Equação: 1}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad \text{Equação: 2}$$

$$H = \frac{V}{A} \quad \text{Equação: 3}$$

Onde:

TDH = tempo de detenção hidráulica

V = volume

Q = caudal

A = área

D = diâmetro

H = altura

Nesta etapa foi usado um tubo de PVC com 1m de comprimento de Ø 110 mm, usado nas redes hidráulicas para fornecer a água para o consumo.

Seguiu-se a montagem de torneira, válvula e tubo de comunicação e para tal foi aquecido um ferro com diâmetro de 15,0 mm ( $\emptyset$ ) para perfurar o tubo ao longo do seu comprimento, foi perfurado 5,0 vezes, 2,0 perfurações para tubos de comunicação ou escoamento de caudal do reservatório para o decantador, 1 para conectar a válvula de descarga do lodo, 2 perfuração para torneiras de colecta de amostras para controle de qualidade do dejetto, em seguida aplicou-se cola de PVC nas extremidades das peças e encaixou-se nas perfurações feitas em cada tubo PVC, em seguida colocou-se o tampão com auxílio da cola de PVC na parte inferior do tubo de modo que não permita a infiltração do dejetto após o enchimento do mesmo, usou-se a cola de PVC nas extremidades dos tubos de comunicação para fixa-las e garantir o escoamento seguro do dejetto, a figura 9 ilustra o decantador após ser montado.



Figura 9: Modelo do decantador para a sedimentação do dejetos de suíno.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.1.3 Tanque de Acidificação e Equalização

Esta unidade foi dimensionada segundo as orientações de (VON SPERLING, 2006), com um caudal de 0,36L/h e tempo de detenção hidráulica de 48h para a formação de bactérias.

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad \text{Equação: 4}$$

$$V = TDH \times Q \quad \text{Equação: 5}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad \text{Equação: 6}$$

$$H = \frac{V}{A} \quad \text{Equação: 7}$$

Onde:

TDH = tempo de detenção hidráulica

V = volume

Q = caudal

A = área

D = diâmetro

H = altura

Nesta etapa foi usado um tubo de PVC com 1m de comprimento de Ø 110 mm, o tipo de tubo escolhido é usado nas redes hidráulicas para o fornecimento da água para o consumo. Seguiu-se a montagem de válvula e tubo de comunicação, para tal foi aquecido um ferro com diâmetro de 15,0 mm ( $\emptyset$ ) para perfurar o tubo ao longo do seu comprimento, foi perfurado 3,0 vezes, 2,0 perfurações para tubos de comunicação ou escoamento de caudal do decantador para TAE a outra partia do TAE para o reator UASBs, 1 perfuração para conectar a válvula de descarga do lodo, em seguida aplicou-se cola de PVC nas extremidades das peças e encaixou-se nas perfurações feitas em cada tubo PVC, em seguida colocou-se 2 tampões com auxílio da cola de PVC na parte inferior e superior do tubo de modo que o dejetto não transborde e nem infiltre após o enchimento do mesmo, de modo a garantir a formação de bactérias, a figura 10 ilustra o tanque de acidificação e equalização do dejetto após ser montado.



Figura 10: Representação do modelo do tanque de acidificação e equalização do dejetto de suíno.

Fonte: Autor (2022).

#### 3.2.1.4 Reatores UASBs

Estas unidades de tratamento de dejetto de suíno, ela foi dimensionada segundo (VON SPERLING, 2006) adotou-se tempo de detenção hidráulica de 12h para cada reator e um caudal 0,72 L/h para ambas as unidades.

$$TDH = \frac{V}{Q}$$

Equação: 8

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Equação: 9

$$H = \frac{V}{A}$$

Equação: 10

Onde:

TDH = tempo de detenção hidráulica

V = volume

Q = caudal

A = área

D = diâmetro

H = altura

### 3.2.1.5 Concepção dos Reatores UASBs

Para a concepção destas unidades usou-se dois pedaços de tubos PVC com diâmetro de Ø 110 mm e com um comprimento de 1m para ambos, dentro dos tubos na parte superior montou-se o defletor triangular, separador trifásico circular e o colector do biogás, todos estes elementos foram incorporados nos reatores UASBs, fez-se 5 perfurações para cada reator com auxílio de um ferro de 15mm. Em seguida montou-se duas válvulas uma para cada reator na parte inferior dos tubos para a descarga do lodo, montagem de 4 torneiras 2 torneiras para cada reator com o intuito de controlar a qualidade do dejetto de suíno tratado e na parte superior montou-se tubos de comunicação que facilitava o escoamento do dejetto, conforme ilustrado na figura 11.



Figura 11: Modelo dos reatores UASBs.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.1.6 Lagoas de Maturação

Estas unidades de tratamento de dejetos de suíno, elas foram dimensionadas segundo (VON SPERLING, 2006) adotou-se tempo de detenção hidráulica de 3 dias, em cada lagoa o dejetos ficava um dia a ser polido. De acordo com (PIVELI, 2004) a profundidade de lagoas de maturação deve ser igual ou inferior a 1,0 m em escala real, para permitir a incidência da radiação ultravioleta da luz solar e o volume útil, citado por MATAVELE (2021).

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad \text{Equação: 11}$$

$$A = C \times H \quad \text{Equação: 12}$$

$$H = \frac{V}{A} \quad \text{Equação: 13}$$

Onde:

TDH = tempo de detenção hidráulica

V = volume (m<sup>3</sup>)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = área (m<sup>2</sup>)

H = altura (m)

C= comprimento (cm)

Para a concepção das lagoas de maturação utilizou-se tubos de PVC de Ø 110 mm, com comprimento de 40cm e uma altura de 10cm cada. Em seguida foi aquecido um ferro com diâmetro de 15,0 mm ( $\phi$ ) para a perfuração dos tampões das lagoas, após este processo aplicou-se cola de PVC nos tampões e nas lagoas para fixar-se melhor, este processo foi feito para todas as lagoas de maturação conforme ilustrado na a figura 12.



Figura 12: Representa o modelo das lagoas de maturação.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.2 Avaliação da eficiência do Sistema de Tratamento de dejetos de Suíno

A eficiência do sistema de tratamento de dejetos de suíno foi determinada em função da sua remoção dos poluentes presentes no dejetos de suíno, de acordo com a seguinte equação 14:

$$E_f = \frac{C_a - C_o}{C_a} \times 100 \quad \text{Equação 14}$$

Onde:

Ef = eficiência do sistema de tratamento de dejetos de suíno (%);

Ca = concentração final do dejetos de suíno (mg/L);

Co = concentração inicial do dejetos de suíno (mg/L);

### 3.2.3 Descrição dos pontos de colecta de amostra

Para o estudo de tratamento de dejetos de suínos, foi necessário a colecta das amostras em pontos devidamente identificados, os pontos escolhidos para a colecta do dejetos liquido de suinocultura para as análises laboratoriais, foram definidos em função com a contribuição que cada unidade tem no tratamento do dejetos liquido de suíno, foram definidos (7) pontos de

colecta de amostras do dejecto liquido de suíno denominado P1 (Dejeto bruto), P2 e 3 (Reatores UASBs), P4,5,6 (Lagoas de maturação)e P7 (saída do Dejeto tratado).

### 3.2.3.1 Ponto de armazenamento do dejecto bruto (ponto 1)

O ponto de colecta de dejecto bruto, era composto por um sistema de caixa de fluxo vertical feita de betão e sem protecção na sua parte superior, com um comprimento de 75cm, largura de 67cm e uma profundidade de 80cm, a qual visava o armazenamento do dejecto de suíno conforme ilustrado na figura 5.



Figura 13: Ilustra pontos de colecta do dejecto Bruto.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.3.2 Reatores UASBs unidades de tratamento do dejecto de suíno (ponto 2 e 3)

O segundo ponto de amostragem, designado por dois (2) reatores UASBs estrutura que eram compostas por tubos de PVC com o diâmetro de 110mm e com cerca de 1m de altura para cada, que era composto por duas torneiras para cada reator e uma válvula de descarga, conforme ilustrado na figura 13.



Figura 14: Ilustra ponto de colecta do dejetto tratado nos reactores UASB.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.3.3 Lagoas de maturação unidades que desinfectava o dejetto de suíno (ponto 4, 5, 6)

O terceiro ponto de amostragem designado lagoas de maturação, estruturas que eram compostos por tubos de PVC com diâmetro de 110mm, com uma largura de 10cm cada, uma altura de 10cm cada e um comprimento de 40cm para cada lagoa, conforme ilustrado na figura 15.



Figura 15: Ilustra pontos de colecta do dejetto tratado nas lagoas de maturação.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.3.4 Ponto de saída do dejetos tratado de suíno (ponto 7)

O ponto de saída do dejetos tratado de suíno designado descarga, o dejetos após ter passado por todo processo de tratamento era descarregado num reservatório escavado com um comprimento de 7cm e largura de 4cm.



Figura 16: Dejecto final.

Fonte: Autor (2022).

### 3.2.4 Materiais usados para a colecta das amostras

- Garrafas plásticas de 500 ml
- Garrafa plástica cortada de 2000 ml
- Papel
- Tesoura
- Fita-cola

### 3.2.5 Procedimentos

As amostras foram colectadas em sete (07) pontos distintos, porem foram colectadas um total de 28 amostras durante 4 meses, partindo do mês de abril até ao mês de Julho. O processo de colecta de amostras foi realizado segundo as normas que estabelecem os procedimentos de colecta de amostras, após feitas colectas das amostras em cada ponto o recipiente era desinfectado com cloro granular derretido em água morna para garantir que os dados não sejam viciados, todos os frascos foram selados e etiquetados no local da colecta As amostras eram conservadas em recipientes plásticos para as análises físico-químico e microbiológico, após este procedimento as amostras eram encaminhadas ao LPHAA.

Tabela 5: Rotina de monitoramento do sistema de tratamento de dejecto de Suíno.

<b>Monitoramento de frequência do Sistema de tratamento de Dejecto de Suíno no ISPG</b>			
<b>Afluente – Efluente</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Frequência</b>	<b>Metodologia usado</b>	<b>Local</b>
pH	2x por semana	Electrometria, APHA	LPHAA
Cond. Elétrica	2x por semana	Electrometria, APHA	LPHAA
Turvação	1x por semana	Nefelometrico, APHA	LPHAA
TDS	2x por semana	Electrometria, APHA	LPHAA
Temperatura	2x por semana	Electrometria, APHA	LPHAA
Coliformes totais	2x por semana	M. filtrante, APHA	LPHAA
Coliformes fecais	2x por semana	M. filtrante, APHA	LPHAA
Ferro Total	1x por semana	Colorimetrico, APHA	LPHAA
Matéria Orgânica	2x por semana	Kubel, APHA	LPHAA
Fosforo	2x por semana	Colorimetrico, APHA	LPHAA
Nitrogênio	2x por semana	Colorimetrico, APHA	LPHAA
Oxigênio dissolvido	2x por semana	Electrometria, APHA	LPHAA
Demanda Biológica de Oxigênio	2x por semana	Electrometria, APHA	LPHAA
Demanda Química de Oxigênio	2x por semana	Kubel. APHA	LPHAA
Nitrato	2x por semana	Colorimétrico, APHA	LPHAA

APHA- American Puplic Health Association.

LPHAA- Laboratório Provincial de Higiene de Aguas e Alimentos.

No sistema de tratamento de dejetos de suíno, na fase inicial antes do tratamento foi aplicado o dejecto de suíno para a criação das bactérias anaeróbicas com a finalidade de decompor a matéria orgânica durante o processo de tratamento, este processo levou cerca de um mês visto que o mesmo contem maior carga orgânica e facilmente as bactérias anaeróbicas podem ser criadas. A tabela 5 ilustra a rotina de monitoramento do sistema de tratamento de dejecto de suíno durante a fase de implementação da população bacteriana, porem esta etapa foi realizada com o intuito de uniformizar a colecta das amostras, atendendo o facto que todas as unidades do sistema de tratamento operacionalizavam com o tempo de detenção hidráulica diferente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características do dejecto bruto de suíno

A tabela 6 abaixo ilustra as características e padrões de qualidade do dejecto bruto de suíno quanto ao seu grau de poluição, porem esses parâmetros expressam as condições da desestabilização da matéria orgânica biodegradável presente no dejecto bruto.

Tabela 6: características do dejecto bruto de suíno

Características do Dejecto de suíno do ISPG			
Parâmetros	Concentrações	Unidades	Referencias
pH	8,6	.....	6 – 9
Condutividade Eléctrica	10066	µs/cm	50 - 2000
Temperatura	22,18	°C	35
TDS	3064	mg/L	1000
Coliformes Totais	130	ufc/L	.....
Ferro total	0,4	mg/L	1,5 - 10
Fosforo	100,5	mg/L	10
Nitrogênio	50	mg/L	1
OD	17,2	mg/L	.....
DBO <sub>5</sub>	104,9	mg/L	50
DQO	300	mg/L	150
Matéria orgânica	150	mg/L	2,5
Nitrito	0,06	mg/L	3
Dureza total	700	mg/L	500
e. coli	70	ufc/L	.....
Cálcio	100	mg/L	50
Magnésio	200	mg/L	50
Nitrato	3	mg/L	50
Alcalinidade total	120	mg/L	250
Cobre	0,8	mg/L	1
Bário	0,05	mg/L	0,7
Alumínio	0,08	mg/L	0,2
Níquel	5	mg/L	0,02
Cobalto	0,07	mg/L	0,005

Fonte: Adaptado pelo Decreto nº 18/2004

PAULO (2019), tratando águas residuárias de suinocultura em reator anaeróbio com pós-tratamento aeróbio, obteve os valores de concentração de pH (7,7 a 8,02), DBO (2,3 a 2,6 mg/L), DQO (3,555 a 3,633 mg/L), Fosforo (28 a 53 mg/L), Nitrogênio (40 mg/L) TDS (2374 mg/L).

Os valores das concentrações avaliados neste estudo tem medias maiores a dos estudos anteriores, supostamente seja pela interferência de vários factores técnicos no manejo do dejecto de suíno (bom manejo do esterco de suíno antes do tratamento) é um dos factores que fez com que os resultados fossem muito alto.

#### 4.2 Reactores UASBs

Esta etapa de tratamento do sistema foi desenhada e executada em duas unidades em série, tendo mesmas alturas visando desestabilizar a carga orgânica produzindo o biogás. A tabela 7 ilustra os resultados do dimensionamento dos componentes geométricos das unidades em análise.

Tabela 7: Dados dos reactores UASBs

<b>Dimensões dos reactores UASBs</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Reactor UASB 1</b>	<b>Reactor UASB 2</b>	<b>Unidades</b>
Altura (h)	1	1	m
Área da base (a)	0,0095	0,0095	m <sup>2</sup>
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	12	12	H
Q. Médio (Q)	0,72	0,72	(L/h)
Volume útil (V)	0,00576	0,00576	m <sup>3</sup>

Fonte: Autor (2022)

Os parâmetros geométricos apresentados na tabela 7 e na figura 17, são referente aos reactores UASBs dimensionados para dar vida a uma unidade de tratamento de dejecto de suíno possuindo 11, 52 L de volume. Os valores obtidos nestas unidades são similares aos encontrados pelo (MATAVELE, 2021), em tratamento de efluente sanitário envolvendo reator anaeróbio, utilizando materiais recicláveis em um sistema de tratamento do esgoto sanitário em escala bancada.

Afigura 17 ilustra o desenho do reactor UASB (1 e 2) e as suas respectivas dimensões

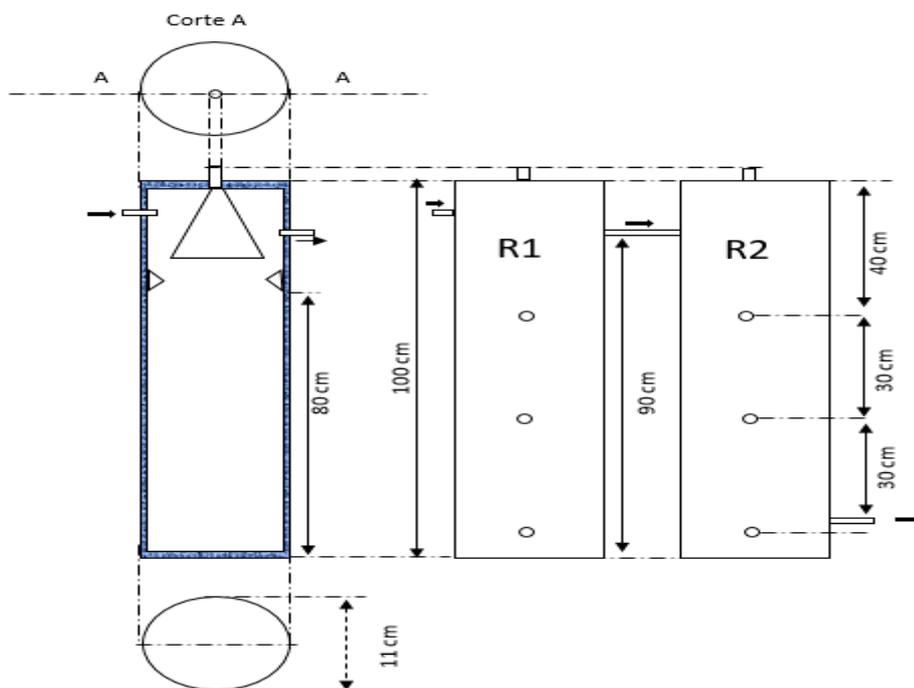


Figura 17: Esquema do projecto dos reactores UASBs e os detalhes dos seus componentes.

Fonte: Autor (2022).

#### 4.2.1 Avaliação da eficiência do reactor UASB 1

A eficiência do reactor UASB 1 foi dada em função do tratamento de dejecto de suíno, expressa de acordo com os parâmetros adotados em diversos processos de tratamento, portanto neste estudo foram usados os seguintes parâmetros: potencial hidrogenionico, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, turvação, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, nitrogênio, fosforo, a dureza total entre outros. Desta sendo os resultados apresentados na tabela 8 corresponde a operação do reactor UASB 1.

Tabela 8: Eficiência do reactor UASB 1 no processo de tratamento de dejecto de suíno

<b>Concentrações médias e eficiência no ponto 1 ( Reactor UASB 1)</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Dejecto Bruto</b>	<b>Dejecto Tratado R1</b>	<b>Eficiência (%)</b>
pH	8	8	0
DBO <sub>5</sub>	108,975	51,775	52,48
Cond. Elétrica	1000	800	20
Turvação	1000	498	50,2
Temperatura	24,72	24,575	0,58
TDS	5000	2893,5	42,13
OD	7,75	5,05	34,83
Coliformes totais	132,5	105	20,75
E. Coli	50	45,4	9,2
Coliformes fecais	100	77,5	22,5
Nitrogênio	48,5	47,5	2,06
Dureza Total	500	462,5	7,5
Matéria orgânica	90	80	11,11
Ferro total	0,4	0,35	12,5
DQO	220	70	68,18
Fosforo	5	4	20
<b>Total</b>			<b>23,37</b>

Fonte: Autor (2022).

LUCIANO (2008), avaliando o sistema de tratamento composto por reactor anaeróbio de manta de lodo (UASB) e lagoas de polimento para águas residuárias de suinocultura, obteve a remoção de DQO médias no intervalo de (65% a 70%), remoção de DBO foi de (61,78%) e a remoção de TDS foi de (46,7%).

Segundo JORDAO e PESSOA (2009) e SCHUMANN (2016), citado por MATAVELE (2021), um reactor UASB a sua eficiência na remoção de DQO e DBO varia no intervalo de (60% a 70%).

O gráfico a que se segue ilustra as variações das concentrações da DQO, DBO, Nitrogênio e Fosforo no reactor UASB 1.

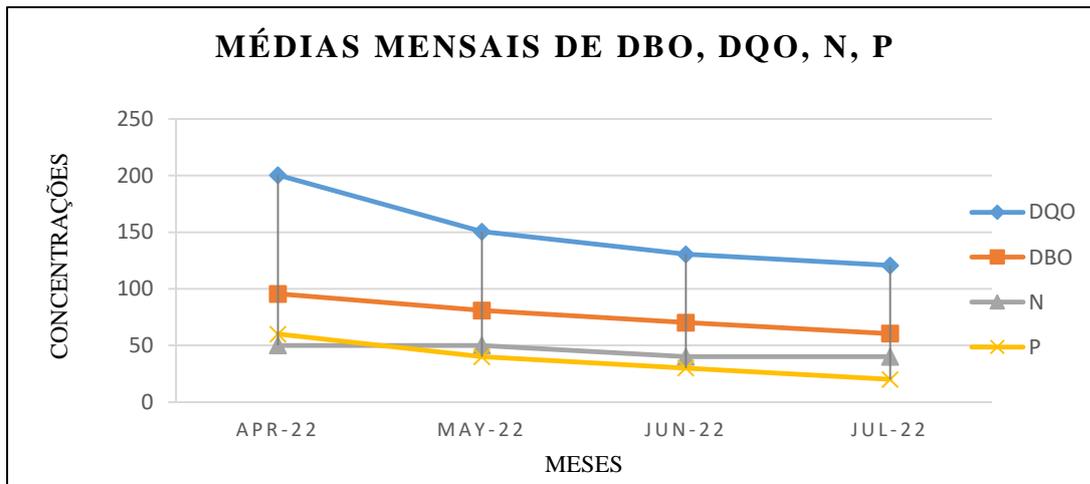


Figura 18: Variação mensal de concentração de DBO, DQO, N e P do efluente do reactor UASB1

Fonte: Autor (2022)

De referir que esta etapa de tratamento apresentou uma eficiência satisfatória, tendo sido avaliado sua eficiência em parâmetros que indicam a composição e a qualidade do dejecto de suíno, a média de eficiência na remoção da DBO foi de (52,48%), media de eficiência na remoção de DQO (68,18%), a média de eficiência de remoção da turbidez foi de (50,2%), TDS foi de (42,13%) e coliformes fecais (22,5%).

As medias mensais dos parâmetros ilustrados na figura 55, refere-se as análises feitas durante o estudo que mostraram uma variação partindo do primeiro ao último mês, na remoção da DBO e DQO, apresentaram uma variação razoável de N e P, esta etapa de tratamento estava estritamente condicionada na remoção destes poluentes no dejecto.

#### 4.2.2 Avaliação da eficiência do reactor UASB 2

A tabela 9 ilustra os resultados de medias de eficiência da avaliação desta unidade no tratamento de dejecto de suíno, porem esta fase constitui a aplicação das concentrações na formula estabelecida para cada parâmetro analisado. Importa referir que tratando-se da eficiência, dejecto tratado no primeiro reactor corresponde ao afluente e a do segundo reactor corresponde ao efluente.

Tabela 9: Dados da eficiência do reactor UASB 2

<b>Eficiência no ponto II (Reactor UASB 2)</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Dejecto tratado Reator 1</b>	<b>Dejecto Tratado R2</b>	<b>Eficiência (%)</b>
pH	8	8	0,0
DBO <sub>5</sub>	51,775	40,8	61,19
Cond. Elétrica	800	700	12,5
Turvação	498	332,5	33,23
Temperatura	24,575	23,6	3,96
TDS	2893,5	1975	31,74
OD	5,05	3,5	30,69
Coliformes totais	105	50,5	51,90
E. Coli	45,4	27,8075	38,75
Coliformes fecais	77,5	68	12,25
Nitrogênio	47,5	28,75	39,47
Dureza Total	462,5	412,5	10,81
Matéria orgânica	70	58,75	16,07
Ferro total	0,35	0,343	2
DQO	253,075	85,5	70,21
Fosforo	4	3	25
Total			24,73

Fonte: Autor (2022)

Valores similares da eficiência de media ilustrados na tabela 9, foram obtidos por RODRIGUES (2008) na remoção de DQO, DBO usando reactor UASB para o tratamento de aguas residuarias de suinocultura.

MATAVELE (2021), avaliando o desempenho do sistema de tratamento de agua do esgoto sanitário no primeiro bairro do Município de Chókwè composto por um reator UASB, obteve a eficiência media na remoção de DQO (63,8%), DBO (54,3%) e a eficiência do reactor foi de 26,22%.

O estudo obteve valores superiores a do estudo anterior na remoção de DQO, DBO, e a eficiência total dos retores foi de 48,1%, porem este valores são similares a do obtido por Leite (2019), tratando aguas residuarias de suinocultura composto por dois retores UASB, obteve na remoção de DQO (70% ), DBO (61%), N (34%), P (12%).

O gráfico que segue ilustra as variações das concentrações da DQO, DBO, Nitrogênio e fosforo no reactor UASB2.

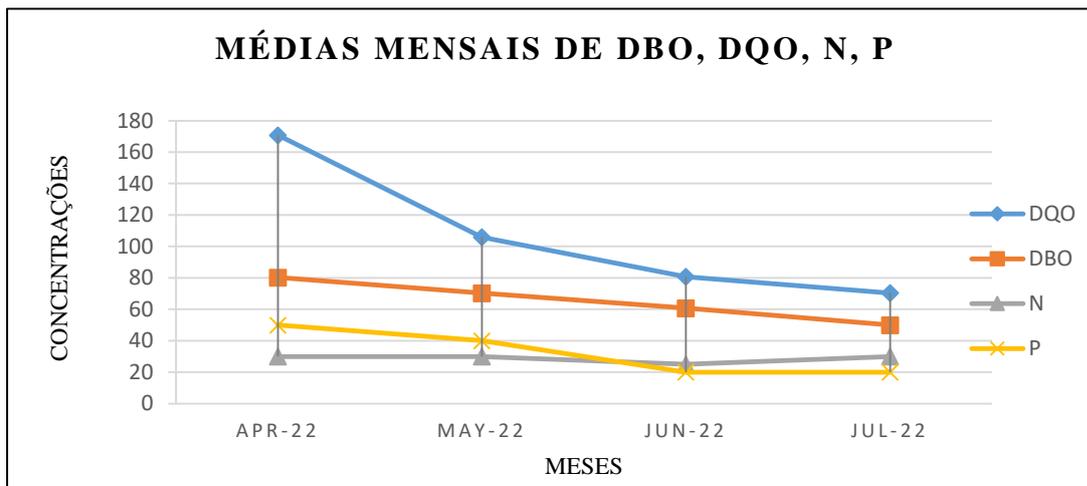


Figura 19: Variações das concentrações das medias no reactor UASB2

Fonte: Autor (2022).

As eficiências na remoção de DQO e DBO, nesta unidade foi mais eficiente em relação ao primeiro reactor, chegando de atingir os valores recomendados pra esta etapa de tratamento, apresentando variações que variam em função do tempo de estudo, desta sendo o gráfico apresenta a medida que o sistema de tratamento de dejecto de suíno estivesse em operação haveria o aumento da eficiência na remoção de concentrações dos poluentes presentes no dejecto.

Os parâmetros avaliados nesta unidade de tratamento, as medias mostraram uma boa estabilização dos mesmos, tendo medias reduzida visto que garantem características qualitativas do dejecto para o reuso.

### 4.3 Lagoas de Maturação

As lagoas de maturação são projectadas com baixas profundidades com a finalidade de facilitar a penetração dos reios solares no mesmo proporcionando produção fotossintética atrás da volatilização dos elementos tóxicos.

A tabela 10 apresenta o projecto de forma resumida que foi usado na construção dos modelos de lagoas de maturação para polir o dejecto de suíno. A figura 20 represente um esquema de forma detalhada e as dimensões aplicadas nesta etapa final de tratamento de dejecto de suíno.

Tabela 10: Dados do dimensionamento das lagoas de maturação

Dimensões das lagoas de Maturação				
Parâmetros	Lagoa de Maturação 1	Lagoa de Maturação 2	Lagoa de Maturação 3	Unidades
Altura (h)	10	10	10	Cm
Área da base (a)	400	400	400	cm <sup>2</sup>
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	1	1	1	D
Q.medio	4,32	4,32	4,32	L/d
Volume útil (V)	4	4	4	mL

Fonte: Autor (2022)

A figura 20 abaixo ilustra o esquema do projecto das Lagoas de maturação, em seu perfil mostrando os detalhes construtivos.

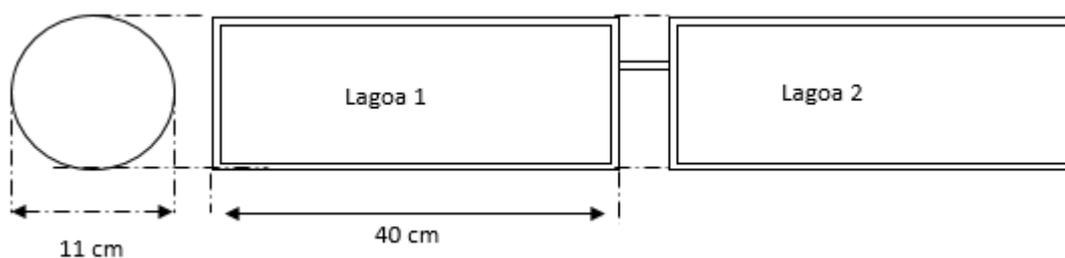


Figura 20: Esquema do projecto das lagoas de maturação.

Fonte: Autor (2022).

#### 4.3.1 Avaliação da eficiência da lagoa de maturação 1

A eficiência desta unidade de tratamento e apresentada na tabela 11, estão expressos parâmetros físico-químicos e biológicos do afluente da primeira lagoa de maturação e as eficiências percentuais da remoção dos poluentes biodegradáveis por meio de processos aeróbios.

Tabela 11: Eficiência da primeira Lagoa de maturação.

<b>Eficiência no ponto III (lagoa de Maturação 1)</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Dejecto tratado R2</b>	<b>Dejecto tratado L1</b>	<b>Eficiência (%)</b>
pH	8	8	0
DBO <sub>5</sub>	40,8	37,37	38,39
Cond. Eletrica	700	600	14,28
Turvação	332,5	286,125	13,94
Temperatura	24,6	23,1525	5,88
TDS	1975	1850	6,32
OD	0	0	0
Coliformes totais	50,5	50,25	0,49
E. Coli	27,8075	27,0075	2,87
Coliformes fecais	68	51,25	24,63
Nitrogênio	28,75	28	20,60
Dureza Total	412,5	300	27,27
Matéria orgânica	58,75	55,03	6,33
Ferro total	0,15	0,15	0
DQO	237,5	230	3,15
Fosforo	3	2,85	35
<b>Total</b>			<b>7,57</b>

Fonte: Autor (2022).

A lagoa 1 na remoção de nitrogênio, ferro total, fosforo, matéria orgânica apresentou eficiências razoáveis, os valores obtidos são semelhantes a do obtido pelo PINTO (2012), em seu estudo avaliando a eficiência de lagoas de maturação como pós-tratamento de reactor UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura, tendo eficiência de remoção de DBO (40%), DQO (3,6%) e nitrogênio (30%).

O gráfico 21 ilustra a informação da variabilidade das concentrações dos parâmetros em função do tempo para a lagoa 1.

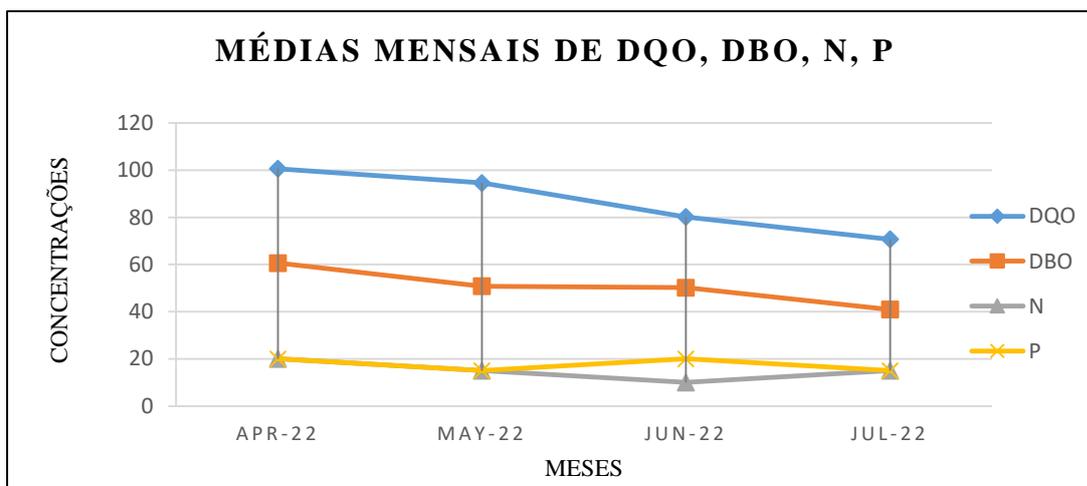


Figura 21: variação mensal das concentrações dos parâmetros

Fonte: Autor (2022).

RODRIGUES (2008), em seu estudo de avaliação do sistema de tratamento com reator anaeróbico de manta de lodo (UASB) e lagoas de maturação para águas residuárias de suinocultura, as médias das lagoas de maturação foram similares a do obtido no estudo.

Salientar que a eficiência desta unidade de tratamento foi razoável na remoção de Coliformes totais, turvação, fósforo e nitrogênio, deve-se a factores operacionais, tempo de detenção hidráulica, o volume dimensionado e o clima, porém todos estes factores influenciaram na eficiência razoável do mesmo.

#### 4.3.2 Avaliação da eficiência da lagoa de maturação 2

A eficiência desta unidade de tratamento e apresentada na tabela 12, estão expressos parâmetros físico-químicos e biológicos do afluente da segunda lagoa de maturação e as eficiências percentuais da remoção dos poluentes biodegradáveis por meio de processos aeróbios.

Tabela 12: Eficiência da segunda Lagoa de maturação

<b>Eficiência no ponto IV (lagoa de Maturação 2)</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Dejecto tratado L1</b>	<b>Dejecto Tratado L2</b>	<b>Eficiência (%)</b>
pH	8	8	0
DBO <sub>5</sub>	37,375	36,75	1,67
Cond. Elétrica	600	600	0
Turvação	286,125	266,3	6,92
Temperatura	26,1525	25,35	3,06
TDS	1198	1188,5	0,79
OD	12,375	11,575	6,46
Coliformes totais	51,25	50	2,43
E. Coli	25,0075	24,3	2,82
Coliformes fecais	51,25	50	2,43
Nitrogênio	1	0,5	50
Dureza Total	250	230	8
Matéria orgânica	7,03	6,5	7,53
Ferro total	0,145	0,125	13,79
DQO	185	170	8,10
Fosforo	2,85	2,75	3,50
<b>Total</b>			<b>7,34</b>

Fonte: Autor (2022)

A lagoa 2 na remoção de nitrogênio, ferro total, fosforo, matéria orgânica apresentou eficiências razoáveis, os valores obtidos superou a do obtido pelo MATAVELE (2021), em seu estudo avaliando o desempenho de um sistema de tratamento de esgoto sanitário, composto por tanques sépticos, reactor UASB e lagoas facultativas.

O gráfico 22 apresenta informação da variabilidade das concentrações dos parâmetros em função do tempo da lagoa 2.

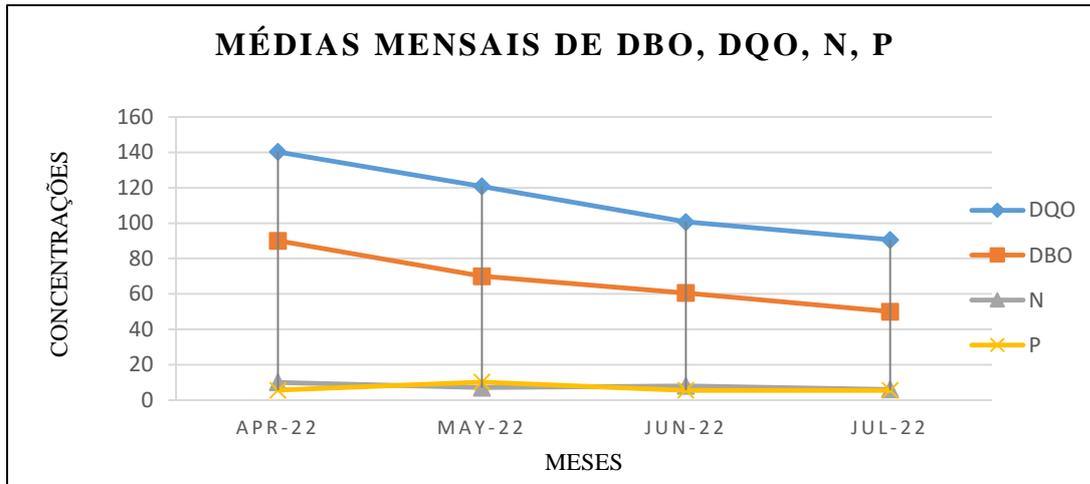


Figura 22: Variação mensal das concentrações na lagoa 2

Fonte: Autor (2022).

É de referir que a eficiência desta unidade tratamento foi satisfatório na remoção de nitrogênio e razoável na remoção de coliformes totais, turvação, fosforo, DBO e DQO, deve-se a factores operacionais, tempo de detenção hidráulica, o volume dimensionado e o clima, porem todos estes factores influenciaram na eficiência razoável do mesmo.

#### 4.3.3 Avaliação da eficiência da lagoa de maturação 3

A eficiência desta unidade de tratamento e apresentada na tabela 13, estão expressos parâmetros físico-químicos e biológicos do afluente da terceira lagoa de maturação e as eficiências percentuais da remoção dos poluentes biodegradáveis por meio de processos aeróbios.

Tabela 13: Eficiência da terceira Lagoa de maturação

<b>Eficiência no ponto V (lagoa de Maturação 3)</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Dejecto tratado L2</b>	<b>Dejecto Tratado L3</b>	<b>Eficiência (%)</b>
pH	8	8	0
DBO <sub>5</sub>	26,75	25,675	4,01
Cond. Elétrica	687,65	600	12,74
Turvação	266,3	264,5	0,67
Temperatura	25,35	24	5,32
TDS	947,5	900,5	4,96
OD	13,575	12,7	6,44
Coliformes totais	45	45	0
E. Coli	24,3	23,125	4,83
Coliformes fecais	45	35,15	21,88
Nitrogênio	45	34	20
Dureza Total	230	225	2,17
Matéria orgânica	6,5	2,9	55,38
Ferro total	0,125	0,125	0
DQO	170	168,62	0,80
Fosforo	0,24	0,12	15,1
<b>Total</b>			<b>7,79</b>

Fonte: Autor (2022)

A lagoa 3 apresentou eficiência satisfatória na remoção de coliformes fecais e matéria orgânica, eficiência razoável na remoção de nitrogênio, ferro total, fosforo, valores similares foram obtidos pelo MATAVELE (2021) em seu estudo que visava avaliar o desempenho de um sistema de tratamento de esgoto sanitária, composto por tanques sépticos reactor UASB e lagoas facultativas.

O gráfico 23 ilustra a informação da variabilidade das concentrações dos parâmetros em função do tempo para a lagoa 3.

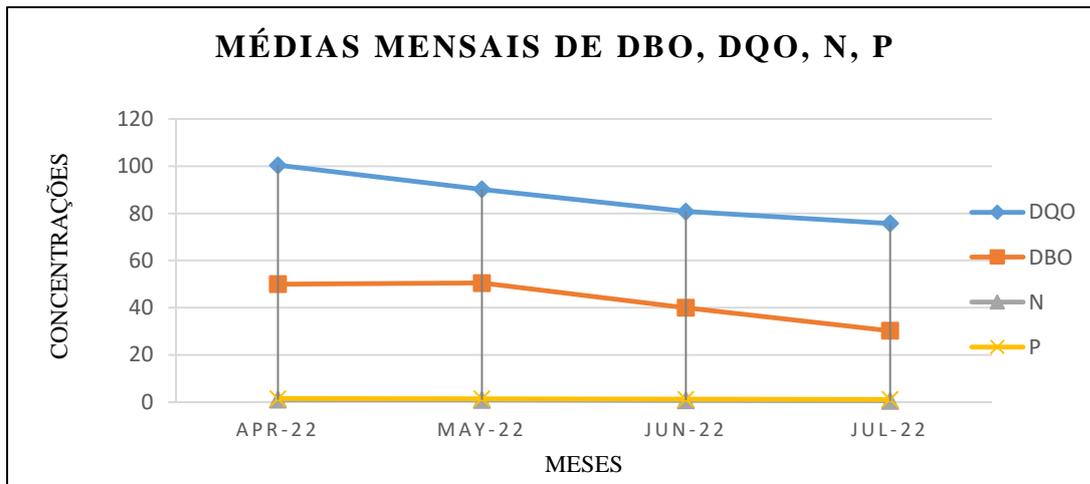


Figura 23: variação das concentrações dos parâmetros em função do tempo.

Fonte: Autor (2022).

As lagoas de maturação apresentaram concentrações medias na remoção de poluentes presentes no dejecto suíno sendo razoável que coaduna com o recomendado pelas normas CONAME.

Em suma os factos que influenciaram na razoável eficiência de remoção de fosforo, nitrogênio e coliformes, foi devidos a problemas operacionais, o clima, o volume dimensionado e tempo de detenção hidráulica, portanto estes factores condicionaram na eficiências das lagoas de maturação.

#### 4.4 Avaliação do desempenho do sistema de tratamento de dejecto de suíno

O sistema de tratamento de dejecto de suíno foi operado durante (5) meses, portanto no que diz respeito a sua operação e monitoria, durante o percurso houveram muitas variáveis de evolução de forma gradual das quais as mais destacadas foram os factores meteorológicos.

Ao fim do (2<sup>o</sup>) mês o desempenho de todas as unidades do sistema de tratamento do dejecto de suíno apresentavam um evolução portanto no que diz respeito a remoção de patogênicos e o desempenho encontrava-se bem estabilizado. De referir que o sistema de tratamento do dejecto no seu todo mostrou-se eficiente na remoção de todos os parâmetros, pois estavam dentro dos padrões estabelecidos pelas normas e padrões do decreto N<sup>o</sup> 8.468/1976 do reuso de esgoto sanitário e pela norma Moçambicano decreto no 18/2004 do reuso do efluente de suinocultura para agricultura.

A figura 24 mostra o modelo do sistema de tratamento de dejecto de suíno em operação



Figura 24: Sistema de tratamento em funcionamento.

Fonte: Autor (2022).

Veloso (2018), construiu um sistema para o manejo dos dejectos de suínos composto por tanque de equalização, caixa difusora, dois reatores UASBs e lagoas de estabilização, obteve valores satisfatórios de eficiência dos parâmetros físico-químicos e biológicos tanto como a eficiência do sistema.

A figura 25 ilustra a variação da DQO, DBO, N e P por unidade de tratamento

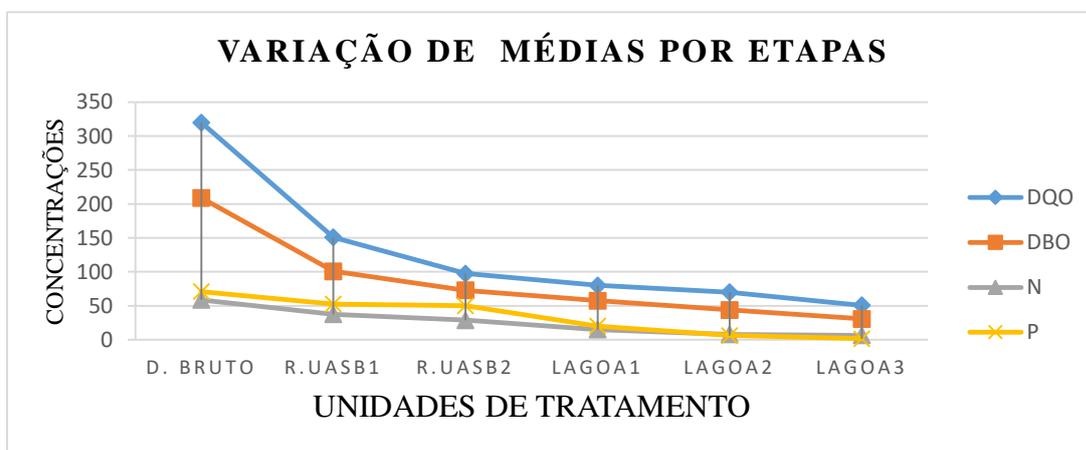


Figura 25: Variação das medias por unidade de tratamento

Fonte: Autor (2022).

Tabela 14: Dados da eficiência do Sistema de Tratamento

<b>Eficiência do sistema de tratamento de dejecto de suíno</b>											
<b>Parâmetros</b>	<b>R.UASB1</b>		<b>R.UASB2</b>		<b>Lago.mat.1</b>		<b>Lago.mat.2</b>		<b>Lago.mat.3</b>		<b>Total</b>
	med.	Efici (%)	med	Efici (%)	med	Efici (%)	med	Efici (%)	med	Efici (%)	
<b>pH</b>	7,18	0	7,18	0	7,22	0	7,38	0	7,55	0	<b>0</b>
<b>DBO</b>	91,7	52,4	72,8	61,1	57,3	8,39	73,7	1,67	52,6	4,01	<b>59,5</b>
	7	8		9	7		5		7		<b>2</b>
<b>Cond. Elétrica</b>	2500	20	110	12,5	837,	14,2	687,	0	550	12,7	<b>59,5</b>
			4		5	8	65			4	<b>2</b>
<b>Turvação</b>	498	50,2	332,	33,2	286,	13,9	266,	6,92	267,	0,67	<b>104,</b>
			5	3	12	4	3		5		<b>96</b>
<b>Temperatura</b>	24,5	0,58	24,6	3,96	26,1	5,84	25,3	3,06	24,9	5,32	<b>18,7</b>
	7				5		5		5		<b>6</b>
<b>TDS</b>	2893	42,1	197	31,7	1198	6,32	947,	0,79	797,	4,96	<b>85,9</b>
	,5	3	5	4			5		5		<b>4</b>
<b>OD</b>	7,05	34,8	5,5	30,6	12,3	0	11,5	6,46	12,7	6,44	<b>78,4</b>
		3		9	7		7				<b>2</b>
<b>Coliformes totais</b>	105	20,7	50,5	51,9	51,2	0,49	45	2,49	38	0	<b>75,6</b>
		5			5						<b>3</b>
<b>Nitrogênio</b>	47,5	2,06	28,7	39,4	15	2,6	7,75	50	0,77	0	<b>94,1</b>
			5	7							<b>3</b>
<b>Matéria orgânica</b>	80	11,1	28,7	16,0	11,8	6,33	6,55	7,53	2,96	55,3	<b>96,4</b>
		1	5	7	5					8	<b>2</b>
<b>Ferro total</b>	0,37	12,5	0,13	2	0,14	0	0,28	13,7	0,15	0	<b>28,2</b>
								9			<b>9</b>
<b>DQO</b>	153,	68,1	237,	66,2	185	3,15	160	8,1	147,	0,88	<b>146,</b>
	07	8	5	1					62		<b>52</b>
<b>Fosforo</b>	122,	20	50	25	20	5	7,2	3,5	1,51	5,45	<b>58,9</b>
	5										<b>5</b>

<b>Total</b>		<b>23,3</b>		<b>27,2</b>		<b>7,56</b>		<b>7,34</b>		<b>7,79</b>	<b>69,0</b>
		<b>7</b>		<b>3</b>							<b>6</b>

Fonte: Autor (2022)

DE OLIVEIRA (2011), construiu um sistema de tratamento de dejecto de suíno em grande escala na escola de veterinária e Zootecnia em Goiás, constituído por matérias recicláveis e o próprio solo para as lagoas de maturação, tendo resultados de eficiência média de DBO no intervalo de (76 a 96%), DQO no intervalo de (84 a 96%), Fosforo (49 a 91%) e o pH entre (7,03 a 8%).

A variação das medias em função das concentrações por unidade de tratamento no gráfico ilustra os valores decrescentes partindo da primeira unidade de tratamento até a última unidade, portanto o sistema foi eficiente de unidade para unidade conforme o decréscimo do gráfico, sem nenhuma alteração significativa os dados estão dentro do recomendado.

A figura 26 ilustra a variação de eficiências de DQO, DBO, N e P por unidade de tratamento

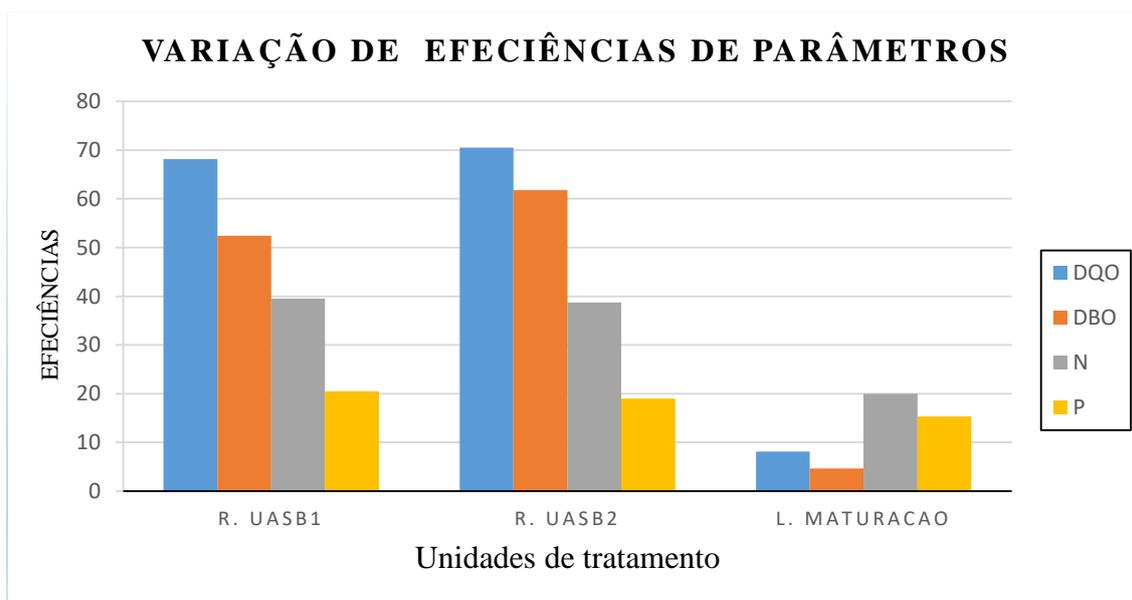


Figura 26: Variação das eficiências de DQO, DBO, N e P, por unidade de tratamento

Fonte: Autor (2022).

Em função das unidades de tratamento, nota-se a variabilidade dos parâmetros referenciados de acordo com a capacidade de remoção de cada unidade de tratamento, a DQO, DBO e N em função das unidades de tratamento foi mais eficaz na segunda unidade (reactor UASB2) e razoável na lagoa de maturação decrescendo os valores de DQO de 70% para 8%, DBO 61,8%

para 4,6% e Nitrogênio de 38,7% para 20% o decréscimo ocorreu na terceira unidade. Salientar que os parâmetros ilustrados apresentaram maior eficiência no reactor UASB2.

#### ❖ **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)**

A figura 26 ilustra variações das medias de contrações da DBO de acordo com as etapas de tratamento do dejecto de suíno, portanto teve uma variação brusca do primeiro mês para o segundo mês de estudo, porem esta variação está relacionado ao facto do sistema de tratamento ter iniciado o seu processo com uma carga baixa, no mês seguinte foi colocado no sistema de tratamento um dejecto com maior carga, que influenciou na alteração da eficiência de remoção da DBO.

Durante o tempo das análises, este parâmetro apresentou variações nas medias mensais, porem foi preciso passar o primeiro mês de estudo para começar-se a registar medias em nos reactores UASBs na remoção de DBO acima de (50%).

#### ❖ **Demanda química de oxigênio (DQO)**

Os resultados que estão ilustrados na figura 25, indicam que as medias da DQO foram eficientes em todas as etapas de tratamento no sistema, desta sendo apresentou um gráfico decrescente da DQO em relação as etapas de tratamento e de acordo com o tempo.

Este parâmetro no sistema apresentou medias de eficiência relevante ao longo do período em conformidade com as etapas de tratamento, tendo sido registrado a melhor redução do mesmo na segunda unidade (reactor UASB2) e a média mais baixa no último mês de estudo.

URBINATI *et al.*(2013), citado por SANTOS (2014), avaliando efeito do tempo de detenção hidráulica e a DBO no desempenho dos reactores UASB em dois estágios, no tratamento de água residuaria de suinocultura obteve as eficiências medias de remoção da DBO no primeiro reactor no intervalo de (66,3 a 88,8%) e no segundo reactor obteve uma média de (85 a 95,5%) e a eficiência total do sistema foi de 93,4%.

PEREIRA (2010), avaliando o desempenho de um reactor anaeróbico compartilhado seguido por um reactor UASB, no departamento de Zootecnia da UFLA, a eficiência total do sistema foi de 77,8%.

Referente aos estudos anteriores acima citado, usou-se material diferente e tempo de detenção hidráulica, tempo de estudo diferente, em alguns parâmetros houve concordância chegando a registar medias de eficiências no intervalo de 35,2 a 70%, e a eficiência geral do sistema foi de

70,8%. De referir que o estudo não foi operado com materiais similares a dos estudos referenciados e assim como as etapas e a periodicidade do estudo, eis a razão da discordância em medias de eficiências de alguns parâmetros analisados no estudo.

#### 4.5 Aplicação (reuso) do efluente tratado na agricultura

De acordo com o decreto N° 8.468/1976 e a resolução de CONAMA N° 357/2005, a qualidade do efluente tratado é de (classe 4), patente no anexo I, tendo tido os parâmetros admissíveis para várias actividades que visa o reuso do efluente de dejecto de suíno, referir que para o caso da finalidade deste estudo, a qualidade do efluente é aceitável para pratica de irrigação agrícola em forma de insumo orgânico, em suma a norma recomenda o uso deste efluente para sistemas gota-a-gota.

A tabela 15 ilustra as condições do dejecto tratado e o confronto dos dados com as condições padronizada pela norma CONAMA e norma Moçambicana para o reuso do dejecto de suinocultura na irrigação agrícola (fertirrigação) em forma de insumo orgânico.

Tabela 15: Avaliação do dejecto tratado de suíno visando o seu reuso na agricultura

Parâmetros	Medias	Norma: classe 4	Avaliação
pH	7,8275	6,0 a 9,0	Atende
DBO <sub>5</sub>	40,275	Inferior a 60	Atende
Cond. Elétrica	450	.....	Atende
Turvação	292,5	Superior a 10	Não Atende
Temperatura	27,05	Inferior a 40	Atende
TDS	532,5	.....	Atende
OD	12,9575	Superior a 2	Atende
Coliformes totais	38,875	.....	Atende
E. Coli	19,375	.....	Atende
Coliformes fecais	25,5	Inferior a 1000	Atende
Nitrogênio	0,525	Inferior a 5	Atende
Dureza Total	176,45	.....	Atende
Matéria orgânica	2,4	.....	Atende
Ferro total	0,15575	.....	Atende
DQO	136,25	Inferior a 150	Atende
Fosforo	0,75	Inferior a 5	Atende

Fonte: NBR13969/1997

❖ **Oxigênio dissolvido (OD)**

Em relação ao OD, demonstram que todos os valores deste parâmetro estão em consonância com o decreto N<sup>o</sup> 8.468/1976 para o reuso de efluente de dejectos de suíno na agricultura. Porém os valores de OD são superiores a 5 mg/l.

❖ **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Os valores da DBO verificados neste parâmetro mostrou que as medias de remoção de poluentes são inferiores a 60 mg/l, desta sendo o sistema de tratamento de efluente de suíno em consonância a este parâmetro foi eficiente, visto que coadunam com os limites estabelecidos pelo decreto N<sup>o</sup> 8.468/1976 para qualidade do efluente tratado.

❖ **Turvação**

O valor apresentado na tabela 15, sobre a concentração deste parâmetro não alcançou os padrões estabelecidos pelas normas, visto que a média de concentração do mesmo é muito alto, de referir que o sistema foi razoável na estabilização deste parâmetro, salientar que aplicação deste parâmetro na irrigação não tem causado problemas as culturas.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do sistema de tratamento de efluente de suinocultura operados em série e duplo estágio envolvendo reatores UASBs (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) e lagoas de maturação visando seu reuso na agricultura. A partir das análises feitas de qualidade do dejetos de suíno, das amostras coletadas em diferentes pontos de amostragem em que foi referenciado na metodologia do presente trabalho, concluiu-se que o sistema dimensionado apresentou resultados positivos e satisfatórios, no que diz respeito a sua operação teve um bom desempenho no tratamento de efluente, a remoção da DBO o sistema de tratamento apresentou uma eficiência de 60% nos reatores UASBs, e nas lagoas de maturação próximo a (22%). Em relação a remoção da DQO, o sistema apresentou uma eficiência de (68%) para reactor UASB 1 e (70%) de eficiência para o reactor UASB 2, tendo uma eficiência de 48,1% nos reatores UASBs no tratamento de todos os parâmetros, nas lagoas de maturação uma eficiência de 22,7% e a eficiência total do sistema foi de 70,8%.

Os parâmetros físico-químicos e biológicos do efluente tratado em cada unidade de duplo estágio e nas lagoas de maturação esteve dentro dos padrões estabelecidos pela NBR e Moçambicana que visam o reuso do mesmo na agricultura para a produção de hortaliças e cereais.

A qualidade do efluente de suíno final está dentro dos limites estabelecidos para o reuso, contudo o mesmo pode ser aplicado na agricultura em forma de insumo orgânico (ferti irrigação). De referir que o mesmo necessita de passar por um processo de filtração para a remoção das partículas suspensas presentes no mesmo com o intuito de reduzir o índice de turvação, porem esta redução ira evitar acumulo de sedimentos na zona radicular da planta assim como no tipo de sistema que será usado para fertirrigação.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a todos os investigadores que possam interessar-se por este estudo, visto que o mesmo é de enorme importância para todos e de grande fonte de conhecimento na área de saneamento fazendo o reuso do dejecto de suíno, salientar que cuidando do meio ambiente garantimos o nosso bem estar na sociedade.

Recomenda-se que antes do tratamento do dejecto de suíno, colectar-se o dejecto bruto e fazer as análises no laboratório, com o intuito de se verificar a quantidade da DBO e DQO para posterior fazer-se a relação entre os mesmos para determinar o tipo de tratamento a aplicar para o dejecto de suíno.

Recomenda-se um bom manejo do dejecto bruto antes de colectar para colocar no sistema de tratamento e uma boa monitoria do mesmo.

Recomenda-se que para a criação da população bacteriana no sistema para a estabilização da matéria orgânica, este processo tende levar (3) meses.

Ao fazer-se um estudo similar, no caso da existência das condições financeiras, recomenda-se que as análises das amostras seja realizada em mais de um laboratório

Recomenda-se a projecção de um sistema em escala maior, para o reuso do efluente tratado na agricultura em grandes áreas em forma de insumo orgânico.

Para que o estudo alcance resultados satisfatórios maiores que as do obtido, deve ser realizado no intervalo de tempo de (7) meses partindo de Agosto até fevereiro, para a observância do desenvolvimento do protótipo em temperaturas altas.

É necessário a higiene e segurança no trabalho de modo a garantir um bom manejo do dejecto bruto de suíno que por sua vez garante maior colecta do dejecto, contudo o usuário não irá correr o risco de contaminação podendo recolher com maior qualidade o dejecto no curral. Pois o bom manejo de dejecto de suíno influencia no bom tratamento (boa estabilização da matéria orgânica) e na boa produção do biogás.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AREZI A. (2020). *Tratamento de dejectos suínos visando ao reaproveitamento do efluente tratado, avaliação da produção de biogás e recuperação de nutrientes*, Lajeado.
2. ARANTES L.R. (2016). *Eficiência agrônômica e impacto ambiental de lodo de suinocultura como fertilizante*, Campinas.
3. ALGERI A. (2018). *Dejectos de aves e suínos no cultivo de hortaliça*, Palotina.
4. CHAVES J. R. (2015). *Tratamento de Efluente sanitários e Industrias*. Brasil.
5. CAVADA C. A. (2008). *Comparação de três metodologias para a quantificação de salmonela sp, em efluentes de sistemas de tratamento de dejetos*. Porto alegre.
6. CAMPOS A. T. (2018). *Sustentabilidade ambiental da suinocultura com manejo de dejectos em biodigestores-avaliação de parâmetros físico-químicos*.
7. DOS SANTOS LEANDRO D. (2014). *Tecnologias e sistemas de tratamento para os dejectos da suinocultura*. Brasil.
8. GUARIZ C. S. L. (2013). *Desempenho de reatores UASB em serie no tratamento de aguas residuais de atividades agropecuárias*.
9. GOSALVES R. F. (2012). *Soluções de tratamento de esgoto para pequenas comunidades loteamento*, Brasil.
10. HOLTZ A. M. (2010). *Avaliação de reservatórios de estabilização no polimento de efluente de sistema de tratamento de dejetos suínos visando o reuso na propriedade produtora*, Florianópolis.
11. LEITE P. F. A. F. (2019). *Tratamento de águas residuais da suinocultura em reatores anaeróbio com pós-tratamento aeróbio/anoxico*. Macelo
12. MATANGUE M. T. A (2011). *Comportamento hidrodinâmico e científico dos reatores anaerobioscompartmentados (rac) e manta de lodo (UASB) operado em série*. LAVRAS
13. MONTEIRO L. S. (2005). *Avaliação do desempenho dos dois sistemas em escala real para o manejo dos dejetos suínos: Lagoa armazenamento comparada com biodigestor seguido de lagoa de armazenamento*. Florianópolis.

14. MAZIVILA M. F. E. (2020). *Avaliação da eficiência de um sistema de tratamento de água residuais de suinocultura a escala laboratorial visando o seu reuso em piscicultura*. Gaza
15. MATAVELE A.S. (2021). *Desempenho de um sistema de tratamento de águas de esgoto sanitário composto por tanques sépticos, reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) e lagoas facultativas no primeiro bairro do Município de Chókwè*. Gaza.
16. MIGUEL E. J. (2019). *Avaliação do desempenho da vala I de drenagem agrícola usada para tratamento natural de esgoto sanitário " wetland natural" do 1º e 2º bairro do Município de Chókwè*. Gaza.
17. MORAES E. (2017). *Suinocultura e o Meio-ambiente*, Espanha
18. MAE. (2014). *Perfil do distrito do Chókwè província de Gaza*. Maputo
19. MARTINS F. N. (2012). *A utilização de mini-estacoes de tratamentode esgoto e residencia*. Brasil.
20. OLIVEIRA A. C. (2011). *Qualidade de agua na irrigação, ACSA- Agropecuária científica no Semiárido*
21. OLIVEIRA P. A. V. (2017). *Suinocultura e impacto o solo*, Brasil.
22. OLIVEIRA L. A. G. (2011). *Dejetos suínos: qualidade, utilização e o impacto ambiental*, Goiás.
23. PAULO (2012). *Eficiência de lagoas de polimento no pós-tratamento de reator UASB no tratamento de águas residuais de suinocultura*, Brasil.
24. PIRES G. S. P. (1999). *Tratamento de dejetos de suínos em meio anaeróbio e meio com aeração intermitente*, Florianópolis
25. RIBEIRO R. T. (2017). *Dimensionamento e análise de sistemas australianos visando sua aplicabilidade para reuso na irrigação*. Mossoró.
26. RIZZONI L. B. (2012). *Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos*. Brasil.
27. RODRIGUES L. D. S. (2008). *Concepção e avaliação de sistema de tratamento com reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) e lagoa de polimento para aguas residuais de suinocultura*, Belo horizonte
28. SILVA P. C. (2013). *Tratamento de dejetos sinos com biorreator UASB*, Brasil.

29. SANTOS L. D. (2014). *Tratamento e sistemas de tratamento para os dejetos de suinocultura*, Brasil.
30. SPERLING M. VON. (2006). *Introdução qualidade as aguas e ao tratamento de esgotos*, Departamento de Engenharia sanitária, Belo Horizote.
31. TEMO B. W. L. (2019). *Desempenho do sistema combinado tanque séptico mais sistema de alagados construídos de escoamento vertical (ts+sacv) na remoção de poluentes de esgoto sanitário*, Humalta.
32. 8.468. D. N. (1976). *Regulamento da lei nº 997, de 31 de Maio de 1976 que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente*. Brasil.
33. VELOSO A. V e TORRES A. (2018). *Sustentabilidade ambiental da suinocultura com manejo de dejetos em diodigestores - avaliacao de parametros fisico-quimicos*, Voçosa.

## 8 ANEXOS

### Anexo 1

Parametro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Temperatura	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40	Inferior a 40
pH	Entre 6 a 9	Entre 6 a 9	Entre 6 a 9	Entre 6 a 9
DBO <sub>5,20</sub> (mg/l)	Inferior a 20	Inferior a 30	Inferior a 50	Inferior a 60
DQO (mg/l)	Inferior a 50	Inferior a 75	Inferior a 125	Inferior a 150
Oxigênio dissolvido (mg/l)	Superior a 2	Superior a 2	Superior a 2	Inferior a 2
Sólidos sedimentáveis (mg/l)	Inferior a 0,1	Inferior a 0,1	Inferior a 0,1	Inferior a 0,1
SFN totais (mg/l)	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 50	Inferior a 60
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5	Inferior a 5
Nitrato-N (mg/l)	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20	Inferior a 20
Fosforo (mg/l)	Inferior a 1	Inferior a 1	Inferior a 2	Inferior a 5
Coliformes fecais (NMP/100ml)	Inferior a 1000	Inferior a 1000	Inferior a 500	Inferior a 1000
Oleio e graxas (mg/l)	Inferior a 30	Inferior a 30	Inferior a 10	Inferior a 50

Fonte: NBR 13969/1997

Parametros	Limite Maximo Admissivel
pH	6 a 9
DQO (mg/L)	50
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	150
Soldos Suspensos toais (SST) (mg/L)	50
Oleos e graxas (mg/L)	10
Azoto total (mg/L)	10
Coliformes (numero/100ml)	400
Arsenio (mg/L)	0,1
Cromo (mg/L)	0,5
Cobre (mg/L)	0,5

Zinco (mg/L)	<1
--------------	----

Fonte: Decreto nº 18/2004

## Anexo 2

Nº	Quantidade	Material	Descrição
1	6m	Tubo de PVC	Ø 110 mm
2	6	Torneiras plásticas	1"
3	7	Válvulas de Retenção	1"
4	14	Tapoões	Ø 110 mm
5	2	Redutores	$(3/4)" \times (1/2)"$
6	2	Cola de Silicone	400 mL
7	1m	Tubos	Ø 10 mm
8	1	Balde	80 L
9	5	Cola PVC	500 mL
10	1	Fita Métrica	3 m
11	5	Curvas conectores	15 mm
12	1	Fita Adesiva	10 mm
13	1	Esferográficas	-
14	1	Bloco de Notas	-
15	4	Massa de ferro	-



Afigura 27: Material usado.

Fonte: Autor (2022).

**Anexo 3****DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE DEJETO DE SUÍNO****1. Decantador**

Dados	Equação	Resolução
$Q = 0,2mL/s$	$TDH = \frac{V}{Q}$	Volume
		$V = 12 \times 3600 \times 0.2$
$TDH = 12h$	$V = TDH \times Q$	$V = 8640mL$
$V = ?$	$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$	$V = \frac{8640}{1000}$
$A = ?$	$h = \frac{V}{A}$	$V = 8,64L$
$h = ?$		$V = \frac{8.64L}{1000}$
$D = 110mm$		$V = 0.086m^3$
$D = \frac{110}{1000}$		Área
		$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$
$D = 0,11m$		$A = \frac{\pi \times (0.11)^2}{4}$
$1m = 100cm$		$A = 0,0095m^2$
		Altura
		$h = \frac{0.086m^3}{0.0095m^2}$
		$h = 0,91m$
		$h = 0,91 \times 100 = 91cm \approx 1m$

Onde:

$Q$  = caudal

$TDH$  = tempo de detenção hidráulica

A = área

V = volume

H = altura

D = diâmetro

## 2. Tanque de Acidificação e Equalização (TAE)

Dados	Equação	Resolução
$Q = 0,1mL/s$	$TDH = \frac{V}{Q}$	Volume
$TDH = 48h$	$V = TDH \times Q$	$V = 48 \times 3600 \times 0.1$
$V=?$	$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$	$V = 8640mL$
$A=?$	$h = \frac{V}{A}$	$V = \frac{8640}{1000}$
$H=?$		$V = 8,64L$
$D = 110mm$		$V = \frac{8,64}{1000}$
$D = \frac{110}{1000}$		$V = 0,0086m^3$
$D = 0,11m$		Área
$1m = 100cm$		$A = \frac{\pi \times (0,11)^2}{4}$
		$A = 0,0095m^2$
		Altura
		$h = \frac{0,00864}{0,0095}$
		$h = 0,91m \times 100 = 91cm \approx 1m$

Onde:

Q = caudal

TDH = tempo de detenção hidráulica

V = volume

A = área

H = altura

D = diâmetro

### 3.Reatores UASBs (1 e 2)

Dados	Equação	Resolução
TDH = 12h	$TDH = \frac{V}{Q}$	Volume
Q = 0,2mL/s	$V = TDH \times Q$	$V = 12 \times 3600 \times 0,2$
V = ?	$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$	V = 5760mL $V = \frac{5760}{1000} = \frac{5,76L}{1000} = 0,00576m^3$
A = ?	$h = \frac{V}{A}$	Área $A = \frac{\pi \times (0,11)^2}{4} = 0,0095m^2$
H = ?		Altura $h = \frac{0,00576}{0,0095} = 0,61m \times 100 = 61cm \approx 1m$

D = 110mm

$$D = \frac{110}{1000}$$

D = 0,11m

1m = 100cm

Onde:

Q = caudal

TDH = tempo de detenção hidráulica

V = volume

H = altura

A = área

D = diâmetro

**NB:**

Para cada reator o dejetos ficava 12h, totalizando um dia de tratamento

#### 4. Lagoas de Maturação (3 lagoas)

Dados	Equações	Resolução
TDH = 3 dias	$TDH = \frac{V}{Q}$	Área
C = 40 cm	$V = TDH \times Q$	$A = 10 \times 40 = 400 \text{ cm}^2$
h = 10cm	$A = C \times h$	Volume $H = \frac{V}{A}$ $V = h \times A$
Q = ?	$H = \frac{V}{A}$	$V = 10 \times 400 = 4000 \text{ cm}^3$
V = ?		Caudal $TDH = \frac{V}{Q}$
A = ?		$Q = \frac{V}{TDH}$
		$Q = \frac{4000}{24 \times 3600} = \frac{0.05}{1000} = 0,00005 \text{ L/s}$

Onde:

A = área

H = altura

V = volume

TDH = tempo de detenção hidráulica

Q = caudal

**NB:**

Para cada reator lagoa de maturação o dejetos ficava 1 dia, totalizando 3 dias de tratamento do dejetos que era feito por lagoas.

### Calculo da eficiência do sistema de tratamento de dejetos de suíno

**Dados**

**Equações**

Ef. R. UASB 1 = 23,37%

$$Ef = \frac{Ca - Co}{Ca} \times 100$$

Ef. R. UASB 2 = 24,73%

$$Ef. \text{ total} = Ef. \text{ R. UASB1} + Ef. \text{ R. UASB 2} + Ef. \text{ L. matura 1} + Ef. \text{ L. matura 2} + Ef. \text{ L. matura 3}$$

Ef. L. Maturação 1 = 7,57%

Ef. L. Maturação 2 = 7,34%

Ef.L. Maturação 3 = 7,79%

**Resolução**

**Ef. Total =?**

$$Ef. \text{ Total} = (23,37 + 24,73 + 7,57 + 7,34 + 7,79) \%$$

$$Ef. \text{ Total} = 70,8\%$$

**Onde:**

Ef. R. UASB 1 = Eficiência do reactor UASB1;

Ef. R. UASB2 = Eficiência do reactor UASB2;

Ef. L. Matura1 = Eficiência da lagoa de maturação 1;

Ef. L. Matura2 = Eficiência de lagoa de maturação 2;

Ef. L. Matura<sup>3</sup> = Eficiência de lagoa de maturação 3;

Co = Concentração inicial do dejecto de suíno (mg/L);

Ca = Concentração final do dejecto de suíno (mg/L);

Ef = Eficiência do sistema de tratamento de dejecto de suíno (%).