



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

MONOGRAFIA CIENTÍFICA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS TANQUES SÉPTICOS DE UM SISTEMA
ANAERÓBIO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SUINOCULTURA DO ISPG**

Monografia apresentada e defendida como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural

Autor: António Carlos Nhanala

Tutor: Mário Tauzene Afonso Matangue (PhD)

Co-Tutor: Eng^o. Algardás Damião Mabunda

Lionde, Abril de 2024

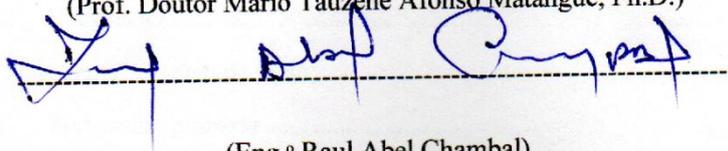


INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

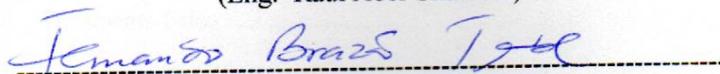
Monografia de investigação científica sobre avaliação do desempenho dos tanques sépticos de um sistema anaeróbico de tratamento de efluentes de suinocultura, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.



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



(Eng.º Raul Abel Chambal)



(Eng.º Fernando Brazão Tembe, MEngSc.)

Lionde, Abril de 2024

ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABELAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	ii
Declaração.....	iii
DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo geral.....	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Problema de estudo	2
1.3. Questão de estudo.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Esgoto de suinocultura	4
2.2. Tanque séptico.....	5
2.2.1. Funcionamento.....	5
2.2.2. Construção	6
2.3. Tratamento de dejetos de suíno	7
2.3.1. Tratamento primário	7
2.3.2. Tratamento físico	7
2.3.3. Tratamento biológico	7
2.3.4. Tratamento terciário.....	8
2.4. Digestão anaeróbia.....	8
2.5. Nutrientes	9
2.6. Parâmetros físicos, químicos e biológicos do efluente	9

2.6.1.	Parâmetros físicos	10
2.6.2.	Parâmetros químicos	11
2.6.3.	Parâmetros biológicos	13
2.7.	Eficiência.....	14
3.	METODOLOGIA.....	15
3.1.	Descrição da área de estudo	15
3.1.1.	Localização da área de estudo.....	15
3.1.2.	Clima.....	15
3.2.	Descrição de sistema de tratamento	16
3.3.	Dimensionamento do sistema de tanques sépticos.....	17
3.4.	Construção do sistema de tanques sépticos.....	18
3.5.	Start-up do sistema	18
3.6.	Tratamento de efluentes	19
3.6.1.	Determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos	19
3.6.1.1.	Procedimentos de amostragem.....	19
3.6.1.2.	Descrição dos pontos de coleta das amostras.....	21
3.7.	Avaliação da eficiência do sistema de tratamento de dejetos de suíno	22
4.	RESULTADOS.....	23
4.1.	Construção do sistema de tanques sépticos.....	23
4.2.	Parâmetros físico, químico e biológico de dejetos brutos	25
4.3.	Avaliação da eficiência do sistema	26
4.3.1.	pH.....	27
4.3.2.	DBO5 e DBO	27
4.3.3.	Biodegradabilidade do afluente	29
4.3.4.	Coliformes fecais e <i>E. coli</i>	29
4.3.5.	Temperatura	30
4.3.6.	Nutrientes.....	31

4.4.	Qualidade do efluente tratado sob ponto de vista de reuso na agricultura.....	31
5.	DISCUSSÃO	32
5.1.	Dimensionamento do sistema.....	32
5.2.	Parâmetros físicos químicos e biológicos do afluente	32
5.3.	Eficiência do sistema.....	32
5.3.1.	pH.....	32
5.3.2.	DBO5 e DBO	33
5.3.3.	Biodegradabilidade do efluente	33
5.3.4.	Coliformes fecais e <i>E.coli</i>	33
5.3.5.	Temperatura	34
5.3.6.	Nutrientes.....	34
5.4.	Qualidade do efluente sob ponto de vista de reuso na agricultura	34
6.	CONCLUSÃO	35
7.	RECOMENDAÇÕES	36
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
9.	APÊNDICES.....	41
10.	ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Riscos de lançamento de dejetos de suíno.....	4
Tabela 2: Eficiência dos tanques sépticos.....	14
Tabela 3: Material usado na concepção do sistema de tanques sépticos	17
Tabela 4: Caracterização do sistema de tratamento de dejetos de suíno	20
Tabela 5: Dados geométricos do sistema.....	23
Tabela 6: Caracterização de dejetos brutos de suíno	25
Tabela 7: Eficiência do sistema	26
Tabela 8: Valores de DBO e DQO do afluente e efluente do sistema.....	29
Tabela 9: Caracterização do efluente tratado em comparação com os padrões estabelecidos pelo CONAMA e norma Moçambicana.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tanque séptico.....	5
Figura 2: Funcionamento de um tanque séptico	6
Figura 3: Processos metabólicos da digestão anaeróbia	9
Figura 4: Localização da área de estudo	15
Figura 5: Layout de sistema de tratamento de efluente de suinocultura do ISPG.....	16
Figura 6: Vista geral do sistema de tanques sépticos.....	18
Figura 7: ponto de coleta de dejetos brutos.....	21
Figura 8: Ponto de coleta de água tratada	22
Figura 9: Esquematização do projeto do sistema em corte longitudinal	24
Figura 10: Variação do pH versus data de coleta.....	27
Figura 11: Variação de DBO versus data de coleta	28
Figura 12: Variação de DBQ versus data de coleta	28
Figura 13: Variação de Coliformes fecais versus data de coleta	29
Figura 14: Variação de E.coli versus data de coleta	30
Figura 15: Variação da temperatura versus data de coleta	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- **ARS** - Águas residuárias de suínos
- **APHA** - American Public Health Association
- **Ca** - Cálcio
- **C** - Carbono
- **CF**- Coliformes Fecais
- **CT** -Coliformes Totais
- °C - Unidade da temperatura em Graus celsius;
- **DBO** - Demanda Bioquímica de Oxigênio
- **DQO** - Demanda Química de Oxigênio
- **F** - Ferro
- **ISPG** - Instituto Superior Politécnico de Gaza
- **LPHAA** - Laboratório Provincial de Higiene de Águas e Alimentos
- **Mg** - Magnésio
- **MO** - Matéria Orgânica
- **N** - Nitrogénio
- **NBR** - Norma Técnica Brasileira
- **OD** - Oxigênio Dissolvido
- %- Percentagem
- **P** - Fósforo
- **K** - Potássio
- **PVC** - Policloreto de vinila
- **Ph** - potencial hidrogeniónico
- **S** - Enxofre
- **TDH**- Tempo de detenção hidráulica
- **UASB**- Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reactor anaeróbico de fluxo ascendente);
- **SS** - Sólidos Suspensos
- **SST** - Sólidos Suspensos Totais



Declaração

Declaro por minha honra que esta monografia de Trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, 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, 03 de Mai de 2024
António Carlos Nhanala
(António Carlos Nhanala)

DEDICATÓRIA

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível” (Charles Chaplin).

Com esta escritura dedico essa conquista aos que não mediram esforços na contribuição da minha formação académica, especialmente o meu pai, minha falecida mãe e meus irmãos que confiaram em mim durante os 5 anos de formação.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder toda força, perseverança, disposição, sabedoria ao longo do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural. Agradeço pelo dom da vida e por toda oportunidade de aprendizagem e crescimento;

Aos meus pais, Carlos Bernardo Nhanala e Carlota António Cumbana, por estar do meu lado nos momentos fáceis e difíceis da minha formação académica;

Aos meus irmãos, Júlia Carlos Nhanala, Larício Carlos Nhanala, Benildo Carlos Nhanala, Carlos Bernardo Nhanala, Damião Carlos Nhanala e Manuel Carlos Nhanala, pelo carinho, cumplicidade e apoio, mesmo que haja distancia;

À ISPG, pela oportunidade de bolsa;

Ao Professor Doutor Mário Tauzene Afonso Matangue, pela confiança que em mim depositou durante o período de TCC, pela orientação na pesquisa, pela maneira clara de transmitir o conhecimento e opiniões sempre precisas e enriquecedoras, pela admirável seriedade e empenho para com a formação dos alunos de Engenharia Hidráulica Agrícola Água Rural;

Ao Engenheiro Algardás Damião Mabunda, pela orientação, auxílio na concepção do sistema em forma de bancada;

Aos docentes do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, pelo ensinamento transmitido capaz de me tornar um Hidráulico prático;

Aos técnicos do Laboratório Provincial de Higiene de Águas e Alimentos, pela disposição, estímulo e ajuda sempre presentes durante a realização deste trabalho. A vocês o meu muito obrigado.

À minha namorada, Júlia Dique, pelo apoio, incentivo, compreensão nos momentos indisponíveis;

Aos meus amigos de licenciatura, destacando (Valter Cavela, Sancho Owen e Pacheco Tivane), por toda convivência e amizade;

Aos colegas do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, especialmente aos de opcional de abastecimento de água, pelo companheirismo, convivência e troca de ideias durante a formação académica;

À todos que direta ou indiretamente deram o seu contributo durante todo curso.

RESUMO

O descarte de dejetos de suíno no solo tem sido uma preocupação devido a sua capacidade poluidora ao meio ambiente que quando dispostos inadequadamente provocam impactos nos recursos hídricos, no solo e no ar, além de promoverem riscos à saúde humana. O tratamento desse tipo de dejetos é um desafio devido a sua complexibilidade na carga orgânica. Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho dos tanques sépticos de um sistema anaeróbico de tratamento de efluentes de suinocultura dispostos em série e instalados em três estágios em escala piloto. O sistema de tratamento foi instalado no Instituto Superior Politécnico de Gaza, no departamento de Zootecnia, foi monitorado durante 5 meses, sendo que os primeiros dois meses foram de start-up do sistema, e os restantes meses foram de coleta das amostras e análises no laboratório da cidade de Xai-Xai na província de Gaza. Os dados foram analisados e processados usando folha de Excel. Para a caracterização do afluente foram usados os seguintes parâmetros físico-químicos e biológicos pH, Sólidos totais dissolvidos (STD), Condutividade elétrica (CE), Temperatura (C°), Cloretos, Matéria orgânica, Oxigênio dissolvido (OD), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), Demanda química de oxigênio (DQO), Nitrogênio (N), Amônia (NH₃), Fósforo (P), Ferro (Fe), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Coliformes totais, Coliformes fecais, *E. coli*, cor e Turbidez, os mesmos foram determinados para o efluente tratado e analisados para fins agrícolas de acordo com decreto Brasileiro nº 8.468/1976 e Moçambicano 18/2004. Os parâmetros expressos em eficiência foram os seguintes: DBO₅ (5.20%), DQO (2.82%), OD (7.05%), Turbidez (10.91%), TDS (13.05%), Coliformes fecais (73.63%), *E. coli* (100%). Referir que a unidade não mostrou viabilidade na remoção de poluentes (DBO₅ e DQO), tendo apresentado resultados baixos quando comparado com os sugeridos por outros autores e foi eficaz na remoção de Coliformes fecais e *E. coli*, quando comparado com outros autores na remoção de microrganismo. Os mesmos respondem o estabelecido pelo decreto Brasileiro nº 8.468/1976 e pela resolução nº357 do CONAMA para o reuso agrícola. Conclui-se que o sistema de tanques sépticos por si só não é uma tecnologia eficaz para tratamento de dejetos de suinocultura, sendo necessário tratamento secundário.

Palavras-chaves: Dejetos de suíno, tanques sépticos, eficiência.

ABSTRACT

The disposal of pig waste into the soil has been a concern due to its pollutant capacity to the environment which, when inadequately disposed of, impacts on the water, soil and air resources, as well as promoting risks to human health. Treatment of this type of waste is a challenge due to its complexity in organic load. Against this background, the present study aimed to evaluate the performance of the septic tanks of an anaerobic system for treating pig effluent arranged in series and installed in three stages on a pilot scale. The treatment system was installed at the Gaza Polytechnic Higher Institute in the department of Zootechnics, was monitored for 5 months, the first two months of which were system start-ups, and the remaining months were sampling and analysis at the Xai-Xai city laboratory in Gaza Province. The data was analyzed and processed using Excel sheet. For the characterization of the tributary the following physico-chemical and biological parameters were used pH, Total dissolved solids (STD), Electrical conductivity (CE), Temperature (C°), Chlorides, Organic matter, Dissolved oxygen (OD), Biochemical Oxygen Demand (DBO₅), Chemical Oxygen Demand (DQO), Nitrogen (N), Ammonia (NH₃), Phosphorus (P), Fero (Fe), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Total coliforms, faecal coliforms, E. coli, color and Turbidity, were determined for treated effluent and analyzed for agricultural purposes according to Brazilian decree n° 8.468/1976 and Mozambican 18/2004. The parameters expressed in efficiency were: DBO₅ (5.20%), DQO (2.82%), OD (7.05%), Turbidity (10.91%), TDS (13.05%), Fecal coliforms (73.63%), E. coli (100%). It should be noted that the unit showed no feasibility in the removal of pollutants (DBO₅ and OD), had low results compared to those suggested by other authors and was effective in the removal of faecal coliforms and E. coli, when compared with other authors in the removal of microorganism. The same answer the established by the Brazilian decree n° 8.468/1976 and the n°357 resolution of CONAMA for agricultural reuse. It is concluded that the septic tank system alone is not an effective technology for treating pig culture and secondary treatment is necessary.

Keywords: Pig waste, septic tanks, efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura tem causado grandes problemas ambientais em algumas zonas rurais ou urbanas, conduzido pela grande concentração de matéria orgânica e nutrientes dos seus dejetos que, quando não são corretamente manejados e tratados, podem provocar impactos negativos em relação à biota do solo e da água. O conhecimento de que a apropriação dos resíduos resultantes da produção agropecuária é fundamental para a saúde pública e para o combate à poluição (Pereira *et al.*, 2009).

O efluente da suinocultura contém altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, bem como microorganismos e nitrogênio (N) mais eficazes. Portanto, é fundamental que esses materiais não sejam descartados diretamente nos corpos d'água sem qualquer tratamento antes de serem descartados. O descarte incontrolável de águas residuárias da suinocultura (ARS) pode causar eutrofização, condições anaeróbicas e morte de animais aquáticos, entre outros problemas (Casalechi *et al.*, 2021). Assim, estudos, desenvolvimentos e adaptações de tecnologias de tratamento de efluentes viáveis são urgentemente necessários. A descarga de esgotos em um corpo receptor não deve exceder sua capacidade de autodepuração para evitar sua destruição ou eutrofização. Além disso, deve-se reduzir o número de organismos patogênicos introduzidos no corpo receptor para evitar a propagação de doenças (Colar e Sandri, 2013).

Segundo Temo (2019), embora existam vários sistemas de tratamento de efluentes conhecidos, as estações de tratamento nem sempre são economicamente viáveis. Em muitos países em desenvolvimento, a escolha do sistema de tratamento de efluentes é vista como um ponto crítico dos custos de instalação e operação. Portanto, novos sistemas precisam ser pesquisados e implementados para tecnologias que possam relacionar benéficamente custos/benefícios sociais e ambientais.

Uma nova opção para a valorização da biomassa, a digestão anaeróbia tem atraído atenção para questões atuais como a demanda por energia renovável, a redução da poluição do meio ambiente e a legislação sobre o tratamento de resíduos orgânicos. A digestão anaeróbia é, portanto, uma opção atraente para o tratamento de águas residuárias da suinocultura (Silva, 2015).

Devido à sua importância para contribuir com o saneamento em áreas rurais ou suburbanas, bem como à sua facilidade de implementação e operação, o sistema de tanque séptico parece ser uma abordagem promissora (Cardoso *et al.*, 2022).

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

Desta forma, este estudo baseia-se na avaliação do desempenho dos tanques sépticos do sistema de tratamento de efluentes de suinocultura composto por reatores UASB, filtro de areia e lagoas de polimento.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

➤ Avaliar o desempenho do sistema de tanques sépticos no processo de tratamento de efluentes de suinocultura.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar os parâmetros físicos, químicos e biológicos do afluente e efluente dos tanques sépticos;
- Determinar a qualidade de água do efluente sob ponto de vista de reuso na agricultura;
- Determinar a eficiência dos tanques sépticos no tratamento de efluentes de suinocultura.

1.2. Problema de estudo

O descarte de dejetos de suíno no solo ou armazenamento em lagoas sem revestimento impermeabilizantes durante vários anos, poderá ocorrer sobrecarga da capacidade de infiltração e retenção dos nutrientes do esgoto, causando a salinização do solo, contaminação da água subterrânea, água superficial (Oliveira e Cossi, 1993). Para além dos problemas, é importante buscar sistemas economicamente viáveis e de fácil operação que possam a garantir o reuso na agricultura.

O conceito de tanque séptico consiste em uma estrutura hidráulica com propósito de gerar compostos intermediários e facilitar a estabilização da matéria orgânica carbonácea gerando entre outros produtos o dióxido de carbono e metano. Apesar do uso no processo de tratamento de efluentes domésticos em Moçambique seja uma realidade em zonas suburbanas, já o seu desempenho no tratamento de efluentes de suinocultura ainda é desconhecido, havendo, no entanto, necessidade de dar atenção estudos que possam realmente produzir resultados sólidos sobre o processo de tratamento dos efluentes nestas unidades. E como complemento ao exposto, cabe ainda a afirmar que processos intermediários relativos a biodegradação do efluente suinícola nessas unidades que constituem por sinal a maior fonte de explanação do processo anaeróbio também é desconhecida. Neste contexto, o desenvolvimento desse estudo poderá produzir informação

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

científica credível que poderá melhor orientar a concepção de mais diferenciadas variantes de sistemas de tratamento de esgoto, particularmente de efluentes de suinocultura.

1.3. Questão de estudo

A digestão anaeróbica é uma etapa muito crucial no tratamento de efluentes de suinocultura, desta forma, nos leva a um questionamento, será que os tanques sépticos do sistema de tratamento de efluentes de suinocultura possuem um bom desempenho ao tratamento de efluentes de suinocultura?

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Esgoto de suinocultura

Arezi (2020) afirma que, o dejetos de suíno é a mistura de fezes, urina, ração e água produzida pelos suínos. O sexo do animal, a idade e os componentes de ração são algumas das variáveis que influenciam a composição desse tipo de efluente. O nitrogênio (N) e o fósforo (P) são os nutrientes mais abundantes encontrados no dejetos suíno. Além disso, potássio, cobre, zinco, cálcio, magnésio e uma alta carga de microrganismos patogênicos ainda podem ser encontrados.

A maioria dos impactos ambientais causados pela produção pecuária é local, regional ou de outro tipo, como a descarga de dejetos de suínos em um rio. No entanto, o dejetos de várias esterqueiras em um único rio pode causar efeitos nacionais e globais (Hack *et al.*, 2011). A tabela 1 ilustra os riscos de lançamento de dejetos de suíno no meio ambiente.

Tabela 1: Riscos de lançamento de dejetos de suíno

Produção de suínos		
Recursos	Riscos	Fatores 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 de 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_2 , CH_4 e N_2O ;	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: Adaptado de Holtz (2010).

2.2. Tanque séptico

Os tanques sépticos são instalados para receber o esgoto de uma ou mais residências e armazená-lo por um período de tempo. O objetivo é separar os sólidos e remover os óleos e graxas dos esgotos, transformando-os bioquimicamente em materiais mais duradouros (Borges, 2009). Também pode ser chamado de reatores biológicos anaeróbios, onde microrganismos participam de reações químicas que reduzem a matéria orgânica. O esgoto desses tanques é tratado em um ambiente anaeróbico, resultando na formação de biomassa anaeróbia e biogás, que é principalmente composto de metano e gás carbônico. Sua função principal é manter os despejos domésticos e/ou industriais por um período de tempo específico, permitindo a sedimentação dos sólidos, a decomposição do material orgânico e a retenção do material graxo (Ávila, 2005). A figura abaixo ilustra a estrutura de um tanque séptico

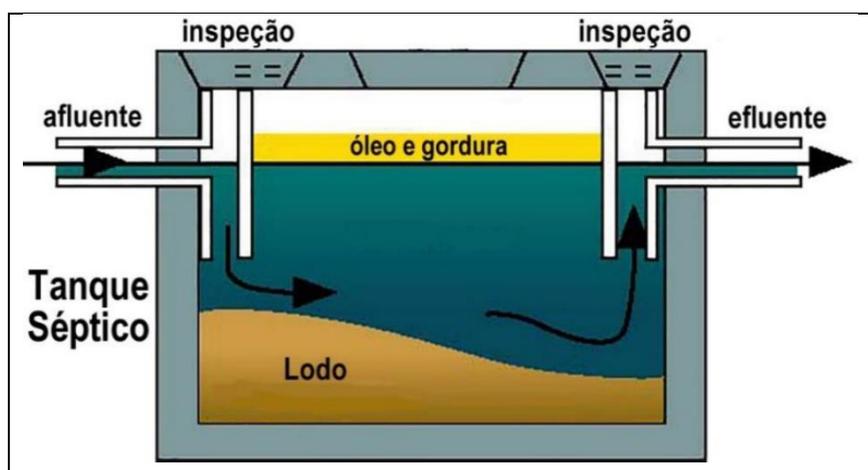


Figura 1: Tanque séptico

Fonte: Temo (2019).

A fossa séptica é uma alternativa viável para o tratamento primário de águas residuárias de cozinhas, lavatórios, vasos sanitários, lavandarias, banheiros e propriedades rurais que não são atendidas por redes de coleta pública de esgotos. Essas instalações também precisam de um sistema local de tratamento de esgotos eficaz para readequar os parâmetros físico-químicos e biológicos dos efluentes (Felix, 2020).

2.2.1. Funcionamento

As fases de funcionamento dos tanques sépticos podem ser divididas da seguinte forma de acordo com a NBR 72229/1993:

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

Retenção do esgoto: neste estágio, dependendo do volume de contribuição afluente, o esgoto é retido no tanque por cerca de doze a vinte e quatro horas.

Decantação do esgoto: nesta etapa, 60% a 70% dos sólidos sedimentam e formam lodo.

Digestão anaeróbia do lodo: nesta fase, as bactérias anaeróbias processam o lodo, decompondo completamente ou parcialmente a matéria orgânica.

Redução do volume do lodo: a etapa anterior resulta na digestão anaeróbia, que produz gases e líquidos, bem como uma redução significativa no volume dos sólidos retidos e digeridos. A figura abaixo mostra o funcionamento de um tanque séptico.

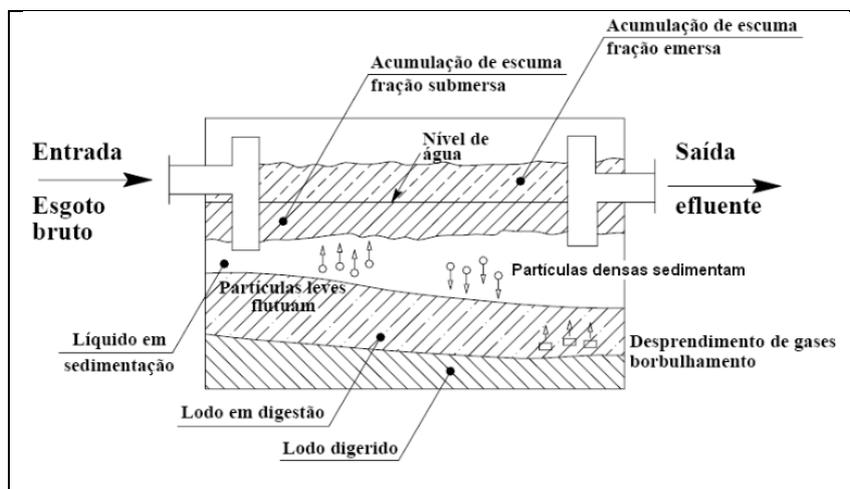


Figura 2: Funcionamento de um tanque séptico

Fonte: Borges (2009).

2.2.2. Construção

Os tanques sépticos podem ser retangulares, cilíndricos ou prismáticos e podem ter câmaras únicas, em série ou sobrepostas. Todos os fenômenos ocorrem em um único compartimento em tanques sépticos com uma única câmara. Nas câmaras em série, a primeira câmara favorece a digestão e a segunda câmara favorece a sedimentação. Nas câmaras sobrepostas, a câmara superior favorece apenas a sedimentação de sólidos e a câmara inferior acumula resíduos e serve como digestor. Deve ser fechado, ter tubos de ventilação e realizar inspeções para retirar e manter o lodo (Borges, 2009).

O sistema de tanques sépticos em três estágios deve ser construído por gravidade. Em outras palavras, o primeiro tanque deve estar em nível superior ao segundo, e este deve estar superior ao terceiro. A declividade máxima a ser considerada é de 5% e os materiais de construção podem ser alvenaria, PVC ou outros (Cardoso *et al.*, 2022).

2.3. Tratamento de dejetos de suíno

2.3.1. Tratamento primário

Rossetto (2014) afirma que, durante esta fase de tratamento, os esgotos ainda contêm sólidos em suspensão de porte pequeno. Esses sólidos podem ser removidos por meio de unidades de sedimentação, o que reduz a quantidade de matéria orgânica presente no efluente. Os decantadores são mecanismos físicos que removem sólidos flutuantes e sedimentáveis. Os esgotos fluem lentamente pelos decantadores, ao fazê-lo, os sólidos em suspensão de maior densidade podem sedimentar lentamente no fundo, formando o lodo primário bruto. Os materiais flutuantes de menor densidade, como graxas e óleos, são removidos da superfície. O objetivo é reduzir os sólidos em suspensão por meio de estruturas de alvenaria com um tempo de detenção maior do que o dos tratamentos iniciais ou do uso de precipitantes químicos. A degradação anaeróbia do material orgânico em suspensão pode ocorrer nesta etapa, o que facilita o tratamento secundário.

2.3.2. Tratamento físico

O processo de separação de fases (sólida ou líquida) de dejetos animais, como suínos e bovinos de leite, pode ser realizado com sucesso por sistemas físicos. O dejetos é geralmente constituído por altas concentrações de partículas sólidas, que devem ser separadas da fração líquida. Esse processo aumenta a sobrevivência dos sistemas de tratamento (por exemplo, assoreamento de biodigestores) e ajuda a reduzir a sobrecarga do tratamento em geral, evitando a deposição de sólidos em lagoas e tanques (Kunz e Fongaro, 2019).

2.3.3. Tratamento biológico

Como o próprio nome sugere, o tratamento biológico de esgotos é totalmente realizado por mecanismos biológicos. De certa forma, esses processos biológicos imitam os processos naturais que ocorrem em corpos de água após o lançamento de despejos. O fenômeno da autodepuração ocorre no corpo d'água quando os mecanismos puramente naturais transformam a matéria orgânica em produtos mineralizados inertes. Em uma estação de tratamento de esgotos, os mesmos eventos fundamentais ocorrem, mas com tecnologia ao mesmo tempo (Silva, 2018).

Como os valores DQO e DBO_5 mostram a quantidade total de matéria orgânica e a porcentagem de matéria orgânica biodegradável mais acessível aos microrganismos, são essenciais para caracterizar o dejetos suíno. A relação DQO/DBO_5 também é um fator

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

importante na escolha do método de tratamento; para efluentes com relações DQO/ DBO_5 entre 1 e 3, o tratamento biológico é eficaz. Os valores iniciais de DQO e DBO_5 , bem como a relação entre eles (Arezi, 2020).

2.3.4. Tratamento terciário

Os objetivos do tratamento terciário são a remoção de organismos patogênicos, nutrientes e, ou complementar a remoção de outros poluentes não removidos nos processos anteriores. No tratamento de efluentes de suinocultura essa etapa objetiva a remoção de nutrientes (fósforo e nitrogênio), podendo ser realizada por lagoas de aguapés de acordo com (Dartora, Perdomo e Tumelero, 1998), lagoas de lemnáceas (Tavares *et al.*, 2008), lagoas de maturação (Araujo *et al.*, 2012), ou precipitação química (Weaver e Ritchie, 1994; Kunz, Miele e Steinmetz, 2009) citados por (Silva, 2022).

2.4. Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia é um método intrigante para tratar o dejetos de suíno. Para estabilizar o efluente, os microrganismos degradam a matéria orgânica e produzem o biogás, um subproduto que pode ser reutilizado como energia renovável no local. Ao mesmo tempo, o efluente estabilizado é usado como biofertilizante. Normalmente, o digestato produzido pelo processo de digestão anaeróbia do dejetos suíno é rico em nutrientes como Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), que são nutrientes necessários para o crescimento de plantas e culturas agrícolas. Essas quantidades de nutrientes são determinadas pela demanda do solo. O alto teor de N, P e K no efluente do biodigestor pode inviabilizar sua distribuição no solo. Para estes casos, os tratamentos visam remover N e P, evitando que o solo ou a água sejam contaminados (Arezi, 2020). A temperatura, o pH e a condição nutricional do dejetos são os principais fatores que influenciam a sobrevivência dos microrganismos anaeróbios no processo de biodigestão anaeróbia (Kunz e Fongaro, 2019). A Figura 3 ilustra os processos metabólicos da digestão anaeróbia

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

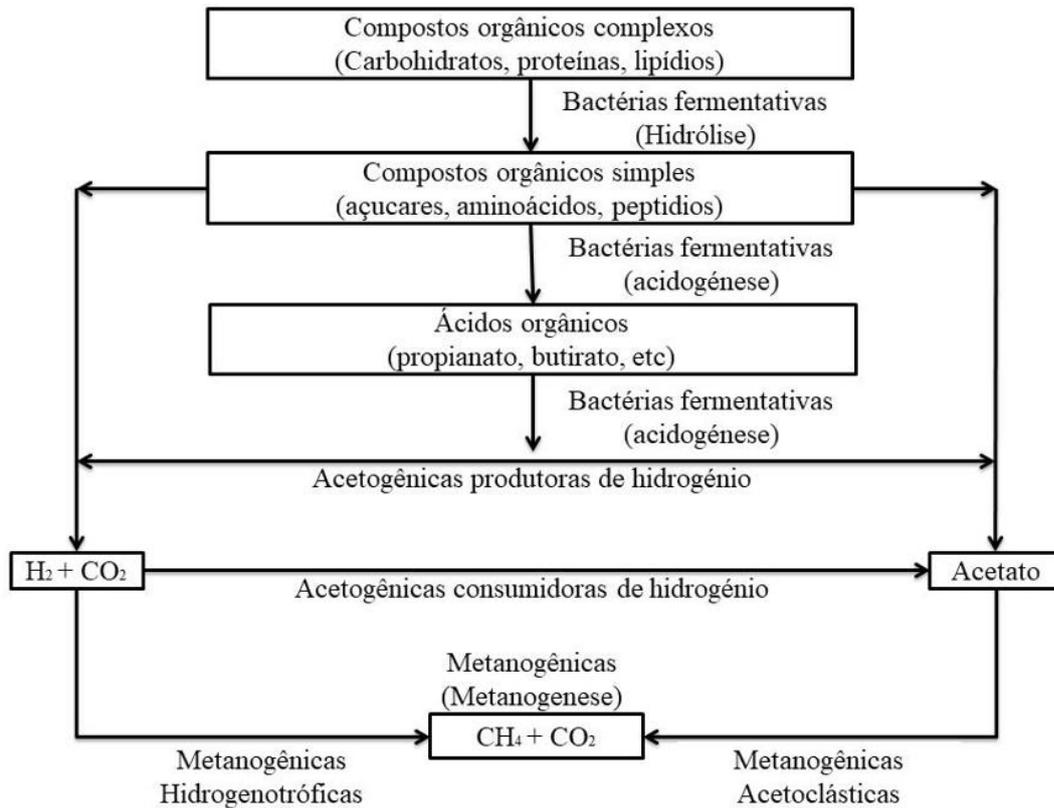


Figura 3: Processos metabólicos da digestão anaeróbia

Fonte: Adaptado de Silva (2015).

2.5. Nutrientes

Por permitir o crescimento dos microrganismos, que permitem a metabolização da matéria orgânica, os nutrientes são essenciais para a digestão anaeróbia. O carbono (C), o nitrogênio (N) e o fósforo (P) são os principais nutrientes, bem como os minerais enxofre (S), magnésio (Mg), cálcio (Ca), ferro (Fe) e potássio (K). A hidrólise de carboidratos, lipídios e proteínas são as principais fontes de nutrientes. É necessário um equilíbrio de nutrientes para que os microrganismos funcionem bem e a produção de biogás seja eficiente (Arezi, 2020).

2.6. Parâmetros físicos, químicos e biológicos do efluente

Segundo Arezi (2020), para avaliar as características físicas, químicas e biológico do efluente de suinocultura, é necessário considerar os seguintes parâmetros: pH, Sólidos totais dissolvidos(STD), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), Demanda química de oxigênio (DQO), Nitrogênio (N), Amônia (NH_3), Fósforo (P), Coliformes fecais, Coliformes totais, Cor e Turbidez.

2.6.1. Parâmetros físicos

➤ Turbidez

A turbidez é o grau em que a luz tem dificuldade em atravessar a água. Consta de sólidos em suspensão produzidos por microrganismos, silte, argila e rochas que se degradam. Além de ser desagradável visualmente, pode ser perigoso para a saúde devido à possibilidade de abrigar microrganismos patogênicos em materiais suspensos (Ávila 2005).

➤ Cor

LIRA (2004) afirma que, a cor da água é causada pela reflexão da luz em partículas minúsculas finamente dispersas. Essas partículas podem ser causadas por substâncias resultantes da decomposição de materiais orgânicos (como plâncton e substâncias húmicas), por substâncias como manganês e ferro ou por efluentes industriais.

Os sólidos dissolvidos no esgoto produzem a cor. Tem origem na presença de manganês e ferro ou na decomposição de matéria orgânica. Embora não represente um grande risco à saúde, é desagradável visualmente (Ávila 2005).

➤ Temperatura (°C)

A temperatura é um parâmetro que mede a intensidade do calor e reflete o grau de aquecimento da água e da radiação solar. No entanto, dependendo do clima e da composição geológica, ela tem um impacto direto no ambiente. É importante destacar que o aumento da temperatura tem um efeito direto sobre as reações químicas e biológicas, o que resulta em um aumento no número de reações. Além disso, o aumento da solubilidade dos gases resulta em um aumento da transferência de gases, o que resulta em uma redução na concentração de oxigênio dissolvido

e, portanto, na depleção dos níveis de oxigênio (Von Sperling, 2006).

➤ Totais de sólidos dissolvidos

O parâmetro conhecido como TDS é a quantidade total de substâncias que se dissolvem na água ou em efluentes. Isso inclui matéria orgânica, minerais e sais, bem como outras substâncias inorgânicas como cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos. Sua origem pode ser encontrada em águas superficiais ou subterrâneas, bem como em esgotos, escoamentos urbanos e efluentes industriais. As diferenças na solubilidade dos minerais causam uma variação significativa nas concentrações em diferentes áreas geológicas. (Lira, 2004).

➤ **Condutividade eléctrica**

É uma medida que mostra como a composição dos corpos d'água muda, mas não especifica quantidades ou componentes. Essa habilidade varia de íon para íon, mas a maior concentração de aniões na água natural geralmente significa maior condutividade. Como o parâmetro CE está diretamente relacionado à quantidade total de sólidos dissolvidos, pode-se usar para determinar a quantidade de sais presentes na água. (Machado, 2006). Este parâmetro, que está relacionado à temperatura e ao número de elétrões, mostra a probabilidade de que uma solução produza corrente eléctrica como resultado de diferencial eléctrico (Ramos, 2022).

2.6.2. Parâmetros químicos

➤ **Potencial hidrogeniónico (pH)**

Tomo (2019) afirma que, por afetar uma variedade de equilíbrio químico que ocorre naturalmente ou em processos unitários de tratamento de efluentes, é um fator importante em vários estudos de saneamento ambiental. Embora sua medida não indique diretamente o perigo para a saúde, ela indica que uma solução líquida é ácida ($\text{pH} < 7$), neutra ($\text{pH} = 7$) ou alcalina ($\text{pH} > 7$). Os valores do pH estão frequentemente associados a altas concentrações de ácidos graxos voláteis, o que resulta na falência do processo, e é um dos parâmetros muito importantes para determinar a qualidade do efluente, principalmente durante o tratamento anaeróbico e outras atividades (Pereira *et al* 2009).

➤ **Oxigénio dissolvidos (OD)**

Isso se refere ao oxigênio molecular (O_2) presente na água. É um indicador da qualidade da água e depende da pressão atmosférica, da salinidade, da temperatura e das atividades biológicas, bem como de interferências antrópicas indiretas, como o lançamento de efluentes nos cursos d'água. A unidade OD usada é mg/L. A redução do oxigênio dissolvido pode ser associada à temperatura, pois quando isso ocorre, a concentração de saturação do oxigênio diminui, enquanto quando isso acontece, a quantidade de reações bioquímicas aumenta. A temperatura é logo usada para monitorar o oxigênio dissolvido (Temo, 2019).

➤ **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5)**

Segundo Ávila (2005), toda matéria orgânica biodegradável tem demanda de oxigênio, e os microrganismos dissolvem o oxigênio para ajudar na estabilização por meio de ações

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

anaeróbicas. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) aumenta com a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente no efluente. As ações aeróbicas decompõem o DBO_5 quando há baixas concentrações de matéria orgânica, mas quando a concentração de matéria orgânica

aumenta, as ações aeróbicas não podem decompor o DBO_5 .

➤ **Demanda química de oxigênio (DQO)**

A outra maneira de calcular a quantidade de matéria orgânica é a DOQ. Este parâmetro indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica de uma amostra que pode ser oxidada em uma solução ácida com permanganato ou dicromato de potássio (Ávila 2005). Tchobanoglous e Burto (1991), afirmam que para o tratamento biológico os efluentes devem apresentar uma relação de DQO/ DBO_5 no intervalo de 1 a 3, o efluente que tenha uma relação

dentro dos intervalos estabelecidos o tratamento biológico é eficiente.

➤ **Nitrogênio (N)**

A relação C: N pode ser usada para calcular a necessidade de nitrogênio, pois é um componente necessário para a síntese de proteínas. Uma relação ótima de C: N em uma faixa entre 20:1 e 30:1 foi mostrada por vários autores. Para acelerar o processo, evite exceder a relação C: N de 35:1; por outro lado, valores significativamente menores podem indicar uma insuficiência de carbono na conversão do nitrogênio disponível, o que pode resultar no acúmulo de amônia, que em altas concentrações pode impedir o desenvolvimento de bactérias (Pinto, 2006).

Na agricultura, os fertilizantes são usados para suprir a deficiência do solo porque o nitrogênio (N) é um nutriente que determina o metabolismo das plantas e, portanto, influencia o rendimento da produção. Para atender às necessidades de nitrogênio, um método de fertilização é o uso de dejetos suínos. O dejetos suíno pode ser usado como substituto da adubação química com ureia no cultivo de milho, sem afetar o rendimento da produção (Arazi, 2020).

➤ **Fósforo (P)**

Pinto (2006) afirma que, em relação ao fósforo, há evidências de uma relação N: P de 5:1 a 7:1 e uma relação considerada ideal entre C: N:P de 100:2,5:0,5, o que resulta em um aumento na produção de metano. O enxofre é outro nutriente que a bactéria precisa para

produzir proteínas. Devido ao baixo nível de enxofre nas células bacterianas, a maioria dos resíduos orgânicos não carece deste elemento. Um macronutriente essencial para quase todas as espécies, sejam animais ou vegetais, é o fósforo (P). É um determinante para a produção de alimentos. Assim, para evitar a mineração e tornar os processos produtivos mais sustentáveis, é fundamental conseguir reutilizar o P presente nos dejetos suínos (Arazi, 2020).

➤ **Amônia (NH₃)**

Existem elementos que são considerados benéficos para os microrganismos, mas quando colocados em concentrações elevadas, podem ser tóxicos para a atividade microbiana. Um exemplo é a amônia. Tanto o íon amônio (NH₄⁺) quanto a amônia livre (NH₃) podem ser inibidores quando em altas concentrações; ambos são importantes fontes de nitrogênio proveniente da digestão de ureia ou compostos proteicos (Pinto, 2006).

2.6.3. Parâmetros biológicos

➤ **Coliformes totais**

De acordo com Menezes e Siqueira (2012) citadas por Matavele (2020), as bactérias *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* compõem os Coliformes totais. Os Coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios e anaeróbios facultativos, mas não formam esporos. Em vez disso, fermentam a glicose produzindo aldeído, ácido e gás a uma temperatura de 35 graus Celsius durante um ou dois dias.

➤ **Coliformes fecais**

Os coliformes fecais, também conhecidos como coliformes termotolerantes, se desenvolvem para fermentar a lactose produzindo ácido e gás a uma temperatura de 44,5 graus Celsius durante um dia. A *Escherichia coli*, bem como alguns representantes do gênero *Klebsiella*, é o principal componente deste grupo de coliformes (Holt *et al.*, 1993).

➤ ***E. 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. 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).

2.8. Eficiência

Segundo Ávila (2005), a eficiência dos tanques sépticos normalmente é medida em função dos seguintes parâmetros: DBO, DQO. A Tabela 2 ilustra a eficiência dos tanques sépticos na remoção da matéria orgânica no esgoto sanitário.

Tabela 2: Eficiência dos tanques sépticos

Parâmetro	Autor	Azevedo Netto e Hass (1970)	Macintyre (1996)	Andrade Neto <i>et al</i> (1999)	Nascimento e Castro (2005)
DBO		40% a 60%	30% a 60%	40% a 70%	40% a 60%
DQO		30% a 60%		50% a 80%	30% a 60%

Fonte: Adaptado de Borges (2009).

A carga orgânica volumétrica, a carga hidráulica, a geometria, os dispositivos de entrada e saída, o arranjo das câmaras, a temperatura e as condições de operação são algumas das variáveis que influenciam a capacidade de um tanque séptico.

O cálculo de eficiência de remoção pode ser determinado a partir da equação abaixo:

$$E = \frac{C_e - C_s}{C_e}$$

[1]

Em que:

E = eficiência de remoção (%);

C_e = concentração na entrada;

C_s = concentração na saída;

3. METODOLOGIA

3.1. Descrição da área de estudo

3.1.1. Localização da área de estudo

A pesquisa foi feita no ISPG, localidade de Lionde, distrito de Chókwè província de Gaza. Onde está instalado um sistema de tratamento de efluentes de suinocultura ilustrado na Figura 4. O distrito de Chókwè localiza-se a sul da província de Gaza, no curso médio do rio Limpopo, tendo como limites a Norte do rio Limpopo que o separa dos distritos de Massingir, Mabalane e Guijá, a sul o rio Mazimuchope e distrito de Bilene que o separa do distrito de Magude e de Massingir (MAE, 2014).

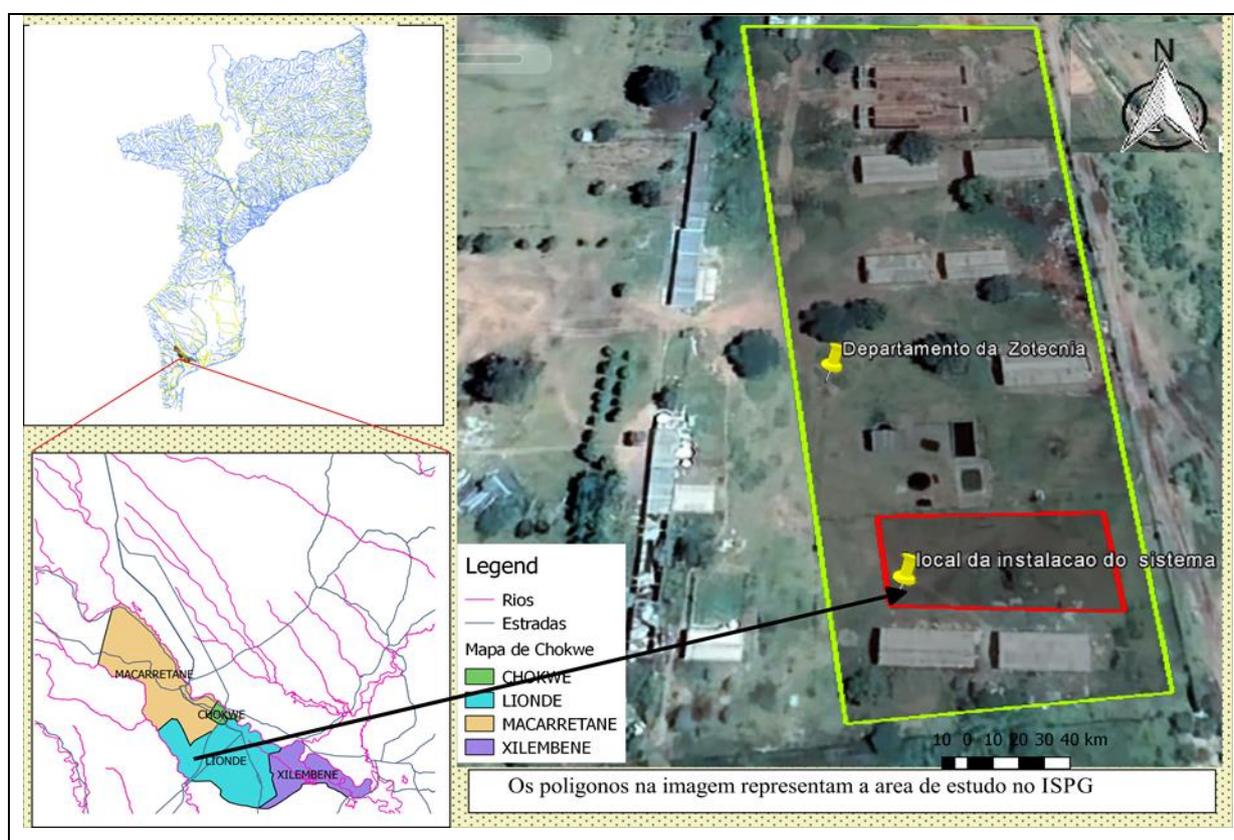


Figura 4: Localização da área de estudo

Fonte: Autor

3.1.2. Clima

O clima do distrito de Chókwè é do tipo semi-árido (seco de savana), onde a sua precipitação varia de 500 a 800mm por ano, confirmado o gradiente litoral para o interior, enquanto a sua evapotranspiração potencial de referência (E_{tc}) é da ordem dos 1400 a 1500 mm. As suas temperaturas médias anuais variam de 22°C e 26°C e a humidade relativa média anual varia entre 60 a 65% (MAE, 2005).

3.2. Descrição de sistema de tratamento

1. O reservatório (balde de 80L com altura de 63 cm) tinha dois pontos: um serviu para manter (descarregar) o dejetos e o outro serviu para controlar a saída do dejetos, que alimentava as unidades de tratamento subsequentes.

2. O sistema de tanques sépticos em três estágios foi feito de tubos de PVC com Ø11cm, altura de 100cm e capacidade de $0,0086m^3$ por estágio. Cada estágio tinha uma conduta de alimentação que vinha do reservatório e tinha um ponto de manutenção na parte inferior e outro ponto na parte superior para a saída do dejetos fermentado para os reatores UASB.

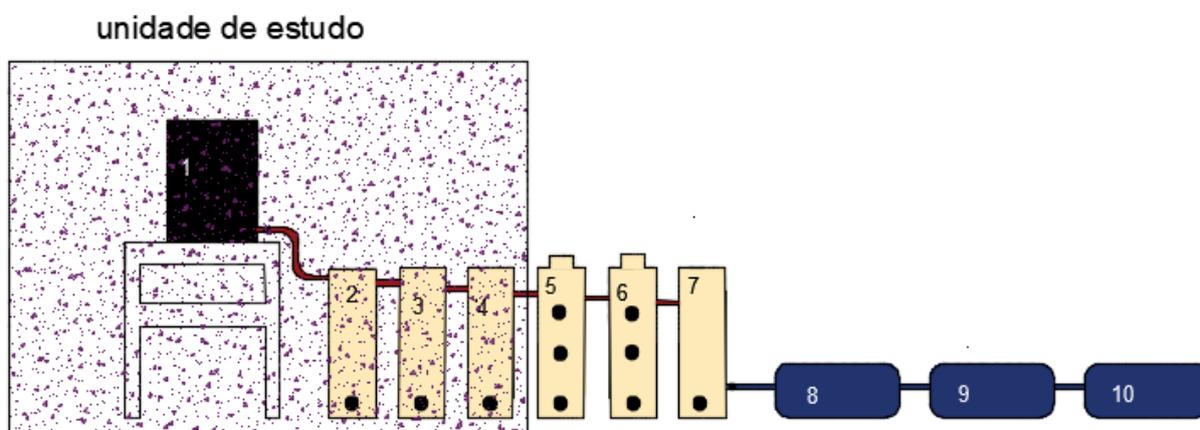


Figura 5: Layout de sistema de tratamento de efluente de suinocultura do ISPG

Fonte: Autor

Legenda:

1. Reservatório;
2. Tanque séptico 1;
3. Tanque séptico 2;
4. Tanque séptico 3;
5. Reator UASB 1;
6. Reator UASB 2;
7. Filtro de areia;
8. Lagoas de Maturação 8, 9 e 10.

3.3. Dimensionamento do sistema de tanques sépticos

Este sistema foi dimensionado segundo as orientações de (Nicolau, 2022), obtidos no dimensionamento de Nicolau (2022), foi aplicado um caudal de 0,36L/h e tempo de detenção hidráulica de 48h.

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

(1)

$$V = TDH \times Q \quad (2)$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (3)$$

$$H = V \times A \quad (4)$$

Onde:

TDH = tempo de detenção hidráulica

V = volume

Q = caudal

A = área

D = diâmetro

H = altura

A tabela abaixo ilustra o material necessário para a concepção de cada parte do sistema de tanque séptico construído no campo.

Tabela 3: Material usado na concepção do sistema de tanques sépticos

Material			
Reservatório	Tanque séptico 1	Tanque séptico 2	Tanque séptico 3
1. Balde (PVC, 80L)	Tubo (PVC, ϕ 110mm)	Tubo (PVC, ϕ 110mm)	Tubo (PVC, ϕ 110mm)
2. Válvula de (1")	-----	-----	-----
3. -----	Torneira (1")	Torneira (1")	Torneira (1")
4. Cola PVC	Cola PVC	Cola PVC	Cola PVC
5. Tubo PVC 1"	Tubo PVC 1"	Tubo PVC 1"	Tubo PVC 1"
6. Fita isoladora	Fita isoladora	Fita isoladora	Fita isoladora
7. -----	Tapão de PVC	Tapão de PVC	Tapão de PVC

Fonte: Autor

3.4. Construção do sistema de tanques sépticos

Nesta etapa foi usado tubo de PVC com \varnothing 110 mm para construir 3 tanques séptico de 1m de comprimento para cada, Seguiu-se a montagem de válvula e tubo de comunicação, para tal foi aquecido um ferro com diâmetro de 15,0 mm (\varnothing) para perfurar o tubo de \varnothing 110 mm ao longo do seu comprimento, foi perfurado 3,0 vezes, 2,0 para tubos de comunicação ou escoamento de caudal de entrada e saída do tanque, funcionando como vasos comunicantes até a saída do sistema, 1 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 1 tampão na parte inferior para cada tanque com auxílio da cola de PVC, a Figura 6 ilustra os tanques sépticos após ser montados.



Figura 6: Vista geral do sistema de tanques sépticos

Fonte: Autor

3.5. Start-up do sistema

No sistema de tratamento de dejetos de suíno, na fase inicial antes do tratamento foi colhido o dejetos nas caixas de armazenamento de dejetos brutos da unidade suinícola (Figura 7) e foi aplicado o tratamento preliminar no local de obtenção, na qual consistia em remover

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

partículas maiores através de uma rede mosquiteira, já que a entrada dessas partículas no sistema podem reduzir o seu desempenho, depois, o esgoto foi levado para o abastecimento do reservatório de esgoto bruto do sistema, o sistema de tanques sépticos foi enchido com a abertura da válvula de descarga do reservatório e a vazão foi mantida constante durante o processo de enchimento, os tanques eram descarregados semanalmente e enchidos no mesmo dia, a criação das bactérias anaeróbias foi com a finalidade de decompor a matéria orgânica durante o processo de tratamento, este processo levou dois meses (abril e maio).

3.6. Tratamento de efluentes

O sistema de tratamento por tanques sépticos era abastecido por gravidade através do reservatório superior de água bruta, era alimentado por um tubo PVC 1'' de diâmetro, os tanques foram instalados em três estágios onde comunicavam-se na parte superior, o esgoto abastecia os tanques de forma ascendente e sequencial, foram dimensionados para um tempo de detenção de 48h por cada tanque, sendo assim, o primeiro tanque era enchido e após à 48h o efluente era passado para o segundo tanque e por sua vez era passado para ultimo tanque respeitando o tempo de detenção hidráulica, dizer que tempo de detenção hidráulica (TDH) foi um fator que foi muito considerado no processo de tratamento uma vez que representa o tempo necessário para que a matéria orgânica seja digerida pelas bactérias criadas no processo anterior (produção de bactérias). Este processo era repetido duas vezes por mês, ou seja, o esgoto era tratado duas vezes por mês, continuamente, durante três meses de operação

3.6.1. Determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos

3.6.1.1. Procedimentos de amostragem

As amostras de esgoto bruto foram coletadas nas caixas de armazenamento de esgoto bruto da unidade suinícola e do esgoto tratado foram coletadas na saída do sistema de tanques sépticos, as amostras foram coletadas seguindo os procedimentos de amostragem padrão, enxaguando-se os recipientes das amostras duas vezes com água do local de amostragem antes de recolher a amostra final, todos os frascos foram selados e etiquetados com os códigos afluente TS e efluente TS no local da colecta. As amostras foram conservadas em recipientes plásticos de 500ml para as análises físico-químico e microbiológico, após este procedimento as amostras foram encaminhadas ao Laboratório provincial de higiene de água e alimentos (Xai-Xai). O horário ou período da coleta de amostras foi no período da manhã

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

entre as 07:00H às 08:00H para as possíveis análises no mesmo dia obedecendo assim os padrões de amostragem, foram coletadas durante três meses partindo do mês de junho até ao mês de agosto. A Tabela abaixo ilustra a rotina de monitoramento do dejetos

Tabela 3: Rotina de tratamento de dejetos de suíno no ISPG

Monitoramento de sistema de tratamento de dejetos de suíno no ISPG			
Afluente – Efluente			
Parâmetro	Método (APHA)	Local	Frequência
Cor	Visual	LPHAA	2 x mês
Turbidez	Nefelometria	LPHAA	2 x mês
pH	Potenciométrica	LPHAA	2 x mês
Temperatura	Potenciométrica	LPHAA	2 x mês
Cond, elétrica	Potenciométrica	LPHAA	2 x mês
STD	Potenciométrica	LPHAA	2 x mês
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅)	Potenciométrica	LPHAA	2 x mês
Demanda química de oxigênio	Volumetria	LPHAA	2 x mês
Oxigênio dissolvido	Potenciométrica	LPHAA	2 x mês
Matéria orgânica	Kubell	LPHAA	2 x mês
Fosforo	Colometria	LPHAA	2 x mês
Nitrogênio N	Colorimétrico	LPHAA	2 x mês
Amônia NH ₃	Colometria	LPHAA	2 x mês
Ferro	Colometria	LPHAA	2 x mês
Magnésio	Diferença	LPHAA	2 x mês
Cálcio	Volumetria	LPHAA	2 x mês
Cloretos	Mohr	LPHAA	2 x mês
Coliformes totais	Membrana filtrante	LPHAA	2 x mês
Coliformes fecais	Membrana filtrante	LPHAA	2 x mês
E.Coli	Contagem na placa	LPHAA	2 x mês

American Puplic Health Association.

LPHAA- Laboratório Provincial de Higiene de Águas e Alimentos

3.6.1.2. Descrição dos pontos de coleta das amostras

Para o estudo sobre o tratamento do dejetos de suínos, as amostras precisavam ser coletadas em pontos adequadamente identificados. Esses pontos de coleta do dejetos líquido de suinocultura para análises laboratoriais foram escolhidos de acordo com a localização e o acesso à coleta de amostras, e esses pontos foram designados como P1 (dejetos bruto) e P2 (dejetos tratados).

Ponto 1 (Ponto de armazenamento do dejetos bruto)

O ponto de coleta de dejetos bruto, era composto por um sistema de caixa de fluxo vertical feita de betão e sem proteção na sua parte superior, com um comprimento de 75cm, largura de 67cm e uma profundidade de 80cm, a qual visava o armazenamento do dejetos de suíno conforme ilustrado na Figura abaixo



Figura 7: ponto de coleta de dejetos bruto

Fonte: Autor

Ponto 2 (Ponto de saída do dejetos tratado de suíno no sistema de tanques sépticos)

O ponto de saída do dejetos tratado de suíno designado descarga, o dejetos após ter passado por todo processo de tratamento dos tanques sépticos era descarregado nos reatores UASB, ilustrado na Figura 8.

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura



Figura 8: Ponto de colecta de água tratada

Fonte: Autor

3.7. 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 equação da eficiência (1).

4. RESULTADOS

4.1. Construção do sistema de tanques sépticos

É amplamente conhecido que a hidrólise é a etapa limitante do processo de digestão anaeróbia, por isso há muitos estudos com foco em otimizá-la. O pré-tratamento enzimático pode otimizar a digestão para efluentes com maior carga orgânica no caso desse estudo. É muito importante que a etapa de hidrólise seja bem-sucedida, porque apenas dessa forma moléculas poderão ser metabolizadas pelas bactérias envolvidas na digestão (Santos et.al.,2021).

Esta unidade foi dimensionada e construída com objetivo de otimizar o afluente do sistema de tratamento e garantir boa eficiência no tratamento. A tabela abaixo ilustra os dados geométricos

do sistema de tanques sépticos

Tabela 4: Dados geométricos do sistema

Dimensões dos tanques sépticos				
Parâmetro	Tanque séptico	Tanque séptico	Tanque séptico	Unidade
	1	2	3	
Altura (h)	1	1	1	m
Área da base (a)	0.0095	0.0095	0.0095	m^2
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	48	48	48	H
Q. Médio (Q)	0.1	0.1	0.1	ml/s
Volume útil (V)	0.0086	0.0086	0.0086	m^3

Fonte: Autor

Os parâmetros geométricos encontrados neste estudo ilustrados na tabela 5 foram dimensionados para um formato circular em escala piloto para dar vida e eficiência uma unidade de tratamento de dejetos de suíno possuindo 25.8L de volume. A Figura 9 ilustra a representação esquemática dos tanques sépticos

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

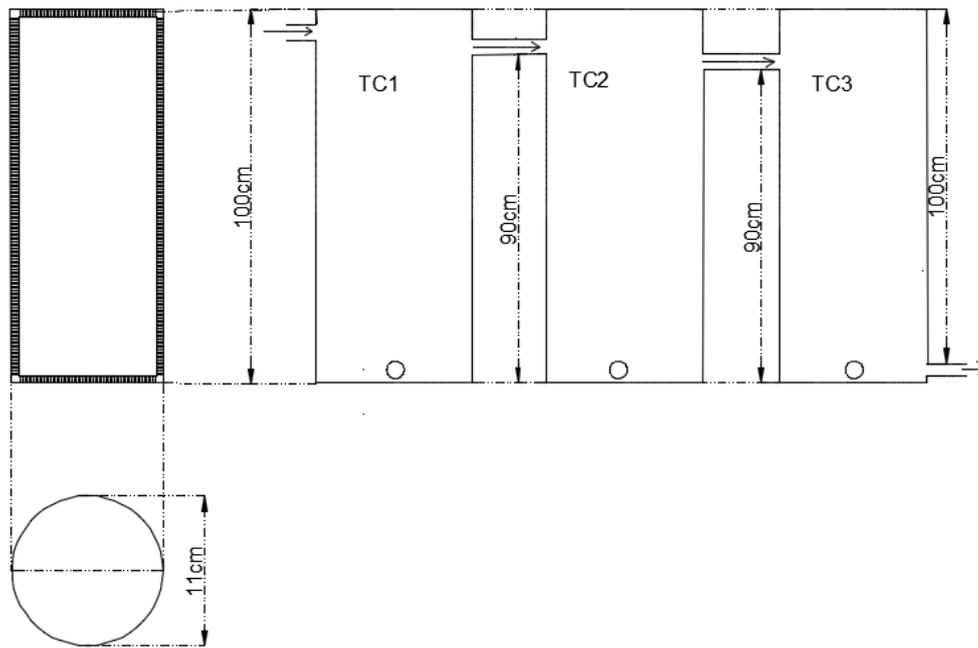


Figura 9: Esquemática do projeto do sistema em corte longitudinal

4.2. Parâmetros físico, químico e biológico de dejetos bruto

Baseado nos resultados de análises realizadas no laboratório, o efluente da unidade suinícola em estudo obteve-se o nível de poluição e padrões da qualidade de dejetos de suíno apresentado na tabela abaixo

Tabela 5: Caracterização de dejetos bruto de suíno

Características de dejetos da Unidade suinícola do ISPG			
Parâmetro	Unidade	Concentração média	Referencia
Coliformes totais	Ufc/100	>300	ND
Coliformes fecais	Ufc/100	48.67	ND
E. coli	UFC	7.5	ND
Cor	-	-	ND
Turbidez	NTU	302.41	ND
TDS	mg/L	3716.00	1000
Temperatura	°C	23.15	35
C. elétrica	µs/cm	7430.17	50 – 2000
Ph	-	6.28	6 – 9
Cloretos	mg/L	211.11	ND
OD	mg/L	7.19	ND
DBO ₅	mg/L	4.36	50
DQO	mg/L	3.31	150
Ferro	mg/L	0.02	1.5 – 10
M. Orgânica	mg/L	<2.5	2.5
Fósforo	mg/L	0.05	10
Cálcio	mg/L	102.33	50
Magnésio	mg/L	65.71	50
Nitrogénio	mg/L	1.53	1
Amónio	mg/L	0.08	ND

ND- não determinado

Fonte: Adaptado de decreto nº 18/2004

4.3. Avaliação da eficiência do sistema

Analisando os dados das concentrações do afluente e efluente apresentados na Tabela 7, notou-se que houve redução na concentração de TB, TDS, CE, Ca, DQO, DBO_5 , OD, Mg, N, NH_4 , Cloretos e coliformes fecais na saída do sistema. Para o parâmetro pH e T°C observou-se um aumento dos seus valores na saída e o parâmetro ferro e fosforo mostrou-se que não sofreram

nenhuma alteração durante o funcionamento do sistema.

Tabela 6: Eficiência do sistema

Concentrações médias da eficiência				
Parâmetro	Unidade	Dejeto bruto	Dejeto tratado	Eficiência %
Coliformes fecais	Ufc/100	48.67	12.83	73.63
E. Coli	UFC	7.5	0.00	100.00
Turbidez	NTU	302.41	269.43	10.91
TDS	mg/L	3716.00	3231.17	13.05
pH	-	6.28	6.5	-
Temperatura	°C	23.15	23.27	-
C. Elétrica	µs/cm	7430.17	6457.67	13.09
OD	mg/L	7.19	6.68	7.05
DBO_5	mg/L	4.36	4.13	5.20
DQO	mg/L	3.31	3.22	2.82
Ferro	mg/L	0.02	0.02	0.00
Fósforo	mg/L	0.05	0.05	0.00
Cálcio	mg/L	102.33	101.00	1.30
Magnésio	mg/L	65.71	64.74	1.47
Nitrogénio	mg/L	1.53	1.44	5.79
Amónio	mg/L	0.08	0.07	10.87

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

4.3.1. pH

A Figura 10 representa a variação dos resultados das concentrações do pH do afluente e efluente do sistema, medidos no laboratório para as amostras, o afluente variou de 5.8 a 6.8 e 6.1 a 6.9 para o efluente.

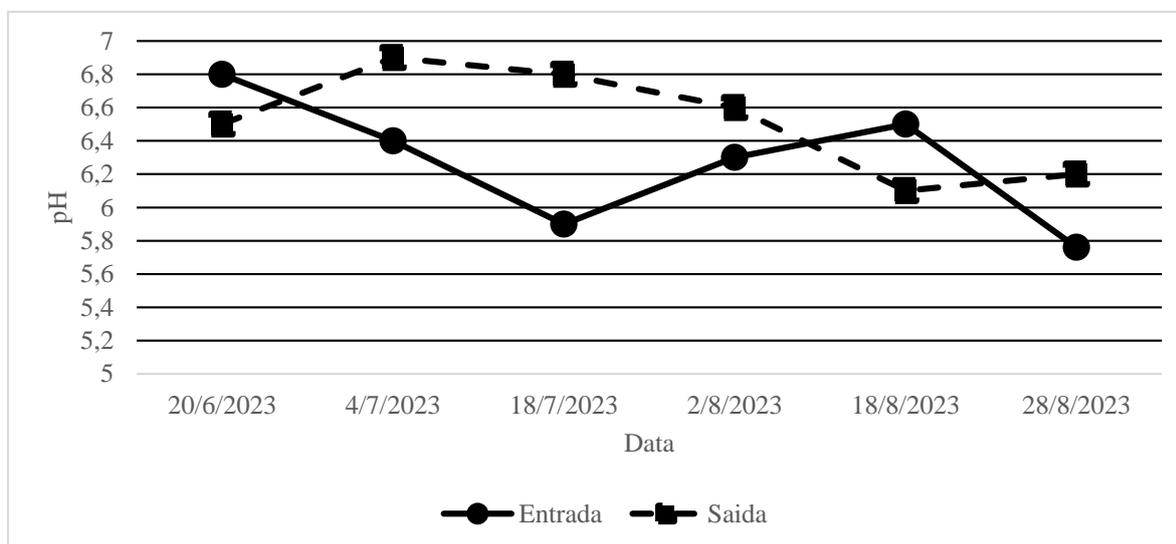


Figura 10: Variação do pH versus data de colecta

4.3.2. DBO_5 e DBO

Em relação aos valores médios de DBO_5 do afluente e efluente tabela 7, houve um decréscimo devido ao tratamento de efluentes, sendo as concentrações da entrada de $4,36mg. l^{-1}$ para $4,13mg. l^{-1}$ na saída do sistema, enquanto que os valores médios da DQO ilustrados na mesma tabela passaram de $3.31mg. l^{-1}$ na entrada para $3.22mg. l^{-1}$ na saída do sistema, ou seja, não houve uma redução considerável quando comparados ao padrão de lançamento da norma

Moçambicano decreto no 18/2004.

Analisando os dados das concentrações do afluente e efluente apresentados na Tabela 7, notou-

A figura 11 e 12, estão apresentadas as variações das concentrações ao longo do funcionamento do sistema.

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

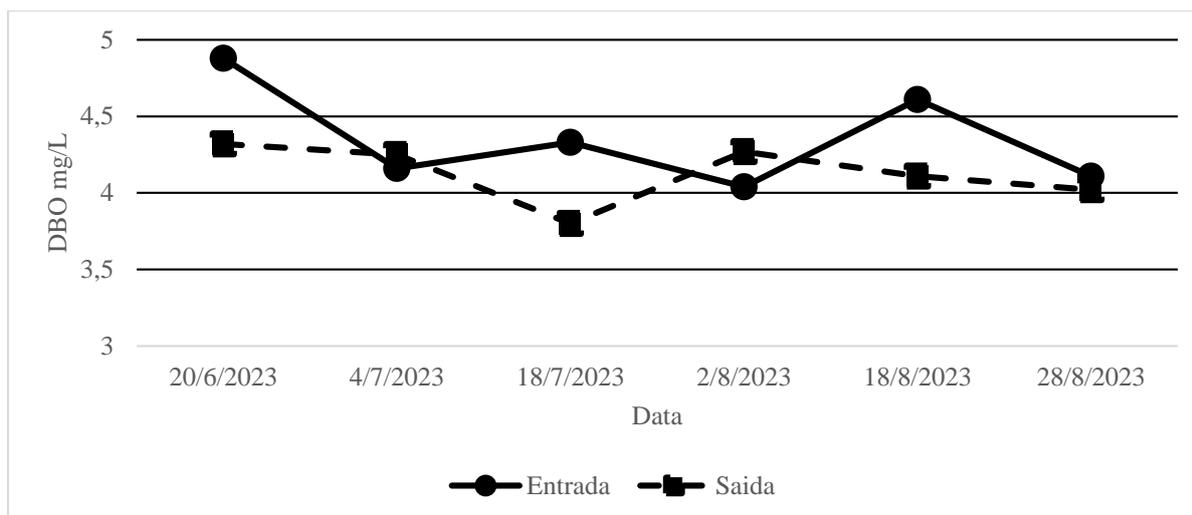


Figura 11: Variação de DBO versus data de colecta

Observa-se na figura 11, ao longo do tratamento as concentrações do afluente variaram de 4.19 a 4.52 e diminuíram para 4.04 a 4.29 no efluente. Portanto o sistema de tratamento estudado

proporcionou uma redução de 5.20% nos valores de DBO_5

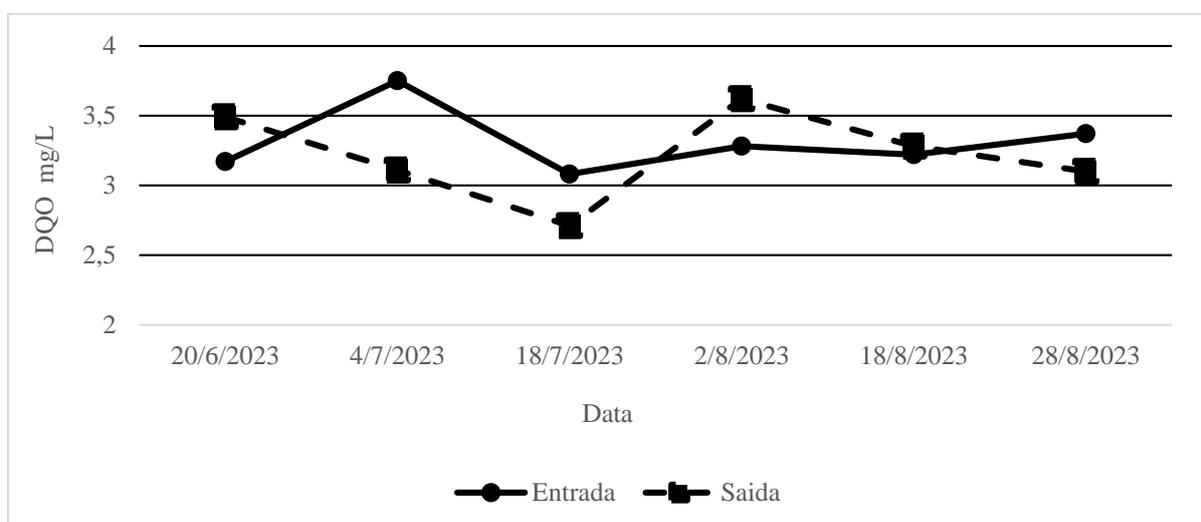


Figura 12: Variação de DBQ versus data de coleta

Observa-se na figura 12, ao longo do tratamento as concentrações do afluente variaram de 3.18 a 3.46 e diminuíram para 3.17 a 3.30 no efluente. Portanto o sistema de tratamento estudado

proporcionou uma redução de 2.82% nos valores de DQO.

4.3.4. Biodegradabilidade do afluente

Encontrados os valores das concentrações médias de DBO_5 e DQO do afluente e efluente tabela 7, foram usados para determinação da biodegradabilidade do efluente ilustrado na tabela abaixo

Tabela 7: Valores de DBO e DQO do afluente e efluente do sistema

Substrato	Inicial			Final		
	DQO (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	Relação DQO/DBO_5	DQO (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	Relação DQO/DBO_5
Dejeto de suíno	3.31	4.36	0.75	3.19	4.07	0.76

Fonte: Autor

4.3.5. Coliformes fecais e *E. coli*

Observa-se na tabela 7 que os valores médios de coliforme fecais e *E. coli* tiveram uma redução considerável, tendo reduzido de 42.64 para 12.83 para Coliformes fecais e 7.5 para 0.0 para *E. coli*

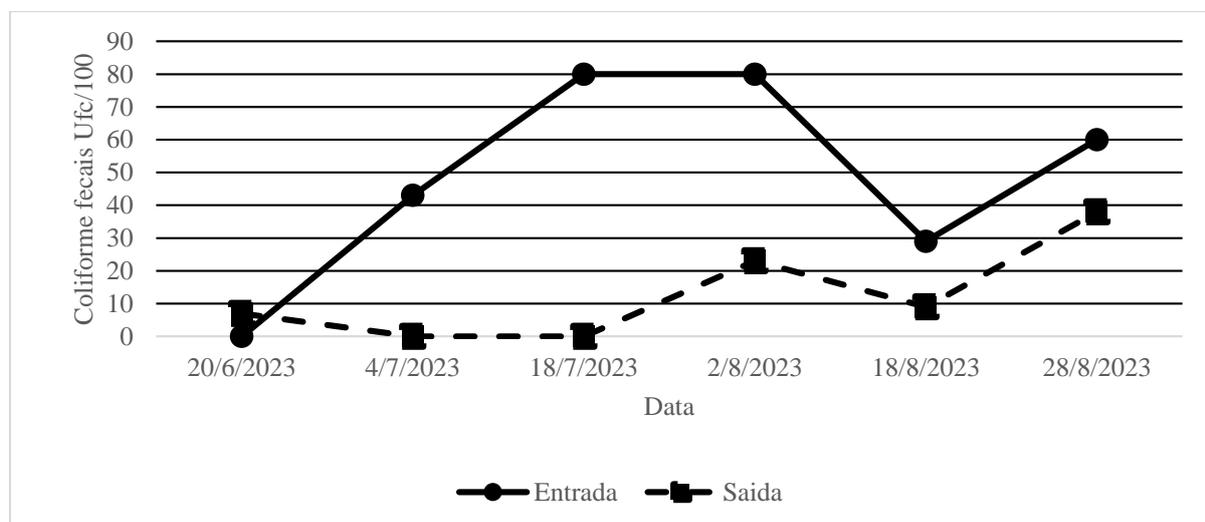


Figura 13: Variação de Coliformes fecais *versus* data de colecta

Conforme o ilustrado na figura acima, a variação de coliformes fecais no sistema variou de 0.0 a 80 para o afluente e reduziu de 0.0 a 38 para o efluente.

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

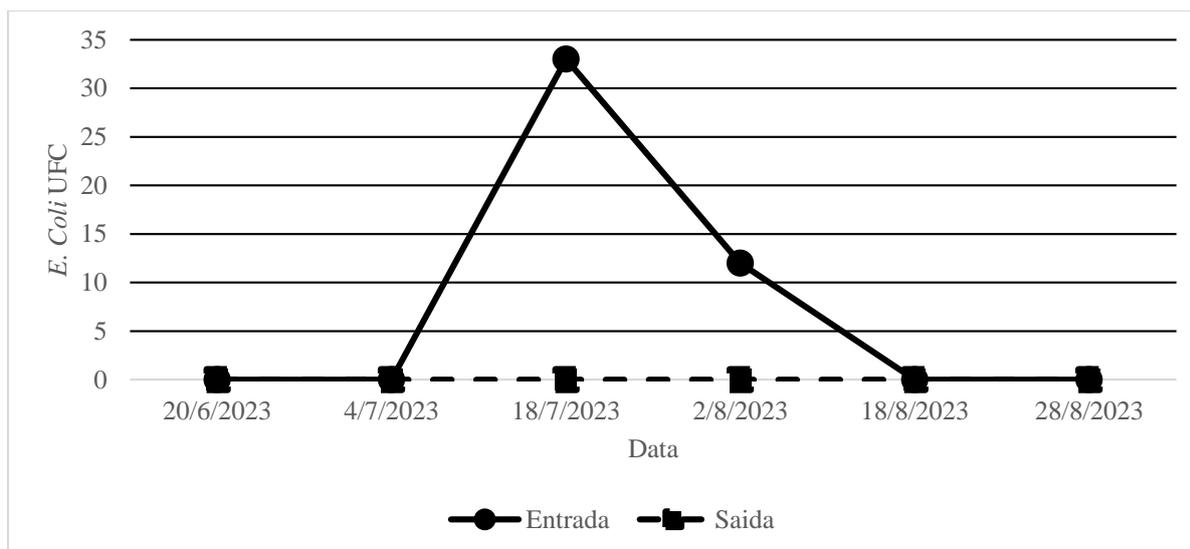


Figura 14: Variação de *E. coli* versus data de coleta

Conforme alustra na figura, as concentrações de *E. coli* no afluente variaram de 0.0 a 33 e mostrou uma remoção total pelo sistema.

4.3.6. Temperatura

A temperatura pode variar ao longo do funcionamento do sistema, influenciando assim na digestão anaeróbia, as temperaturas registadas nesse estudo estão apresentadas na figura abaixo.

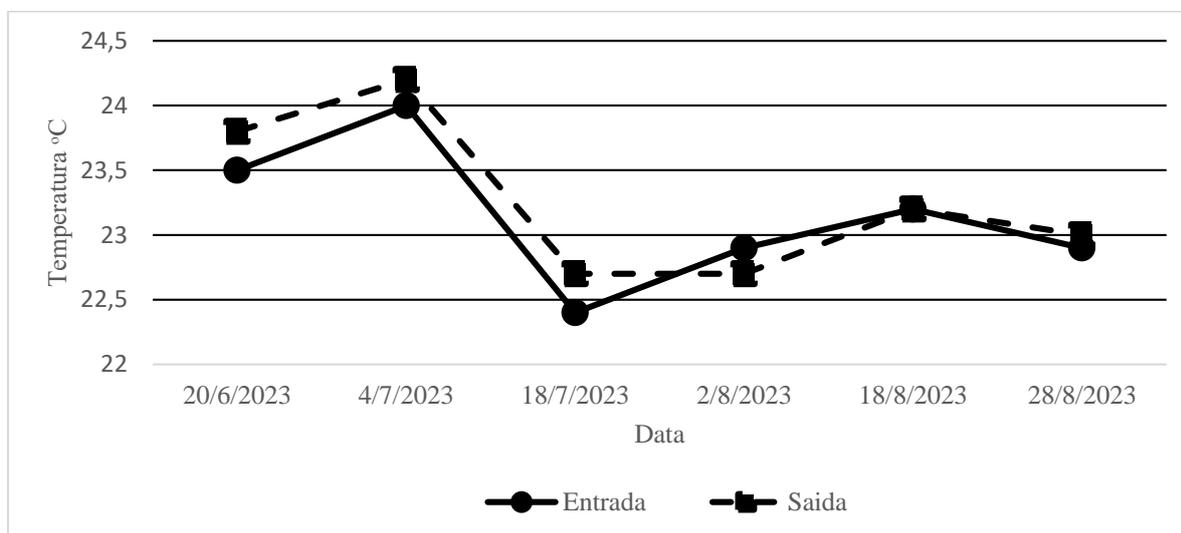


Figura 15: Variação da temperatura versus data de coleta

De acordo com ilustrado na figura, as faixas de temperaturas ao longo do funcionamento registadas no sistema, foram: afluente 22.4 a 24 e 22.7 a 24.2 para o efluente.

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

4.3.7. Nutrientes

Os resultados médios encontrados no afluente do sistema para o N, Ca e Mg foram: 1.53, 65.71 e 102.33 tendo variado para 1.44, 64.77 e 101 no efluente. Para o parâmetro P e Fe apresentaram concentrações medias de 0.05 e 0.02 no afluente, não ter tido nenhuma alteração

ao longo do processo de tratamento.

4.4. Qualidade do efluente tratado sob ponto de vista de reuso na agricultura

Com base nos resultados encontrados nesse estudo do efluente tratado tabela 5, foram comparados com os padrões exigidos pelo decreto N° 8.468/1976 e pela Resolução nº357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) apresentado na tabela 9.

Tabela 8: Caracterização do efluente tratado em comparação com os padrões estabelecidos pelo CONAMA e norma Moçambicana.

Parâmetro	Média	Norma: classe 4	Avaliação
Coliformes fecais	12.83	Inferior a 1000	Atende
E. Coli	0	-	Atende
Turbidez	269.43	Inferior a 10	Não atende
TDS	3231.17	-	Atende
Temperatura	23.27	Inferior a 40	Atende
C. Elétrica	6457.67	-	Atende
Ph	6.51	6.0-09	Atende
Cloretos	226.90	-	Atende
OD	6.68	Superior a 2	Atende
DBO_5	4.14	Inferior a 60	Atende
DQO	3.22	Inferior a 150	Atende
Ferro	0.02	-	Atende
M. Orgânica	2.40	-	Atende
Fósforo	0.05	Inferior a 5	Atende
Cálcio	101	-	Atende
Magnésio	64.73	-	Atende
Nitrogénio	1.43	Inferior a 5	Atende
Amónio	0.07	-	Atende

Fonte: Adaptado da norma Brasileira 13969/1997

5. DISCUSSÃO

5.1. Dimensionamento do sistema

Os dados geométricos usados nesse estudo foram adquiridos de estudo de Nicolau (2022), dimensionados para tanque de acidificação e equalização, avaliando o desempenho de um sistema de tratamento de efluente de suinocultura operado em série e duplo estágio envolvendo reatores UABS (*upflow anaerobic sludge blanket*) e lagoas de maturação visando seu reuso na agricultura.

5.2. Parâmetros físicos químicos e biológicos do afluente

As concentrações obtidas neste estudo as suas medias foram inferiores comparado com outros estudos, provavelmente pode ter sofrido alguma interferência de fatores técnicos de um bom manejo de efluente suinícola (Oliveira *et al.*, 2016).

Alves (2004), avaliando o desempenho de lagoas de estabilização para o tratamento de dejetos de suínos: aspetos microbiológicos, obteve os valores médios das concentrações de pH (7.14), T°C (24.2), N (101) e NH₃ (762). Filho *et al.*, (2001), estudando Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos, obteve os valores médios das concentrações de DQO (21.8), DBO₅ (10.4) e P (1.6).

5.3. Eficiência do sistema

5.3.1. pH

Segundo Matangue (2011), as bactérias acidogênicas podem metabolizar o substrato em pH que variam de 5,0 a 6,0, não baixando de 4,5 pois pode provocar o azedamento do reator, fazendo com que a produção dos ácidos voláteis continue aumentando, e a produção de metano diminua devido a alta sensibilidade das arqueas metanogênicas que têm um crescimento ótimo na faixa de pH entre 6,6 a 7,4.

Lettinga (1995), a maioria dos sistemas de tratamento anaeróbio é operada na faixa de pH entre 6,5 e 7,5, recomendando-se a manutenção de pH maior do que 6,2. Baixos valores de pH estão geralmente relacionados a altas concentrações de ácidos graxos voláteis e, conseqüentemente, à falência do processo.

Campos *et al.*, (2004), estudando desenvolvimento e operação de reatores anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes de suinocultura em escala laboratorial, obteve uma concentração media de pH de 7, 6 no tanque de acidificação.

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

O pH médio deste estudo encontra-se no intervalo citado por Lattinga acima mencionado, seus valores de entrada registaram um aumento na saída, como consequência da remoção de ácidos

graxos voláteis (AVT) e aumento da alcalinidade de bicarbonatos (Neto e Oliveira, 2009).

5.3.2. DBO_5 e DBO

Campos *et al.*, (2004), estudando desenvolvimento e operação de reatores anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes de suinocultura em escala laboratorial, obteve uma concentração média no efluente de 2297mgDQO.l^{-1} e eficiência média na remoção de 16%, para o DBO_5 obteve uma concentração média de $392\text{mgDBO}_5.\text{l}^{-1}$ no tanque de acidificação.

Chernicharo (2007), sugere uma remoção de matéria orgânica superior a 65% para um sistema

anaeróbio ser considerado eficiente no tratamento de águas residuárias. Neste estudo, a eficiência do sistema foi inferior a 65%.

5.3.3. Biodegradabilidade do efluente

Macedo (2001) relata que a relação de DBO_5 e DBQ está relacionada com a biodegradabilidade do resíduo pela ação de microrganismos, e quanto maior essa relação, maior será a velocidade de degradação.

Tchobanoglous e Burton (1991), afirmam que para o tratamento biológico os efluentes devem apresentar uma relação de DQO/DBO_5 no intervalo de 1 a 3, o efluente que tenha uma relação dentro dos intervalos estabelecidos o tratamento biológico é eficiente.

Os resultados da relação de DBO_5/DQO do sistema de tratamento de efluentes dos tanques sépticos mostrou-se fora do intervalo afirmado pelos autores acima citados sobre um tratamento anaeróbio eficiente.

5.3.4. Coliformes fecais e *E.coli*

O sistema de tanques sépticos mostrou uma redução de micro-organismos indicadores de patogênicos tendo estado acima dos encontrados por Colar e Sandri (2013) e afirmado por Von Sperling (2005) como eficiência moderada para coliformes fecais e eficiente para *E. coli*. Verificou-se que o meio anaeróbio é uma importante forma de saneamento, como citado por Craveiro (1982).

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

Valentim (1999) obteve bons resultados na remoção de *E. coli* no tanque séptico e Mansor (1998) descreve que os micro-organismos patogênicos nas águas residuárias são eliminados por meio de significativo decaimento natural e das condições ambientais desfavoráveis as quais esses micro-organismos são expostos.

5.3.5. Temperatura

Variações da temperatura são ocasionadas pela sazonalidade e diferenças entre temperaturas noturnas e diurnas afetam o processo de degradação anaeróbia, pois além de afetar a atividade metabólica da população de microrganismos, também influencia no equilíbrio iônico e solubilidade dos substratos a serem degradados (Zhidong & Wenjing, 2009).

As faixas de temperaturas registradas no sistema foram de 22.4 a 24 para afluente e de 22.7 a 24.2 no efluente, esses valores estiveram na faixa compreendida pela atividade microbiana anaeróbia mesófila, que de acordo com Matangue (2011) varia entre 20 e 40°C e é a mais empregada na digestão anaeróbia. Segundo Filho (1995), as condições ótimas para a digestão anaeróbia são obtidas na faixa mesófila entre 30 e 35°C.

5.3.6. Nutrientes

É possível perceber a baixa variação das concentrações médias dos nutrientes nesse estudo. Esses resultados já eram esperados, visto que a digestão anaeróbia não visa a remoção de nutrientes, para o caso de N, Ca e Mg, sendo que a pequena diferença entre a entrada e saída do sistema pode estar relacionada ao consumo destes elementos pelos microrganismos para o seu desenvolvimento. Os principais nutrientes inorgânicos necessários para a digestão anaeróbia são N e P, e as concentrações necessárias se baseiam na composição química dos microrganismos (Chernicharo, 1997).

5.4. Qualidade do efluente sob ponto de vista de reuso na agricultura

A qualidade do efluente tratado é de (Classe 4) ilustrado no anexo 2, ou seja, é água destinada ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado; ou à navegação; à harmonia paisagística; ao abastecimento industrial; à irrigação (Citrinos ou árvores) ou a usos menos exigentes (Brasil, 2005). O efluente tratado para o caso de irrigação agrícola deve ser aplicado em forma de insumo orgânico, dizer que a norma NBR13969/1997 recomenda o uso deste efluente em projetos em gotejamento.

6. CONCLUSÃO

- Na determinação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológico do efluente bruto e tratado observou-se uma redução dos seus valores, para: DBO_5 , DQO, OD, N, P, Ca, Mg, Cloretos, amônia, Coliformes fecais, *E. Coli*, CE, TDS, Turbidez. Apresentou um aumento de pH e Temperatura e mostrou que o Fe e P não houve nenhuma alteração.
- O efluente final é composto por elementos de importância agrícola tais como nitrogênio, fósforo, cálcio e, juntamente com a carga de matéria orgânica e sais, enquadra-se, nas determinações do decreto N° 8.468/1976 e pela Resolução n°357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), para reutilização na agricultura especialmente na irrigação de citrinos e arvores em forma de insumo usando sistema gota-gota.
- O sistema de tanques sépticos demonstrou baixa eficiência em escala piloto quando aplicado tempo de detenção hidráulica de 6 dias, especialmente na remoção de poluentes orgânicos presentes neste tipo de efluente, com valores atingindo uma remoção da ordem de 2.82% de DQO, 5.20% de DBO_5 confirmando assim a sua inviabilidade no controle deste tipo de poluição hídrica. Mas apresentou uma eficácia na remoção de coliformes fecais de 73.63% e de 100% para *E. Coli*.

7. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se,

- 1- O avanço investigativo no ramo de saneamento em específico em tratamento anaeróbio de dejetos de suíno com base em sistemas de tanques sépticos em escala piloto, visto que é uma tecnologia de baixo custo que o seu efluente pode ser feito o reuso, garantindo assim o bem-estar do meio ambiente.
- 2- A mudança do fluxo do sistema de modo a permitir a entrada pela parte inferior e saída pela parte superior dos tanques.
- 3- Para a criação da população bacteriana no sistema para a estabilização da matéria orgânica, este processo deve ser feito em mais de 2 meses.
- 4- Antes de dimensionar e instalar um sistema de tratamento de esgoto zootécnico o esgoto bruto deve passar por análises químicas, especificamente a determinação de DBO_5 e DQO de modo a avaliar a sua biodegradabilidade para posteriormente escolher-se a melhor tecnologia a empregar.
- 5- Próximos estudos sejam realizados nos meses que apresentam temperaturas altas em relação a esse estudo de modo a verificar o desempenho do sistema.
- 6- Implementação de um sistema de tanques sépticos em 4 estágios de modo a avaliar a eficiência na redução da matéria orgânica.
- 7- A coleta de água bruta para análise deve ser feita no momento de início de tratamento do efluente para que seja minimizado o erro da variação da qualidade do afluente.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. V. **Avaliação do desempenho de lagoas de estabilização para o tratamento de suínos: aspetos microbiológicos.** Minas gerais, Brasil. 2004.

AREZI, A. **Tratamento de dejetos suínos visando ao reaproveitamento do efluente tratado, avaliação da produção de biogás e recuperação de nutrientes.** Lajeado. 2020.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanques sépticos-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte.** Brasil. 2005.

BORGES, N. B. **Caracterização e pré-tratamento de lodo de fossas e tanque séptico.** São Paulo. 2009. <https://doi.org/10.11606/D.18.2009.tde-30032010-151857>

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Brasília. 2005.

CAMPOS, C. M. M; DO CARMO, F. R. BOTELHO, C. G; DA COSTA, C. C. **Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos afluentes da suinocultura em escala laboratorial.** Lavras. 2004.

CARDOSO, I. P; FONSECA, B. R; QUEIROZ, I e SANTOS, E. **Tanques sépticos de bombonas: um sistema individual de Esgotamento Sanitário.** 2022. <https://doi.org/10.19180/2177-4560.v16n12022p2-22>.

CASALECHI, D. L; FERREIRA, I. T. R; DE OLIVEIRA, F. N; MARQUES, R. F. P. V; DE OLIVEIRA, A. S; DE FREITAS, A. S; RODRIGUES, E. A. L. S. e RITA, F. S. **Tratamento de efluentes de uma suinocultura localizada no estado de Minas Gerais, Brasil.** Brasil. 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0022>.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte. 2007.

COLARES, C. J. G, e SANDRI, D. **Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte.** Brasil. 2013. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1047>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. **Condições e padrões de lançamentos de efluentes. Ministério do Meio Ambiente, Resolução 357.** Brasil. 2005.

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

CRAVEIRO, A. M. **Influência da proporção de lixo e lodo de esgoto no processo de digestão anaeróbica desses resíduos.** (Dissertação) Mestrado em Engenharia Química - Escola Politécnica. São Paulo: USP, 1982.

SILVA, D. C. **Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reatores anaeróbios horizontais de alta taxa seguidos de filtro biológico percolador.** Jaboticabal. 2015.

FILHO, B. P. **Stockage et odeurs des dejections animales cas du lisier de porc.** Thèse de Doctorat de L'Univesrsité de Rennes I. 1995.

FILHO, B. P.; CASTILHOS JR., A. B.; COSTA, R. H. R.; SOARES, S. R.; PERDOMO, C. C. **Tecnologias para o tratamento de dejetos suínos.** Campina Grande-PB. 2001.

HOLTZ, A. M. **Avaliação de reservatórios de estabilização no polimento de efluente de sistema de tratamento de dejetos suínos visando o reuso na propriedade produtora.** Florianópolis. 2010.

KUNZ, A. e FONGARO, G. 2019. **Tecnologias para tratamentos de efluentes da produção animal visando ao reuso de água.** Brasília. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1114230>.

LETTINGA, G. **Anaerobic Digestion and Wastewater Treatment Systems.** Antonie van Leeuwenhoek. 1995.

MACEDO, J. A. B. **Águas e águas.** São Paulo, Varela. 2001.

MAE. **Perfil do distrito do Chókwè província de Gaza.** Maputo. 2014.

MATANGUE M. T. A. **Comportamento hidrodinâmico e científico dos reatores anaeróbios compartimentados (rac) e manta de lodo (UASB) operado em série.** LAVRAS. 2001.

MATIAS M. O. **Estudo da inclusão de compartimentos modelo canadense.** Santa catarina, Brasil. 2012.

MANSOR, M. T. C. **Uso de leito de macrófitas no tratamento de águas residuárias.** (Dissertação) Mestrado da Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 1998.

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

MOURA, F. N; BATISTA, R. O. e COSTA, M. S. **desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de esgoto doméstico em áreas rurais do semiárido brasileiro.** Brasil. 2011.

NETO, M. A e DE OLIVEIRA, R. A. **Remoção de matéria orgânica, de nutrientes e de coliformes no processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para o tratamento de águas residuárias de suinocultura.** Jaboticabal. 2009.

OLIVEIRA, R. M. S; COSSI, C. R. T. G. **Sistema integrada para o tratamento de residuo gerado pela suinocultura.** Universidade Federal do Tocantins. 2016.

OLIVEIRA, P. A. V. de, coord. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suíno.** concórdia: EMBRAPA-CNPSA. Brasil. 1993.

PEREIRA, E; CAMPOS. C, e MOTERANI, F. **Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura.** Brasil. 2009. . <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.109>.

PINTO, R. O. **Avaliação da digestão anaeróbica na bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos, lodos de tanques sépticos, dejetos de suínos e lixiviado.** Florianópolis. 2006.

RIBEIRO, N. J. M. S. **Estudo dinâmico do processo de digestão anaeróbica com vista ao desenvolvimento de um sistema inteligente de supervisão baseado em conhecimento.** Minho. 1999.

RIBEIRO, E.A; SANTOS, A.G. e NETO, A.R.P. **Estudo diagnóstico de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de águas subterrâneas em áreas distritais do município de Catu.** Recôncavo da Bahia. 2018.

DO SANTOS, G. M. M; BARBOSA, M. S; PORTO, M. M. M; CHONG, N. S. R; DA LUZ, N. V. S; SANTOS, R. S. S; SILVA, A. S; MOREIRA, I. T. A. **Uso de microrganismos no tratamento anaeróbio de efluentes ricos em nitrogênio e fósforo tendo em vista a economia circular.** Brasil. 2021.

SPERLING M. VON. **Introdução qualidade as aguas e ao tratamento de esgotos,** Departamento de Engenharia sanitária, Belo horizonte. 2006.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L. **Wastewater Engeneering: Treatment, Disposaland Reuse.** New York. 1991.

Avaliação do desempenho dos tanques séptico de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes de suinocultura

TEMO, B. W. L. **Desempenho do Sistema Combinado Tanque Séptico mais Sistema de Alagados Construídos de Escoamento Vertical (TS+SACV) na remoção de poluentes de esgoto sanitário.** Humaitá. 2019.

VALENTIN, M. A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado.** (Dissertação) Mestrado da Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas: UNICAMP/ FEAGRI, 1999.

VELOSO, A; CAMPOS, A; MARIN, D; MATTIOLI, M; NERI, A. **Sustentabilidade ambiental da suinocultura com manejo de dejetos em biodigestor – avaliação de parâmetros físico-químicos.** Viçosa. 2018. <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i4.846>.

ZHIDONG, L e WENJING, L. **Technological parameters of exceed sludge anaerobic digestion in industrial wastewater treatment plant.** EJGE. 2009.

9. APÊNDICES

Apêndice 1: Dimensionamento dos tanques sépticos

Dados	Equação	Resolução
$Q=0.1\text{ml/s}$	$TDH=V/Q$	$V=48 \times 3600 \times 0.1=8640\text{ml}$
$TDH=48\text{h}$	$V=TDH \times Q$	$V=8640\text{ml}/1000=8,64\text{l}$
$V=?$	$A=\pi \times D^2/4$	$V=8,64\text{l}/1000=0.00864\text{m}^3$
$A=?$	$h=V \times A$	$A=\pi \times 0.11^2/4$
$H=?$		$A=0.0095\text{m}^2$
$D=110\text{mm}=0.11\text{m}$		$h=0,0086 \times 0,0095$
		$h= 0,91\text{m} \approx 91\text{cm}$

NB: foi dimensionado para três tanques com tempo de detenção hidráulica de 48h por cada tanque.

Apêndice 2: Imagem do sistema de tratamento de efluentes do ISPG



Apêndice 3: Análise descritiva dos dados de afluente e efluente do sistema

parâmetros	Pontos	Concentrações						média	Dis.Padrão	mínimo	máximo
		20/6/2023	4/7/2023	18/7/2023	2/8/2023	18/8/2023	28/8/2023				
Temperatura	Entrada	23.50	24.00	22.40	22.90	23.20	22.90	23.15	0.55	22.40	24.00
	Saída	23.80	24.20	22.70	22.70	23.20	23.00	23.27	0.61	22.70	24.20
STD	Entrada	3882.00	3930.00	4461.00	2508.00	4528.00	2987.00	3716.00	809.74	2508.00	4528.00
	Saída	4132.00	4062.00	3010.00	2518.00	3347.00	2318.00	3231.17	762.44	2318.00	4132.00
CE	Entrada	7763.00	7861.00	8917.00	5002.00	9054.00	5984.00	7430.17	1620.57	5002.00	9054.00
	Saída	8265.00	8126.00	6021.00	5031.00	6668.00	4635.00	6457.67	1525.92	4635.00	8265.00
Turbidez	Entrada	278.00	386.00	243.00	281.00	337.00	289.44	302.41	50.86	243.00	386.00
	Saída	298.00	322.00	209.00	243.00	283.34	261.23	269.43	40.47	209.00	322.00
pH	Entrada	6.80	6.40	5.90	6.30	6.50	5.76	6.28	0.39	5.76	6.80
	Saída	6.50	6.90	6.80	6.60	6.10	6.20	6.52	0.32	6.10	6.90
OD	Entrada	7.22	7.88	7.18	6.61	7.05	7.20	7.19	0.41	6.61	7.88
	Saída	6.59	6.95	6.45	6.88	6.35	6.88	6.68	0.25	6.35	6.95
DBO	Entrada	4.88	4.16	4.33	4.04	4.61	4.11	4.36	0.33	4.04	4.88
	Saída	4.32	4.25	3.80	4.27	4.11	4.02	4.13	0.20	3.80	4.32
DQO	Entrada	3.17	3.75	3.08	3.28	3.22	3.37	3.31	0.24	3.08	3.75
	Saída	3.49	3.11	2.71	3.62	3.28	3.10	3.22	0.32	2.71	3.62
Fosforo	Entrada	0.07	0.06	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.01	0.04	0.07
	Saída	0.06	0.05	0.04	0.06	0.04	0.05	0.05	0.01	0.04	0.06
Nitrogénio	Entrada	0.97	1.10	1.75	1.40	1.80	2.13	1.53	0.45	0.97	2.13
	Saída	1.28	1.00	1.48	1.30	1.60	1.96	1.44	0.33	1.00	1.96
Amónia	Entrada	0.06	0.08	0.07	0.09	0.07	0.09	0.08	0.01	0.06	0.09

Avaliação do desempenho dos tanques sépticos de um sistema anaeróbio de tratamento de efluente de suinocultura

	Saída	0.08	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.01	0.06	0.08
Cloretos	Entrada	406.00	469.30	120.53	92.17	93.58	85.08	211.11	177.03	85.08	469.30
	Saída	478.00	514.02	106.35	95.71	89.33	77.99	226.90	208.97	77.99	514.02
Cálcio	Entrada	94.00	110.00	110.00	96.00	108.00	96.00	102.33	7.74	94.00	110.00
	Saída	112.00	114.00	100.00	98.00	90.00	92.00	101.00	10.02	90.00	114.00
Magnésio	Entrada	66.80	77.59	65.88	60.02	65.39	58.56	65.71	6.72	58.56	77.59
	Saída	70.27	78.32	61.97	62.22	59.53	56.12	64.74	8.13	56.12	78.32
Ferro	Entrada	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02
	Saída	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02
C. Fecais	Entrada	0.00	43.00	80.00	80.00	29.00	60.00	48.67	31.24	0.00	80.00
	Saída	7.00	0.00	0.00	23.00	9.00	38.00	12.83	14.93	0.00	38.00
<i>E.Coli</i>	Entrada	0.00	0.00	33.00	12.00	0.00	0.00	7.50	13.38	0.00	33.00
	Saída	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fonte: Autor

10. ANEXOS

Anexo 1

Parâmetro	Limite máximo admissível
Ph	6 a 9
DQO (mg/L)	50
<i>DBO</i> ₅ (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

Avaliação do desempenho dos tanques sépticos de um sistema anaeróbio de tratamento de efluente de suinocultura

Anexo 2

Parâmetro	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			
$DBO_{5,20}$ (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	Superior 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 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