



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DE
RECURSOS NATURAIS – PPGEGRN**

DÂNIO MARNE SILVA DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DO EFLUENTE DE FOSSA BIODIGESTORA APLICADO
COMO BIOFERTILIZANTE PARA CULTIVO DE PALMA FORRAGEIRA
(*OPUNTIA FICUS-INDICA*) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Campina Grande – PB
2023

DÂNIO MARNE SILVA DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DO EFLUENTE DE FOSSA BIODIGESTORA APLICADO
COMO BIOFERTILIZANTE PARA CULTIVO DE PALMA FORRAGEIRA
(*OPUNTIA FICUS-INDICA*) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Campina Grande – PB
2023

DÂNIO MARNE SILVA DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DO EFLUENTE DE FOSSA BIODIGESTORA APLICADO
COMO BIOFERTILIZANTE PARA CULTIVO DE PALMA FORRAGEIRA
(*OPUNTIA FICUS-INDICA*) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Recursos Naturais.

ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO MURILO SANTOS DE ARAÚJO

Campina Grande – PB
2023

A663a

Araújo, Dânio Marne Silva de.

Avaliação do efluente de fossa biodigestora aplicado como biofertilizante para cultivo de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) no semiárido brasileiro / Dânio Marne Silva de Araújo. – Campina Grande, 2023.

111 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.

"Orientação: Prof. Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo".

Referências.

1. Reúso Águas Residuárias. 2. Fossa Séptica Biodigestora (FSB). 3. Biofertilizante – Palma Forrageira. I. Araújo, Sérgio Murilo Santos de. II. Título.

CDU 628.381(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA E GESTAO DE RECURSOS
NATURAIS
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP
58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

DÂNIO MARNE SILVA DE ARAÚJO

**“AVALIAÇÃO DO EFLUENTE DE FOSSA BIODIGESTORA APLICADO
COMO BIOFERTILIZANTE PARA CULTIVO DE PALMAFORRAGEIRA
(OPUNTIA FICUS-INDICA) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais como pré-requisito para obtenção do título de MESTRE em Gestão de Recursos Naturais.

Aprovada em: 28/11/2023

Dr. Sergio Murilo Santos de Araújo/UFCG (Orientador PPGEGRN).

Dra. Viviane Farias Silva/UFCG (Examinador Interno).

Dr. João Damasceno/UEPB (Examinador Externo).

Dr. Lázaro Ramom dos Santos Andrade/SEC-SANTA RITA-PB (Examinador Externo).



Documento assinado eletronicamente por **SERGIO MURILO SANTOS DE ARAUJO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/12/2023, às 21:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **VIVIANE FARIAS SILVA, VICE-COORDENADOR**, em 15/12/2023, às 07:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOÃO DAMASCENO, USUÁRIO EXTERNO**, em 18/12/2023, às 20:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LAZARO RAMOM DOS SANTOS ANDRADE, Usuário Externo**, em 19/12/2023, às 13:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3963253** e o código CRC **B0ED3871**.

Referência: Processo nº 23096.084704/2023-13

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista a Deus e à minha família, pois, sem eles, nada seria possível. Aproveite ao Senhor que eu chegasse até aqui e toda honra e glória seja dada a Ele. Aos meus pais, Hildo e Joadiva, que fomentaram todo o caminho com o apoio e incentivo. Aos meus irmãos, Kielce, Virgínia e Warlan (*in memoriam*), que forjaram minha educação e, prontamente, me ajudaram na construção do projeto quando foi necessário, sempre por perto, com palavras de apoio e incentivo. À minha esposa, amada e querida, companheira valorosa, bem como aos meus tesouros Pedro, Beatriz e Heloisa que suportaram corajosamente os momentos de ausências, privações e escolhas difíceis que tive que fazer para conseguir concluir este trabalho. Sem uma família forte, não há prosperidade que se sustente.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pois a nossa primícia tem que ser ofertada ao Criador de todas as coisas. Toda Honra, Força, Glória, Louvor e Adoração seja dada ao Rei dos Reis e Senhor dos Senhores. Aproveu a Deus que eu chegasse até este momento e tudo, absolutamente tudo, está em Seu controle e acontecerá no tempo que determinar.

À minha esposa, Samara Vasconcelos Costa de Araujo, que está ao meu lado como uma coluna forte e inabalável, suportando os momentos ausentes, as privações e as escolhas difíceis que fazemos em prol da educação e pesquisa. A ela, minha admiração pela pessoa que ela é como esposa, filha e mãe e pela coragem de abraçar esta causa comigo. A ela meu amor eterno.

Aos meus filhos, Pedro, Beatriz e Heloisa que entenderam a importância deste trabalho na vida da família e apoiaram de forma incondicional, sem reclamações ou murmúrios.

Aos meus pais, Hildo Gabriel e Joadiva Araújo. Ele, um entusiasta da educação, leitor inveterado que nos deixou claro que ‘passaria fome’ se fosse preciso para nos garantir uma educação de qualidade. Um visionário e amante da vida, em toda sua essência, que nos inspirou a confiar nas promessas de Deus e nunca desistir. Ela, minha mãe, uma educadora por natureza e ofício. Uma mulher de Deus, varoa abençoada, sensível e agregadora, um colo eterno para este filho a quem nunca negou afeto e conselhos sábios.

Aos meus irmãos Kielce Marne e Virgínia Marne, que ajudaram de forma determinante a forjar o meu caráter como pessoa e sempre estiveram à disposição para as minhas necessidades, sem queixas ou restrições, meus ombros amigos onde posso contar para o que precisar. Ao meu irmão Warlan Marne (*In memoriam*), homem sábio, estudioso e determinado cujos ensinamentos e práticas levo comigo como verdades incontestáveis.

Ao meu cunhado Ricardo e minha cunhada Lidiane, pesquisadores natos e por excelência que contribuíram valorosamente para construção do projeto e defesa.

Ao meu cunhado Eduardo e minha cunhada Surama que sempre estiveram disponíveis quando precisei deles, nos incentivando a permanecer neste caminho e a colher os frutos que dele virão.

Às minhas chefes Andreia Barros e Xênia Aguiar que consentiram com a realização da pesquisa e promoveram os meios adequados à realização e conclusão deste

estudo; bem como a Karina, Albenice, Flávio e Aurita que foram bastantes parceiros para a conclusão deste trabalho.

Ao meu colega e amigo Hélio Lopes a quem devo a oportunidade de entrar neste programa de pós-graduação, me ajudando na escolha do tema, construção do projeto e o desenrolar das atividades. Um verdadeiro parceiro e entusiasta das coisas boas da vida.

Ao meu orientador, Prof Dr. Sérgio Murilo, que me convidou e conduziu de forma didática e parceira para este projeto com sua calma e paciência que lhe são peculiares.

Ao meu colega e examinador Lázaro Ramon, que gentilmente me acolheu neste valoroso projeto, me acompanhando e instruindo nas coletas de água bem como nas demais etapas de sua execução e montagem deste trabalho.

Aos professores do curso em especial a Professora Fátima Martins (coordenadora) pessoa muito acessível e amável que demonstra sempre envidar esforços que lhe for ao alcance para ajudar a vida acadêmica dos alunos do referido programa.

Aos colegas de turma Wilton, Elton, Amílson, Mucio e Ezequiel que contribuíram valorosamente conosco nesta caminhada.

Ao Djair e sua honrada família, Dona Rejane (mãe), Seu Gilmar (Tio), Douglas (Primo) que, não só abriram as portas de suas casas para receber o projeto, mas se empenharam na obra de construção e manutenção sempre com muita disposição, alegria, cordialidade e solicitude.

Aos meus amigos de longa data Jemerson e Bruno que me ajudaram na análise estatística deste trabalho. São verdadeiros amigos, não importando distância e tempo, disponíveis nos momentos de que mais precisamos, sempre com sorriso no rosto e disposição.

Ao Psicometrista Júlio Cezar, homem valoroso e íntegro que colaborou na construção dos gráficos e tabelas estatísticas deste estudo majorando sentido acadêmico ao trabalho e elevando o nível e a relevância deste estudo.

EPIFRAFE

Em meio a todas as questões que envolvem conceitos e políticas voltadas para o desenvolvimento sustentável da humanidade não devemos esquecer que as principais ações e decisões neste sentido devem culminar na sustentabilidade das nossas famílias, cujas vulnerabilidades se tornaram alvos de questionamentos, incertezas e relativizações. O reconhecimento da fortaleza do seio familiar deve permear os indivíduos na busca pela paz e harmonia com Deus, seus pares e com a natureza. Sem uma família forte, não há prosperidade que se sustente.

Dânio Marne Silva de Araújo

ARAUJO, D. M. S. de. **Avaliação do efluente de fossa biodigestora aplicado como biofertilizante para cultivo de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) no semiárido brasileiro.** 2023, 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2023

RESUMO

A falta de acesso aos serviços adequados de saneamento nas regiões rurais brasileiras apresenta um índice que se aproxima dos 80% com quase 5 milhões de brasileiros sem nenhum tipo de estrutura sanitária, relegando seus dejetos em fossas artesanais. Neste contexto, a aplicação de estratégias de reuso de águas residuárias tem sido uma opção relevante pelo baixo custo de implantação e manutenção. Diante disso, o efluente decorrente de Fossas Sépticas Biodigestoras (FSB) instalada em uma residência rural do município de Boa Vista-PB, situada na região do semiárido brasileiro (SAB), apresentaria as condições físico-químicas e biológicas adequadas para o cultivo de palma forrageira naquela propriedade? O desenvolvimento de tecnologias sociais que fortaleçam o enfrentamento das intempéries climáticas se torna uma estratégia vital para sobrevivência das comunidades do SAB. Neste contexto, o reuso das águas servidas através de FSB constitui uma possibilidade real e sustentável tanto para a irrigação da agricultura familiar da região do SAB quanto para proteção do meio ambiente. O objetivo geral da pesquisa consistiu em avaliar a qualidade da água do efluente de fossa séptica biodigestora (FSB) instalada em uma residência rural no Sítio Bravo, município de Boa Vista-PB e sua viabilidade para o cultivo da palma forrageira *Opuntia ficus-indica* (L.). O presente trabalho se caracteriza como um estudo exploratório descritivo de análise de efluente de FSB instalada em residência rural. O sistema foi composto de 4 caixas d'água, sendo três de 1.000 L destinadas ao processo de biodigestão e uma de 500 L para coleta, armazenamento e distribuição do efluente. As caixas foram instaladas em 4 valas de 0,8 m de profundidade com 1,20 m de diâmetro, interligadas com canos em PVC na porção superior e escoamento final na porção inferior. Foram coletadas sete amostras seriadas de efluente entre julho de 2022 e julho de 2023 e enviadas ao Laboratório de Referência em Dessalinização da UFCG. (LABDES), após cada coleta, para realização da análise dos parâmetros de qualidade da água. Foram isolados dois experimentos com 10 plantas cada um sendo o experimento A o que contou com a adição do biofertilizante, e o B o qual não foi adicionado fertilizante. Para análise de crescimento da Palma Forrageira foram medidos o número de raquetes e altura das plantas de cada experimento. Tanto os valores dos parâmetros da água do efluente quanto os valores dos parâmetros de crescimento foram submetidos a tratamento estatístico através do software SPSS 23 e JASP 0.14.6 e posterior análise através dos métodos de Wilcoxon e Mann Whitney. Os parâmetros da água do efluente Cor, Sódio e Condutividade Elétrica estiveram acima dos valores preconizados pela legislação do CONAMA; os demais parâmetros estiveram dentro da normalidade conforme a legislação vigente e os achados bibliográficos, no entanto, não foi verificada variação estatística relevante. Com relação à Palma Forrageira, foi estatisticamente constatado maior crescimento no experimento A, o qual contou com adição do biofertilizante em relação ao experimento B. Os resultados aludiram para a viabilidade da FSB instalada com consequente benefício na irrigação de Palma Forrageira da espécie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) com crescimento em número de raquetes e altura das plantas analisadas. Estes resultados são promissores no que tange o benefício à saúde, saneamento e economia social da comunidade local.

Palavras-chave: Reúso Águas Residuárias, Fossa Séptica Biodigestora, Palma Forrageira, Crescimento

ARAUJO, D. M. S. de. **Evaluation of biodigester septic tank effluent applied as biofertilizer for cultivation of forage cactus (*Opuntia ficus-indica*) in the Brazilian semi-arid region. 2023**, 111 s. Dissertation (Master's degree in Natural Resources Engineering and Management). Federal University of Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2023

ABSTRACT

The lack of access to adequate sanitation services in Brazilian rural regions presents a rate approaching 80% with almost 5 million Brazilians without any type of sanitary structure, leaving their waste in artisanal septic tanks. In this context, the application of wastewater reuse strategies has been a relevant option due to its low implementation and maintenance costs. Therefore, the effluent resulting from Biodigester Septic Tanks (FSB) installed in a rural residence in the municipality of Boa Vista-PB, located in the Brazilian semi-arid region (SAB), would present the appropriate physical-chemical and biological conditions for palm cultivation. Forage on that property? The development of social technologies that strengthen the face of adverse weather conditions becomes a vital strategy for the survival of SAB communities. In this context, the reuse of wastewater through FSB constitutes a real and sustainable possibility both for the irrigation of family farming in the SAB region and for the protection of the environment. The general objective of the research was to evaluate the water quality of the effluent from a biodigester septic tank (FSB) installed in a rural residence in Sítio Bravo, municipality of Boa Vista-PB and its viability for the cultivation of the forage palm *Opuntia ficus-indica* (L.). The present work is characterized as an exploratory, descriptive study of the analysis of FSB effluent installed in a rural residence. The system was composed of 04 water tanks, three of which were 1,000 L for the biodigestion process and one was 500 L for collecting, storing and distributing the effluent. The boxes were installed in 04 trenches 0.8m deep and 1.20m in diameter, interconnected with PVC pipes in the upper portion and final drainage in the lower portion. Seven serial effluent samples were collected between July 2022 and July 2023 and sent to the UFCG Desalination Reference Laboratory. (LABDES), after each collection, to analyze water quality parameters. Two experiments were isolated with 10 plants each, experiment A being the one that included the addition of biofertilizer, and experiment B which had no fertilizer added. To analyze the growth of Forage Palm, the number of rackets and height of plants in each experiment were measured. Both the values of the effluent water parameters and the values of the growth parameters were subjected to statistical treatment using SPSS 23 and JASP 0.14.6 software and subsequent analysis using the Wilcoxon and Mann Whitney methods. The effluent water parameters Color, Sodium and Electrical Conductivity were above the values recommended by CONAMA legislation; the other parameters were within normal limits according to current legislation and bibliographic findings, however, no relevant statistical variation was observed. Regarding Forage Palm, greater growth was statistically observed in experiment A, which included the addition of biofertilizer in relation to experiment B. The results alluded to the viability of the installed FSB with consequent benefit in the irrigation of Forage Palm of the species *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) with growth in number of rackets and height of the plants analyzed. These results are promising in terms of benefits to the health, sanitation and social economy of the local community.

Keywords: Wastewater Reuse, Biodigester Septic Tank, Forage Palm, Growth

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Latrinas de Roma.	25
Figura 2	Aquedutos de Roma.	25
Figura 3	Painel do Setor de Saneamento. Esgotamento sanitário brasileiro de 2020	30
Figura 4	Percentual de domicílios atendidos com esgotamento sanitário, por forma de afastamento, nas áreas urbana e rural do País - 2010 e 2017.	33
Figura 5	Percentual de domicílios rurais atendidos com esgotamento sanitário, por forma de afastamento, no País e nas macrorregiões, em 2010 e 2017	33
Figura 6	Localização do município de Boa Vista - PB.	44
Figura 7	Localização Sítio Bravo	44
Figura 8	Distribuição da população total de Boa Vista, conforme o Atlas do Desenvolvimento Humano de 2013	45
Figura 9	Imagem da distribuição linear das caixas que constituem a FSB	48
Figura 10	Desenho esquemático da distribuição das caixas do sistema de FSB	49
Figura 11	Frasco autoclavável para coleta de amostra biológica	50
A		
Figura 11	Garrafa PET para coleta de amostra físico-química	50
B		
Figura 12	Coleta de amostra de água para pesquisa físico-química	51
A		
Figura 12	Coleta de amostra de água para pesquisa biológica	51
B		
Figura 13	Experimento (A) <u>com</u> aplicação de efluente	53
A		
Figura 13	Experimento (B) <u>sem</u> efluente	53
B		
Figura 14	Medição da altura das Plantas para análise de crescimento	54
Figura 15	Varição da CE conforme a realização das coletas	59
Figura 16	Varição do pH conforme a realização das coletas.	59
Figura 17	Varição da Cor e Turbidez conforme a realização das coletas.	62
Figura 18	Varição do teor de Sódio, Potássio e Fósforo nas amostras de água coletadas da FSB	63
Figura 19	Varição do teor de Nitritos e Nitratos nas amostras de água coletadas da FSB	67
Figura 20	Varição do teor de Amônia nas amostras de água coletadas da FSB	69
Figura 21	Varição dos valores de valores de Dureza em Ca ²⁺ e Mg ²⁺ nas amostras de água coletadas da FSB	71

Figura 22	Variação da contagem de Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i> nas amostras de água coletadas da FSB	73
Figura 23	Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias nas amostras de água coletadas da FSB	75
Figura 24	Análise estatística da água e do efluente da FSB	78
Figura 25	Crescimento Experimento A - Número de Raquetes - Plantas 01 A 05	80
Figura 26	Crescimento Experimento A - Número de Raquetes - Plantas 06 A 10	81
Figura 27	Crescimento Experimento B - Número de Raquetes - Plantas 11 A 16	82
Figura 28	Crescimento Experimento B - Número de Raquetes - Plantas 17 A 21	83
Figura 29	Crescimento Experimento A – Altura da Planta - Plantas 01 A 05, em centímetros	85
Figura 30	Crescimento Experimento A – Altura da Planta - Plantas 06 A 10, em centímetros	86
Figura 31	Crescimento Experimento B – Altura da Planta - Plantas 11 A 15, em centímetros	88
Figura 32	Crescimento Experimento B – Altura da Planta - Plantas 16 A 21, em centímetros	88
Figura 33	Média do Número de Raquetes	93
Figura 34	Média da Altura das Plantas, em centímetros	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Parâmetros e metodologias utilizados na análise do Efluente. 52

-

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Dados da PNS no Brasil e Paraíba - 2022	31
Tabela 2	Parâmetros de qualidade da água e Resultados obtidos	56/57
Tabela 3	Varição dos valores de valores de Dureza em Ca^{2+} e Mg^{2+} nas amostras de água coletadas da FSB	72
Tabela 4	Resultados da comparação entre os grupos de coletas de efluente	77
Tabela 5	Crescimento da Palma (<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.). Contagem número de raquetes	79
Tabela 6	Crescimento da Palma (<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.). Medição da Altura da Planta 01 a Planta 10, em centímetros.	84
Tabela 7	Crescimento da Palma (<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.). Medição da Altura da Planta 11 à Planta 21, em centímetros.	87
Tabela 8	Estatísticas descritivas do Número de Raquetes e Altura ao longo do tempo (T1 até T5)	91
Tabela 9	Teste de Wilcoxon signed-rank de avaliação de crescimento de raquetes e altura para os grupos controle e experimental separadamente	92
Tabela 10	Diferença no número de raquetes e de altura (T5-T1) entre grupos controle e experimental	93

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a. C	Antes de Cristo
ABCON/SINDCON	Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto/Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al ₂ (SO ₄) ₃	Sulfato de Alumínio
APHA	American Public Health Association
Ca ²⁺	Íons Cálcio
CACO ₃	Carbonato de Cálcio (Calcita)
CE	Condutividade Elétrica
cm	Centímetro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTRN	Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
DBO ou DBO5	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
E. COLI	Escherichia Coli
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<i>et al</i>	E Outros
Fapesq	Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado da Paraíba
FSB	Fossas Sépticas Biodigestoras
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
g. kg ⁻¹	Gramas por Quilogramas
g/L	Gramas por Litro
hab/km ²	Habitantes por quilômetro quadrado
H+	Íons Hidrogênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K ⁺ mg/L	Íons Potássio em Miligramas por Litro
kg/há ou kg.ha-1	Quilograma por Hectare
L	Litros
LABDES	Laboratório de Referência em Dessalinização
m ²	Metro Quadrado
m ³	Metro Cúbico
mg	Miligramas
MG	Minas Gerais
mg de O ₂ /L	Miligramas de Oxigênio por Litro
mg/L	Miligramas por Mililitros
Mg ²⁺	Íons Magnésio
mho	Micromhos
mm	Milímetros
MSV	Massa Seca Vegetal
Na ²⁺	Íons Sódio

NBR	Norma Brasileira
NE	Região Nordeste do Brasil
NMP/100 mL	Número Máximo Permitido por Litro
N-NH ₃	Amônia
N-NO ₂	Nitrito
N-NO ₃	Nitrato
NPK	Fertilizantes a Base De Nitrogênio, Fósforo e Potássio
O ₂	Oxigênio Molecular
P	Fósforo Molecular
PB	Paraíba
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNS	Pesquisa Nacional de Saneamento
PPGEGERN	Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais
PR	Paraná
Pt - Co/L	Platina Cobalto Por Litro
PVC	Policloreto de Vinila
SAB	Semiárido Brasileiro
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento Dos Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
SPSS	Statistical Package For Social Science
SWOT	É Uma Ferramenta de Gestão. Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats
TO	Tocantins
uH	Unidades Hazen
uT	Unidades de Turbidez

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA.....	20
1.2 JUSTIFICATIVA	22
1.3 OBJETIVOS.....	24
1.3.1 OBJETIVO GERAL	24
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1 HISTÓRICA GERAL DO SANEAMENTO.....	25
2.2 HISTÓRICO DO SANEAMENTO NO BRASIL.....	26
2.3 SANITARISMO.....	28
2.4 PERFIL DO SANEAMENTO BRASILEIRO NA ATUALIDADE	30
2.5 SANEAMENTO RURAL.....	31
2.6 CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO	34
2.6.1 ASPECTOS FÍSICOS:	35
2.6.2 ASPECTOS QUÍMICOS.....	36
2.7 PERCURSO LEGAL DO USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	37
2.8 FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA	40
2.8.1 BREVE DESCRIÇÃO DA FSB.....	40
2.9 USO DE EFLUENTE HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA	42
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	43
3.1.1 HISTÓRIA DE BOA VISTA-PB E POTENCIALIDADES ECONÔMICAS DA REGIÃO DO BRAVO	46
3.2. FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA NO SÍTIO LAJEDO DO BRAVO ...	47
3.2.1 LOCAL DE INSTALAÇÃO	47
3.2.2 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO	48
3.2.3 COLETA E ANÁLISE DO EFLUENTE.....	50
3.3 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA	53
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
4.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	56
4.1.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE).....	58

4.1.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH).....	59
4.1.3 COR E TURBIDEZ	60
4.1.4 SÓDIO, POTÁSSIO E FÓSFORO.....	63
4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS	73
4.2.1 CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS E ESCHERICHIA COLI	73
4.2.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	75
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS PARÂMETROS DO EFLUENTE DA FSB	77
4.4 ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA.....	79
4.4.1 – DE ACORDO COM O NÚMERO DE RAQUETES.....	79
4.4.2 – DE ACORDO COM A ALTURA DA PLANTA.....	84
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA ATRAVÉS DAS ANÁLISES E TESTES DE WILCOXON E MANN-WHITNEY	89
4.5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	90
4.6 PERSPECTIVA DE PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA EM COMUNIDADE USUÁRIA DE FSB	95
5. CONCLUSÕES.....	96
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS	107
ANEXO I: ORÇAMENTO DA MONTAGEM DA FSB	107
ANEXO II: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C1).....	108
ANEXO III: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C2).....	108
ANEXO IV: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C3).....	109
ANEXO V: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C4).....	109
ANEXO VI: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C5).....	110
ANEXO VII: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C6)	110
ANEXO VIII: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C7).....	111

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA

As discussões sobre saneamento têm ocupado posição de destaque nos últimos encontros científicos e meios de comunicação globais. As tentativas de promover debates acerca dos assuntos sobre meio ambiente e natureza muito se deve à crescente preocupação da comunidade acadêmica, órgãos gestores, governamentais e grandes conglomerados fabris em garantir condições de sustentabilidade que promovam um desenvolvimento equilibrado e duradouro.

Os avanços tecnológicos e industriais têm obtido crescimento vertiginoso nas últimas décadas alavancando o poderio econômico e bélico das nações mais abastadas economicamente muito impulsionado pela necessidade de produção contínua e sobrepujante para os anseios de uma população que, cada vez mais, cresce numericamente. (NAZARENO, 2018)

Em contrapartida, este crescimento tem ocorrido às custas de uma importante poluição ambiental, com degradação voraz do meio ambiente através do lançamento de rejeitos e sobras industriais/domésticas diretamente no solo ou em leitos de rios e córregos, sem pouco ou nenhum tratamento prévio acarretando contaminações de solo e águas de reservatórios determinando uma crise de abastecimento e distribuição de água de qualidade para o consumo humano, animal e vegetal.

Neste sentido, a agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU previu 17 macro (ODS) norteando um direcionamento global de ações que minimizassem as diferenças socioeconômicas mundiais e mitigassem flagelos sociais como a fome e a pobreza, equalizando questões estruturais através de maiores coberturas de redes de saneamento. Esta agenda apresentou premissas no esforço solidário entre a população mundial e governos através de mobilização de recursos. (SERAFINNI, 2022)

Dentre as ODS contantes no acordo da ONU aquelas alcançadas pela temática deste estudo e que merecem receber destaque são as ODS 2, acerca do objetivo de uma agricultura sustentável; a 6, que versa sobre o desafio de melhoria de acesso, tratamento e distribuição de Água Potável; a 9, e cuja meta consiste em construir infraestruturas resilientes, como no caso da FSB, e promover a expansão industrial; e a 11, com a temática das cidades sustentáveis cujo descritivo é transformar os espaços urbanos e

assentamentos humanos produtivos, inclusivos, seguros, tanto a saúde física quanto a mental. (SERAFINNI, 2022)

Apesar do aumento dos investimentos e dos avanços ocorridos nas políticas de saneamento brasileiro boa parte do planejamento ainda não se concretizou ao longo dos anos persistindo áreas de escassez com dificuldades de acesso à água potável, sistema de coleta de esgotos precários e até mesmo inexistente, principalmente nas comunidades rurais onde a tecnologia tende a ser incorporada de forma tardia.

De acordo com Baptista e Nascimento (2022, apud Unicef, 2021) mais de 1,4 bilhão de pessoas vivem em áreas de alta ou extremamente alta vulnerabilidade de água e que esta tendência tende a aumentar em projeções futuras em decorrência do desenvolvimento industrial e o crescimento da população.

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2020 (Brasil, 2021) apontam para um crescimento desigual entre 1995 e 2020, entre a oferta pública de água tratada para cidades (abrangendo cerca de 99% da população amostral) e a coleta pública sistemática de esgotos (que abrange aproximadamente 60% da população). Deste último percentual, 4 em cada 10 unidades residenciais utilizam soluções alternativas individuais de coleta como fossas sépticas, rudimentares ou depositam a céu aberto.

Nas comunidades rurais este quadro tende a ser mais preocupante devido estas regiões apresentarem condições áridas em seu clima, vegetação espinhosa e pouco frutífera além de menor prioridade administrativa de governos públicos bem como pouca atenção de investimentos privados a despeito das áreas de interesse econômico e estratégia de produção agropecuária. (DOMINGOS, 2019)

Machado (2019) relata que a falta de acesso aos serviços adequados de saneamento das regiões rurais brasileiras apresenta um índice que se aproxima dos 80% com quase 5 milhões de brasileiros sem nenhum tipo de estrutura sanitária, relegando seus dejetos em fossas artesanais muitas delas em contato direto com o solo promovendo poluição tanto do solo quanto de acumulações de águas superficiais e profundas, comprometendo o consumo de água de animais e plantações.

Na Paraíba, conforme dados do Instituto Trata Brasil, através do painel de saneamento para o ano de 2020, revelaram que 83% da população tinha acesso a água potável de qualidade, porém aproximadamente 62% não tinham sistema de coleta de esgoto com índice de 43% no comparativo entre a água consumida e o esgoto tratado.

Diante de tão baixa porcentagem de tratamento de esgoto, as soluções alternativas de tratamento de esgoto doméstico, como a utilização de fossas sépticas biodigestoras, tem sido um importante aliado no combate a escassez de água contribuindo para que comunidades rurais tenham opção de outras fontes de água para subsistência de criação de animais e cultivo de plantações trazendo benefícios sociais e econômicos com impacto direto na renda familiar e na diminuição dos índices de morbi mortalidade por doenças de veiculação hídrica nestas regiões.

Neste contexto, o estudo e aplicação de estratégias de reuso de águas residuárias de esgoto doméstico, através da implantação e funcionamento de fossas sépticas biodigestoras tem notoriedade promissora, não só pelos ótimos resultados de qualidade de água obtidos em estudos acadêmicos anteriores como também pelo baixo custo de implantação e manutenção, apresentando potencial para implementação massiva nas comunidades rurais por pequenos e médios agricultores familiares.

Diante disso, surge a seguinte questão: *o efluente decorrente de FSB instalada em uma residência rural do município de Boa Vista-PB, situada na região do Semiárido brasileiro (SAB), apresentaria as condições físico-químicas e biológicas adequadas para o cultivo de palma forrageira *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. naquela propriedade?*

1.2 JUSTIFICATIVA

A carência estrutural de saneamento básico nas comunidades rurais se constitui como um berço de vulnerabilidades sociais e políticas que comprometem tanto as atividades laborais e a produtividade quanto o estado de saúde individual e coletivo.

A dejeção de efluente sanitário não tratado, diretamente no solo, promove degradação ambiental de grande monta com alteração das propriedades edáficas do solo e expõe substancialmente os moradores aos riscos de desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica através da contaminação infiltrante dos corpos d'água sub ou adjacentes aos dejetos.

A calamidade estrutural do saneamento tende a ser potencializada quando a comunidade rural se encontra localizada nas regiões semiáridas do Brasil, que sofre sazonalmente com períodos longos de estiagem e um solo mais ressequido.

Sendo assim, a adoção e desenvolvimento de tecnologias sociais que fortaleçam o enfrentamento das intempéries climáticas se torna uma estratégia vital para

sobrevivência das comunidades dessas regiões cujo sustento é advindo da produção rural familiar e da criação de animais adaptados ao clima local.

Neste contexto, o reuso das águas oriundas das eliminações sanitárias pós tratamento através da implantação e funcionamento de FSB se constitui uma possibilidade real e sustentável tanto para a irrigação da agricultura familiar da região do Semiárido, cujo efluente possui os nutrientes necessários para o desenvolvimento de culturas forrageiras e frutíferas, ao passo que também promove redução da poluição do meio ambiente, como dos rios e solos, e proporciona maior disponibilidade de água para consumo animal (SANDRI *et al.*, 2007).

Para Andrade (2021), a sazonalidade das chuvas implica diretamente na disponibilidade de pasto para alimentos da criação rural. Sendo assim, é mister implementar alternativas que garantam o suporte nutricional dos animais através de manutenção ou aumento de aporte forrageiro e ou frutífero, culminado em ações geradoras de trabalho e renda para a comunidade local.

Ainda conforme o autor, ações de saneamento fortalecem o condicionamento humano e promovem a resiliência da população rural às vulnerabilidades decorrentes de intempéries climáticas e oscilações econômicas, promovendo meios para a redução dos índices de morbimortalidade, mitigação da fome e manejo agropecuário sustentável. Uma gestão de recursos naturais com engajamento político e social deve ter como premissa principal a busca por melhorias ambientais que culminem no uso protetivo e sustentável do meio ambiente através de ações profícuas de baixo custo.

Mesmo após 20 anos do estudo pioneiro elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Novaes, 2002), o qual introduziu a técnica de utilização de FSB como alternativa relevante de saneamento rural justamente pela viabilidade técnica de montagem e funcionamento, as ações de saneamento rural em nível nacional aparentam não haverem prosperado neste caminho como era a expectativa inicial devido aos baixos índices de saneamento rural no Brasil.

Neste sentido, esta pesquisa possui intuito de fortalecer as ações do saneamento rural tentando corroborar com a perspectiva de produção de um estudo cujos resultados corroboram com os benefícios de um efluente potencialmente útil e relevante à subsistência das comunidades rurais. E assegure a utilização e domínio da técnica de construção e funcionamento de uma FSB, para que esta se estabeleça e seja uma alternativa consolidada pelo poder público e promova o fortalecimento de parcerias e

cooperação técnica entre instituições de ensino e pesquisa e estimulem o engajamento social na busca do desenvolvimento sustentável local.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a qualidade da água do efluente de fossa séptica biodigestora (FSB) instalada em residência rural no Sítio Bravo, município de Boa Vista-PB e sua viabilidade no cultivo da palma forrageira *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.)

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os elementos químicos e substâncias presentes no efluente da FSB;
- Mensurar a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) dissolvida no efluente;
- Analisar quantitativamente a carga microbiológica do efluente;
- Comparar os valores dos índices dos elementos encontrados no efluente da FSB com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente para o cultivo da palma forrageira *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.),.
- Analisar o crescimento da palma forrageira *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), irrigada com o biofertilizante efluente da FSB;
- Estimar a produção geral de palma forrageira através do resultado do crescimento da planta

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICA GERAL DO SANEAMENTO

A história evolutiva dos construtos e concepções cognitivas e práticas acerca do saneamento são tão antigas quanto a própria história. Devido a essencialidade da água para sobrevivência da vida, o desenvolvimento rápido das cidades e civilizações com a sempre crescente demanda por água, sua busca incessante, principalmente em regiões áridas e inóspitas, propiciou o desenvolvimento de técnicas e estratégias de extração e retenção que serviram de modelo para gerações futuras. (DIAZ; NUNES, 2020)

Os Chineses da Idade Antiga desenvolveram técnicas de escavação em busca de águas subterrâneas profundas através da abertura de poços de cerca de 100 metros de profundidade. Em 3.750 a.C, construções de redes de esgoto foram descritas e relatadas na Antiga Babilônia (Mesopotâmia/ Atual Iraque) e redes de água foram identificadas na Assíria por volta de 690 a.C. O sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) para coagular partículas foi descrito pela civilização egípcia antiga. (SILVA, 2016)

A associação entre o consumo de água e geração ou proliferação de doenças impulsionou os povos mais antigos na adoção de medidas de purificação da água e separação dos esgotos. Registros por escrito na Índia, referiam cuidados inerentes ao consumo da água, armazenamento em vasos de cobre, processos de e purificação da água pela utilização de carvão, aquecimento direto pela luz solar ou fervura através do aquecimento por uma barra de ferro introduzida, seguida por filtração em areia e cascalho grosso. (BARROS, 2014)

Figura 1: Latrinas de Roma.



Figura 2: Aquedutos de Roma.



Fonte: SILVA, 2016

Os povos Romanos foram reconhecidos pelas grandes obras de engenharia que proporcionaram o transporte de água de consumo entre grandes distâncias com a construção de aquedutos, reservatórios e grandes termas (Figura 2). Não apenas pelas

obras de transporte de água, os Romanos também se destacaram por ser um povo habituado com as questões de higiene e limpeza corporais, através da prática do banho e separação dos dejetos fecais das fontes de água, demandando, assim, ações na construção de banheiros públicos, imensas latrinas e chafarizes para uso coletivo. Ações como estas serviram como prevenção na disseminação de doenças como a tifo e disenterias. (SILVA, 2016; DIAZ; NUNES, 2020)

A relação direta entre as condições de saneamento ambiental e o aparecimento de doenças transmissíveis foi um marco inicial importante para as ações de desenvolvimento social pela possibilidade real de prevenção de doenças veiculadas ou não pela água. As teorias mais antigas, como a teoria dos miasmas, que referia a transmissão de doenças pelos odores do ar e a proposta por Hipócrates, que relacionou o aparecimento de doenças à qualidade da água ingerida, balizaram os estudos microbiologia que haveriam de surgir posteriormente. (PEREIRA; VEIGA, 2014).

2.2 HISTÓRICO DO SANEAMENTO NO BRASIL

Remontar o arcabouço histórico que evidencia as ações de saneamento implementadas no território brasileiro desde os idos de seu descobrimento pelas forças expedicionárias portuguesas até o presente implica relacionar seu desenvolvimento social e infra estrutural com as características evolutivas de um Brasil inicialmente colonial e, assim, dependente política e economicamente de nações maiores e mais pujantes a uma nação ora independente e responsável pelas próprias decisões administrativas.

Conforme Barros (2014) o processo de saneamento brasileiro teve sua origem na cidade do Rio de Janeiro com a construção de um poço pelo então fundador Estácio de Sá, em 1565. Cem anos depois, foram iniciadas as obras do primeiro aqueduto sendo apenas em 1864 concluída a primeira rede de esgotos do Brasil.

A intenção maior da coroa portuguesa nas terras recém-descobertas da América do Sul, a priori, era de explorar as riquezas naturais, notoriamente abundantes, e, assim, elevar seu capital econômico. (MURTHA; et a, 2015)

Ainda conforme o autor supracitado, no entanto, devido às incapacidades técnicas de exploração de uma terra tão vasta e iminentemente próspera por parte de Portugal, a coroa estabeleceu acordos e tratados internacionais que propiciaram a permissão a outras nações participarem das ações exploratórias dando início a alguns ciclos econômicos como o do açúcar, do ouro e do café. Neste contexto, as ações de

saneamento estariam majoritariamente voltadas para o desempenho dessas atividades econômicas.

A capitania de Pernambuco, assim denominada quando da divisão territorial em sesmarias, foi administrada pela coroa holandesa entre os anos de 1630 e 1654 a qual desenvolveu ações voltadas ao saneamento no que seria um rearranjo urbanístico da região. (MURTHA *et al.*, 2015)

Com a derrocada do comércio açucareiro após a saída dos holandeses, a colônia brasileira envidou esforços na busca de outras fontes de recursos alavancando o processo de interiorização do país. Neste contexto ganha destaque a extração de ouro e diamante e o avanço pecuarista. Como consequência evidenciou-se o crescimento populacional tanto nativo quanto imigrante atingindo patamares de mais de 3 milhões de habitantes favorecendo as concentrações urbanas e a formação de cidades. (IDEM, 2015)

O processo de industrialização massivo encabeçado pela Inglaterra e França produziram efeitos no Brasil exercendo influência no processo de descolonização e abertura de mercados. Com a chegada da coroa portuguesa ao Brasil em 1808, foi decretada a abertura dos portos às nações amigas (Inglaterra) e, posteriormente, a emancipação brasileira dos domínios portugueses. (FURTADO, 2007)

Em suma, as ações de saneamento no Brasil, desde o período colonial até o final do século XIX, tinham profunda relação com os desdobramentos político econômicos da Europa colonialista industrial potencializada pela insuficiência econômica da colônia brasileira que se tornou dependente do capital estrangeiro para trazer recursos para desenvolvimento e firmeza de uma nação agora soberana. Com os aportes financeiros oriundos das novas potências econômicas europeias o Brasil obteve avanço infra estrutural não apenas nas áreas do saneamento, mas também iluminação a gás, eletrificação, transporte (bondes, ferroviário) e serviço de correios. (IBIDEM, 2015).

Do ponto vista político econômico, estas medidas foram tomadas baseando-se no capital estrangeiro através do fomento de empresas privadas que investiram na construção das tubulações e estações de tratamento e obtiveram o retorno financeiro pela cobrança dos serviços; o que, de certa forma, acabou por privilegiar a camada social mais empoderada das grandes cidades que era aquelas que podiam pagar pelos serviços, concentrando esta população nos centros e repelindo os mais pobres para a periferia das cidades, locais desprovidos de condições sanitárias ideais. (IBIDEM, 2015)

Sendo assim, as obras de saneamento contribuíram para o desenvolvimento das cidades, mas não atingiu a totalidade da população. Neste aspecto, as ações saneantes

foram influentemente pautadas pelas concepções de saúde e doença. (MURTHA *et al.*, 2015)

Barros (2014) salienta que a responsabilidade das ações de saneamento no início do século XIX foi transferida para a iniciativa privada, tendo as companhias inglesas como principal representante. Diante disso, cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre puderam desenvolver obras de canalização e tratamento de água:

“...entre 1857 e 1877, após assinar contrato com a empresa Achilles Martin D’Étudens. Em Porto Alegre, o sistema de abastecimento de água encanada foi concluído em 1861, e o do Rio de Janeiro em 1876, por Antônio Gabrielli. Com o uso do decantador Dortmund, o sistema do Rio de Janeiro se tornou pioneiro na inauguração em nível mundial de uma Estação de Tratamento de Água (ETA), com seis filtros rápidos de pressão ar/água.” (BARROS, 2014).

2.3 SANITARISMO

As obras de saneamento do final do século XIX e início do século XX estavam intrinsecamente relacionadas com a prevenção de doenças ou com o controle de epidemias e pragas, sendo explicitado em lema de campanha do Presidente da República da época, Rodrigues Alves, o qual discursou que se dedicaria ao melhoramento dos Portos e ao Saneamento. (RIO DE JANEIRO, 2006).

Neste contexto, ainda sob a égide miasmática, as ações sanitárias foram fortemente influenciadas pela concepção dos mecanismos do processo de saúde/doença relacionados com os condicionantes e comportamentos sociais e ambientais. A abertura dos portos pelo então príncipe regente trouxe consigo a preocupação com os estrangeiros que entravam na colônia, bem como as condições da comida e da água. (Ibidem, 2006).

Carvalho (2014; Apud Silva, 2012) ressalta três importantes ações no intuito de traçar o perfil da realidade da colônia e possibilitar o planejamento de metas estruturais, a saber: criação da Intendência Geral da Polícia, o diagnóstico médico e o mapa oficial. Estes instrumentos serviriam de base para a elaboração de um projeto de estabelecimento da nova civilização recém-chegada.

Ainda conforme o autor, o estabelecimento do diagnóstico situacional de saúde e urbanismo ficou a cargo da classe médica, capitaneada por Manuel Vieira da Silva, que fariam a articulação entre os casos de doenças encontrados e as características

geográficas, robustecendo o discurso sanitarista higienista que predominou na Europa ocidental e nas Américas entre os séculos XIX e XX. (RIO DE JANEIRO, 2006).

A cidade do Rio de Janeiro, no início do século XX, tinha cerca de 700 mil habitantes e amargava muitos problemas urbanos como insuficiência na distribuição de água e coleta de esgotos, deposição de lixo ‘a céu aberto’ e habitações precárias populosas. (Idem, 2006).

Neste contexto observava-se a disseminação de doenças infecto contagiosas, como tuberculose, hanseníase, tifo, sarampo, escarlatina, difteria, coqueluche, febre amarela, peste bubônica e varíola, as três últimas responsáveis por grandes epidemias.

O estabelecimento da relação entre o processo saúde doença e as condições sócio sanitárias impulsionou a principal estratégia adotada pelos responsáveis da coroa a qual se caracterizou pelo combate veemente às endemias e epidemias instaladas nas terras brasileiras. (COSTA *et al*, 2011)

Ainda conforme os autores, com a criação das Comissões de Higiene, e, posteriormente, as Inspetorias de Saúde Pública, foram implementadas ações como fortalecimento e expansão de coletas de esgotos, tratamento de água, identificação e isolamento compulsório de pessoas doentes e vacinação em massa, principalmente contra a Varíola.

O início do século XX ficou marcado pelos conflitos populares decorrentes das medidas sanitárias rigorosas implementadas pela nova república. As mudanças paisagísticas bruscamente reformuladas para então concepção urbanística necessária ao enfrentamento das morbidades desabrigou violentamente muitos moradores das regiões centrais que foram relegados às periferias sem as mínimas condições de infraestrutura. (PAIVA; TEIXEIRA, 2014)

Diante deste contexto restava a implementação compulsória da vacinação em massa (Varíola), comandada pelo médico interventor Oswaldo Cruz, à frente da famigerada Polícia Sanitária, a qual foi ofertada ao povo com caráter impositivo e arbitrário gerando forte movimento opositor tanto pela população geral, quanto pelos meios de imprensa e escritores locais da época. (RIO DE JANEIRO, 2006)

A revolta da Vacina, como foi assim designada, foi um movimento popular de massa contrário à vacinação que ganhou força e engajamento social suficientes para fazer o governo recuar. (Ibidem, 2006).

O processo de urbanização brasileiro procurou simular os projetos arquitetônicos e paisagísticos ingleses que adotaram a estratégia de canalização do abastecimento de

água bem como medidas de purificação e filtração da água, e drenagem de esgotos das principais cidades tendo sido corroborada por estudiosos da época que evidenciaram a diminuição da propagação das doenças, a exemplo da cólera, e o emprego de medidas como higiene corporal e lavagem das mãos, isolamento dos doentes e cuidados com limpeza de alimentos. (AZEREDO; PACHECO, 2019).

2.4 PERFIL DO SANEAMENTO BRASILEIRO NA ATUALIDADE

Dados do SNIS, através da pesquisa nacional de saneamento básico, para o ano de 2020, apontou que, aproximadamente, 115 milhões de brasileiros foram atendidos por algum sistema de esgotamento sanitário, o que representou apenas 55% da população do país. Esta pesquisa mostrou a existência de uma extensão média de 363 mil quilômetros de redes de esgotos, no entanto apenas 51% deste esgoto passa por algum tipo de tratamento. Ainda de acordo com dados da pesquisa, as regiões norte e nordeste são as menos atendidas por sistemas de coleta de esgotos com apenas 13,1% e 30,3%, respectivamente, da sua população usufruindo deste serviço. (BRASIL, IBGE, 2022)

Figura 3 – Painel do Setor de Saneamento. Esgotamento sanitário brasileiro de 2020



Fonte: SNIS, (2022)

A tabela 1, abaixo, mostra um comparativo realizado pela Pesquisa Nacional de Saneamento (PNS) promovida pelo IBGE no ano de 2017. Conforme o estudo, do

quantitativo geral, apenas 39.536.402 economias são esgotadas. A Paraíba representa 1,14% desse total com 450.956 economias esgotadas.

Com relação à extensão total da rede coletora de esgoto o Brasil compreende 300.520 km da rede concluída com a Paraíba representando 0,66% com apenas 1.989 km de redes construídas e à disposição da população.

Esta pesquisa ainda revela que o volume de esgoto tratado por dia no Brasil foi de 10.983.179 m³ tendo a Paraíba uma participação de apenas 1,14% com 25.292 m³ diários. Com relação ao tipo de tratamento dos esgotos, o Brasil tratou na fase preliminar 262.665 m³, enquanto a Paraíba 5.864 m³ representando 2,23% do total. Já nas fases primárias e secundárias a Paraíba tratou 35.743 m³ e 83.685 m³, respectivamente, representando 5,58% e 1,10% do volume tratado nacionalmente.

Tabela 1: Dados da PNS no Brasil e Paraíba - 2022

DADOS	BRASIL	PARAÍBA	REPRESENTAÇÃO PERCENTUAL	MEDIDA
Número de economias esgotadas	39.536.402	450.956	1,14	unidades
Com rede de esgotamento sanitário	3.359	188	5,59	unidades
Sem rede de esgotamento sanitário	2.211	35	1,58	unidades
Extensão total da rede coletora de esgoto	300.520	1.989	0,66	km
Volume de esgoto tratado por dia	10.983.179	125.292	1,14	m ³
TIPO DE TRATAMENTO DO ESGOTO				
Preliminar	262.665	5.864	2,23	m ³
Primário	640.380	35.743	5,58	m ³
Secundário	7.600.732	83.685	1,1	m ³
Terciário	2.387.181	-		m ³

Fonte: IBGE (2022). Adaptado.

2.5 SANEAMENTO RURAL

As definições, conceitos e classificações de áreas de moradia rural e urbana foram devidamente enunciadas em leis e decretos para fins da administração pública. Estabelecer os critérios destas definições possibilitou a distinção e organização tributária rural e serviu de base para implementação de políticas voltadas para este segmento.

O Decreto-Lei 311 de 1938, através dos artigos 2º, 11º e 12º, definiu o conceito

de cidade, a quantidade mínima de moradias que deveria possuir a região considerada como sede do município e os obrigou a fixar os limites das áreas urbanas e suburbanas. É considerada como o primeiro dispositivo legal na definição dos territórios rurais e urbanos. Decorrente deste decreto, a Lei 4.504 de 1964 foi denominada de Estatuto da Terra e necessitou melhor conceituar os territórios rurais para fins da elaboração das políticas voltadas para as questões de produção agrícola e reforma agrária. (SEIFERT, 2008)

As delimitações das áreas urbanas e, conseqüentemente, as rurais permeiam um debate bastante controverso sobre as questões que envolvem urbanização. O crescimento acelerado das cidades, alavancado pelo crescimento demográfico dos grandes centros urbanos, tem ampliado os limites geográficos da cidade para o campo. No entanto esta ocupação tem se dado de forma desordenada e, até, por vezes, ilegal. (ANDREOLI *et al.*, 2003; apud DOMINGOS, 2019).

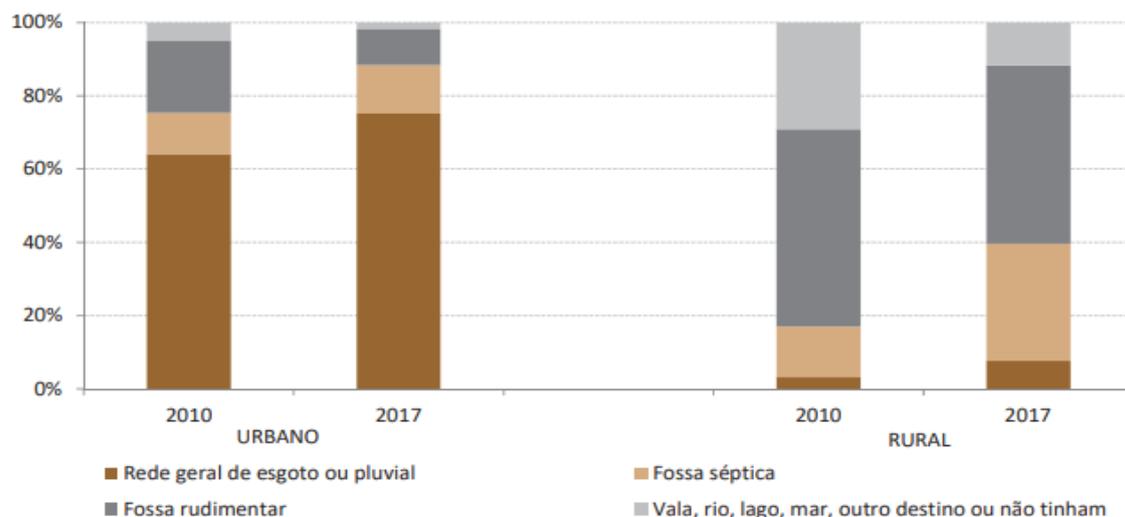
Ainda conforme estes autores, o loteamento de áreas rurais para fins urbanísticos tem gerado problemas ambientais sensíveis como consequência da criação de áreas de desmatamento e insuficiência de projetos infra estruturais que podem envolver sistemas de abastecimento de água e redes de coleta de lixo e esgotos.

Esrey (1996), realizou um estudo envolvendo 8 países no intuito de estabelecer relação entre as condições de abastecimento de água e coleta de esgotos com a qualidade da saúde mensurada através de dados como altura e peso de crianças de 3 a 36 meses, bem como a prevalência de diarreia em todas as faixas etárias.

Ainda conforme o autor, ao final do seu trabalho, ele constatou que existem diferenças na distribuição de água e coleta de esgotos bem como no desenvolvimento das crianças entre a zona urbana e rural, sendo os melhores índices encontrados na zona urbana. Sendo assim, ele concluiu que problemas como a desnutrição e diarreia são mais prevalentes na zona rural, a qual carece de maiores investimentos nas questões de abastecimento de água e coleta de esgotos. Ainda conforme o autor, o aparecimento de doenças está mais relacionado com déficits na coleta de esgoto do que na baixa qualidade da água ingerida.

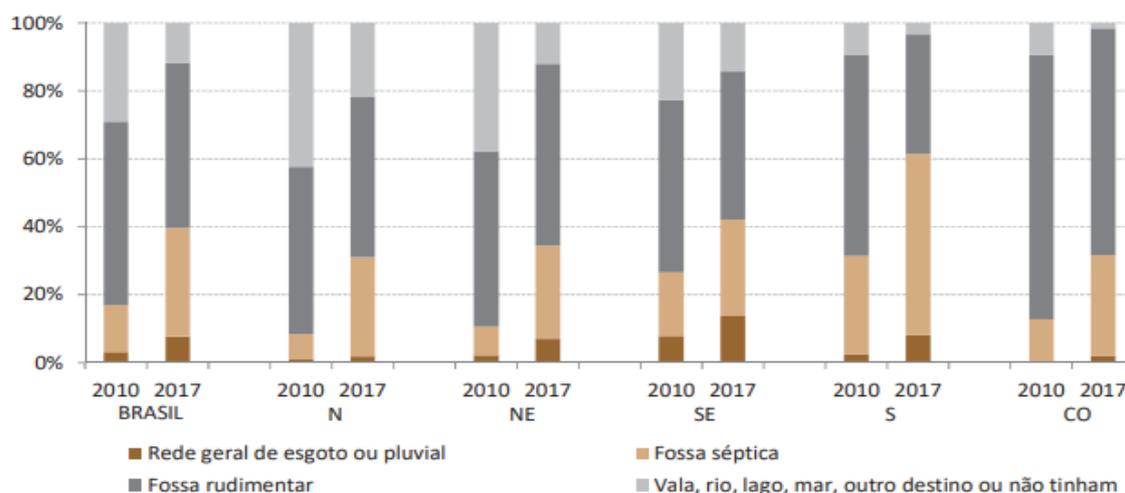
Conforme as figuras 4 e 5 abaixo, de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), há uma nítida discrepância entre a oferta de esgotamento sanitário dispensada às zonas urbanas em detrimento das zonas rurais.

Figura 4: Percentual de domicílios atendidos com esgotamento sanitário, por forma de afastamento, nas áreas urbana e rural do País - 2010 e 2017.



Fonte: BRASIL, 2019b

Figura 5: Percentual de domicílios rurais atendidos com esgotamento sanitário, por forma de afastamento, no País e nas macrorregiões, em 2010 e 2017.



Fonte: BRASIL, 2019b.

Ainda observando as figuras acima, apesar dos avanços percentuais na adoção do uso de fossas sépticas, verificados em termos de domicílios atendidos nas zonas rurais (13,9%, em 2010, para 32,0% em 2017), quase 50% dos domicílios rurais despejavam seus esgotos em fossas rudimentares e valas a céu aberto.

Ainda conforme o PLANSAB a região Nordeste (NE) ocupa uma posição desprivilegiada em comparação às outras regiões mesmo tendo observado algum avanço nos investimentos em saneamento, porém, na contramão deste avanço, o NE observou

um declínio entre os anos de 2010 e 2017 na questão de tratamento dos esgotos, dificultando ainda mais o alcance das metas traçadas nesta área.

É possível inferir que não só questões estruturais afetam estes dados, mas outras áreas como educação e renda podem interferir no êxito ou declínio destes investimentos. (BRASIL; 2019b)

Apesar dos avanços, esses investimentos, a passos lentos, ainda são insuficientes para a universalização do saneamento básico. Segundo a Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto/Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (ABCON/SINDCON, 2016).

Conforme apresentado, há um caminho longo para a universalização das ofertas de 100% de água e esgotos tratados nos lares brasileiros. Aumentar investimentos, elaborar processos educativos, dirimir as discrepâncias e reduzir índices de doenças e incrementos causados por doenças ligadas diretamente às questões de saneamento. O PLANSAB estabeleceu a meta de universalizar os serviços de água tratada e coleta de esgoto até 2033, com investimentos públicos e privados estimados em R\$ 304 bilhões. (IDEM, 2019b)

2.6 CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO

A poluição dos corpos aquáticos ocorre quando são adicionados a estes alguns conteúdos, substâncias ou outra forma de energia que altere sua natureza primária e inviabilize sua utilização, ou pelo menos a torne imprópria para as principais atividades humanas e animais. Neste sentido, as cargas poluidoras dos corpos hídricos podem ser divididas conforme sua origem sendo: o esgoto doméstico, industrial, ou aqueles advindos do escoamento superficial tanto urbano, quanto rural. (VON SPERLING, 1996)

A NBR 9648 (ABNT, 1986, p.1) define esgoto doméstico como: *“Despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária.”* (ABNT, 1986, p.1).

Para a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) o esgoto doméstico é aquele oriundo de residências, instituições comerciais, ou edifícios que possuam banheiros, lavanderias ou cozinhas e possuem em sua composição as águas de lavagem no geral, dejetos orgânicos e derivados dos saponáceos. Podem também serem denominadas de águas servidas ou águas residuárias, (BRASIL, 2019a)

Tonetti *et al.* (2018) definem que o esgoto doméstico é o resultado de uma combinação entre o esgoto gerado por vasos sanitários (águas negras, BRASIL, 2019) e *águas cinzas* gerados através de atividades domésticas. Para eles, as águas cinzas são aquelas oriundas dos ralos de chuveiros, pias ou de lavagens em geral.

Conforme Brasil (2019a), os esgotos domésticos são compostos por uma porcentagem majoritária de água (99%) e outra parte menor composta por materiais sólidos orgânicos, inorgânicos e, também por micro-organismos. Esta composição sólida irá depender de alguns condicionantes como o local do despejo, hábitos regionais, fatores climáticos e condições socioeconômicas da população.

Por se tratar de uma mistura de compostos heterogêneos advindos das dejeções humanas, os esgotos possuem características peculiares que facilitam sua identificação e classificação.

Para Brasil (2019a), os esgotos domésticos possuem **aspectos físicos e químicos**:

2.6.1 ASPECTOS FÍSICOS:

As composições dos esgotos domésticos compreendem as medições de (o): (LOPES, 2015)

- Teor de matéria sólida: Com exceção da matéria gasosa, compreende toda a massa de contaminantes do esgoto. Principal meio propagador de poluição e doenças de veiculação hídrica;
- Temperatura: Geralmente superior a temperatura do ar circundante e das águas de abastecimento. Quando exposto às altas temperaturas, acontece o aceleração da maturação do esgoto pelo processo de fermentação.
- Odor: A presença de odor característico advindo da liberação aerada de gases ocorridas no processo de fermentação do despejo podendo facilitar a identificação do estágio de maturação do esgoto e revelar a presença massiva de matéria orgânica suspensa, podendo trazer prejuízos econômicos e sociais;
- Cor e Turbidez: Dizem respeito às condições visuais do esgoto a olho nu e podem facilitar a identificação do grau de maturação do despejo. Tons acinzentados podem compreender um esgoto recente, no entanto tons mais acastanhados ou mesmo escuros pode ser um indicativo de um esgoto maturado.

2.6.2 ASPECTOS QUÍMICOS.

Dois grandes grupos subdividem as características químicas do efluente: matéria orgânica e matéria inorgânica.

Brasil (2019a) descreve Matéria orgânica como todo composto, material ou substância que tenha na sua composição os elementos naturais carbono, hidrogênio e oxigênio. Os autores inferem que 70% dos sólidos nos esgotos domésticos são de origem orgânica alcunhado de sólidos voláteis.

A matéria orgânica nitrogenada é uma das mais prevalentes e abundantes nos esgotos domésticos, podendo representar até 60% de sua composição. O nitrogênio é muito importante na fixação de algumas bactérias presentes no solo sendo também um dos principais constituintes dos organismos dos animais através da formação molecular das proteínas, responsáveis pela estrutura corporal, regulação de hormônios, síntese proteica e composição de algumas vitaminas. A liberação de gás sulfídrico pelos reatores das FSB são produtos da liberação do elemento enxofre pelas proteínas. (BRASIL, 2019a)

A matéria orgânica carbonada ou carbonácea constitui cerca de 30% da matéria orgânica do esgoto doméstico. São consideradas fontes energéticas para os micro-organismos existentes no esgoto. A quebra destes compostos gera ácidos orgânicos elevando as concentrações de pH no despejo. (Idem, 2019a)

As gorduras e detergentes (surfactantes) são constituintes importantes na estruturação líquido-sólida do esgoto doméstico. O uso de substâncias com efeito saponáceo promove aumento da espuma nos leitos e na desembocadura podendo facilitar processos de entupimento ou lentidão de escoamento. (Ibidem, 2019a)

A presença de matéria orgânica nos esgotos pode ser identificada e quantificada por métodos diretos, através da mensuração total de carbono orgânico; ou pelos métodos indiretos quantificados pelo cálculo da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ou da Demanda Química de Oxigênio (DQO). Quanto maior for o consumo de oxigênio por parte de microrganismos aeróbios presentes nos despejos, maior será a demanda de oxigênio e, por conseguinte, a poluição orgânica do esgoto. A medida padrão da DBO no estágio de estabilização do esgoto está condicionada a uma temperatura de 20°C a ser realizada no quinto dia de exposição do esgoto. A DBO dos esgotos domésticos brutos pode sofrer oscilação entre 200 e 400 mg/L de esgoto. (BRASIL, 2019)

A DQO realiza a mensuração das cargas orgânicas dos esgotos através de reações químicas. Normalmente é utilizado o dicromato de potássio. Enquanto a medição de DBO pode durar até dias de análise, o método de DQO pode apresentar resultados confiáveis em poucas horas. Sua principal desvantagem é proceder a oxidação simultânea das substâncias inertes do esgoto. A razão entre DBO e DQO no esgoto doméstico bruto apresenta valor estimado em 2. (BRASIL, 2019a)

2.7 PERCURSO LEGAL DO USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A criação do Código de Águas no início do século XX foi considerado o primeiro dispositivo legal que versou sobre as regras de utilização da água para abastecimento. Conforme este instrumento, era obrigatória a liberação de outorga para desvio do curso de corpos hídricos. À época, os recursos hídricos eram considerados inesgotáveis e não demandavam preocupação com as possíveis degradações decorrentes do uso indevido ou descuidado. (ABREU, 2019).

Almeida (2011), ao estender a evolução do fio histórico da política de uso das águas, em território brasileiro, aludiu que o país observou uma organização político legislativa, atinente ao uso da água

Conforme o autor, as primeiras marcas legislativas surgiram nas primeiras décadas dos anos 1900 e foram representadas pela criação do Código das Águas (1934) o qual demonstrava preocupação com as fontes de matrizes energéticas na transição econômica entre a produção agrária e a industrial; o Código Florestal através da Lei n°. 4.771/65 que trata da preservação da vegetação do entorno das nascentes.

Embora seja antiga a preocupação em utilizar água tratada para uso de pessoas e animais, evidencia-se que a legislação elaborada para regulação do uso e descarte das águas servidas tem origem mais recente.

A criação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) ocorreu apenas no terço final do século XX onde culminou com o surgimento do CONAMA através da Lei 6.938/81 que disporia sobre a PNMA, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Este instrumento nortearia os investimentos e incentivos governamentais na elaboração de pesquisas e desenvolvimento de tecnologias que promovessem proteção ao meio ambiente e favorecessem o uso racional da água. (BRASIL, 2022c).

A Constituição de 1988 procurou consolidar as definições sobre o uso dos recursos naturais, incluindo os recursos hídricos, e criou as bases para a promulgação da

Lei 9433/97, mais conhecida como a Lei das Águas que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH). Conforme este instrumento, a água passaria para a condição de um recurso finito, passível de escassez, e sua gestão se daria de forma descentralizada. (ALMEIDA, 2011).

Atualmente, as diretrizes da política regulatória sobre os assuntos relacionados ao meio ambiente e recursos hídricos são determinadas e reguladas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo pertencente ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) instituído pela Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, a qual foi regulamentada pelo Decreto 99.274/90. (BRASIL, 2022a)

Ainda se têm a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, denominada de lei do saneamento básico, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Definiu o conceito de saneamento básico e ancorou princípios fundamentais para a prestação dos serviços.

“Art. 2o Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

I - universalização do acesso;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;...”

Art. 3o Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - saneamento básico: conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável:...

b) esgotamento sanitário...;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos...;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas...”

(BRASIL, 2007)

Em 2011, seria publicado pelo CONAMA a resolução 430/2011 que disporia sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando e alterando a Resolução no 357/05, do mesmo Conselho. A este instrumento coube estabelecer os padrões toleráveis de emissão dos compostos químicos e orgânicos dos efluentes de esgotos, direto no meio ambiente. A seção III desta resolução enfatiza e descreve os

padrões toleráveis de composição do esgoto doméstico. Ainda em vigor, esta resolução deve ser a balizadora na medição dos condicionantes constituintes dos esgotos em geral, mais especificamente os esgotos domésticos. (BRASIL, 2011)

Mediante o avanço das políticas e estratégias públicas no tocante a importância da regulação do uso da água e ações de saneamento foi criado, em 2013, o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) como resposta a obrigatoriedade do governo federal de elaborar, executar e instituir diretrizes e planos nacionais com finalidade para o desenvolvimento urbano e saneamento básico. Este Plano estabeleceu metas de investimentos e desenvolvimento de curto, médio e longo prazo com data limite para 2033. (BRASIL, 2013).

Almeida (2011) destaca a escassez de normas específicas que regularizem a padronização do reuso de águas residuárias de forma mais abrangente e aglutinadora, no Brasil, no entanto o país já possui uma carga legislativa e normativa bem evidente que possibilita a construção de um arcabouço legal que contemple as especificidades socioeconômicas brasileiras e estabeleça códigos nacionais de práticas seguras no descarte dos efluentes no meio ambiente.

O novo Marco Legal do Saneamento foi aprovado e sancionado pela Presidência em meados de 2020 através da Lei 14.026 que alterou a Lei 11.445 de 2007 conceituando saneamento como sendo:

“O conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. (AREAL, 2023)

Este novo marco buscou atrair ou ampliar a participação da iniciativa privada nas ações de saneamento básico nacional, bem como aumentar os investimentos no setor a fim de promover e facilitar parcerias institucionais e governamentais favorecendo ao agrupamento de municípios, melhorias na contratualização e regulação dos sistemas saneantes, e a consolidação das normas vigentes. (AREAL, 2023)

Para Paganini; Bocchiglieri (2021) as alterações apresentadas no NMLS são drasticamente significativas na medida em que houve interferência relevante nas questões de detenção dos direitos de exploração dos serviços de saneamento seja municipal, estadual, consórcios ou aglomerados regionais, bem como arbitrou sobre as questões de tarifas e taxas de serviço com ressarcimento por parte das concessionárias.

Os autores salientaram que, com vistas à ampliação da oferta de água e esgotos tratados, o NMLS corroborou com o compromisso de metas de alcance de quase de 100% para toda população brasileira em modalidades sustentáveis

2.8 FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA

Esta modalidade de saneamento tem sua origem na demanda urgente em promover meios eficientes de tratamento de esgoto com uma agregação mínima de tecnologia e economia de recursos estruturais e financeiros. Os meios rudimentares amplamente utilizados pelos moradores de zonas rurais para escoamento de esgoto doméstico são promotores de sensível poluição ambiental através da contaminação massiva de solo e lençóis freáticos, além de facilitarem a propagação de doenças infecciosas de veiculação hídrica. (FAUSTINO; 2007)

Desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) o sistema se tornou bastante promissor pelo baixo custo de montagem e manutenção e por serem bem eficazes na eliminação dos componentes biológicos e, por conseguinte poderem ser desprezados diretamente no solo após a última etapa de tratamento. Consiste em um modelo padrão que pode atender uma família de até cinco pessoas, produzindo cerca de 50 L/dia de resíduos de esgoto sanitário, perfazendo um total de 1.500 L/mês. (NOVAES, 2002; ABNT, 1997).

2.8.1 BREVE DESCRIÇÃO DA FSB

Como referencial técnico para elaboração do Projeto de construção e implantação de FSB, foi considerada também as orientações contidas na cartilha de construção de FSB com caixas d'água desenvolvida por pesquisadores técnicos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuárias (EMBRAPA) para famílias com até 05 integrantes (OTONI, 2014; NOVAES *et al*, 2002).

A FSB se constitui por, no mínimo, três caixas coletoras, com 1.000 litros cada, as quais devem permanecer enterradas no solo, conectadas exclusivamente ao vaso sanitário, interligadas entre si por tubos e conexões de PVC.

A primeira caixa, também chamada de caixa de entrada, receberá o material escoado do esgoto bruto proveniente da ligação direta com a tubulação do vaso

sanitário. Nesta caixa ocorre o processo de fermentação biológica através da adição do biodigestor composto por esterco fresco de bovinos e/ou caprinos. O esterco é diluído em água na quantidade de 10 litros de esterco para 10 litros de água, repetindo este processo a cada 15 dias nos três primeiros meses, passando a ocorrer uma vez por mês nos meses subsequentes.

A segunda caixa recebe o conteúdo escoado da primeira com redução de matéria orgânica, dando continuidade a fermentação. Não há adição de biodigestor nesta caixa.

A terceira caixa recebe o produto escoado da segunda com líquido livre de matéria orgânica pronta para a coleta e reuso. Nela também não há adição de esterco. Salienta-se que, uma caixa de 1.000L deverá ser acrescida entre a 2ª e 3ª caixas, se a quantidade de moradores da residência ultrapasse o limite proposto de 5 moradores. Como última etapa do sistema, espera-se que a água escoada da 3ª caixa esteja dentro dos padrões para uso conforme a legislação vigente, a ser detalhada no decorrer deste estudo. (OTONI, 2014; FERREIRA, DUARTE, 2019; NOVAES *et al.*, 2002)

Convém ressaltar que o produto deste sistema não apresenta potabilidade para consumo humano, devendo ser adotado outros meios ou tecnologias de purificação da água para este fim.

O sistema de FSB foi desenvolvido por Novaes *et al.*, (2002) adaptando modelos de biodigestores aplicados na China e Índia. Consiste em um modelo padrão que pode atender uma família de até cinco pessoas, produzindo cerca de 50 L/dia de resíduos de esgoto sanitário, perfazendo um total de 1.500 L/mês (ABNT, 1997).

Ferreira; Duarte, (2019) entendem que a escolha pela implementação de uma FSB em ambiente rural se consolida na medida que os insumos utilizados para realização da fermentação orgânica podem sair a custo zero, pois, o material utilizado compreende as fezes de animais ovinos ou bovinos, muitas vezes da própria criação que a propriedade possui.

Para Gomes (2015), comunidades rurais sofrem com a falta de infraestrutura de coleta de esgotos e tratamento de efluentes porque estas ações são priorizadas para o adensamento urbano das cidades, com larga produção de esgotos. Sendo assim, a minimização de impacto ocorreria a partir da implantação de tecnologias descentralizadas, considerando e respeitando as demandas e quantitativos de produção locais.

Tonetti et al. (2010) inferem que as zonas rurais acabam optando pelo uso de fossas, na maioria dos casos as fossas negras, cujos efluentes são lançados em solo cru acarretando poluição das águas superficiais e profundas promovendo ambiente propício à propagação de agravos e doenças de veiculação hídrica

Von Sperling (1996), alerta sobre a existência de especificidades que precisam ser levadas em consideração para a escolha correta do sistema de tratamento de esgoto que se quer implementar. Volume produzido, tipo de esgoto gerado, população a ser atendida, disponibilidade de tecnologia e recursos financeiros disponíveis são algumas variáveis a serem observadas para escolha do método. A conhecida precariedade do saneamento rural faz valer a escolha de sistemas individuais, incluindo a FSB, para a solução da ejeção de esgotos domésticos da população rural em fossas negras muito pela falta de tecnologia aplicada à região, bem como o baixo adensamento populacional.

2.9 USO DE EFLUENTE HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA

A produção de forragem para sustento da criação bovina e caprina da região semiárida paraibana, incluindo a região do Bravo, em Boa Vista-PB, está intimamente relacionada com o cultivo da palma forrageira por ser uma planta versátil do ponto de vista de adaptação ao meio ambiente hidricamente hostil. (SILVA; *et al*, 2014 apud NOBEL; BOBICH, 2002).

Em condições de sequeiro, alternativas de fertirrigação geralmente são adotadas para potencialização da cultura local de subsistência ou alavancamento dos potenciais econômicos da lavoura para suplementação da renda familiar. O manejo responsável da água residuária faz parte do escopo de ações de desenvolvimento sustentável e pode interferir positivamente no crescimento de plantas adaptadas culminando em melhora na gestão econômico-financeira local. (SILVA, 2014; apud DI PAOLO; RINALDI, 2008; JALOTA *et al.*, 2006)

A utilização de efluentes de FSB em cultivares oferece vantagens para fixação de nutrientes no solo, principalmente Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), por serem bastantes ricos nesses minerais. Promove também a melhoria no saneamento local pela redução de matéria orgânica e patógenos como *E. coli* lançados diretamente nos solos quando comparados com esgotos não tratados. (SANTOS NETO, 2017)

Para Fonseca; *et al* (2007) as culturas com boa viabilidade econômica e que requerem grandes quantidades de água para desenvolvimento arbóreo precisam receber prioridade para recebimento de águas residuárias tratadas que ofereçam condições satisfatórias para crescimento.

Dubeux Junior *et al* (2010) avaliaram o efeito da adubação fosfatada e potássica no crescimento de Palma *Opuntia* no do Instituto Agronômico Pernambuco – IPA tendo revelado efeito significativo de potássio na matéria verde.

Bezerra *et al* (2015) avaliaram a demanda de água de irrigação da palma forrageira em Pernambuco em detrimento da temperatura atmosférica e projeções pluviométricas tendo concluído que os cenários prospectivos de mudanças climáticas promoveram redução na necessidade hídrica bruta da palma forrageira em 20%. Para o semiárido este dado mostra muita relevância.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho se caracteriza como um estudo exploratório de análise de efluente de Fossa Séptica Biodigestora instalada em residência rural, derivado de um projeto mais amplo de implantação de sistemas de tratamento de águas residuárias residenciais rurais na zona rural do município de Boa Vista-PB pelo Departamento de Geografia da UFCG, com financiamento aportado pela FAPESQ PB.

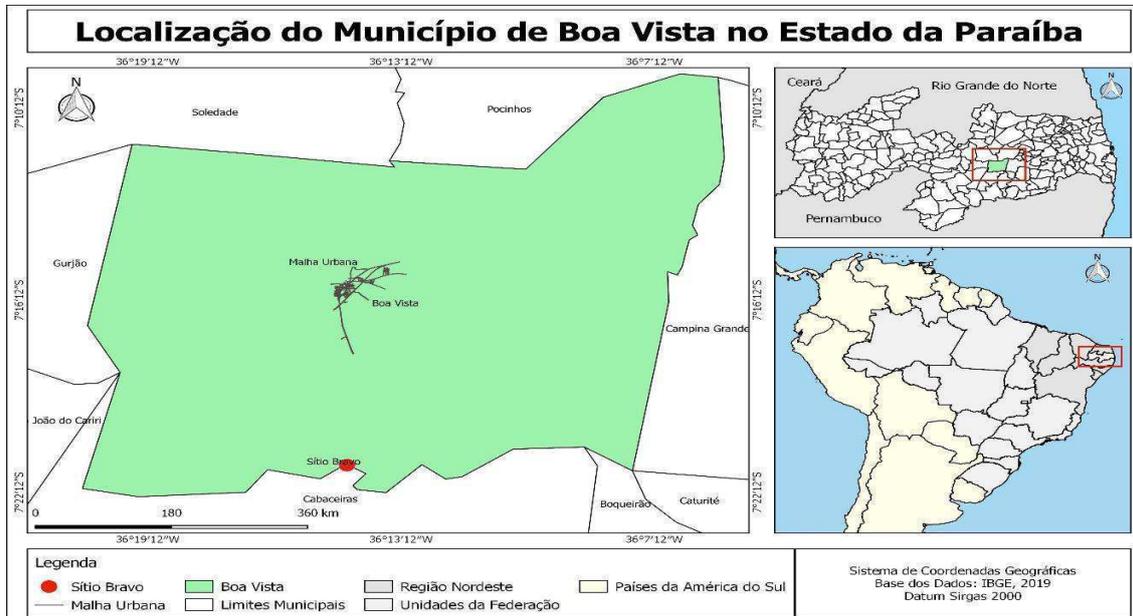
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O município de Boa Vista está localizado na Latitude: 07° 15' 34" S, Longitude: 36° 14' 24" W, abrangendo uma área total de 468,933 km² na Mesorregião Agreste Paraibano, na Microrregião Campina Grande, PB, representando cerca de 0.8443% do Estado da Paraíba, 0.0307% da Região e 0.0056% de todo o território brasileiro. A sede do município tem uma altitude aproximada de 493 metros distando 152,6509 Km da capital do estado. Tendo como acesso terrestre as rodovias BR 230/ BR 412. As figuras 6 e 7, abaixo, mostram o mapa da Paraíba, com destaque para a área territorial de Boa Vista-PB. (BRASIL, 2022)

Conforme Pereira *et al*, (2019), o Sítio Bravo está localizado na zona rural do município de Boa Vista sendo detentor de um expressivo afloramento cristalino

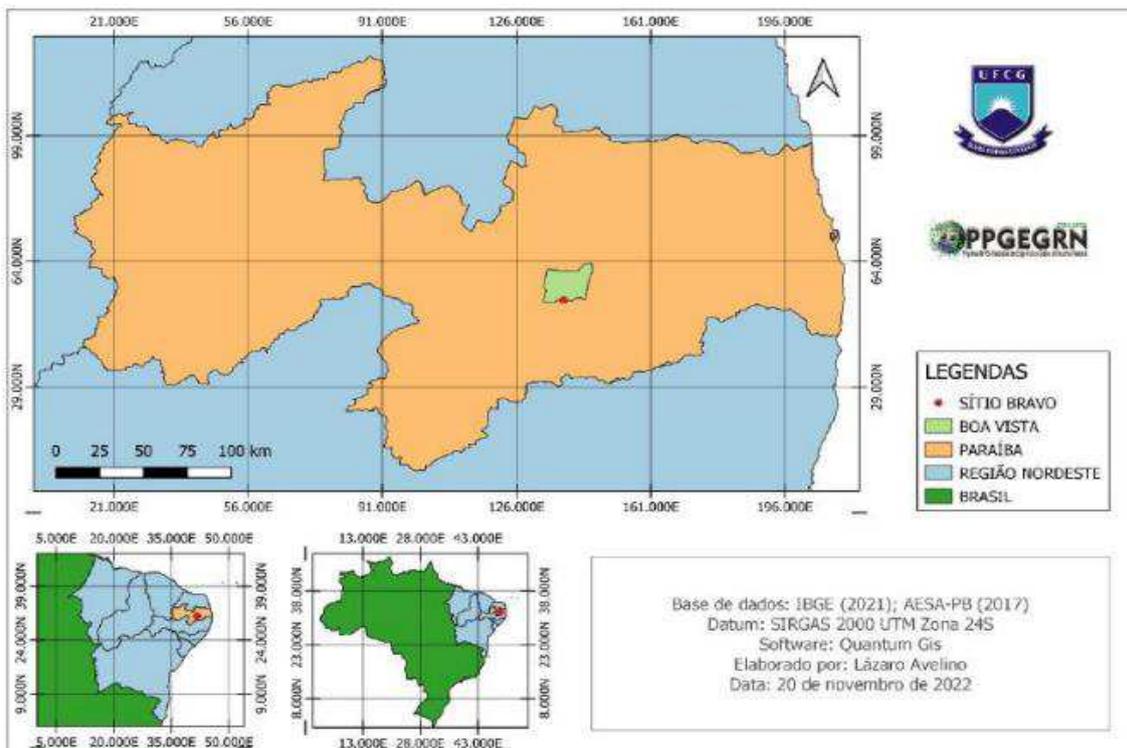
denominado Lajedo do Bravo. Para os autores, a localidade possui recursos naturais próprios que contribuem de forma positiva para atividades educativas atinentes aos aspectos geológicos e geomorfológicos que incentivam as práticas de recreação e lazer.

Figura 6. Localização do município de Boa Vista - PB.



Fonte: Site IBGE (2022)

Figura 7: Localização Sítio Bravo.



Fonte: Andrade *et al.* (2022).

Ainda conforme dados do IBGE, o município de Boa Vista possui dados demográficos com população estimada em 7.218 pessoas (2021) e densidade demográfica de 13,07 hab./km², PIB (censo 2010). Com relação aos dados econômicos, a cidade possui uma renda salarial média de 1,7 salários-mínimos, com 15,8% de sua população ocupada (censo 2010). Possui um PIB *per capita* de R\$ 20.544,17, com 89% de sua renda oriunda de fontes externas (BRASIL, 2019).

Apresenta 14.2% de domicílios urbanos com esgotamento sanitário adequado, 92.3% de domicílios urbanos em vias públicas com presença de massa arbórea e 4.2% de domicílios urbanos em vias públicas com infraestrutura urbana adequada com a presença de instrumentos como: bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio (Censo 2010). Na saúde, o município de Boa Vista revela taxa de 0,3 internações por mil habitantes de pacientes acometidos de diarreia, principal sintoma de contaminação de água de ingesta (dados de 2016) .

Figura 8. Distribuição da população total de Boa Vista, conforme o Atlas do Desenvolvimento Humano de 2013

População Total, por Gênero, Rural/Urba e Taxa de Urbanização - Boa Vista - PB						
População	População (1991)	%do Total (1991)	População (2000)	%do Total (2000)	População (2010)	%do Total (2010)
População total	4.403	100,00	4.983	100,00	6.227	100,00
Homens	2.155	48,94	2.489	49,95	3.085	49,54
Mulheres	2.248	51,06	2.494	50,05	3.142	50,46
Urbana	1.842	41,84	2.272	45,60	3.208	51,52
Rural	2.561	58,16	2.711	54,40	3.019	48,48
Taxa de Urbanização	-	41,84	-	45,60	-	51,52

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano, 2013.

A figura 8 apresenta a distribuição da população de Boa Vista na qual evidencia uma população majoritariamente feminina entre os anos de 1991 e 2010 assim como um aumento da população em área rural no mesmo período.

3.1.1 HISTÓRIA DE BOA VISTA-PB E POTENCIALIDADES ECONÔMICAS DA REGIÃO DO BRAVO

A cidade de Boa Vista tem sua origem estimada no final do século XVII com a chegada do então fundador, o Sr. Teodósio de Oliveira Lêdo e a fundação do Sítio Santa Rosa e com a posterior construção da Casa Grande, considerada um marco na trajetória econômica da cidade. A emancipação do então Distrito de Boa Vista que pertencia à cidade de Campina Grande-PB ocorreu apenas em 1994, tendo o primeiro prefeito constitucional assumido a cadeira do poder executivo somente em 1997. (PEREIRA, 2022)

Do ponto de vista econômico, a cidade de Boa Vista-PB foi beneficiada pela agricultura de subsistência e a pecuária leiteira utilizando a pastagem verde, torta e farelo de algodão.

A partir da década de 80 se iniciou o processo de industrialização do município através da extração mineral representada pela extração da bentonita, mineral importante no uso industrial de fundição nos processos de moldagem de peças de ferro fundido, aço e ligas não ferrosas, bem como uso nos fluidos de perfuração de poços de petróleo, beneficiamento de minérios, na indústria de tintas, produção de ração animal, produção e beneficiamento da indústria de cerâmicas, construção civil e na preparação de saponáceos. (IDEM, 2022).

Outra grande potencialidade econômica do Município que vem crescendo sensivelmente, em especial, a região do Sítio Bravo, diz respeito ao Turismo. A região é detentora de belíssimas riquezas naturais tendo como exemplo os lajedos do Bravo que abrigam grutas, cavernas e lagoas naturais e escrituras rupestres as quais tem atraído turistas nacionais e internacionais.

Seu relevo diversificado englobando morros, morrotes, serras e vales, bem como o clima semiárido e vegetação típica de Caatinga, tem atraído turistas ao local que buscam as emoções do turismo de aventura através de trilhas de passeios no estilo motocross e mountain bike.

O geoturismo é uma prática que tende a ser reafirmada e ampliada de acordo com o aumento das percepções sobre desenvolvimento sustentável e preservação ambiental na medida em que atividade possui caráter de valorização e manutenção do patrimônio que compõe a geodiversidade. (PEREIRA *et al.*, 2019)

Para Araújo *et al.* (2022 apud MANSUR, 2021), geoturismo tem a ver com o incremento à identidade de uma região pela percepção das pessoas que frequentam e apreciam os elementos que compõem aquele lugar atuando na divulgação de suas qualidades e peculiaridades e na promoção da preservação local, norteadas ações da comunidade política da comunidade local no tocante à preservação e à guarda dos direitos humanos e ambientais aplicando conceitos geotécnicos, geossociais e geoculturais.

Apesar do imenso potencial geoeconômico evidenciado na localidade do Sítio Bravo, em Boa Vista-PB, as ações de desenvolvimento e preservação ainda estão aquém da perspectiva promissora do crescimento local. Pereira *et al.* (2019) afirma que a região do Lajedo se encontra desprotegida e não há investimentos estruturais que garantam a subsistência das comunidades residentes e promovam a divulgação do local no intuito de atrair novos visitantes.

Neste sentido, trabalhos que reforcem o desenvolvimento sustentável das comunidades que residem na região são extremamente necessários inclusive para garantir a recepção dos visitantes egressos à localidade.

3.2. FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA NO SÍTIO LAJEDO DO BRAVO

3.2.1 LOCAL DE INSTALAÇÃO

A decisão da escolha para o local de instalação foi decidida pela família beneficiada, no entanto é mister que sejam obedecidos critérios de elegibilidade, tais como: ser um ambiente seco, de preferência perto do sanitário e próximo de uma janela panorâmica acessível para possibilitar a observação direta do funcionamento do sistema, alinhamento das tampas de modo que fiquem maior parte do tempo expostas diretamente ao Sol no intuito para facilitar o processo biodigestor, posicionamento do sistema abaixo do nível do sanitário (mínimo de 40) e que obedeça distância de cursos de água ou do lençol freático. (FERREIRA, DUARTE; 2019)

Neste estudo de caso, a área escolhida foi os fundos da propriedade com área aproximada de 600 m². Foram instaladas 03 caixas de 1.000 L e uma de 500 L para atender a uma demanda de 6 moradores residenciais fixos, sendo três caixas destinadas ao processo de biodigestão (caixas pretas) e uma para caixa de coleta de efluente tratado (caixa azul). (Figura 9 e 10, p. 48/49).

Foram cavadas 04 valas de 0,8m de profundidade com 1,20m de diâmetro, interligadas com canos em PVC na porção superior e escoamento final na porção inferior. A caixa coletora (azul) se encontra próximo a uma área agricultável com ramos de palma silvestre. Orienta-se instalar uma caixa de 1000 L entre a primeira e a última quando a quantidade de usuários exceder 5 pessoas e conseqüentemente a cada múltiplos de 5. Ver figura 9.

3.2.2 PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

Os parâmetros dimensionais para implantação de um sistema de FSB devem obedecer às considerações e determinações contidas na NBR 7229/93 (Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos) e NBR 13969/97 (Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação). (ABNT, 1993;1996)

A escavação no solo com 5,0m de comprimento, 1,5m de largura e 0,8 m de profundidade, podendo haver alguma variação em relação a estas dimensões, de acordo com as dimensões das caixas d'água e desnível natural do terreno. (ABNT, 1993;1996)

Figura 9. Imagem da distribuição linear das caixas que constituem a FSB



Fonte: Autor, 2022.

Ferreira; Duarte (2019) afirmam que as caixas devem permanecer enterradas e vedadas para assegurar a manutenção de alta temperatura no interior. Mas as tampas ficaram expostas. A colocação das caixas deve ter distância mínima entre elas de

50 centímetros e as bordas superiores das caixas devem ficar, no mínimo, 5 centímetros acima do nível do solo. Ver figura 9.

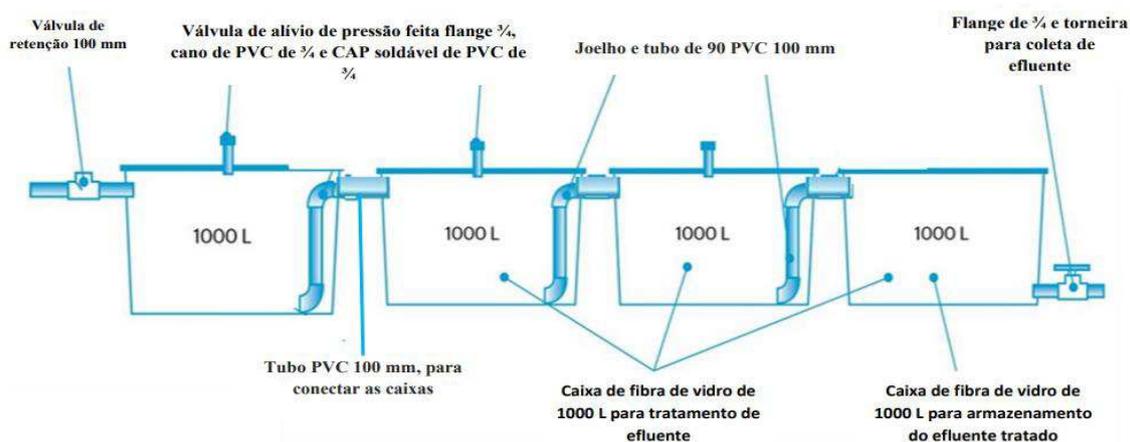
As caixas usadas para a montagem do sistema de fossas devem apresentar as seguintes perfurações: (SANTOS *et al.*, 2021)

- *As duas primeiras caixas devem conter um furo de entrada e um furo de saída, ambos no topo, cada um com 100 milímetros de diâmetro; (Continua...)*
- *A fossa séptica tem duas chaminés de alívio colocadas na tampa das duas primeiras caixas para a descarga do gás acumulado;*
- *A última caixa deve conter o furo de entrada no topo e o furo de saída na base, sendo que esse último deve apresentar diâmetro de 50 milímetros;*
- *Esse último furo não deve ser feito quando não houver o desnível do terreno. Nesse caso, o biofertilizante será retirado pela tampa com o uso de balde ou outro utensílio análogo.”*

A ligação do esgoto sanitário à primeira caixa deve ser realizada utilizando um tubo de PVC de 100 mm. Ver esquema da Figura 10 logo abaixo.

Essa deve ser a única ligação da fossa com a casa e só deve ser feita após a conclusão da preparação das três caixas. Por isso, não se deve conectar a tubulação da fossa ao esgoto de pias da cozinha, dos banheiros, do tanque, do chuveiro e da máquina de lavar roupa. Orienta-se não utilizar produtos saneantes como água sanitária, desinfetantes e detergentes. (SANTOS *et al.*, 2021)

Figura 10. Desenho esquemático da distribuição das caixas do sistema de FSB



Fonte: SOARES *et al.*, 2016

Conforme a figura 10, antes da primeira caixa, deve-se instalar uma válvula de retenção. Nela deve ser despejada, uma vez por mês, a mistura de 10 litros de

água e 10 litros de esterco fresco de bovino ou de outro animal ruminante, a exemplo de cabras e ovelhas. Pela válvula de retenção, a mistura irá seguir para a primeira caixa, onde fermenta e destrói cerca de 70% dos micróbios e vermes existentes nos dejetos. Os outros 30% são eliminados na segunda caixa. (IBIDEM, 2021)

Em consequência, é liberado um gás. Por isso, são instaladas nessa e na segunda caixa válvulas de escape (suspiros) para evitar a explosão do gás metano acumulado no interior delas.

As tampas das caixas onde ocorre a biofermentação foram pintadas com tinta preta, tipo Neutrol, no intuito de permitir uma maior absorção da radiação solar no intuito de manter a temperatura ideal para o processo microbiológico. (SILVA; MARMO; LEONEL, 2017)

O custo médio total da construção e montagem das caixas para fins desta pesquisa foi orçado em aproximadamente R\$ 6.650,00 (seis mil seiscentos e cinquenta reais), sem considerar valores com mão de obra de alvenaria. Ver Anexo I.

3.2.3 COLETA E ANÁLISE DO EFLUENTE

Foram realizadas 6 (seis) coletas seriadas dentro de um período de 6 meses (uma coleta por mês, em média), entre junho e dezembro de 2022, e mais uma coleta realizada pouco mais de um ano após a primeira coleta, totalizando 7 coletas. Para avaliação da eficiência e funcionamento do sistema (qualidade do efluente tratado) foi realizado o monitoramento através de análises físico-químicas e microbiológicas (Quadro 2, p. 51).

Figura 11. Frasco autoclavável para coleta de amostra biológica (A). Garrafa PET para coleta de amostra físicoquímica (B). Amostras acondicionadas em caixa térmica com gelo reciclável.



Fonte: Fotos A e B do Autor

A primeira amostra foi coletada em 07 de julho de 2022 e a última em 14/07/2023 obedecendo a ordem da coleta para análise bioquímica e, em seguida, a coleta para análise físico-química.

Para análise biológica, foi coletada amostra de aproximadamente 120 mL em frasco plástico com tampa flip, apropriado para amostras de água. Para a análise físico-química utilizou-se garrafa tipo PET com volume de 2000 mL (Figura 11)

Figura 12: Coleta de amostra de água para pesquisa físico-química (A) e biológica (B)



Fonte: Fotos do Autor. (A) Coleta de amostra para análise físico-química em garrafa tipo Pet. (B) Coleta de amostra para análise microbiológica em frasco autoclavável. (2022)

A demais análises ocorreram nos dias 04/08/2022; 02/09/2022; 14/10/2022; 11/11/2022; 12/12/2022 e; 14/07/2023, todas colhidas pela manhã, seguindo os mesmos requisitos. Ao todo foram realizadas 7 coletas.

Todas as amostras coletadas foram acondicionadas em caixa térmica termoplástica ao lado de gelo reciclável suficiente para manter a temperatura equilibrada entre (2° a 8°C) e conservar as características da amostra.

Para a coleta, procedeu-se a agitação superficial da água residuária (Figura 12), na tentativa de promover uma mistura com algum resíduo que possa ter decantado - por se tratar de uma fase estacionária, com posterior recolhimento da amostra.

Após a coleta, as amostras acondicionadas foram conduzidas até o Laboratório Referência em Dessalinização da Universidade Federal de Campina Grande (LABDES/UFCG) para procedimento das análises necessárias.

O Quadro 2, p. 52, elenca os parâmetros escolhidos para análise do conteúdo do efluente da FSB. Para fins didáticos, podemos categorizar estes parâmetros em **Físico-químicos** que compõe: a Condutividade Elétrica (mho/ a 25,0°C), Potencial Hidrogeniônico, (pH a 24,0°C), Turbidez (uT), Cor (Unidade Hazen -mg Pt-Co/L), Potássio (K⁺ mg/L), Fósforo Total (mg/L), Nitrato (N-NO₃ - mg/L), Nitrito (N-NO₂ mg/L) e Amônia (N-NH₃ mg/L); e Biológicos, os quais compõe a mensuração e análise de Coliformes Totais (NMP/100 mL), Escherichia Coli (NMP/100 mL) e DBO₅ (mg de O₂/L).

Quadro 1 – Parâmetros e metodologias utilizados na análise do Efluente.

PARÂMETRO FÍSICO-QUÍMICO/BIOLÓGICO	MÉTODO DE ANÁLISE REFERÊNCIA
Condutividade Elétrica, µmho/ a 25 °C	Método Instrumental APHA, 1999
Potencial Hidrogeniônico, pH a 24,0°C	Método Instrumental APHA, 1999
Turbidez, (uT)	Método Instrumental APHA, 1999.
Cor, Unidade Hazen (mg Pt–Co/L).	Método Instrumental APHA, 1999.
Sódio (Na ⁺), mg/L	Colorimétrico APHA, 1999.
Potássio (K ⁺), mg/L	Colorimétrico APHA, 1999
Fósforo Total, mg/L	Colorimétrico APHA, 1999
Nitrato (N-NO ₃), mg/L	Colorimétrico APHA, 1999.
Nitrito (N-NO ₂), mg/L	Colorimétrico APHA, 1999
Amônia (N-NH ₃), mg/L	Colorimétrico APHA, 1999
Dureza em Cálcio (Ca ⁺⁺), mg/L	Colorimétrico APHA, 1999
Dureza em Magnésio (Mg ⁺⁺), mg/L	Colorimétrico APHA, 1999
Dureza Total (CaCO ₃), mg/L	Colorimétrico APHA, 1999
Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	Membrana filtrante APHA, 1999.
Escherichia Coli (NMP/100 mL) (*)	Membrana filtrante APHA, 1999.
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	Espectrofotométrico APHA, 1999

Fonte: Andrade (2022)

As amostras coletadas do efluente foram encaminhadas para o Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES) no intuito de proceder as análises quantitativas

dos parâmetros de interesse mencionados. Os resultados obtidos foram liberados em triplicata e discutidos na apreciação quantitativa dos parâmetros. Ver anexos.

O LABDES foi criado em 2003 como resposta a necessidade de enfrentamento da escassez de água do estado e ser um ambiente de produção científica que promova a criação e desenvolvimento e experimentação de tecnologias voltadas para soluções que envolvam problemas socioambientais. (BRASIL, UFCG, 2022).

3.3 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA

Para análise de crescimento foi selecionada a Palma Forrageira (*O. ficus-indica* (L.) Mill.), espécime abundante na localidade do estudo no qual foram montados 02 experimentos contendo amostras desta planta. **O experimento A consistiu** em um quadrado com **2,50 m de lado**, englobando 10 plantas de Palma enumeradas de 1 a 10 sendo selecionada para receber o biofertilizante oriundo da fossa biodigestora. Além de receber o efluente por canalização diretamente dedicada do biodigestor, também foi realizada irrigação direta manual com 10 litros de efluente distribuídos equitativamente entre as plantas com frequência de 1 vez por semana. **O experimento B também consistiu** em um quadrado de **2,50 m** englobando o total de 11 plantas de Palma enumeradas de 11 a 21 o qual foi escolhido como experimento controle, ou seja, **não recebeu** o biofertilizante durante o período de análise.

Figura 13. Experimento (A) com aplicação de efluente e Experimento (B) sem efluente



Fonte: Fotos do Autor. (2023)

Ambos os experimentos (Figura 13, p. 49) foram cercados com tela tipo pinteiro, medindo 1,20m de altura, aproximadamente, para identificação e prevenção contra entrada de bovinos, equinos, caprinos, galináceos e roedores presentes na propriedade.

Para fins deste estudo, foram consideradas as variáveis número de cladódios (raquetes) e altura da planta (em centímetros), em dois experimentos comparativos, nos quais apenas um deles utilizou o fertilizante obtido da FSB.

Estas mesmas variáveis foram estudadas por Felix; *et al* (2018) com o objetivo de estudar o cultivo de palma forrageira com água salina, através de análise observacional das variáveis morfológicas como a altura e número de raquetes. O autor também mensurou a largura da planta e área fotossintética ativa.

Foram realizadas 05 (cinco) observações e medições nos dias 10/02/2023; 07/03/2023; 23/03/2023; 06/04/2023; 06/06/2023, totalizando 3 meses e 26 dias de observação.

Figura 14: Medição da altura das Plantas para análise de crescimento



Fonte: Elaboração do Autor (2023)

As observações e medições ocorreram no período da manhã, concomitantemente. A contagem de raquetes foi realizada de forma observacional com inclusão da raquete primária e todas as observações. A medição de altura foi realizada com fita métrica da marca 3M® tamanho máximo de 5 metros, com o marco zero da fita posicionada no nível

de inserção do cladódio primário no solo. Fixada nesta posição, a fita é desenrolada até o limite superior do cladódio mais alto. (Figura 14)

Os valores encontrados nos parâmetros da água bem como os valores encontrados nas medições dos cladódios e da altura da planta foram submetidos a tratamento estatístico através do software SPSS 23[®], JASP 0.14.6[®] e Microsoft Excel[®] posterior análise pelos métodos não paramétricos Wilcoxon Signed Rank e Mann-Whitney para validação dos achados e mensuração do perfil comparativo entre os experimentos estudados.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A Tabela 2, abaixo, apresenta os resultados obtidos após as análises laboratoriais das coletas seriadas denominadas C1 a C7.

A retirada das amostras do efluente biofertilizante foram realizadas na última caixa do sistema (Caixa 4).

Tabela 2: Parâmetros de qualidade da água e Resultados obtidos

PARÂMETROS ANALISADOS	COLETA 1 (C1) **** 07/07/2022	COLETA 2 (C2) **** 04/08/2022	COLETA 3 (C3) **** 02/09/2022	COLETA 4 (C4) **** 14/10/2023	COLETA 5 (C5) **** 11/11/2022	COLETA 6 (C6) **** 12/12/2022	COLETA 7 (C7) **** 23/07/2023	MÉDIA	VMP (**)	RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 e 430/2011
Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/ a } 25^\circ\text{C}$	2.960,0 (2,96dS/m)	3.430,0 (3,43dS/m)	3.730,0 (3,73dS/m)	3.840,0 (3,84dS/m)	3.460,0 (3,46dS/m)	3.350,0 (3,35dS/m)	5.730,0 (5,73dS/m)	3.785,71 (3,78dS/m)	Não estipulado	
Potencial Hidroeniônico, pH a 24,0°C	8,4	8,3	8,9	8,4	8,6	8,1	9,0	8,53	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez, (uT)	21,6	20,8	49,6	38,6	38,7	36,2	98,3	43,40	---	até 100 UNT
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	287,0	418,0	637,0	681,0	696,0	646,0	649,0	573,43	---	até 75 mg Pt/L
Sódio (Na ⁺), mg/L	---	303,2	223,0	327,7	337,4	326,4	508,6	337,72	Não estipulado	
Potássio (K ⁺), mg/L	96,4	106,9	158,5	198,6	175,7	159,7	196,7	156,07	Não estipulado	
Fósforo Total, mg/L	11,2	3,8	25,2	2,2	18,5	17,6	Não realizado	13,08	---	0,05 (ambiente lântico)

continua...

continuando...

Nitrato (N-NO ₃), mg/L	67,40	0,40	68,3	0,78	0,67	0,52	0,30	19,77	---	10
Nitrito (N-NO ₂), mg/L	30,837	0,082	38,9	0,154	0,125	0,129	0,037	10,04	---	1
Amônia (N-NH ₃), mg/L	216,53	252,10	395,9	315,6	272,38	248,21	722,14	346,12	20,0	2,2 (8 <pH≤8,5)
Dureza em Cálcio (Ca ²⁺), mg/L	---	98,4	79,2	Não realizado	54,4	48,3	33,6	62,78	Não estipulado	
Dureza em Magnésio (Mg ⁺⁺), mg/L	---	49,0	49,9	48,5	54,7	51,7	10,6	44,07	Não estipulado	
Dureza Total (CaCO ₃), mg/L	---	450,0	406,0	Não realizado	Não realizado	Não realizado	128,0	328,00	Não estipulado	
***Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	3,97E+03	1,01E+04	5,01E+04	4,16E+03	4,16E+04	3,11E+04	2,02E+03	2,04E+04		Até 4,00E+03 col (TT) / 100 mL
*** <i>Escherichia Coli</i> (<i>E. coli</i>) (NMP/100 mL) (*)	2,33E+02	4,10E+01	2,81E+03	2,00E+03	7,30E+02	6,10E+02	1,23E+03	1,09E+03	Não estipulado	
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	46,8	48,0	37,3	57,4	45,0	38,0	120	56,07		até 10 mg/L O ₂

Fonte: LABDES/UFMG (adaptado pelo autor, 2023)

(*) NMP – Número Mais Provável (**)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira - Resoluções CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 e 430 de 13/05/2011. (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011) (***) Dados de Coliformes Totais e *E. coli* expressos em notação científica através do Microsoft Excel. As expressões (E+01, E+02, E+03, E+04) representam o número exponencial em potência de 10. (****) Laudos dos resultados das análises laboratoriais do LABDES sencontram nos Anexos (II a VIII)

Salviano; Giongo; Cunha (2023) afirmam que, apesar da salinidade do solo ser fator condicional para produção agrícola, incluindo as culturas de palmas forrageiras, as altas concentrações de sais, comumente evidenciadas pelas mensurações elevadas da condutividade do solo ou da água, podem trazer sérias consequências danosas aos mecanismos estrutural e fisiológico da planta comprometendo o desenvolvimento do cultivo local. Assim sendo, é mister a utilização de estratégias de mitigação do estresse salino, como aumento da lixiviação, uso de argila ou escolha de plantas mais tolerantes a ambientes salinos como palma Orelha de Elefante (*Opuntia stricta*).

4.1.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

A Condutividade Elétrica (CE) é um parâmetro físico, normalmente analisado em meios líquidos, no intuito de mensurar a capacidade que um determinado meio líquido tem de conduzir eletricidade. Está intimamente relacionada com a quantidade de íons presentes no meio estudado e, conseqüentemente com a quantidade de sais. (VASCONCELOS; CAJAZEIRAS; SOUSA, 2019).

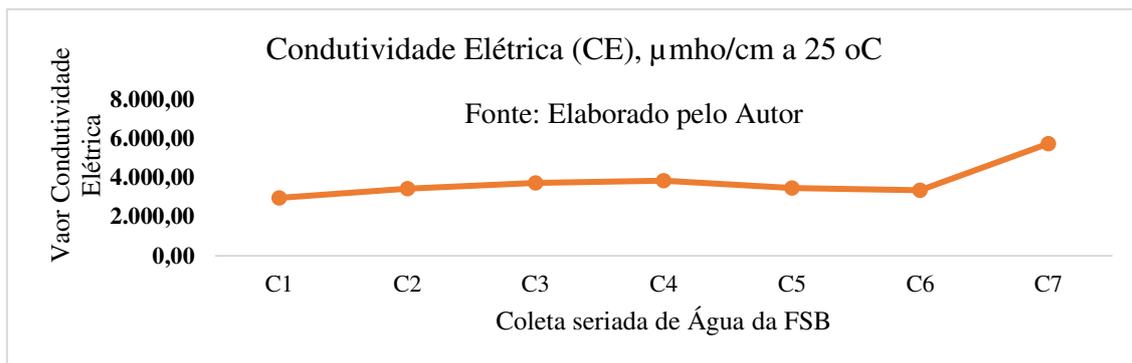
Conforme Cordeiro (2001), a CE é parâmetro importante na avaliação da qualidade da água para uso na irrigação. De acordo com aquele autor, a CE pode ser categorizada de acordo com Laboratório de Salinidade Americana (ASL). Para aquele autor, a água pode ser classificada como aquela com o perigo de salinidade, variando de C1 (baixa salinidade) a C4 (Salinidade muito alta), combinado com o perigo de sodificação, variando de S1 (baixo teor de sódio) a S4 (teor de sódio muito alto).

Observando a Tabela 2, p.56, depreende-se que a água pode ser classificada em C4S4 - Água com salinidade muito alta, com mais de 2.250 micromhos/: não pode ser usada em condições normais, apenas ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais, tais como em solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais.

Apesar de não haver intervalos de mensuração da CE predefinidos nas portarias ministeriais que determinam padrões de uso e potabilidade de águas de reuso para utilização agrícola, as pesquisas sobre esta temática remontam para o estabelecimento de um *status equilibrium* entre solo e água no tocante aos valores aceitáveis de CE e salinidade.

A figura 15 mostra a variação da CE nos diferentes períodos de avaliação dos experimentos, conforme valores e datas expressas na Tabela 2.

Figura 15: Gráfico da Variação da CE conforme a realização das coletas.



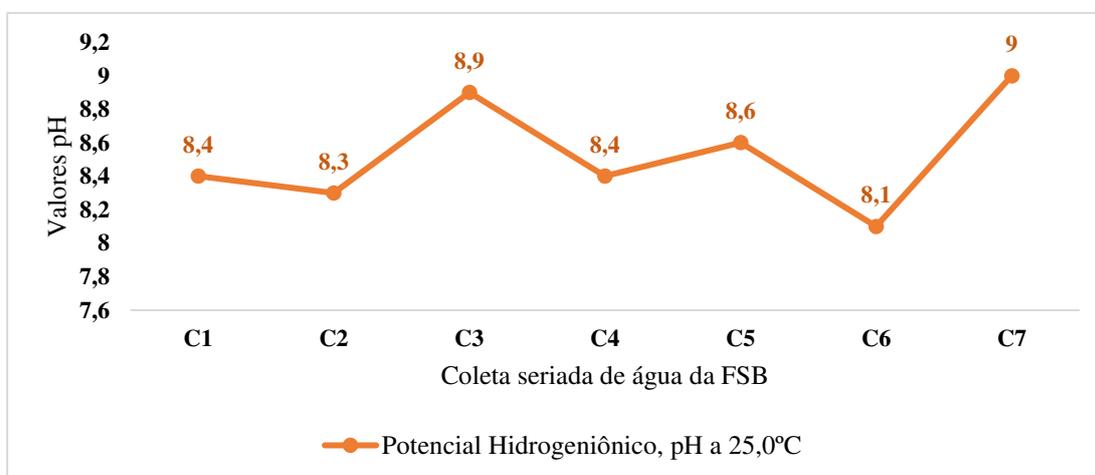
Fonte: Elaboração do Autor (2023)

Percebe-se que entre os períodos C1 a C6 não houve variação graficamente expressiva da CE nas amostras de água residuária coletadas, mantendo-se com valores altos em todos os momentos com pico exacerbado em C7.

4.1.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Se trata de uma característica química da água e se refere a uma medida representativa de acidez ou alcalinidade de um meio líquido qualquer a depender da mensuração de íons hidrogênio (H⁺) livres presentes naquele meio estudado. Cálculo do pH é obtido através escala logarítmica cujo resultado é expresso em uma escala varável de 0 a 14, sendo o intervalo de resultados entre 0 e 6 atribuído aos meios ácidos e o intervalo entre 8 e 14 aos meios alcalinos. O valor 7 é considerado como neutro. (BRASIL, 2014).

Figura 16: Variação do pH conforme a realização das coletas.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A figura 16, p. 59, representa os dados da Tabela 2 (p. 56/57) que expressa o comportamento do pH ao longo das coletas seriadas da FSB conforme os valores descritos na Tabela 2. Os valores encontrados variaram entre 8,1 (C6) e 9,0 (C7), menor e maior valor, respectivamente, conferindo caráter alcalino nas amostras analisadas.

Para Figueredo; *et al* (2019) a alcalinidade das FSB está diretamente relacionada com a degradação proteica e de ureia, tendo a amônia como resultado desses processos. Eles ainda afirmam que outros fatores podem corroborar com a elevação da titulação do pH a exemplo da composição de sais ácidos como acetato e propionato. O teor alcalino das FSB pode contribuir para a regulação de um pH ácido do solo, por exemplo, e promover equilíbrio para produção de forragem.

Andrade (2022) atribui o alto teor da alcalinidade à proliferação das bactérias metanogênicas e que a presença desses microrganismos concorre para a manutenção da alcalinidade nos reatores orgânicos da FSB.

As resoluções do CONAMA nº 357/2005 (que dispunha 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), a qual foi complementada pelas resoluções 393/2007, 397/2008, 410/2009, 430/2011, (tendo esta última alterado as condições e padrões de lançamento de efluentes) estabelecem conceitos, diretrizes e parâmetros de aceitabilidade para efluentes de águas residuárias tendo como padrões limítrofes entre 6,0/9,0 e 5,0/9,0, respectivamente, para resoluções 357 e 430, nesta ordem. (BRASIL, 2005)

Oliveira (2018), em seu estudo sobre o ciclo de uma unidade da FSB instalada em Cachoeira do Campo, Ouro Preto – MG, demonstrou o caráter alcalino na saída do efluente e atribuiu este achado às reações de degradação proteica. A autora referiu ainda haver diferença de alcalinidade entre a parte superior (mais alcalino) e inferior (menos alcalino) do reator, sugerindo ser a porção basal do reator mais reativa. Para ela, a temperatura interna do reator e o pH são reguladores preponderantes no funcionamento das FSB em ambientes domésticos.

4.1.3 COR E TURBIDEZ

4.1.3.1 COR

Brasil (2014) define Cor de águas e efluentes como resultado do fenômeno de reflexão da luz após incidência sobre o conteúdo líquido estudado, tendo sua coloração

mais escura ou mais clara a depender da quantidade de matéria orgânica que se encontra dissolvida neste meio, quanto mais escura, mais matéria dissolvida. Sua mensuração ocorre após pareamento com um sistema cobalto-platina cujo resultado é expresso em unidades de cor ou unidades Hazen (uH).

Backes (2016) considera este parâmetro como um importante indicativo de decomposição orgânica ressaltando haver necessidade de diferenciação entre a cor aparente, observada na amostra bruta com presença de elementos que promotores da turbidez, e a cor verdadeira quando os elementos da turbidez são retirados da avaliação.

4.1.3.2 TURBIDEZ

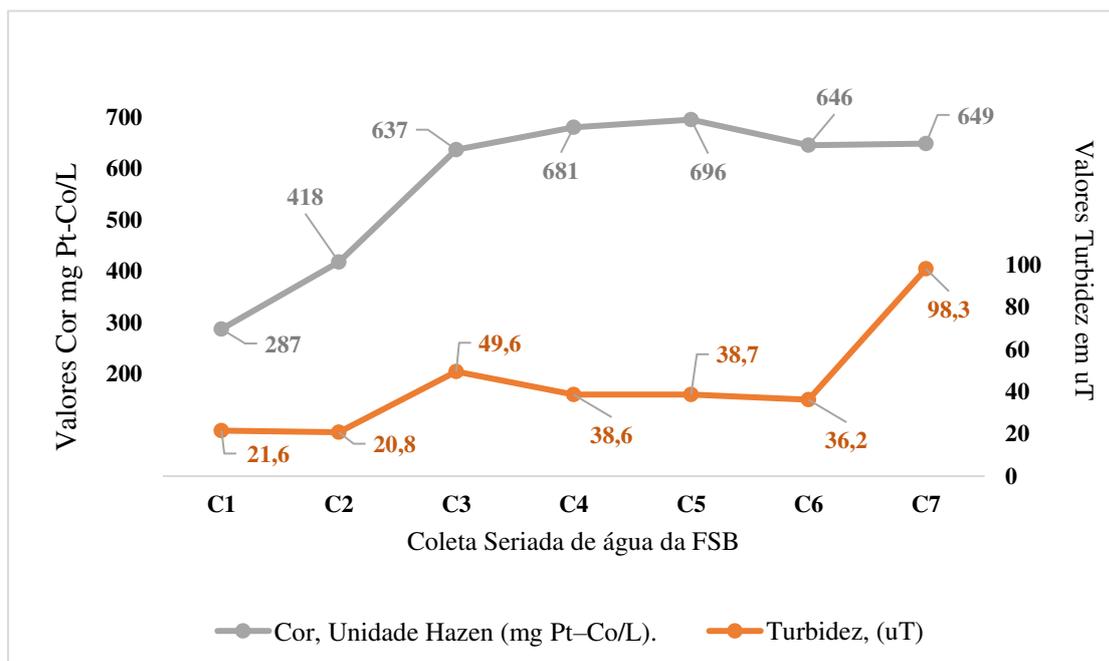
Partículas e microrganismos suspensos em um meio líquido oferecem barreira à passagem da luz e a mensuração do grau de penetração luminosa nos meios líquidos confere o parâmetro da Turbidez. Pela composição das águas de reuso, como as produzidas por FSB, estas podem conferir, naturalmente, incremento ao grau de turbidez das águas naturais, caso seja lançada diretamente em corpos aquáticos. (IDEM, 2014).

4.1.3.3 VALORES DE COR E TURBIDEZ NA AMOSTRA

A figura 16 (p.62) mostra a mensuração dos valores de Cor (linha cinza) e Turbidez (linha de cor laranja) cujo resultado apresentou aumento considerável entre a primeira coleta C1 (287 mg Pt/L) e C7 (649 mg Pt/L), no entanto apresentou certa estabilidade entre a coleta C3 (637 mg Pt/L) e C7 (649 mg Pt/L).

Figueiredo; *et al* (2019), em seu estudo intitulado “Fossa Séptica Biodigestora: avaliação crítica da eficiência da tecnologia, da necessidade da adição de esterco e dos potenciais riscos à saúde pública”, corrobora com a escassez da inclusão do parâmetro Cor nas análises de qualidade da água de FSB. No referido estudo, foram selecionados 10 estudos nacionais majoritariamente recentes, nos quais apenas 01 estudo incluiu análise de coloração da água de reuso como padrão de qualidade de efluente em FSB.

Figura 17: Variação da Cor e Turbidez conforme a realização das coletas.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Sendo assim, houve uma certa dificuldade em encontrar literaturas disponíveis acerca de estudos de FSB que incluísse o parâmetro Cor como escolha paramétrica na avaliação de funcionamento em detrimento de outros parâmetros mais usuais como pH, Turbidez, CE e análise microbiológica.

Amaral; *et al* (2019), adotando um modelo híbrido de tratamento de água que incluía a Tanque Séptico na fase inicial, encontraram o valor de 259 (uT) na análise de Turbidez após processamento na fossa séptica. No modelo proposto por eles, foi utilizado apenas um tanque séptico receptor da carga bruta oriunda de uma residência com apenas 02 moradores.

Comparando os resultados de Turbidez deste estudo (21,6/98,3-uT) com os resultados apresentados pelos autores supracitados concluímos que um sistema com três ou mais tanques sépticos possuem uma alta eficiência na redução da Turbidez e consequentemente na Cor do efluente da FSB, conferindo padrão de qualidade ao sistema e sua escolha assertiva para tratamento de esgotos domésticos.

Figueiredo *et al.* (2019) e Von Sperling (1999) inferem que mudanças na Turbidez e Cor da água de FSB podem estar relacionadas ao procedimento de coleta, caso sejam retiradas amostras mais ao fundo da caixa, onde há maior depósito de sólidos.

Para Sarri (2018) a redução de valores de Turbidez de efluentes apresenta importância significativa para o meio ambiente na medida em que favorece uma maior

penetração da luz e contribui para realização de fotossíntese de algas e plantas aquáticas ou da retenção de calor pelas partículas suspensas em ambientes lênticos.

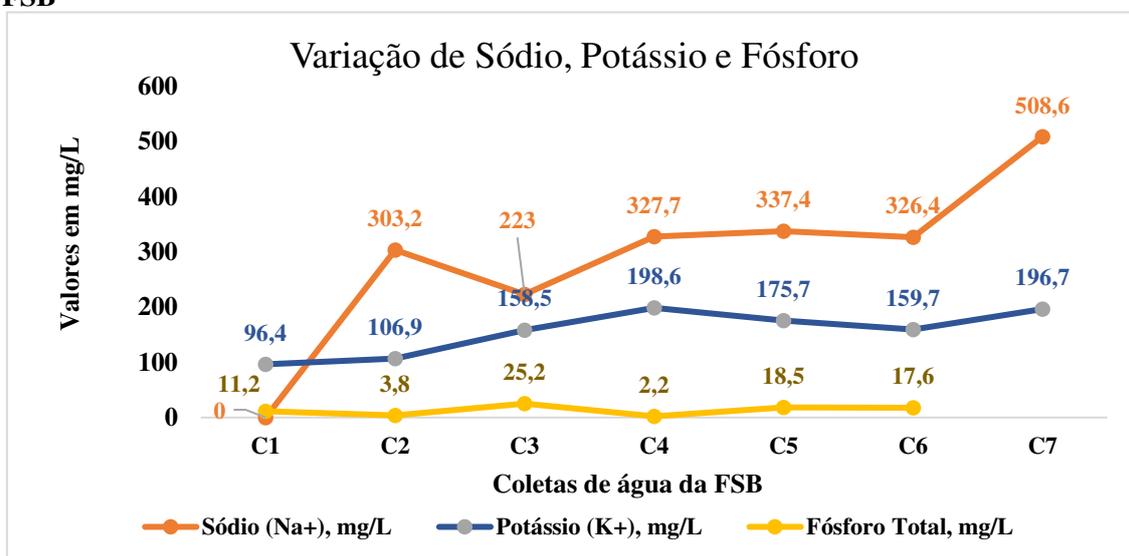
4.1.4 SÓDIO, POTÁSSIO E FÓSFORO

Os elementos Sódio, Potássio e Fósforo são componentes químicos constituintes dos esgotos domésticos que se encontram normalmente dispostos na água e nos sólidos suspensos ou dissolvidos no meio líquido dos efluentes sanitários. São provenientes das águas de abastecimento, produtos das excretas humanas ou no inóculo animal acrescentado à FSB. (VON SPERLING, 1995)

Ayers; Westcot (1999) afirmam que a capacidade de absorção de água e nutrientes pela cultura está relacionado com o teor de sais depositados primariamente no solo ou decorrentes.

Laodiceio; Matos, (2020) afirmam que a cultura da palma gigante (*Opuntia fictus*) apresenta sensibilidade a um ambiente hipersalino podendo haver inibição de crescimento.

Figura 18: Variação do teor de Sódio, Potássio e Fósforo nas amostras de água coletadas da FSB



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A figura 18 expressa a variação da quantidade de Sódio (Linha Laranja), Potássio (Linha Azul) e Fósforo (Linha Amarela) no efluente de acordo com as coletas seriadas realizadas. A mensuração de sódio na análise da primeira coleta C1 não foi contemplada pelo laboratório de análises (LABDES), valendo para este estudo o intervalo C2 a C7 como válidos.

A coleta C2 ocorreu aproximadamente 2 meses após o início da ativação da FSB. Observa-se aumento dos valores de 303,2 (mg/L) na primeira coleta avaliada (C2) a 326,4 (mg/L) na última coleta (C7).

Tonetti; *et al* (2018) conferem valores inferiores a 70 mg/L em teor de sódio para efluentes de FSB com irrigação irrestrita independente de solo e cultura. Neste contexto, pode-se depreender que os resultados demonstrados no gráfico 4 se encontram bem acima do valor estipulado pelos autores conferindo risco alto de sodificação do solo a depender das condições de sole preexistentes.

Souza (2015) remete a alguns estudos que alertam para consequências danosas ao cultivo pelos teores elevados de sódio nos cladódios, com tendência à causar a perda do potencial de desenvolvimento da palma forrageira através da redução da área de expansão da planta, déficit de crescimento das raquetes e diminuição a suculência.

Teixeira (2016) consideram valores de Sódio acima de 180 (mg/L) como nível de risco severo para qualidade de água na fertirrigação, no entanto ele afirma que a salinidade da água de irrigação não está diretamente relacionada com a incorporação de sódio pela planta, incorrendo outros fatores predisponentes como manejo inadequado de fertilizantes químicos, drenagem do solo e tolerância da planta ao meio salino. Como a hipersalinidade do solo tende a se estabelecer de forma gradativa, o referido autor atenta para as medidas preventivas de correção e adequação do solo através da percolação, uso racional e adequado de fertilizantes e o preparo adequado do solo com possível rotatividade de culturas.

Macedo; *et al* (2022) em seu estudo sobre uso de efluente em *Khaya senegalensis* A. Juss., conhecido como Mogno Africano, encontraram valor de 83,07 (mg/L) de sódio na análise do efluente utilizado, apresentando leve restrição de uso em relação aos valores propostos por Tonneti (2018) que recomenda valores menores que 70 (mg/L) para a maioria das culturas plantadas.

4.1.4.1 POTÁSSIO

A presença de Potássio e outras substâncias importantes para o desenvolvimento de cultivares presentes no efluente de FSB tem contribuído para o processo de fertilização a um baixíssimo custo por pequenos produtores agrícolas e criadores. (FAUSTINO, 2007; FERREIRA, 2016)

A despeito de outros compostos como os nitratos, o potássio se encontra em baixa concentração nos lodos de esgotos domésticos devendo haver suplementação sempre que possível com fertilizantes minerais. Todavia, a deposição a ermo de compostos potássicos sem o devido tratamento pode comprometer as características edáficas e promover eutrofização antrópica de corpos aquáticos. (IDEM, 2007)

O gráfico 4 apresenta o comportamento dos níveis de Potássio nas amostras de águas coletadas na FSB com variação de 96,4 (mg/L) a 196,4 (mg/L), valores que se aproximam do que foi proposto por Galindo; *et al* (2019) cujas amostras de FSB coletadas após o processamento de biodigestão deveriam apresentar valores aproximados de 0,1 g/L de efluente.

Faustino (2007) concluiu que aportes de potássio na manutenção de solos através do uso de efluentes de FSB pode reduzir, consideravelmente, a necessidade de adubagem com fertilizantes NPK em pelo menos 2/3 a depender das condições de solo encontradas.

Ayers; Westcot (1999) estabeleceram uma média de 32 mg/L de potássio dentre, pelo menos, 12 amostras coletadas de águas residuárias gerais tratadas para uso em área agrícola, configurando a média dos valores achados neste estudo como muito elevada (156,07 mg/L)

Mendes (2023) afirma haver uma variação de necessidade de potássio na composição vegetal a depender das características intrínsecas da planta ou no manejo da cultura, cujos valores podem oscilar entre 10 e 35 g. kg⁻¹.

Macedo; *et al* (2022) encontraram o valor de 97,08 (mg/L) de potássio na amostra analisada para uso como fertilizante em mudas de *Khaya senegalensis* A. JUSS, conhecida como Mogno Africano. Este valor se encontra abaixo da média demonstrada na Tabela 1. Como não há uma resolução específica que estabeleça níveis aceitáveis de potássio para efluentes, as dosagens de efluentes ricos ou pobres em potássio deverão considerar as características e aspectos dos solos e as necessidades das culturas plantadas.

Neste contexto, Souza (2015) percebeu aumento da concentração de potássio na análise de massa seca extraída dos cladódios de acordo com o aumento do teor de potássio na fertilização do solo. Ambos os autores citados fundamentam a justificativa dessa elevação do teor de potássio na importância que este elemento tem no desempenho de muitas funções ao nível celular da planta, como participação na atividade enzimática, fotossíntese, transporte de substâncias e capacidade hídrica.

4.1.4.2 FÓSFORO

Observando os valores obtidos do efluente para o teor de fósforo, linha amarela da figura 18 (p. 63), têm-se uma variação entre 11,2 (mg/L) em C1 e 17,6 (mg/L) em C6, com média de 13,8 (mg/L) e pico de 25 (mg/L). O LABDES não realizou a análise em C7 devido falta de insumos.

Von Sperling (1996) refere que a principal fonte de fósforo para o solo provém da degradação da matéria orgânica. O autor caracteriza três formas de apresentação do fósforo nas águas; a saber, os ortofosfatos, polifosfatos e fosfatos orgânicos sendo os primeiros a apresentação mais conveniente para os vegetais que, por serem simples, não necessitam de degradação para absorção.

Para o autor supracitado, os valores encontrados de fósforo total, para esgotos brutos domiciliares, variam entre 5 e 25 (mg/L).

A Resolução 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005) estabelece valores máximos toleráveis de fósforo total de acordo com o ambiente sendo 0,05 (mg/L) Fósforo total para ambientes lênticos, 0,075 (mg/L) ambientes intermediários e, 0,15 (mg/L) ambientes lóticos. Tomando por base estes valores, a FSB estudada possui uma carga 100 vezes maior que a preconizada pela resolução. (BRASIL, 2005)

Para Galindo (2019) o fósforo é apenas o terceiro macronutriente mais encontrado após biodigestão, porém os valores de fósforo total em amostras de FSB podem chegar a 50 (mg/L), bem acima do encontrado neste estudo, para uso como fertilizante agrícola constituindo, assim, o menor valor encontrado entre os macronutrientes produzidos ou gerados pela biodigestão em FSB, devendo, então, ser dosado a partir da dosagem de nitrogênio, macronutriente este mais predominante e disponível para os vegetais.

Sendo, também, base para a composição de elementos energéticos da palma, a concentração média de fosforo na massa seca vegetal (MSV) pode chegar a 10 g. kg⁻¹ em MSV sendo sua suficiência média de até 30 g. kg⁻¹. Neste contexto, a deficiência nutritiva do fósforo pode acarretar problemas importantes no desenlace metabólico dos vegetais, bem como promover redução de crescimento e causar opacidade. (MENDES, 2023).

Casali *et al.* (2016) alerta para a pouca disponibilidade de fósforo nos solos muito devido à redução das fontes minerais deste elemento. Somado a isso, os autores afirmam que os produtores agrícolas estão diminuindo o uso de fertilizantes ricos em

fósforo pelo risco de contaminação do solo e de corpos aquáticos. Neste sentido, ganha maior evidência a utilização de fósforo de fontes orgânicas dentre elas as águas residuárias provenientes das FSB.

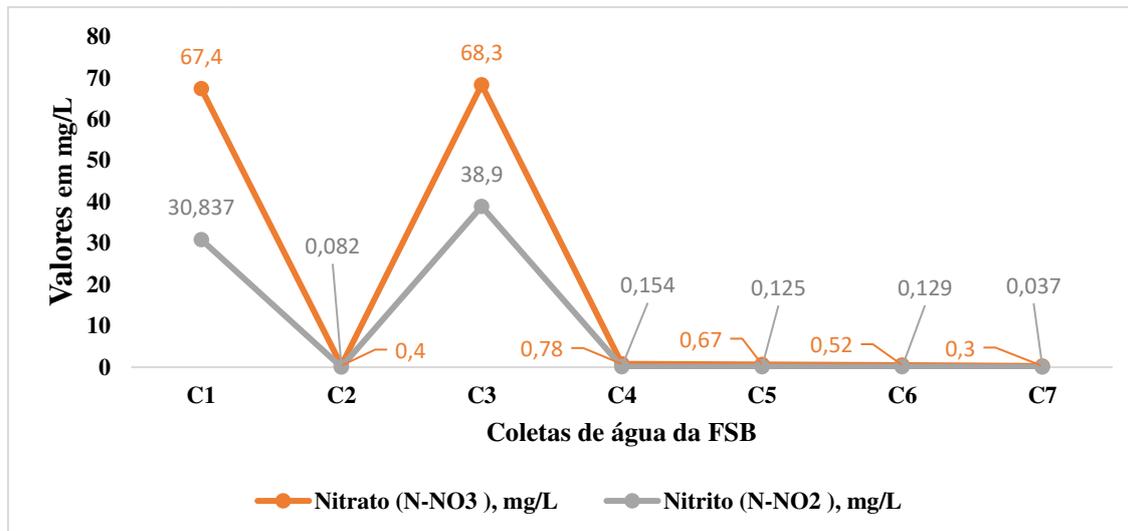
Macedo *et al.* (2022) obtiveram teor de fósforo de 38 (mg/L) na análise da água da FSB estudada, sugerindo alta degradação de matéria orgânica em relação à média dos valores de fósforo demonstrados na Tabela 2.

Não foi realizada aferição de fósforo em C7, pelo LABDES.

Von Sperling (1996) afirma que níveis elevados de Na^{2+} e P está relacionado com presença de matéria orgânica no meio líquido. Neste sentido, variações nos títulos destes elementos podem aludir às características da matéria orgânica no sistema, sejam dejetos humanos, como do esterco aplicado ou da água de abastecimento distribuída na residência.

4.1.4.3 NITRITOS, NITRATOS E AMÔNIA

Figura 19: Variação do teor de Nitritos e Nitratos nas amostras de água coletadas da FSB



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A figura 19 expressa os valores obtidos de nitritos e nitratos das águas da FSB deste estudo (Tabela 2, p. 56, 57) mostrando valores dentro da margem de qualidade da Resolução cujos teores oscilaram abaixo de 1 (mg/L) em cinco das sete amostras, apresentando 2 picos sobressalentes em C1 e C3.

Estes picos de Nitritos e Nitratos podem indicar resíduos biológicos nas fases iniciais de estabilização como produto da decomposição biológica. (VON SPERLING, 2014)

O nitrogênio presente nos solos agricultáveis (e em geral) pode ser encontrado sob duas formas principais, a saber, a forma orgânica (p. ex. ureia e ácidos nucleicos), e inorgânica (nitritos, nitratos e amônio). A primeira detém a maior predominância em disponibilidade, no entanto não implica que as formas inorgânicas não exerçam funções primárias na célula vegetal. O alto consumo de nitrogênio pelas plantas se deve pelas inúmeras funções vitais que este desempenha como a composição proteica, material genético, produção de energia e formação da clorofila. A variabilidade de elementos e substâncias que possuem o nitrogênio em sua composição compõe o ciclo biogeoquímico do nitrogênio que mantém importante papel nutritivo para as plantas. (VON SPERLING, 1996; VIEIRA, 2017)

O nitrogênio é um dos elementos químicos mais importantes para as atividades celulares dos vegetais e, dos macronutrientes, é o que se encontra em maior abundância na química dos solos. Sua formação está intimamente ligada na origem orgânica advinda das composições e degradações orgânicas e no ciclo de fixação do nitrogênio através de microrganismos como as bactérias, por exemplo, do gênero *Rhizobium*. (FERREIRA, 2016)

A Resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece como padrão para águas de classe 3, incluídas as FSB, os valores máximos de 1 (mg/L) para nitritos e 10 (mg/L) para nitratos.

Novaes *et al.* (2002) observaram um incremento no solo de compostos nitrogenados da FSB de até 23% de amônia e 15% de nitrato em profundidade até 20. Para estes autores o nitrogênio é o elemento limitante do desenvolvimento agrícola devido à sua alta demanda pelas células e pela atividade microrgânica depende do nitrogênio para os processos de nitrificação e desnitrificação, essenciais para a realização do ciclo natural.

Faustino (2007) encontrou resultados de 0,5 (g/L) em teores de Nitrogênio da FSB em seu estudo sobre o impacto do uso de efluentes de FSB no solo; o que corrobora com os valores encontrados neste estudo.

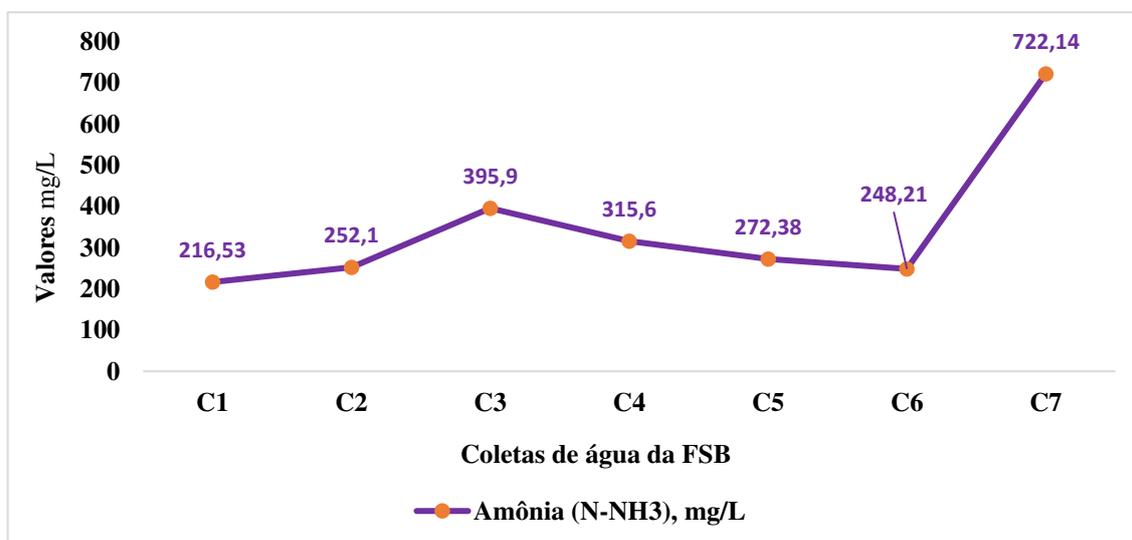
Tendo por base os estudos de Ayers; Westcot (1999) para suprimento de nitrogênio no solo, independente da cultura realizada, a FSB deveria produzir uma média de 250 kg/ha por metro de água aplicada de nitrogênio. Sendo assim, para este estudo, seria necessário um aporte de 600 (m³) de efluente.

Em contrapartida, o aumento sistemático do uso de fertilizantes nitrogenados pode ocasionar a contaminação dos solos, aumentar o teor de nitrogênio nas plantas, eutrofização dos corpos de água, lençóis freáticos e desencadear doenças como a anemia metahemoglobinemia, conhecida como síndrome do bebê azul. (AYERS; WESTCOT, 1999; TONNETI *et al.*, 2018; NOVAES *et al.*, 2002)

Macedo *et al.* (2022) estudaram a influência de bioestimulantes no crescimento de mudas de *Khaya senegalensis* A. JUSS através da utilização efluente de FSB encontrando o valor de 8 (mg/L) para nitrato, valor este, superando quase 10 vezes os valores encontrados neste estudo. A relação de produção de novas folhas e crescimento da planta estiveram diretamente relacionadas com o aumento na oferta do biofertilizante.

Mendes (2023) refere que estudos realizados pela EMBRAPA sobre quantificação de nitrogênio, revelaram uma média de 0,4 (g/L) de nitrogênio total, incluídos os valores de nitrito, nitrato e amônia. Somando-se as médias dos compostos nitrogenados apresentados na Tabela 2 encontramos o valor (convertido em gramas) de 0,375 (g/L) considerado dentro do esperado.

Figura 20: Variação do teor de Amônia nas amostras de água coletadas da FSB



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A figura 20, acima, expressa os valores obtidos para o parâmetro Amônia descritos na Tabela 2 (p. 56, 57).

Os valores oscilaram entre 216,53 (mg/L) na C1, menor valor, e 722,14 (mg/L) na C7, maior valor registrado.

Este valor encontrado em C7 pode representar indício da necessidade de manutenção do sistema de FSB. (GALINDO, 2019)

Estes valores se encontram equiparados com o estudo de Faustino (2007) que encontrou oscilação entre 269 (mg/L) a 592 (mg/L).

Altos valores de Amônia no efluente podem estar relacionados com a qualidade de esterco animal inoculada, condições de temperatura da FSB, hábitos alimentares da residência, teor de flora bacteriana degradante da matéria orgânica para formação de Amônia (FAUSTINO, 2007; VON SPERLING, 1999; NOVAES, 2002)

A Resolução do CONAMA 357/2005 estabelece como padrão de qualidade valores de nitrogênio amoniacal total de 2,2 (mg/L), se pH do efluente estiver entre 8,0 e 8,5; e 1,0 (mg/L) para pH acima de 8,5; valores bem abaixo aos encontrados neste estudo. (BRASIL, 2005)

Faustino (2007) argumenta que valores aumentados de nitrogênio amoniacal podem contribuir positivamente para fertilidade do solo a depender das condições edáficas apresentadas, excluindo, inclusive, a possibilidade de adubação complementar com aditivos ricos em nitrogênio.

A agricultura contribui fortemente com a fixação de nitrogênio nos solos da ordem de 63 milhões de toneladas por ano. A produção industrial de nitrogênio alcança uma participação de 63%. (VIEIRA, 2017)

Em FSB a principal apresentação de nitrogênio amoniacal advém da Ureia proveniente de excrementos animais e humanos. O nitrogênio amoniacal produz a acidificação do solo e, em contrapartida, a planta libera hidroxilas e ácidos carbônicos para alcançar a estabilidade do meio. A ureia possui menor de custo de investimento e preserva a salinidade do solo comparado com outros compostos fertilizantes. (SILVA; BORGES, 2011)

Quanto à disponibilidade de exposição nos solos, a amônia possui origem na mineralização do material orgânico ou pode ser acrescentada ao solo através do deságue de conteúdos ricos em matéria orgânica diretamente no solo ou adição de fertilizantes nitrogenados nos cultivos agrícolas. (BARROS, 2005).

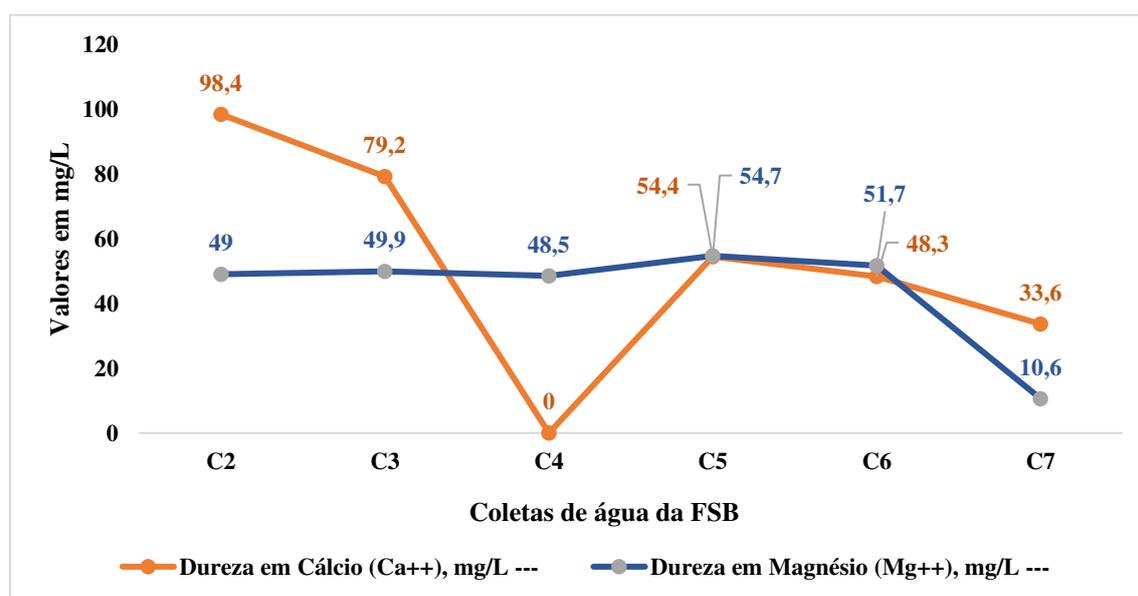
4.1.4.4 DUREZA EM CÁLCIO (Ca²⁺); DUREZA EM MAGNÉSIO (Mg²⁺); DUREZA TOTAL (CACO₃)

A dureza é um parâmetro de avaliação da qualidade da água mais comumente estudado para indicação de níveis de potabilidade. Estes fatores se caracterizam pela quantificação dos íons de elementos contidos na família 2A da tabela

periódica, tais como: Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Manganês (Mn^{2+}) e Estrôncio (Sr^{2+}); aliados aos íons Alumínio (Al^{3+}), Ferro (Fe^{2+}), Zinco (Zn^{2+}) e Hidrogênio (H^+); ou, ainda por outros íons divalentes como o Sulfato (SO_4^{2-}), Bicarbonatos, Cloretos, Nitratos e Silicatos Destes, os principais íons na aferição da dureza na água são o Cálcio e o Magnésio pela sua maior disponibilidade na água. (MATIAS, HASSEMER, 2019; FREITAS; ROSSATO; ROCHA, 2017); OLIVEIRA; FERNANDES, 2018; BRASIL, 2013)

A figura 21 mostra os valores obtidos de dureza em Ca^{2+} e Mg^{2+} conforme dados expressos na Tabela 2 (p. 56, 57). As oscilações de medida da dureza de Ca^{2+} ocorreram entre 98,4 (mg/L), em C2, e 33,6 (mg/L), em C7. Não houve mensuração de Ca^{2+} pelo LABDES em C4. As oscilações de Magnésio se apresentaram entre 49 (mg/L), em C1 e 10,6 (mg/L), em C7, com pico de 54,7 (mg/L) em C5.

Figura 21: Variação dos valores de valores de Dureza em Ca^{2+} e Mg^{2+} nas amostras de água coletadas da FSB



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

O consumo vegetal de Ca^{2+} , no solo, pode variar a depender do tipo de planta compreendendo entre 10 a 200 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de Cálcio cujos teores foliares podem representar até 4% da massa seca. (FAQUIN, 2005; FROTA; *et al*, 2015).

A Palma forrageira é rica em Cálcio e este pode representar entre 2,0 e 5,7% da massa seca a depender do tipo de Palma. Em contrapartida, o consumo vegetal para o Mg^{2+} se comporta mais moderado em relação ao consumo de Ca^{2+} podendo variar entre 10 a 40 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) com teores foliares entre 0,2 a 0,4% cujos níveis podem ser

influenciados negativamente pelo pH ácido do solo e/ou pelo aumento de potássio (K^+) nas fertilizações. A importância do Mg^{2+} se configura na base de formação da clorofila. Na Palma Forrageira, o Mg^{2+} pode compor de 0,6 a 1,7% da massa seca. (IDEM, 2015).

A carência vegetal de Ca^{2+} e Mg^{2+} pode ocasionar sintomas de baixo desenvolvimento, mudança na coloração das folhas, distúrbios de germinação e fixação de N_2 nos rizomas. (IBIDEM, 2005)

O Ca^{2+} é um dos elementos químicos que merecem atenção devido ao seu potencial de contaminação em altas concentrações no solo e nas águas. Os principais sintomas de intoxicação humana por ingestão excessiva de Ca^{2+} incluem distúrbio de absorção de cálcio, dermatites, conjuntivites e distúrbios gastrointestinais. (MIURA, 2021; AGUIAR; VEIGA JUNIOR, 2021).

Tabela 3: Variação dos valores de Dureza em Ca^{2+} e Mg^{2+} nas amostras de água coletadas da FSB

DUREZA TOTAL ($CaCO_3$), mg/L

COLETAS	VALORES ENCONTRADOS	MÉDIA
C2	450,0	328,00
C3	406,0	
C5	128,0	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A Tabela 3 refere-se à avaliação de Dureza Total, medida em mg/L de $CaCO_3$ t, de acordo com os dados expressos na Tabela 2 (p. 56, 57). Este parâmetro foi avaliado pelo LABDES apenas em C2, C3 e C7, cujos resultados foram 450 (mg/L), 406 (mg/L) e 128 (mg/L), respectivamente. Pelo demonstrado acima os valores se comportaram com decréscimo a cada medida representando também decréscimo nos teores de Cálcio na tabela, principal elemento de referência na obtenção dos valores de dureza total.

O parâmetro da Dureza Total é avaliado, predominantemente, para mensuração da potabilidade de águas de abastecimento a qual recomenda valores de $CaCO_3$ abaixo de 500 (mg/L).

Para fins de tratamento de esgotos, a dureza implicaria substancialmente na manutenção da tubulação da FSB que pode apresentar entupimentos devido a

possibilidade de formação de precipitação pelas temperaturas elevadas e níveis baixos de pH. (MIURA, 2021; BRASIL, 2017; VON SPERLING, 1999)

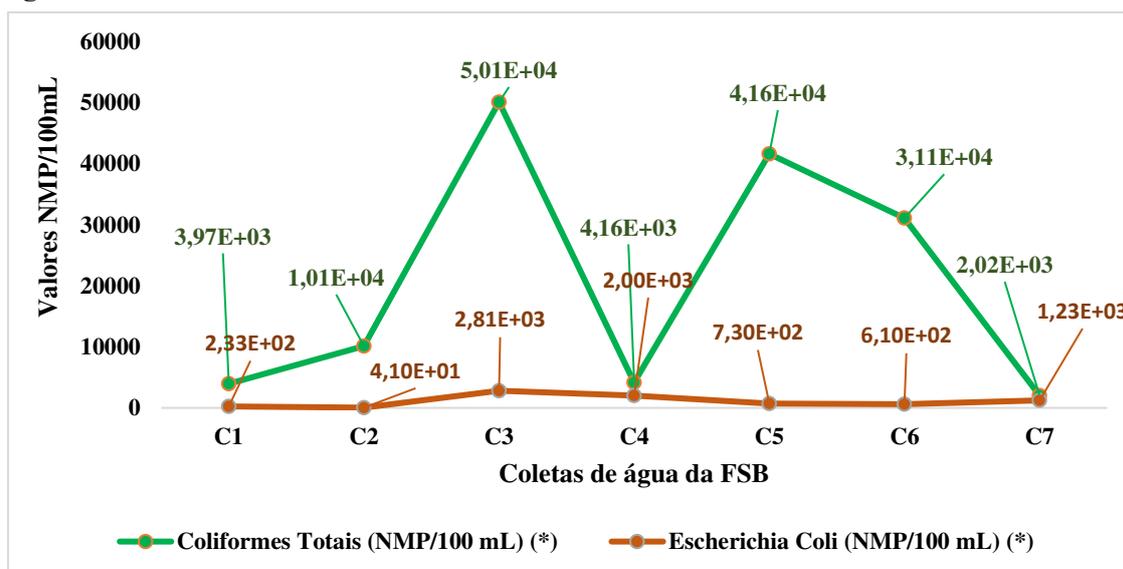
4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS

4.2.1 CONTAGEM DE COLIFORMES TOTAIS E ESCHERICHIA COLI

De acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA (2005), os padrões estabelecidos para presença de microrganismos nas águas servidas obedecem a parâmetros numéricos de aceitabilidade para os coliformes termotolerantes não devendo ser exceder um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *Escherichia coli* (*E. coli*) poderá ser determinada em substituição ao parâmetro ‘coliformes termotolerantes’ de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. (BRASIL, 2005).

Neste contexto, ao analisar a figura 22, p. 74, observa-se que as amostras coletadas na última caixa excederam os parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 430/2011 para Coliformes Totais ($4,00E+03$ NMP/100 mL) nas amostras C2 ($1,01E+04$), C3 ($5,01E+04$), C5 ($4,16E+04$) e C6 ($3,11E+04$).

Figura 22: Variação da contagem de Coliformes Totais e *Escherichia coli* nas amostras de água coletadas da FSB



Fonte: Elaborado pelo Autor. (2023)

*Valores expressos em notação científica pelo Microsoft Excel®.

Não obstante, a contagem de *Escherichia coli* manteve-se com pouca variação tendo sua menor contagem em C2 (4,10E+01) e a maior em C3 (2,81E+03).

Parâmetros estipulados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) toleram amostras de FSB com resultados de *E. coli* até 1E+7 para águas servidas pelas técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos, tornando a FSB em estudo em conformidade para uso agrícola com segurança. (BRASIL, 2011; OLIVEIRA, 2018)

Apesar da legislação supra não especificar o volume quantitativo permitido de contaminação pela bactéria *E. coli*, enfatiza-se que este parâmetro deve ser considerado quando não se puder verificar o quantitativo de coliformes termotolerantes. Importa sua mensuração seriada para avaliar a eficiência da biofermentação da FSB. Existe uma relação entre Coliformes Totais e Coliformes Fecais da ordem de 1 para 5, respectivamente, porém não há consenso sobre esta proporção devido a presença de outros fatores como o espaço de tempo em que ocorreu o lançamento do efluente. (VON SPERLING, 1996)

Mattos (2003) enfatiza que a medida segura para uma irrigação irrestrita é manter os níveis de coliformes totais abaixo de 1,00E+04/100 mL e que a quantidade de *E.coli* suficiente para iniciar um processo patológico no ser humano é de 1,00E+11 CF/100 mL.

Freitas *et al.* (2015) em estudo realizado em Gurupi-TO, para uma residência rural com 3 pessoas, conseguiram redução de 100% de coliformes totais na coleta da 3ª caixa, indicando uma grande eficiência da FSB. Conforme este autor, apesar de não haver uma legislação específica para esta contagem nas águas de classe 3, o ideal é que ela não exceda 1,00E+04/100 ML, corroborando, assim, com Mattos (2003).

Andrade *et al.* (2022) e Von Sperling (1999) referem que as águas contendo a bactéria *E. coli* significam um importante indicador de presença de fezes humanas pela razão deste agente ser abundante em sua flora digestiva. Diminuir os índices de *E. Coli* em águas residuárias torna-se um objetivo concreto em dirimir os riscos de contaminação de solos e água e prevenção de doenças.

Os coliformes balizam o crescimento de bactérias patogênicas na medida que o crescimento de uma se equivale ao crescimento da outra; neste sentido, a redução dos níveis de coliformes no efluente, implica na redução da carga de bactérias patogênicas no meio. (SOARES *et al.*, 2016)

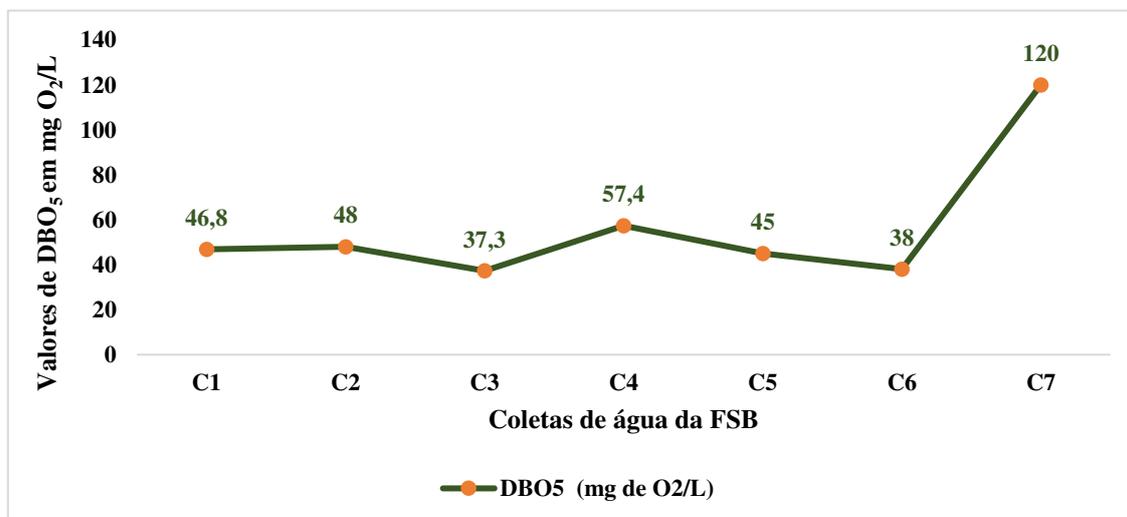
Em estudo semelhante a este, Andrade *et al.* (2022) evidenciaram remoção de *E. coli* da ordem de $4,81E+02$ NMP/100 ml, provando a eficiência deste método no tratamento de águas residuárias. Soares *et al.* (2016) referiram redução de aproximadamente 99,8% na FSB de águas doces e salobras na região do Pantanal Mato grossense. Figueiredo (2019) relatou remoção de 95% com adição de esterco e, Lotfi (2016, apud Freire, 2022) apresentou redução de 96,1% e 98,1% para remoção de coliformes totais e *E. coli*, respectivamente.

Apesar do potencial contaminante do efluente em estudo, cabe salientar que a irrigação diretamente no solo com mínimo ou nenhum contato humano ou animal aliado ao uso exclusivo em culturas de forragem como a palma minimizam as possibilidades de contaminação patológica dos moradores da residência e dos animais que utilizarem a palma irrigada para sustento nutricional. (ANDRADE *et al.*, 2022)

4.2.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A análise da figura 22 demonstra as oscilações da DBO_5 de acordo com coletas de FSB realizadas. Observa-se certo grau de estabilização entre C1 (46,8 mg O_2/L) e C6 (38 mg O_2/L), com pico em C7 (120 mg O_2/L), com valor de média de 56,07 (mg O_2/L), bem acima do estipulado pelas Resolução 430/2011 do CONAMA que prevê valores aceitáveis abaixo de 10 (mg O_2/L). (BRASIL, 2011).

Figura 23: Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias nas amostras de água coletadas da FSB



Fonte: Elaborado pelo Autor. (2023)

Para Von Sperling (2014) valores elevados de DBO₅ indicam aumento de matéria orgânica na água.

Faustino (2007) refere que o aumento de matéria orgânica na FSB pode ser benéfico nos solos que possuem características que favorecem o armazenamento de nitrogênio. Para a autora, a matéria orgânica nitrogenada é mais bem assimilada pelas plantas principalmente na sua forma amoniacal.

O consumo de oxigênio em um meio líquido se tornou um parâmetro importante de mensuração de potabilidade da água, pois remete, indiretamente, à presença de matéria orgânica de forma que a velocidade de consumo de oxigênio aumenta na medida que se obtém maiores titulações de microrganismos. Quando se trata de esgotos, este parâmetro ganha importância na avaliação da capacidade biofertilizante dos compostos através da medição da taxa de degradação da matéria orgânica, indicação das proporções de agentes biodegradáveis e relação consumo e tempo. (VON SEPERLING, 1996; TONETTI; *et al*, 2018).

Figueiredo *et al.* (2019), na FSB com adição de esterco, encontraram o valor de 213 (mg O₂/L) em DBO quase o dobro da maior medição da FSB deste estudo (120 mg O₂/L) referindo maior consumo de oxigênio e maior atividade biológica. Faustino (2007), analisando FSB com esterco de ovinos e bovinos, encontrou variação de 153 a 411 (mg O₂/L), valores também acima dos preconizados e maiores que os encontrados neste estudo. Para esta autora e para Freitas (2015), níveis elevados em DBO podem implicar em contaminação de corpos hídricos, todavia, como biofertilizante, podem significar maiores aportes de fertilização em solos carentes.

Freire (2022), em seu estudo comparativo SWOT sobre os métodos de reuso de águas servidas, elencou os últimos resultados de DBO em FSB, na literatura, citando os estudos de Barboni; Rochetto (2016) com remoção de 33% de DBO, Lotfi (2016) e Torres (2019) com 73% e Figueiredo (2019) com 67%. Oliveira (2018) encontrou valor de 47 (mg O₂/L) e Freitas (2015) o valor de 1333 (mg O₂/L).

Em estudo semelhante, Andrade *et al.* (2022) encontraram valores de média próximos aos encontrados neste estudo (47,41 mg O₂/L) também acima do VMP, no entanto, os autores alegam que valores até 100 (mg O₂/L) não alteram os mecanismos de absorção de água pelas plantas e que este efluente pode ser utilizado em culturas de palma forrageira com segurança pelo fato do despejo ocorrer diretamente no solo, não necessitando de contato humano para irrigação.

Oliveira (2018) concluiu que as FSB possuem capacidade de remoção de DBO menor que outras formas de tratamento de águas servidas como Tanques de Evapotranspiração e biodigestores com filtro anaeróbio interno, mas concorda com o potencial de remoção próximo de 100% das FSB caso ocorra em condições de funcionamento adequado.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS PARÂMETROS DO EFLUENTE DA FSB

Para análise estatística dos valores dos parâmetros da água efluente da FSB foi utilizado o software JASP 0.16.4, o qual analisou as diferenças entre os grupos de coletas denominados de Estabilização compreendendo as coletas 1 a 3 (C1-C3) e de Pós-Estabilização (C4-C7). Para esta análise, utilizou-se o teste de Mann-Whitney para investigar possíveis diferenças nos níveis de pH, Sódio, Potássio, Fósforo; Nitrato; Nitrito; coliformes totais; *Escherichia Coli*; e DBO.

Tabela 4. Resultados da comparação entre os grupos de coletas de efluente

	Estabilização		Pós-Estabilização		W	p
	M (DP)	M _{Rank}	M(DP)	M _{Rank}		
pH	8,53 (0,32)	3,83	8,52 (0,37)	4,12	5,50	1,000
Sódio	263,10 (56,71)	1,50	375,02 (89,18)	4,50	0,00	0,133
Potássio	120,60 (33,42)	2,00	182,67 (18,50)	5,50	0,00	0,057
Fósforo	13,40 (10,87)	3,67	12,77 (9,16)	3,33	5,00	1,000
Nitrato	45,37 (38,94)	5,00	0,57 (0,21)	3,25	9,00	0,400
Nitrito	23,27 (20,48)	5,00	0,11 (0,05)	3,25	9,00	0,400
Coliformes	21390,00 (25051,79)	4,33	19720,00 (19694,69)	3,75	7,00	0,857
Escherichia	1028,00 (1546,24)	3,33	1142,50 (631,57)	4,50	4,00	0,629
DBO	44,03 (65,10)	3,33	65,10 (37,47)	4,50	4,00	0,629

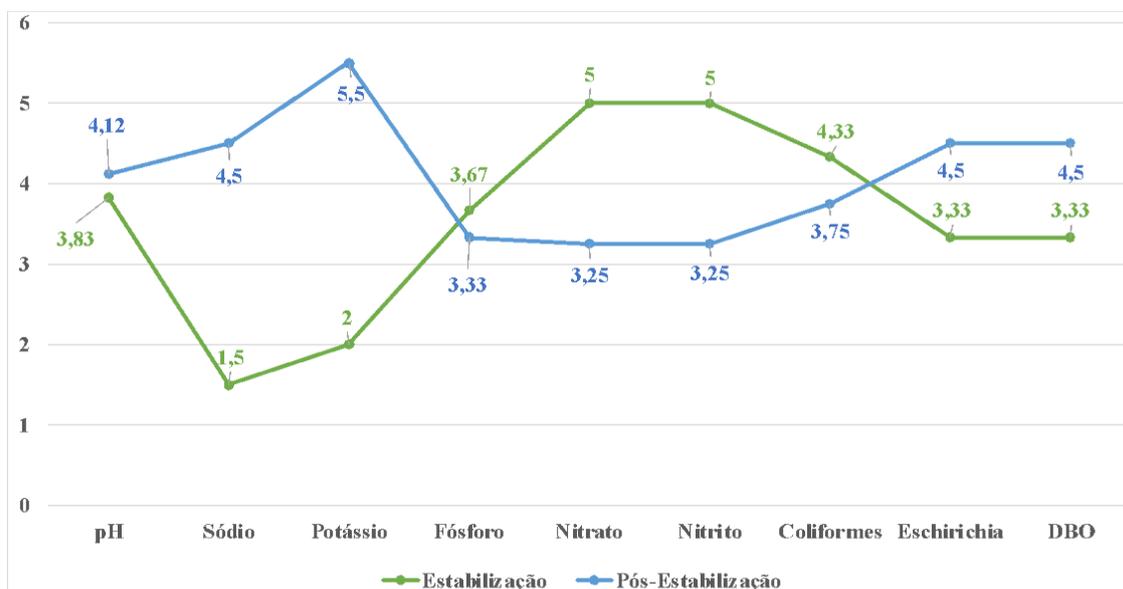
Fonte: Elaborado pelo Autor. (2023)

Conforme a Tabela 4 os resultados após aplicação do teste apontaram diferenças marginalmente significativas para os níveis de Potássio ($W = 0,00$, $p = 0,057$, grifo nosso). Contudo, não foi possível observar diferenças significativas entre as demais substâncias, considerando as coletas de Estabilização e Pós-Estabilização. Os resultados podem ser conferidos na

A partir disso, pode-se inferir que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p > 0,05$). Contudo, foi possível perceber em algumas substâncias, os grupos apresentaram resultados substancialmente diferentes entre si (Ver Tabela 4).

Conforme Shimakura (2014); Barbosa; Soares; Silva (2023) utiliza-se o teste de Mann-Whitney quando se pretende avaliar dois grupos independentes, quaisquer que sejam, para verificar se pertencem ou não à mesma população; na verdade, verifica-se se há evidências para acreditar que valores de um grupo A são superiores aos valores do grupo B. É mais comumente usado quando o quantitativo de amostras é pequeno.

Figura 24: Análise estatística da água e do efluente da FSB



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Sendo assim, de acordo com a figura 24 observa-se que os testes estatísticos das diferenças entre grupos não apresentaram significância estatística devido ao baixo número de coletas realizadas no estudo, considerando que o primeiro grupo, de coletas de Estabilização (E), apresentaram apenas três observações/coletas, enquanto o segundo grupo, denominado de coletas Pós-Estabilização (PE) apresentou quatro coletas de dados.

Sendo assim, sugere-se a replicação do estudo considerando uma base de dados maior, de maneira a obter poder amostral suficiente para replicar as análises aqui realizadas.

.4 ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA

4.4.1 – DE ACORDO COM O NÚMERO DE RAQUETES

Tabela 5: Crescimento da Palma (*O. ficus-indica* (L.) Mill.). Contagem número de raquetes.

AMOSTRAS	DIAS DE COLETA DE DADOS – Ano 2023					TOTAL NOVAS RAQUETES
	10/02	07/03	23/03	06/04	06/06	
PLANTA 01	03	10	11	11	17	14
PLANTA 02	01	09	09	10	18	17
PLANTA 03	03	08	11	09	13	10
PLANTA 04	02	02	03	04	CORTADA	04
PLANTA 05	00	11	13	15	16	16
PLANTA 06	02	09	07	07	10	08
PLANTA 07	00	07	12	12	12	12
PLANTA 08	02	06	10	10	13	11
PLANTA 09	01	07	07	09	15	14
PLANTA 10	00	05	05	05	07	07
PLANTA 11	01	04	05	05	12	11
PLANTA 12	02	14	14	14	17	15
PLANTA 13	02	06	07	07	07	05
PLANTA 14	01	12	12	12	12	11
PLANTA 15	01	05	05	07	07	06
PLANTA 16	02	09	11	11	13	11
PLANTA 17	01	06	06	07	12	11
PLANTA 18	01	08	08	08	08	07
PLANTA 19	02	09	10	10	10	08
PLANTA 20	03	07	07	08	08	05
PLANTA 21	05	05	05	05	08	03

Fonte: Elaboração do Autor (2023)

A tabela 5 mostra o resultado da contagem de raquetes por planta de palma observada de acordo com cada dia da observação dos experimentos. Como referido anteriormente, as plantas 01 a 10 compuseram o Experimento A, o qual **recebeu** o biofertilizante proveniente da FSB e, as plantas de 11 a 21, compuseram o Experimento B as quais **não receberam** o produto do efluente. De acordo com a tabela acima, a segunda coluna se refere à quantidade de raquetes observadas no primeiro dia de

observação do experimento e a penúltima coluna de refere a quantidade de raquetes observadas no último dia de coleta de dados.

Ainda de acordo com a tabela acima, na última coluna, tem-se o quantitativo total de novas raquetes observadas durante todo o período de coletas.

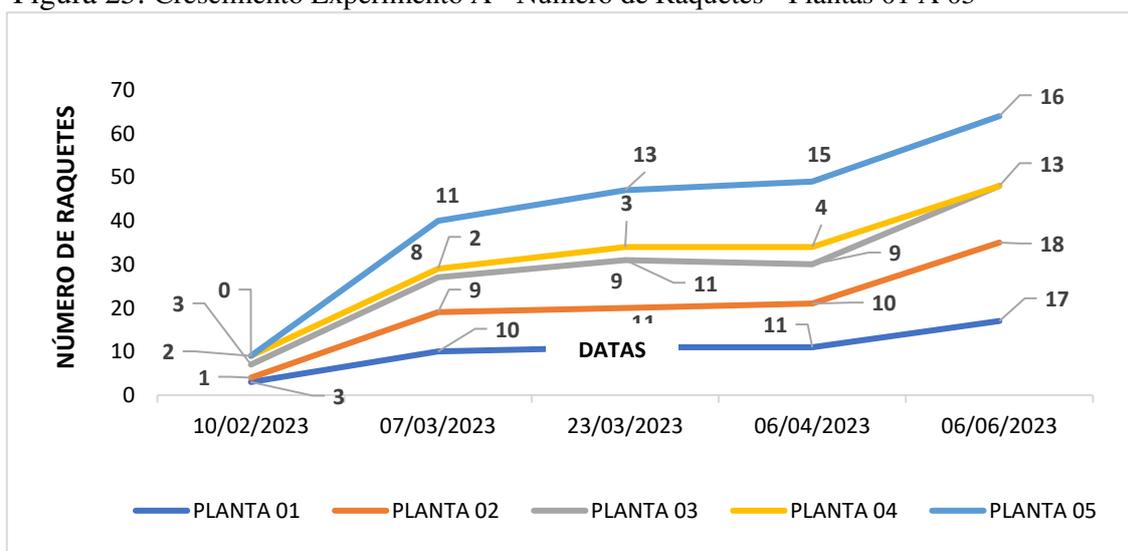
Percebe-se que no período observado, as plantas do Experimento A (01 a 10) obtiveram produção maior ou igual a 10 raquetes novas em 70% da amostra (plantas 01, 02, 03, 05, 07, 08 e 09) enquanto as plantas do Experimento B (11 a 21) apenas cinco delas (45%) apresentaram aparecimento de 10 ou mais novas raquetes.

Dentre os critérios utilizados para a análise do crescimento da palma forrageira se encontra a obtenção de variáveis de medidas de crescimento que incluem a altura da planta, obtida do solo até a raquete mais alta, largura de planta, através da medida das extremidades laterais da planta, comprimento, largura, espessura e perímetro de cladódios primários e secundários. (PEREIRA, 2021)

Para Azevedo Junior (2017) a análise de crescimento pode ser aferida de acordo com a morfologia das raquetes através da medida das médias de altura de planta, quantitativo de raquetes primárias e secundárias, bem como seu comprimento, espessura e perímetro

Devido a um processo de limpeza do Experimento A ocorrido entre a penúltima e última análise, a planta 04 sofreu um processo acidental de poda e foi cortada, não podendo ser feita a observação no dia 06/06/2023. Foi considerado seu crescimento até a medição anterior à data de corte.

Figura 25: Crescimento Experimento A - Número de Raquetes - Plantas 01 A 05

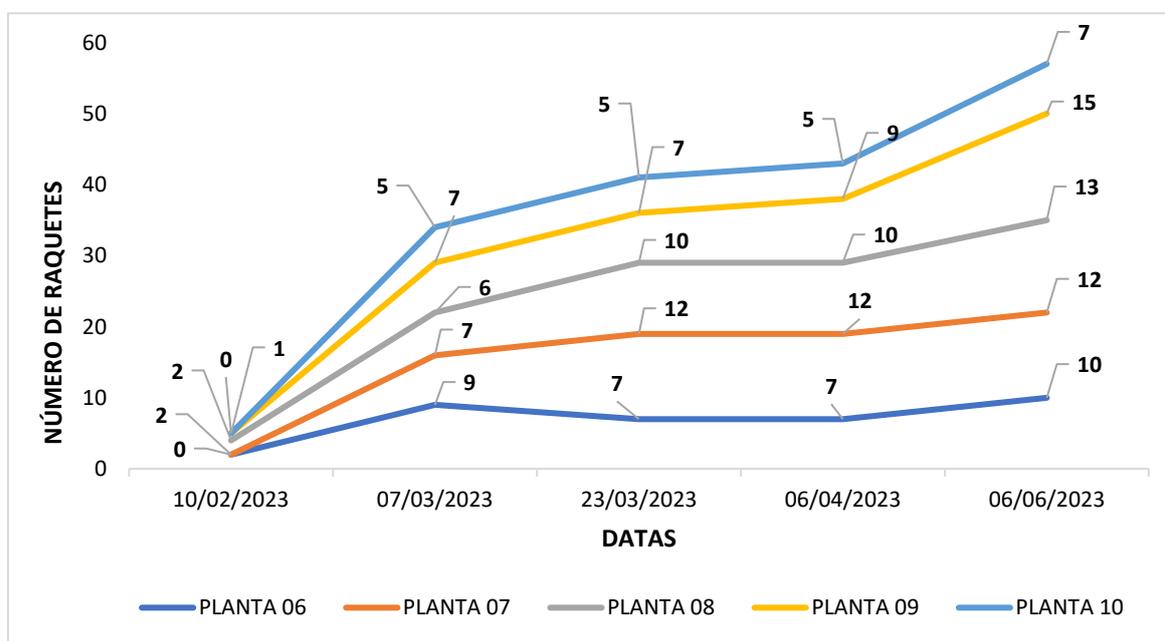


Fonte: Elaboração do Autor (2023)

A figura 25 (p. 80) representa o crescimento das plantas 01 a 05 e a figura 26 (p. 81) demonstra o crescimento das plantas 06 a 10 palma do experimento A (com adição de efluente), de acordo com a quantidade de raquetes descritas nos dados da Tabela 5 (p. 79). Verifica-se crescimento em todas as fases de coleta, com destaque para a planta 02 (figura 25 - linha laranja) com maior crescimento (17 raquetes novas) e a planta 10 (figura 26 - linha azul claro) com menor crescimento (07 raquetes novas). Devido ao acidente ocorrido com planta 04, seu crescimento completo não será considerado para os fins deste trabalho.

Felix *et al* (2022) no estudo sobre desempenho de variedades de palma forrageiro reforçaram a necessidade de mais estudos com irrigação salina haja vista a escassez de fontes de águas menos salobras, normalmente destinadas para consumo humano. A baixa precipitação nas regiões semiáridas e a má qualidade das águas de prospecção subterrânea contribuem para maiores investimentos em espécies mais resistentes às condições sequiosas e adoção de tecnologias de irrigação mais eficientes e sustentáveis.

Figura 26: Crescimento Experimento A - Número de Raquetes - Plantas 06 A 10



Fonte: Elaboração do Autor (2023)

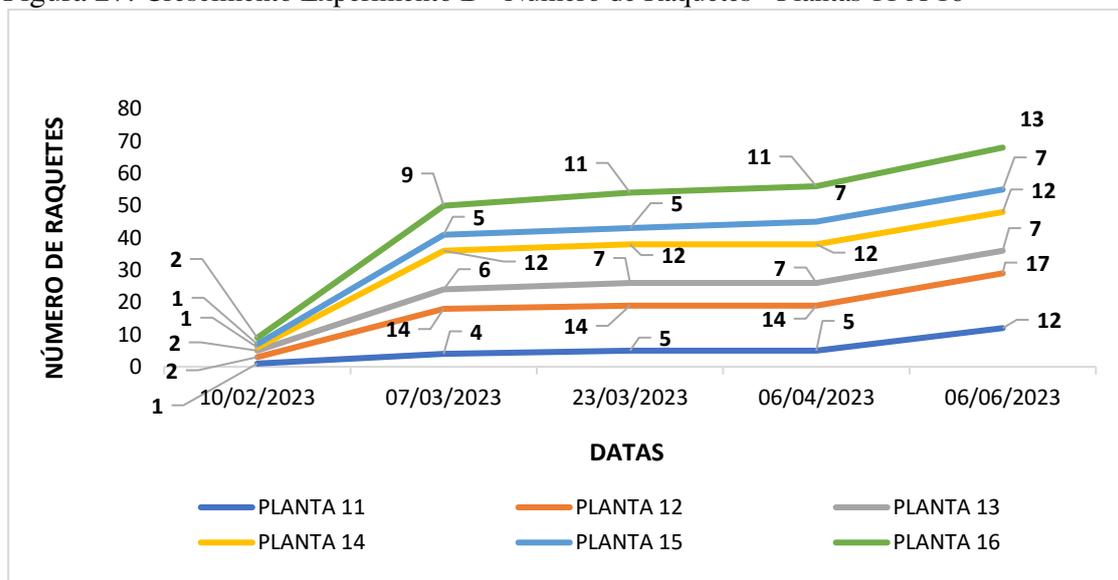
Ainda conforme os autores é mister o domínio do manejo de águas salobras para irrigação de grande monta, pois o uso inadvertido ou inconsequente destas águas

pode acarretar danos severos ao desenvolvimento das culturas ou até mesmo tornar o solo impróprio para culturas subjacentes.

Reis Filho (2020) assegura que o manejo adequado da irrigação minimiza os efeitos provocados pelas intempéries climáticas que promovem a perda de rendimento dos cultivares contribuindo para o aumento do perfil fotossintético da palma. Em uma análise prática, o autor infere que o manejo adequado da irrigação, somado às condições edafoclimáticas ideais pode abreviar o intervalo entre cortes impulsionando a produção.

A figura 27 representa o crescimento das plantas 11 a 16 e a figura 27 demonstra o crescimento das plantas 17 a 21 palma do experimento B (sem adição de efluente) de acordo com a quantidade de raquetes descritas nos dados da Tabela 2 (p. 56, 57).

Figura 27: Crescimento Experimento B - Número de Raquetes - Plantas 11 A 16



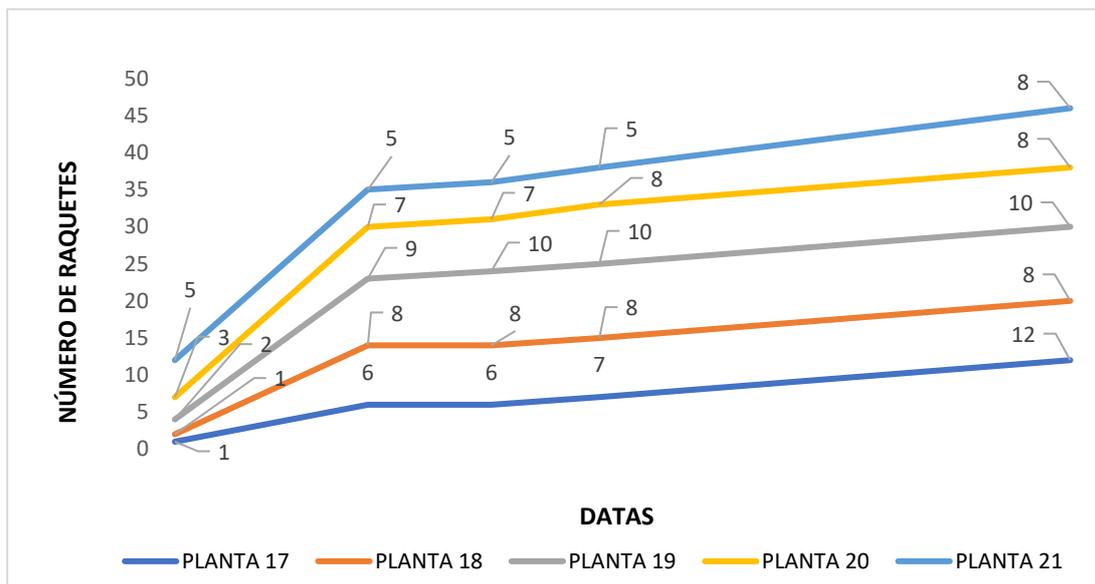
Fonte: Elaboração do Autor (2023)

Verifica-se crescimento em quase todas as fases de coleta, com destaque para a planta 12 com maior crescimento (15 raquetes novas) e a planta 21 com menor crescimento (03 raquetes novas). Percebe-se também, neste experimento B, que as plantas 11; 12, 16 e 20 (Figura 28, p. 83) não aumentaram o número de raquetes entre a 3ª e a 4ª medição; as plantas 15, 17 e 20 não evidenciaram crescimento entre a 2ª e 3ª medição; as plantas 12 e 14, entre a 2ª e a 4ª medições; plantas 13 e 19 entre a 3ª e a 5ª medições; planta 18 entre a 2ª e 5ª medições e; a planta 21 não registrou crescimento entre a 1ª e a 4ª medições, com pior score entre as plantas analisadas.

Dantas (2019), em sua tese sobre sistemas de cultivo de palma forrageira no semiárido salientou que o manejo da irrigação para cultivo e desenvolvimento da palma deve considerar o clima da região e os períodos para agüamento, sendo o período noturno mais propício. Regiões que apresentam maiores temperaturas durante a noite tendem a promover uma maior desidratação dos cladódios necessitando de irrigação complementar, atribuindo relevância aos sistemas de irrigação sustentáveis a exemplo do uso de FSB.

Santos *et al* (2017) atentaram para a irrigação por aspersão e por gotejamento como os dois tipos de irrigação mais comuns utilizados nos cultivos da palma forrageira. Para eles, o sistema de irrigação por aspersão apresenta eficácia na remoção mecânica da cochonilha que se deposita na face externa do cladódio através do contato em velocidade da água jorrada pelo aspersor. Em contrapartida, pode ocorrer desperdício de água para as áreas mais distantes do sistema radicular das plantas o qual é mais superficial e concentrados mais próxima a inserção do cladódio primário ao solo. Neste caso, o sistema por gotejamento ganha destaque por proporcionar uma irrigação mais focal e intensiva com menos desperdício.

Figura 28: Crescimento Experimento B - Número de Raquetes - Plantas 17 A 21



Fonte: Elaboração do Autor (2023)

Jardim *et al* (2019) afirmam que processos de irrigação em plantações de palma, apesar da necessidade de adaptabilidade dessas culturas às condições de sequeiro, tendem a impulsionar os cultivos promovendo melhorias na altura das plantas, número e espessura dos cladódios.

Para estes autores as estratégias de irrigação utilizadas no cultivo da palma possuem poder de interferência no controle hídrico do solo maiores do que cultivares de palma consorciados com o sorgo. Neste sentido, o efluente biofertilizante das FSB podem alçar relevância importante no manejo hídrico nas plantações de palma no semiárido nordestino.

4.4.2 – DE ACORDO COM A ALTURA DA PLANTA

Tabela 6: Crescimento da Palma (*O. ficus-indica* (L.) Mill.). Medição da Altura da Planta 01 a Planta 10, em centímetros.

Amostras/dias de coleta de dados	10/02/2023	07/03/2023	23/03/2023	06/04/2023	06/06/2023	Ganho em Altura
PLANTA 01	39,5	53	58,5	65,5	81,5	42
PLANTA 02	46	75,5	76,5	80	76	30
PLANTA 03	53,5	66	75	92	59,5 (quebra)	Prejudicado
PLANTA 04	61	40,5	45	52	cortada	Prejudicado
PLANTA 05	00	21	37	47,5	72	72
PLANTA 06	81	51 (quebra)	56,5	62,5	70	Prejudicado
PLANTA 07	00	44	55	61,5	72	72
PLANTA 08	49	63	68	76	79,5	30,5
PLANTA 09	40,5	63,5	67,5	79	86	45,5
PLANTA 10	00	30,5	37,5	40,5	51,5	51,5

Fonte: Elaboração do Autor (2023)

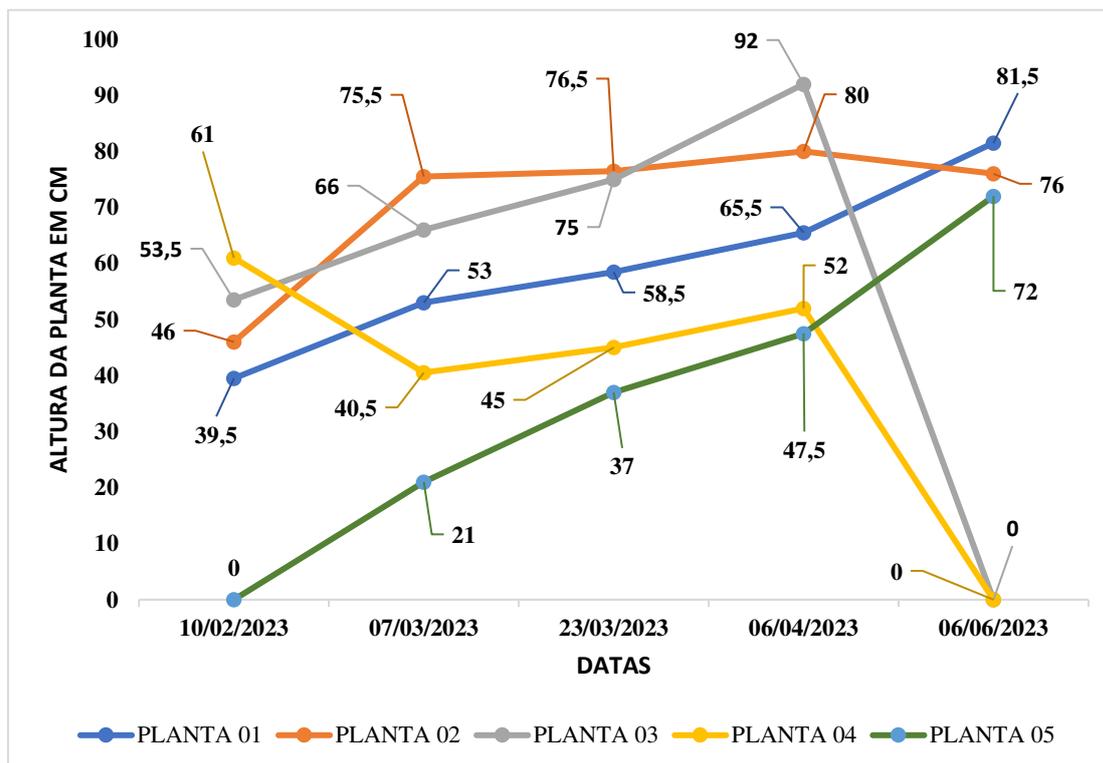
A tabela 6 descreve as medições de altura das plantas de palma forrageira realizadas no experimento A (com adição de fertilizante). Essas medições foram realizadas no mesmo dia da realização da contagem de raquetes. Observando a tabela 4, as plantas 03, 04 e 06 sofreram sinistros entre as análises prejudicando a avaliação final de ganho em altura, evidenciada nos valores da última coluna, destacada em laranja.

Com exceção das plantas mencionadas anteriormente, todas as plantas obtiveram crescimento ao longo das medições. Apontam-se as plantas 05, 07, 10 e 09 as quais obtiveram maior ganho de crescimento com 72 cm, 72 cm, 51,5 cm e 45,5 cm, respectivamente. Em contrapartida, a planta 02 obteve o menor ganho de crescimento com 30 cm.

A altura de uma planta apresenta um aspecto relevante no momento de considerar a perspectiva ou capacidade de desenvolvimento, pois a análise desta variável infere sobre o caráter nutricional do espécime investigado na relação entre oferta de nutriente e capacidade absorptiva influenciando diretamente o seu potencial de desenvolvimento e, conseqüentemente, seu crescimento. (MACEDO,2022)

A figura 29 reflete a demonstração gráfica da tabela 4, acima, concernente ao crescimento das plantas 01 a 05. A reta verde representa o crescimento da planta 05, umas das que mais cresceu dentro do experimento A, alcançando 72 cm na última medição realizada em 06/06/2023. As retas de cores amarela e cinza representam as plantas que sofreram algum sinistro no período da análise e prejudicaram a avaliação final destas amostras.

Figura 29: Crescimento Experimento A – Altura da Planta - Plantas 01 A 05, em centímetros



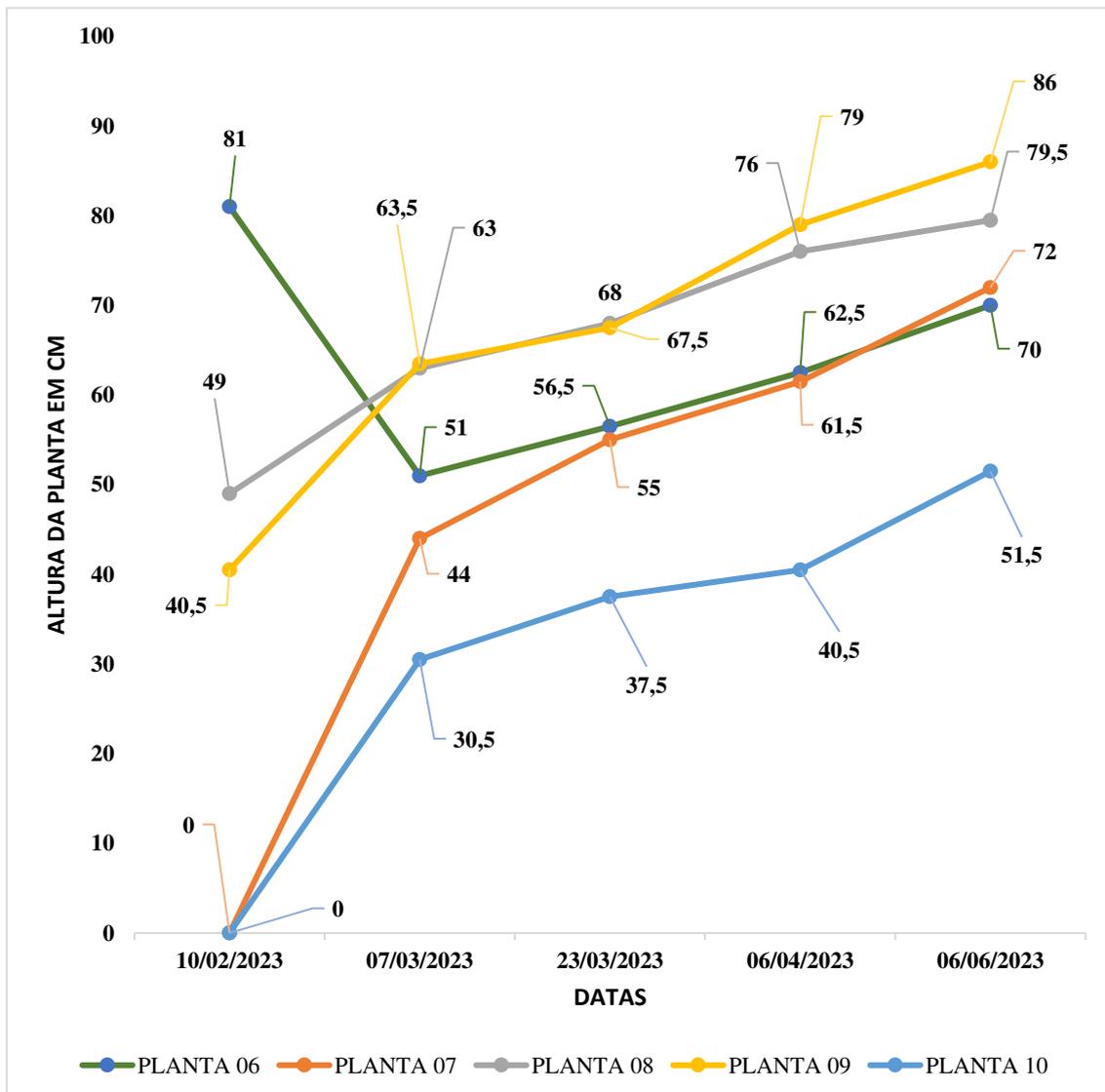
Fonte: Elaboração do Autor (2023)

A figura 30, p. 86, remete ao crescimento das plantas 06 a 10. A reta cor laranja representa o crescimento da planta 07, umas das que mais cresceu dentro do experimento A, alcançando 72 centímetros na última medição realizada em 06/06/2023. A reta de cor verde representa a planta que sofreu evento sinistro no período da análise prejudicando a avaliação final desta amostra.

Lima *et al* (2022) concordam que a irrigação salina, com altos valores de condutividade elétrica da água de irrigação, condicionam o crescimento dos cultivares de palma, inclusive com redução significativa de produção de massa fresca quando comparada com águas de irrigação dentro dos padrões de normalidade. Em seu estudo, eles concluíram que a redução da massa fresca alcançou percentual aproximado de 21%

com condutividade elétrica de até $7,5 \text{ dS m}^{-1}$. Os autores ainda afirmaram que as plantas podem apresentar reações variadas com relação à salinidade da água e do solo tendo como fatores predisponentes o fenótipo e genótipo das amostras de palma bem como o tempo de exposição.

Figura 30: Crescimento Experimento A – Altura da Planta - Plantas 06 A 10, em centímetros



Fonte: Elaboração do Autor (2023)

Com exceção das plantas mencionadas anteriormente, todas as amostras obtiveram crescimento ao longo das medições. Apontam-se as plantas 13, 11 e 12 as quais obtiveram maior ganho de crescimento com 46,5 cm, 43,5 cm e 40 cm.

Antônio, Oliveira e Voltolini (2023) compreendem que há vantagens no cultivo da espécie *O. ficus indica* pois esta se apresenta menos dependente de água para crescimento e desenvolvimento em detrimento de outras espécies como a *N. cochenillifera* (Palma Miúda), por exemplo. Neste sentido, a *O. ficus indica* tem mais possibilidade de adaptação à irrigação pelo efluente de FSB de pequena monta, para famílias de até 5 pessoas.

A tabela 7 descreve as medições de altura das plantas de palma forrageira realizadas no experimento B (sem adição de fertilizante). Essas medições foram realizadas no mesmo dia da realização da contagem de raquetes deste experimento. Observando a tabela, as plantas 17 e 21 sofreram sinistros entre as análises prejudicando a avaliação final de ganho em altura, evidenciada nos valores da última coluna, destacada em laranja.

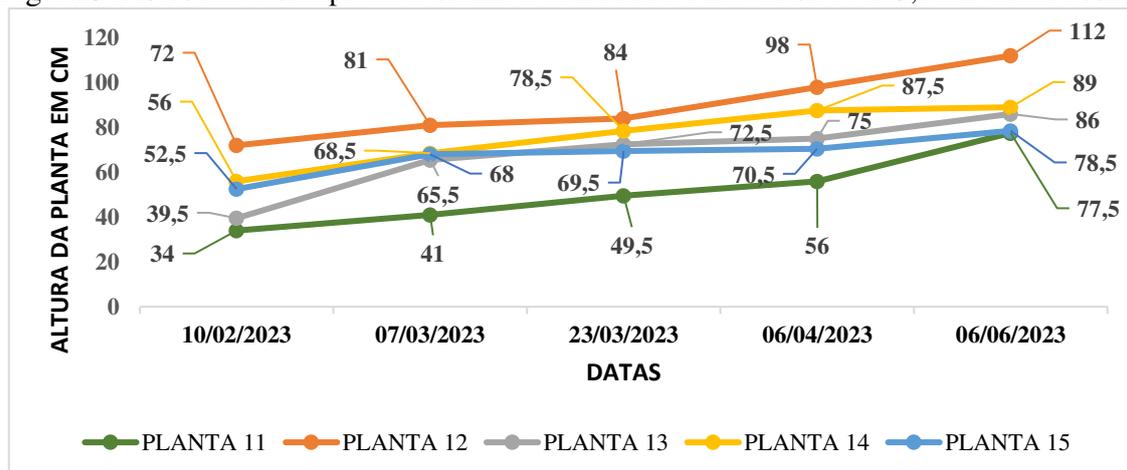
Tabela 7: Crescimento da Palma (*O. ficus-indica* (L.) Mill.). Medição da Altura da Planta 11 à Planta 21, em centímetros.

Amostras/di as de coleta de dados	10/02/2023	07/03/2023	23/03/2023	06/04/2023	06/06/2023	Ganho em Altura
PLANTA 11	34	41	49,5	56	77,5	43,5
PLANTA 12	72	81	84	98	112	40
PLANTA 13	39,5	65,5	72,5	75	86	46,5
PLANTA 14	56	68,5	78,5	87,5	89	33
PLANTA 15	52,5	68	69,5	70,5	78,5	26
PLANTA 16	59	59,5c	63,5	65	70	11
PLANTA 17	61	80,5	86	95	89 queda da raquete mais alta	Prejudicad a
PLANTA 18	76	76,5	80,5	86	86,5	10,5
PLANTA 19	60	75	75	77	89	29
PLANTA 20	79,5	79,5m	89,5	97	97	17,5
PLANTA 21	62	67,5	67,5	Não aferido	72	Prejudicad a

Fonte: Elaboração do Autor (2023)

A figura 31 exibe a demonstração da tabela 7 remetendo ao crescimento das plantas 11 a 15 do experimento B (sem adição de fertilizante). A reta cor cinza representa o crescimento da planta 13, umas das que mais cresceu dentro do experimento B, alcançando 86 cm na última medição realizada em 06/06/2023.

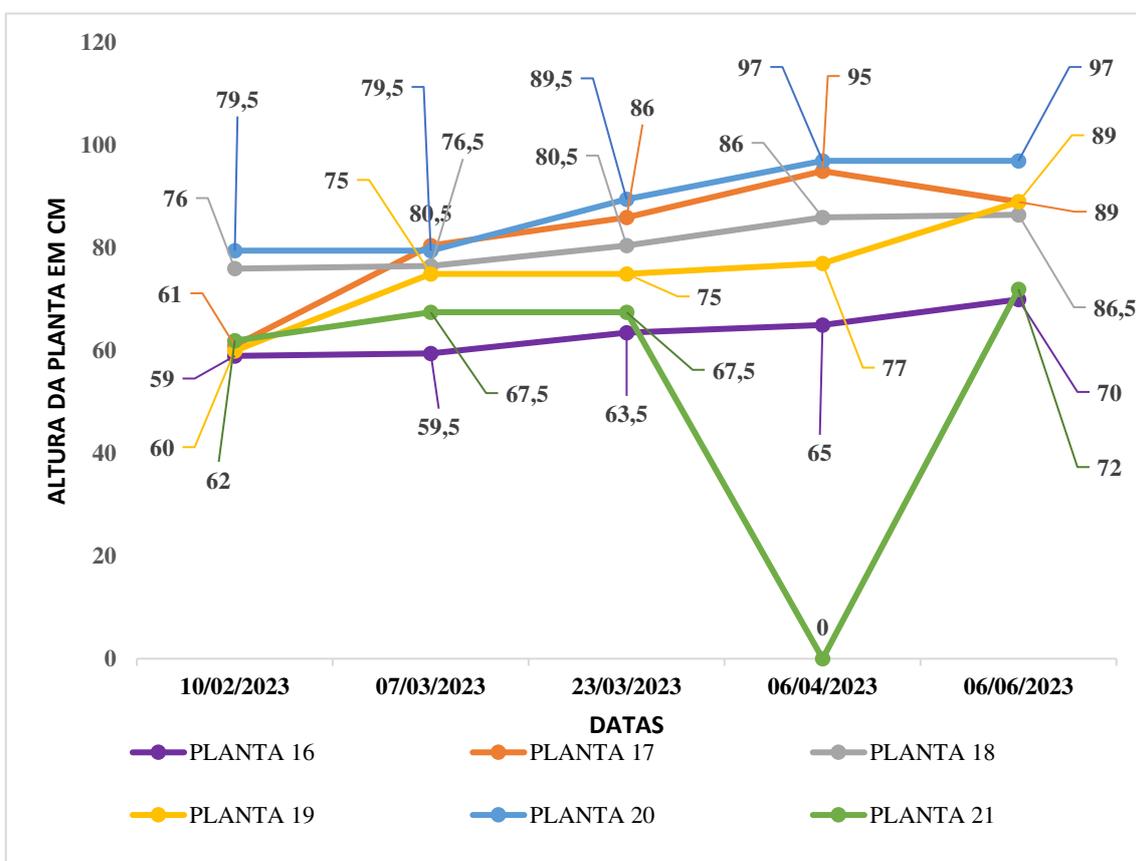
Figura 31: Crescimento Experimento B – Altura da Planta - Plantas 11 A 15, em centímetros



Fonte: Elaboração do Autor (2023)

Ainda observando a figura 31, percebe-se que a planta 15 obteve menor ganho de crescimento neste grupo e está representada na cor azul. Neste grupo não houve sinistros durante o período de análises e todas as plantas obtiveram crescimento ao fim das aferições.

Figura 32: Crescimento Experimento B – Altura da Planta - Plantas 16 A 21, em centímetros



Fonte: Elaboração do Autor (2023)

A figura 32 exibe a complementação da demonstração gráfica da tabela 7 remetendo ao crescimento das plantas 16 a 21.

A reta cor amarela representa o crescimento da planta 17, umas das que mais cresceu dentro do experimento B, alcançando 89 centímetros na última medição realizada em 06/06/2023.

As retas de cores laranja e verde representam as plantas 17 e 21, respectivamente, as quais sofreram evento sinistro no período da análise prejudicando a avaliação final desta amostra.

Em pesquisa sobre o tema, Pereira *et al* (2015) não encontraram discrepâncias significativas no crescimento de três espécies de palma forrageira (IPA, Miúda e Orelha de elefante) quando submetidas a condições variadas de disponibilidade de água de acordo com as condições de sequeiro da região do semiárido analisada.

Spinola *et al* (2020) orientam para o manejo correto da irrigação na produção da palma forrageira evitando sobrecarga de água no solo, condição esta que constitui fator limitante da produção. Para os autores a escolha do tipo de solo para a montagem das linhas de plantio deve levar em consideração o potencial de absorção de água para evitar a hiperssaturação, a profundidade adequada de forma que possibilite o crescimento das raízes evitando, inclusive, a despenca dos cladódios.

Santos; Donato; Cotrim Junior (2019) afirmam haver benefícios na produção de palma forrageira com irrigação salina, sobretudo utilizada nos períodos de estiagem, como uma forma de garantia de sobrevivência da cultura. Para eles a agricultura bioessalina se constitui como uma possibilidade de agregar valor econômico à terra em tempos de escassez garantindo trabalho e renda para as famílias do semiárido que dependem da agricultura como forma de subsistência.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA ATRAVÉS DAS ANÁLISES E TESTES DE WILCOXON E MANN-WHITNEY

Foram realizadas análises não-paramétricas de testes de diferenças de escores com o objetivo de investigar em que medida as plantas dos experimentos A e B apresentaram diferenças estatisticamente significativas em sua taxa de crescimento (altura) e número de raquetes.

Conforme Guimarães (2014), a Estatística Não-Paramétrica pode ser definida como:

“uma coleção alternativa de métodos estatísticos aplicada a conjuntos de dados onde as condições necessárias para aplicação de uma técnica clássica inferencial (p. ex., Intervalo de Confiança, Teste de Hipótese) não são satisfatoriamente atendidas. É também bastante útil no tratamento de dados onde o nível de mensuração das observações não é dos melhores.”

O autor supra elenca vantagens nas análises não-paramétricas dentre as quais desatacam-se a dispensação de Normalidade dos dados; simplicidade dos testes de análises, e; sua utilidade na obtenção de valores estatísticos quando os métodos de análises quantitativas forem insuficientes.

Campos (2000) afirma que um pesquisador lança mão dos testes não-paramétricos, quando há uma presunção de distribuição de dados experimentais não normais, ou quando não há elementos amostrais suficientes para garantir uma normalidade. Sendo assim, a opção por este método considerou o tamanho reduzido do espaço amostral relativos às frequências de mensurações dos experimentos A e B.

Inicialmente, foram realizadas análises de Wilcoxon com o objetivo de investigar se houve aumento de altura e no número de raquetes para ambos os experimentos (A, com biofertilizante, e B, sem biofertilizante). Posteriormente, foram realizados, por meio de testes Mann-Whitney, comparações entre os grupos (B, controle e A, experimental) para avaliar se a taxa de crescimento número de raquetes e altura eram equivalentes entre os grupos ou se havia algum grupo que apresentava taxa de crescimento maior que outro.

4.5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A tabela 8 apresenta os resultados descritivos das variáveis de interesse (número de raquetes e crescimento) para os experimentos B (controle) e A (experimental), onde T1 corresponde à data da primeira aferição em 10/02/2023 e T5 à data da última aferição ocorrida em 06/06/2023.

De acordo com a tabela 8 é possível evidenciar a diferença de crescimento entre os experimentos com majoração positiva para os valores do experimento A (com adição do biofertilizante), valores destacados em negrito.

Tabela 8. Estatísticas descritivas do Número de Raquetes e Altura ao longo do tempo (T1 até T5)

Número de Raquetes	Estatística	T1	T2	T3	T4	T5	Aumento número de raquetes (T5-T1)
Experimento B (Controle)	<i>M</i>	2,00	7,90	8,40	8,70	10,20	8,20
	<i>DP</i>	1,24	3,21	3,20	2,98	3,25	3,70
Experimento A (Experimental)	<i>M</i>	1,17	7,33	9,00	9,50	13,67	12,50
	<i>DP</i>	1,17	1,86	2,61	2,43	3,98	3,39

Altura	Estatística	T1	T2	T3	T4	T5	Aumento de altura (T5-T1)
Experimento B (Controle)	<i>M</i>	59,05	60,25	73,00	79,11	85,75	26,70
	<i>DP</i>	14,70	23,86	11,40	14,25	12,45	14,02
Experimento A (Experimental)	<i>M</i>	29,17	54,92	58,83	67,08	74,42	45,25
	<i>DP</i>	22,86	16,01	13,10	15,02	12,20	15,59

Fonte: Elaborado pelo autor. *M* = Média; *DP* = desvio padrão (2023)

Com relação ao número de raquetes, o experimento A (com biofertilizante) apresentou média de 12,50 raquetes novas no período analisado contra 8,20 raquetes do experimento B (sem biofertilizante). Com relação à medida de altura, o experimento A apresentou média de 45,25 centímetros de ganho em altura contra 26,70 centímetros do experimento B.

Damáσιο (2021) afirma que:

“o teste de Wilcoxon é um teste de hipóteses para analisar a diferença entre duas amostras pareadas. Portanto, podemos usá-lo quando temos duas medidas de uma mesma amostra, isto é, quando seus participantes são medidos em duas ocasiões ou sob duas condições diferentes.”

Neste sentido, este teste foi utilizado para um mesmo espaço amostral (plantas de palma forrageira) medidas em duas condições diferentes, a saber: com adição de biofertilizante (experimental) e sem adição de biofertilizante (controle) cuja hipótese nula se revela na igualdade ou semelhança das variáveis pesquisadas.

Tabela 9. Teste de Wilcoxon signed-rank de avaliação de crescimento de raquetes e altura para os grupos controle e experimental separadamente.

RAQUETES	Tempos	M	DP	Md	z
Experimento B (Controle)	T1	2,00	1,25	2,00	-2,81**
	T5	10,20	3,26	9,00	
Experimento A (Experimental)	T1	1,17	1,17	1,00	-2,21**
	T5	13,67	3,98	14,00	
ALTURA	Tempo	M	DP	Md	Z
Experimento B (Controle)	T1	59,05	14,70	59,50	-2,80**
	T5	85,75	12,45	86,25	
Experimento A (Experimental)	T1	29,17	22,86	40,00	-2,20**
	T5	74,42	12,20	77,75	

Fonte: Elaborado pelo autor. *M* = média; *DP* = desvio-padrão; *Md* = mediana; ** $p < 0,01$; *Z* = score WSR. (2023)

Ainda de acordo com o autor supra os resultados do teste são obtidos através do ranqueamento da diferença entre o pareamento das medidas aferidas e que a hipótese nula será descartada quando $p < 0,05$, ou seja, não há igualdade ou semelhança das variáveis pesquisadas.

Sendo assim, foram realizados testes de Wilcoxon Signed Rank com o objetivo de investigar em que medida a taxa de crescimento de altura e de número de raquetes eram equivalentes entre o pré-teste e o pós-teste para os grupos experimental e controle, separadamente. Os resultados demonstraram que para ambos os grupos **houve crescimento estatisticamente significativo em ambas as variáveis (altura e número de raquetes)**, através da medida de *Z*, com $p < 0,01$. (Ver Tabela 9).

Considerando que ambos os grupos cresceram, tanto em número de raquetes, quanto em altura, buscou-se investigar se houve diferença na taxa de crescimento. Para tanto, foram realizados testes de Mann-Whitney comparando os grupos experimentais e controle nas taxas de crescimento (número de raquetes e altura).

Conforme Damásio (2021b), o teste de Mann-Whitney é uma ferramenta útil na avaliação comparativa entre dois grupos independentes no intuito de analisar a ocorrência de diferenças entre eles baseadas em uma medida contínua.

Tabela 10. Diferença no número de raquetes e de altura (T5-T1) entre grupos controle e experimental

Diferença número de raquetes (T5-T1)	M	DP	Md	Média do Rank	Z
Experimento B (Controle)	8,20	3,70	7,50	6,00	-2,081*
Experimento A (Experimental)	12,50	3,39	13,00	11,67	
Diferença de altura (T5-T1)	M	DP	Md	Média do Rank	Z
Experimento B (Controle)	26,70	14,02	27,50	6,60	-2,061*
Experimento A (Experimental)	45,25	15,59	43,75	11,67	

Fonte: Elaborado pelo autor. *M* = média; *DP* = desvio-padrão; *Md* = mediana; ** $p < 0,01$; *Z* = score WSR. (2023)

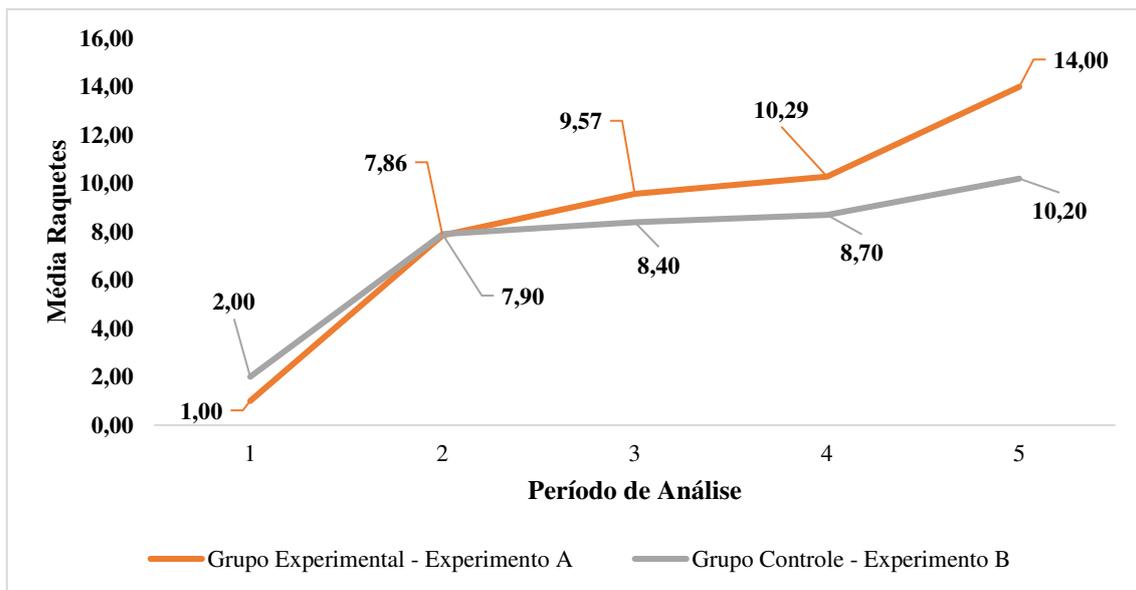
Para o autor supra, este teste compara as medianas convertendo as pontuações na variável contínua em classificações entre os dois grupos avaliando se estas classificações diferem significativamente.

Conforme a premissa acima, os resultados demonstraram **haver diferenças estatisticamente significativas** entre os grupos (ver tabela 10), demonstrando que a taxa de crescimento em termos de **altura e número de raquetes foi maior para o grupo experimental, em comparação ao grupo controle** (11,67 para o Experimento A e 6,60 para o Experimento B).

A figura 33, p.94, permite acompanhar o crescimento das médias de análise do número de raquetes em ambos os experimentos. O seguimento laranja representa as médias do experimento A o qual foi utilizado o biofertilizante e o seguimento cinza representa as médias do número de raquetes do experimento B, o qual não foi utilizado a água efluente da FSB.

É possível constatar um aumento importante na média de raquetes do experimento A saltando de 1 raquetes na primeira data de medição (1) para 14 raquetes de média na última aferição (5), contra 2 raquetes na medição (1) e 10,20 na medição (5) do experimento B.

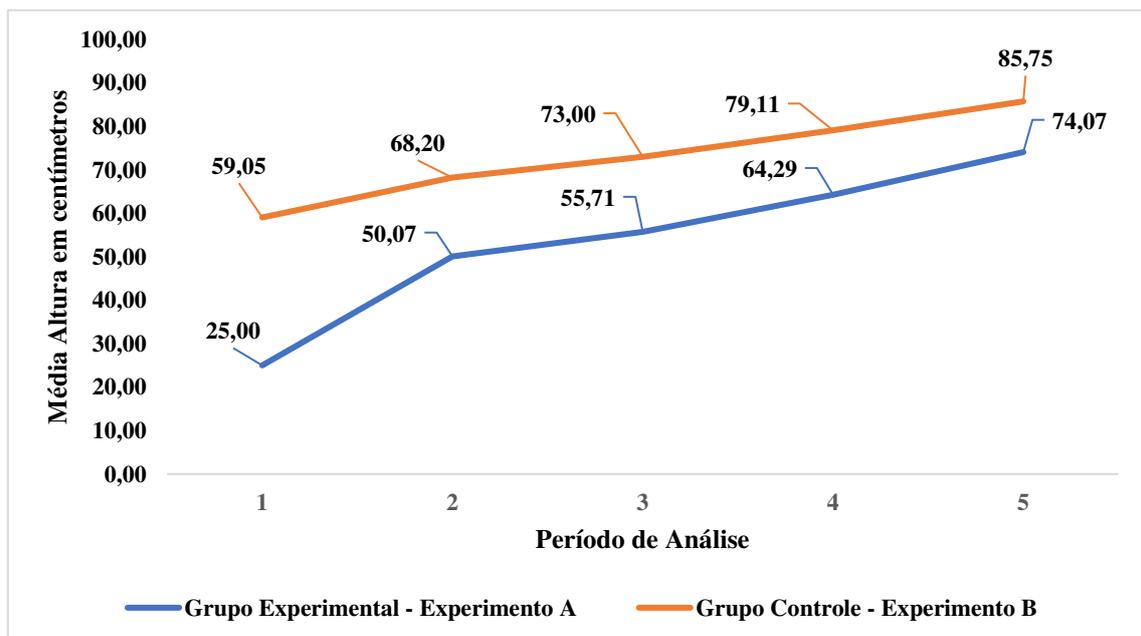
Figura 33: Média do Número de Raquetes



Fonte: Elaboração do Autor (2023)

A figura 34 permite acompanhar o crescimento das médias de análise da altura das plantas estudadas em ambos os experimentos. O seguimento azul representa as médias do experimento A o qual foi utilizado o biofertilizante e o seguimento laranja representa as médias das alturas das plantas do experimento B, o qual não foi utilizado a água efluente da FSB.

Figura 34: Média da Altura das Plantas, em centímetros



Fonte: Elaboração do Autor (2023)

A análise gráfica permite observar que o seguimento azul avança no gráfico até a medição 5 (74,07 cm) diminuindo consideravelmente o intervalo entre os seguimentos comparados com as medições em 1 (25,00). Este afunilamento entre os seguimentos observados em 5 representa uma tendência de crescimento em altura no experimento A maior que o crescimento encontrado no experimento B.

4.6 PERSPECTIVA DE PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA EM COMUNIDADE USUÁRIA DE FSB

Dentro de um período aproximado de 4 meses de aferições (fev a jun/23), o crescimento da Palma irrigada com o biofertilizante oriundo da FSB quase dobrou em relação ao experimento que não utilizou o biofertilizante, de acordo com os parâmetros analisados de altura e número de raquetes. (11,67 experimento A e 6,00 para o experimento B. Ver Tabela 8, p.92)

Tendo por base esta conclusão, a produção de Palma na propriedade pode alcançar um incremento considerável na receita familiar bruta com a venda da forragem para criadores da região, bem como garantir aporte nutricional para a própria criação.

Considerando que a área irrigada no experimento possuía uma média de 4 m² e que foi utilizada uma quantidade de 20 litros de efluente por semana, a produção de 1000 litros de efluente estaria apta para irrigar uma área aproximada de 200 m² (0,02 ha) de palma forrageira, com intervalo de crescimento dentro de 4 meses.

Reis Filho (2020) conseguiu uma produção de aproximadamente 130 kg de massa fresca por hectare utilizando o sistema de aspersão convencional com adensamento de 70 mil plantas por hectare numa área de plantio medindo 1,60 m x 0,40 m x 0,14 m.

Santos; Donato; Cotrim Junior (2020), em estudo sobre irrigação em Guanambi-BA, apontaram a eficiência de uso da água para a palma forrageira do tipo ‘Gigante’ alcançando valores de mais de 1.T ha⁻¹ mm⁻¹, utilizando aporte hídrico da ordem de 5 L de água por metro linear m², a cada 15 dias.

Ledo *et al.* (2019) constataram eficiência de uso da água de chuva entre 20 e 26 kg ha⁻¹ mm⁻¹ de matéria seca.

Felix *et al* (2020) estudando a performance de crescimento da palma em estresse salino obtiveram 1,7 kg por planta na produção de massa fresca da espécie Baiana com e 180,2 g por planta para a produção de massa seca da espécie Miúda.

Santos *et al* (2017), em estudo realizado em Senhor do Bonfim – BA, inferem que deve ocorrer a irrigação semanal por modalidade de gotejamento, com, aproximadamente, 1 L de água por planta no final do primeiro trimestre da data do cultivo. Esta ação isolada é capaz de aumentar o número e a área dos cladódios, ao comparar com condição de estiagem.

Voltolini; Azevedo (2023) elencaram alguns estudos de produtividade de palma forrageira entre os anos de 2008 e 2021 no qual se referiram a estudo prévio que apresentou 216,3 a 400,3 t/ha de matéria verde; 13,2 a 29,5 t/ha de matéria seca e 33.333 plantas por hectare em 24 meses de observação. Nestes estudos, foram considerados aspectos importantes como o genótipo dos cultivares, modalidades de adubação e o controle do desenvolvimento de plantas competidoras.

5. CONCLUSÕES

Os parâmetros analisados pelo LABDES incluíram Condutividade Elétrica, Potencial Hidrogeniônico (pH) Turbidez, Cor, Sódio (Na^+), Potássio (K^+), Fósforo Total, Nitrato (N-NO_3), Nitrito (N-NO_2), Amônia (N-NH_3), Dureza em Cálcio (Ca^{2+}), Dureza em Magnésio (Mg^{++}), Dureza Total (CaCO_3), Coliformes Totais, Escherichia Coli (*E. coli*) e DBO_5 ; parâmetros esses suficientes para mensurar a qualidade do efluente para uso agrícola.

Os resultados do LABDES foram emitidos em triplicata, o que conferiu maior confiabilidade nos resultados obtidos. Alguns parâmetros não foram analisados, pontualmente, em algumas amostras, possivelmente devido à falta de insumos, no entanto isto não comprometeu a avaliação da qualidade da água da FSB, nem o alcance do êxito da pesquisa.

Nem todos os parâmetros estudados, a exemplo da Dureza Total, são destinados à análise para fins agrícolas sendo mais utilizados como critérios de potabilidade para consumo e, alguns deles, como sódio e potássio não possuem legislação específica para uso agrícola, sendo utilizada a literatura voltada para o tema como referencial de aceitabilidade.

Conforme a literatura utilizada, a condutividade elétrica apresentou valores acima dos encontrados em pesquisas semelhantes conferindo caráter salino. O efluente biofertilizante extraído do sistema estudado foi classificado com Salinidade muito alta

(C4S4) evidenciando alto teor de sódio na composição. Apesar da sodificação do solo ser convencionalmente prejudicial à planta de palma, a evidência de crescimento após a fertilização pode indicar uma suplementação sódica ao meio bem como inferir sobre a resistência da palma à irrigação e/ou solos salinos.

Com relação à presença de Coliformes e *E. Coli*, apesar de apresentarem níveis elevados para os critérios de potabilidade, conforme a literatura consultada, este parâmetro se manteve dentro da normalidade para uso agrícola, podendo o efluente ser utilizado com segurança para cultivares de Palma *O. Ficus Indica*.

Os valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio permaneceram acima do preconizado pela Resolução 430/2011 do Conama, no entanto, a literatura consultada reflete que os achados de encontram dentro do esperado para a finalidade de uso como biofertilizante em uso agrícola pelas FSBs.

A FSB permaneceu funcionando durante o período da realização da pesquisa com os parâmetros dentro dos resultados esperados no período das aferições o que contribuiu para o crescimento dos experimentos estudados. Neste sentido a FSB é viável para seu uso permanente desde que obedecida as orientações de funcionamento a manutenção.

Ao todo foram investidos uma média de R\$ 6.650,00 para montagem do sistema o que remete à viabilidade econômica no uso contínuo bem como na manutenção para Valores esses acessíveis à comunidade rural não necessitando de contratação de financiamentos bancários expressivos.

Para análise de crescimento da Palma, optou-se pelos parâmetros Altura e Quantidade de raquetes por terem baixo custo de análise, serem de fácil observação e possuírem capacidade de expressarem o potencial de crescimento da planta através do uso do biofertilizante.

O experimento que utilizou o efluente da FSB cresceu mais do que o experimento que não recebeu o efluente (quase o dobro), indicando possuir caráter biofertilizante com atuação promissora na produção forrageira e contribuindo para melhoria do saneamento local bem como do uso sustentável da água servida.

Considerando que a área irrigada no experimento possuía uma média de 4 m² e que foi utilizada uma quantidade de 20 litros de efluente por semana, a produção de 1000 litros de efluente estaria apta para irrigar uma área aproximada de 200 m² (0,02 ha) de palma forrageira, com intervalo de crescimento dentro de 4 meses.

Sendo assim, o efluente da Fossa Séptica Biodigestora em estudo apresentou parâmetros da água dentro do esperado conforme a legislação e comparação com a

literatura do tema, o que corrobora com a manutenção do sistema e o uso do efluente como biofertilizante.

Em face do enfrentamento a escassez de água cada vez mais duradoura nas regiões áridas e do proveito socioeconômico da comunidade que a utiliza, esta estratégia de uso sustentável dos recursos hídricos tem ganhado mais notoriedade nos povoados rurais e despertado interesses em pesquisas acadêmicas sobre o tema com propostas de intervenções governamentais.

O presente estudo possui viabilidade e replicabilidade podendo se constituir como fonte bibliográfica relevante para estudos futuros dentro desta temática.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. A. S. **Irrigação por sulcos com efluente de fossa séptica biodigestora como fonte de nitrogênio na cultura do milho**. 2019. 128p. Dissertação. (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2019

AGUIAR, A. T. .C; VEIGA JÚNIOR, V. F. da. **O jardim venenoso: a química por trás das intoxicações domésticas por plantas ornamentais**. Revista Química Nova, v. 44, n. 8. 2021. p.1093-1100.

ALMEIDA, R. G de. **Aspectos legais para a água de reuso**. Vértices, Campos dos Goytacazes, v. 13, n. 2, p. 31-43, mai/ago. 2011.

AMARAL; B. M.; ALCÂNTARA, D. P. ; CRUVINEL, K. A. **Utilização de sistema híbrido com alagado construído para tratamento de efluente doméstico**. Artigo (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 261. 2015.TCC Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol XX- n°X (2017)

ANDRADE, L. R. D. S. (2021). **Sistema alternativo de tratamento de águas residuárias destinadas ao reuso agrícola**. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil. Recuperado de: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/21593>.

ANDRADE, *et al.* **Remoção de matéria orgânica e Escherichia coli por meio de tratamento anaeróbio utilizando fossa biodigestora**. Research, Society and Development, v. 11, n. 16, e291111638380, (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38380>. 2022.

ANTONIO; R. P.; OLIVEIRA; A. R de.; VOLTOLINI; T. V. Cultivares. In: EMBRAPA. **Sistema de Produção de Palma-Forageira para o Estado da Paraíba**. Versão Eletrônica Apr/2022. ISSN 1807-0027 14.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. New York, USA: APHA, American Public Health Association. 1999.

ARAUJO, J. C.; *et al.* **Abordagem geossistêmica em trilhas da mata atlântica: geodiversidade, geotética e interpretação ambiental para o atingimento dos ods da agenda 2030**. Geociências, São Paulo, v. 41, n. 2, 2022.

ARAUJO; S. M. S. de. **Reuso da água proveniente de esgoto doméstico tratado para a produção agrícola em comunidades rurais**. Projeto de Pesquisa. Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba. FAPESQ. Edital n. 21/2020 – Seect/Fapesq/PB Apoio ao Financiamento da Carteira de Projetos do Centro de Desenvolvimento Regional da Paraíba (CDR-PB). 2022.

AREAL; P. V. V. **Novo marco legal do saneamento básico: uma análise a partir das concessões dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário realizados**

nos estados de Alagoas, Amapá E Rio De Janeiro. Dissertação. Mestrado Profissional em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas. Escola Nacional de Administração Pública. Brasília: Enap, 2023. 165 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1997.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. (1999). A qualidade da água na agricultura. (2. ed.). Campina Grande: UFPB. 153 p

BARROS, R. **A história do saneamento básico na Idade Antiga.** Rodo inside, 3 de dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.rodoinside.com.br/historia-saneamentobasico-na-idade-antiga/>. Acesso em: 24 maio 2018.

AZEREDO, L.; PACHECO, P. **A história da urbanização brasileira.** Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/918452/a-historia-da-urbanizacao-brasileira>. Acesso em: 21/12/2023.

BAPTISTA, O. G. S.; NASCIMENTO, L. F. C. Água potável: **escassez e gestão do consumo em condomínios residenciais metropolitanos.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.8, n.1, p. 8384-8397, jan. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **O que é Conama?**. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/o-que-e-o-conama>. Acesso em: 28/08/2022a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto Visão Geral.** Brasília: dez/2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Painel do Setor Saneamento Esgotamento Sanitário.** Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>. Acesso em 06/08/2022b.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.938%2C%20DE%2031%20DE%20AGOSTO%20DE%201981&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,aplica%C3%A7%C3%A3o%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acesso em 28/08/2022c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Brasília: SNS/MDR, 2019a, 226 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Plano Nacional de Saneamento Básico.** Brasília: SNS/MDR, 2019b, 239p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: 2013, 173p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/boa-vista/panorama>. Acesso em 22/07/2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Portaria de Consolidação N° 5 de 28 de setembro de 2017. Anexo XX**. Dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: 2017, 926p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: 2011, 09p.

BRASIL. Ministério Das Cidades. Secretaria Executiva. Assessoria de Relações Internacionais. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diretoria de Articulação. Secretaria Nacional de Programas Urbanos. **Legislação e Saneamento Básico**. Brasília: SNPU/MC, 2007, 60p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005, 27p

CAMPOS, G. M.; A escolha do teste mais adequado. **In: Estatística Prática para Docentes e Pós-Graduandos**. cap. 14. Disponível em: https://www.forp.usp.br/restauradora/gmc/gmc_livro/gmc_livro_cap14.html. Acesso em 19/10/2023.

CASALI, C. A. Benefícios do uso de plantas de cobertura de solo na ciclagem de fósforo. In: TIECHER; T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 2016. Cap II. p. 23-33.

DANTAS; F. D. G. Sistemas de cultivo da palma forrageira irrigada no semiárido potiguar. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE. 2019.

DÍAZ, R. R. L.; NUNES, L. dos R. **A Evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil**. Revista de Direito da Faculdade Guanambi. Guanambi, v. 7. n. 02. 23p., jul./dez. 2020.

ESREY, S.A. **Water, waste, and well-being: a multicountry study**. American journal of Epidemiology, v. 143, n. 6, p. 608-623, 1996.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas.** – TCC EAD. (Especialização). Universidade Federal de Lavras - UFLA. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão - FAEPE, 2005.

FAUSTINO, A. S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo.** Dissertação. (Mestrado em Química). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2007. 121p.

FELIX, E. dos S. *et al.* **Desempenho de variedades de palma forrageira submetidas a diferentes níveis de salinidade.** Rev. IRRIGA, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 729–741, 2022. DOI: 10.15809/irriga.2022v27n4p729-741. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4385>. Acesso em: 25 dez. 2023.

FERREIRA, P. A. A. Benefícios do uso de inoculantes bacterianos e os impactos sobre o consumo de fertilizantes nitrogenados no Brasil. In: TIECHER; T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água.** Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 2016. Cap V. p. 65-86.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson.** Rev. Política Hoje. Vol. 18, n. 1, 2009.

FONSECA, A. F da.; *et al.* **Efluente de esgoto tratado como fonte de água e nitrogênio para capim-bermuda Tifton 85.** Revista Agrucultural Water Management. v.87 p.328–336. 2007

GALINDO, N. *et al.* **Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora Edição revisada e ampliada.** Embrapa Instrumentação. São Carlos, SP. 2019. 34p

GOMES, B. G. L. A. **Tratamento de esgoto de pequena comunidade utilizando tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015. 138p.

JARDIM; A. M. da R. F. *et al.* **Dinâmica da água no solo com cultivo de palma forrageira sob quatro sistemas de plantio.** Rev. Agrometeoros, v.27, n.2, dez. 2019. p.357-365.

LEDO, A. *et al.* Yield and water use efficiency of cactus pear under arrangements, spacings and fertilizations. Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental, v.23, n.6, p.413-418, 2019.

LIMA, W. B. de. *et al.* **Produtividade de palma forrageira irrigada com águas salinizadas em solos da região semiárida.** Semina: Ciências Agrárias, n.43 v.1, 2022. 37–50. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n1p37>

LOPES; T. R. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de**

contaminantes. Dissertação. (Mestrado em Tecnologias Ambientais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná. 2015. 123p.

MENDES, A. M. S. **Introdução à fertilidade do solo.** Apostila. Curso de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado da Bahia – SFA -BA/SDC/MAPA. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/35800/1/OPB1291.pdf>. Acesso em: 10/08/2023.

MIURA, J. **Pesquisa propõe parâmetros por região para avaliar qualidade da água no Brasil.** Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA. Notícias. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62551381/pesquisa-propoe-parametros-por-regiao-para-avaliar-qualidade-da-agua-no-brasil>. Acesso em: 20/08/2023.

MURTHA, N. A.; *et al.* **Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil.** Ambiente & sociedade, São Paulo v. XVIII, n. 3. p. 193-210. jul./set. 2015.

NAZARENO, M. C. M. **O impacto populacional sobre o crescimento econômico dos brics.** Monografia (Bel. em Ciências Econômicas). Universidade Federal de Ouro Preto. Mariana, 2018.

NOVAES, A. P. de.; *et al.* **Utilização de uma Fossa Séptica Biodigestora para Melhoria do Saneamento Rural e Desenvolvimento da Agricultura Orgânica.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Instrumentação Agropecuária Comunicado Técnico. 1. ed, n .46, 2001.

OLIVEIRA, T. J. J. Fossa Séptica Biodigestora: limitações e potencialidade de sua aplicação para o tratamento de águas fecais em comunidades rurais. Dissertação. (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. 2018. 106p.

OTENIO, M. H.; *et al.* **Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor.** Embrapa Gado de Leite-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2014

PAGANINI; W. da S.; BOCCHIGLIERI; M. M. **O Novo Marco Legal do Saneamento: universalização e saúde pública.** Rev. USP. n. 128. São Paulo jan/fev/mar. 2021. p. 45-60

PALLADINO; J. T., **Análise da correlação entre as características sociodemográficas, acadêmicas e estilo de vida com os fatores de estresse, sintomas depressivos e qualidade do sono em graduandos de enfermagem.** Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo -EEUSP. São Paulo: 2017. p. 76.

PAIVA, C. H. A.; TEIXEIRA L. A. **Reforma sanitária e a criação do Sistema Único de Saúde: notas sobre contextos e autores** Análise • Hist. Ciência e Saude-Manguinhos 21 (1) • Jan-Mar 2014 • <https://doi.org/10.1590/S0104-59702014000100002>

PEREIRA, M. C. de A.; *et al.* **Crescimento de cultivares de palma forrageira irrigada sob diferentes níveis de salinidade em região semiárida.** Irriga, v. 26, n. 4, Botucatu-SP. out/dez, 2021. p. 814-826.

PEREIRA; P. C. *et al.* **Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 3, , jul/set., 2015. p. 184 – 195

PEREIRA, T. F.; *et al.* **Potencialidades geoturísticas do lajedo do Bravo, Boa Vista-PB.** Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337683175_POTENCIALIDADES_GEOTURISTICAS_DO_LAJEDO_DO_BRAVO_BOA_VISTA-PB. Acesso em: 20/11/2022.

REIS FILHO; R. J. C. dos. **Produtividade da palma forrageira cv. Orelha de elefante mexicana sob diferentes sistemas de irrigação e frequências de corte.** Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fortaleza-CE: 2020.

SALVIANO, A. M.; GIONGO, V.; CUNHA, T. J. F. (in memoriam). Nutrição mineral, calagem e adubação. In: BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. **Sistema de Produção de Palma-Forrageira para o Estado da Paraíba.** EMBRAPA, 2023. p.27.

SANTOS; M. R. dos. *et al.* Irrigação na palma forrageira. Informe Agropecuário. v.38, n.296. Belo Horizonte: 2017.

SANTOS; M. R; DONATO; S. L. R.; COTRIM JUNIOR; P. R. F. **Irrigação na palma forrageira.** Rev. Agrotecnologia. v. 11 n. 1. Ipameri: 2020.

SANTOS NETO; J. A. DOS. **O uso de águas residuais tratada para produção de palma forrageira resistente à cochonilha do carmim.** In: CONIDIS, 2, 2017, Campina Grande-PB. Anais eletrônicos [...] Campina Grande: Realize, 2017. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33695>>. Acesso em: 11/06/2023.

SERAFINNI, P. G. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nas Instituições de Ensino Superior: Iniciativas e Barreiras no Processo de Implementação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Natal: 2022. p. 36

SILVA, A. P. **História do Saneamento Básico.** 6ª Reunião do Conselho de Regulação e Fiscalização da AR-ITU. Itu, 2016.

SILVA, D. J.; BORGES, A. L. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; *et al.* **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2011. p. 253-264.

SILVA, T. G. F.; *et al.* **Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro.** Rev. Bragantia, v. 73, n. 2. Campinas. 2014. p.184-191.

SILVA, T. G. F.; *et al*, Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. Rev. Bragantia, v. 73, n. 2. Campinas. 2014. p.184-191, **APUD NOBEL, P.S.; BOBICH, E.G. Environmental biology**. In: NOBEL, P. (Ed.). Cacti: Biology and Uses. Berkeley: University of California Press, 2002. 280p.

SILVA, T. G. F.; *et al*, Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. Rev. Bragantia, v. 73, n. 2. Campinas. 2014. p.184-191, **APUD DI PAOLO, E.; RINALDI, M. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment**. Field Crops Research, v.105, p.202-210, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.004>.

SILVA, W. T. L., Marmo, C. R.; Leonel, L. **Memorial descritivo: Montagem e operação da fossa séptica biodigestora**. Embrapa instrumentação. São Carlos, SP. 2017. 27p.

SOARES; *et al*. **Eficiência de Fossa Séptica Biodigestora na Redução de Parâmetros Biológicos em Esgoto Originado de Água Doce ou Salobra, na Borda Oeste do Pantanal**. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151329/1/Eficiencia-de-Fossa-Septica-Biodigestora-na-Reducao-de-Parametros-Biologicos-em-Esgoto-Originado-de-Agu.pdf>. Acesso em: 21/08/2023.

SPINOLA; A. M. *et al*. Palma-forrageira: potencialidades para as propriedades rurais do Espírito Santo. In: **Embrapa Documentos**. n. 275. Incaper: Vitória – ES, Outubro/2020. ISSN: 1519-2059. Tiragem: 1500

TEIXEIRA, P. T L. Fertirrigação na horticultura. In: TIECHER; T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Cap XI. 2016. p. 167-186.

TONETTI, A. L. **Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais**. Engenharia Agrícola e Ambiental, 2. ed., v.14, fev, 2010.

TONETTI, *et al*. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas referencial para a escolha de soluções**. Biblioteca/Unicamp, Campinas, 2018.

VASCONCELOS, M.B.; CAJAZEIRAS. C. C. A.; SOUSA, R. R. de. Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região nordeste do Brasil. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...] Foz do Iguaçu: SBRH, 2019**. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=6031>. Acesso em: 04/08/2023.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Empresa Brasileira de Produtos Agropecuários – EMBRAPA. Brasília, 2017. 163p.

VOLTOLINI; T. V.; AZEVEDO, S. G. de. Coeficientes técnicos. In: BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. **Sistema de Produção de Palma-Forageira para o Estado da Paraíba**. EMBRAPA, 2023. p.27.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1.ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 243p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4.ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2014. 452p.

ANEXOS

ANEXO I: ORÇAMENTO DA MONTAGEM DA FSB

ORDEM	ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1	Caixa de 500 litros.	1	Unidade(s)	R\$ 220,00	R\$ 220,00
2	Baldes e bombonas plásticas, 20 litros. Construção das unidades de aproveitamento de águas servidas para reuso.	50	Unidade(s)	R\$ 6,00	R\$ 300,00
3	Combustível (60 Litros - 36 vezes). Transporte de material para execução das unidades na comunidade.	60	Litro(s)	R\$ 4,50	R\$ 270,00
5	Tampões de PVC de 25mm.	2	Unidade(s)	R\$ 4,00	R\$ 8,00
6	Tampões de PVC de 50 mm.	2	Unidade(s)	R\$ 6,00	R\$ 12,00
7	Caixa d'água de 1.000 litros. Construção do sistema de tratamento de águas, esgoto.	3	Unidade(s)	R\$ 320,00	R\$ 960,00
8	Tubo PVC 100 mm para esgoto. Unidade com 6 m.	5	unidade com 6m	R\$ 80,00	R\$ 400,00
9	Válvula de retenção de 100 mm.	1	Unidade(s)	R\$ 100,00	R\$ 100,00
10	Kit de tubos e conexões para irrigação.	2	Unidade(s)	R\$ 1.250,00	R\$ 2.500,00
11	Curvas longas de PVC de 90º e 100 mm de diâmetro. Construção das unidades pilotos para aproveitamento de águas para reuso.	4	Unidade(s)	R\$ 60,00	R\$ 240,00
12	Tê de inspeção de 100 mm de diâmetro.	4	Unidade(s)	R\$ 60,00	R\$ 240,00
13	Tubo PVC 50 mm para esgoto. Unidade com 6m (metros).	1	Unidade(s)	R\$ 60,00	R\$ 60,00
14	Tubo de PVC 25 mm de diâmetro (unidade de 30 cm).	1	Unidade(s)	R\$ 16,00	R\$ 16,00
15	Flanges de PVC soldáveis de 25 mm. Construção das unidades pilotos para aproveitamento de águas para reuso.	5	Unidade(s)	R\$ 30,00	R\$ 150,00
16	Flange 50mm p/ Caixas de água. Construção das unidades pilotos para aproveitamento de águas para reuso.	8	Unidade(s)	R\$ 35,00	R\$ 280,00
17	Registro de esfera de 50 mm.	2	Unidade(s)	R\$ 40,00	R\$ 80,00
18	Tubo de silicone para vedação de 500 ml.	2	Unidade(s)	R\$ 40,00	R\$ 80,00
19	Tubo de cola de PVC de 200 ml.	1	Unidade(s)	R\$ 20,00	R\$ 20,00
20	Diversos (parafusos, porcas, arruelas, rebites).	200	Unidade(s)	R\$ 0,07	R\$ 14,00
21	Diversos (arame de ferro, tela pinteiro). Construção das unidades pilotos para aproveitamento de águas para reuso.	2	peça de 50 m (unidade)	R\$ 350,00	R\$ 700,00
				TOTAL	R\$ 6.650,00

Fonte: ARAUJO (2020, Adaptado)

ANEXO II: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C1)

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (**)
Conductividade Elétrica, $\mu\text{mho}/\text{cm}$ a 25 °C	2.960,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH a 24,0°C	8,4	5,0 a 9,0
Turbidez, (uT)	21,6	---
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	287,0	---
Potássio (K ⁺), mg/L	96,4	---
Fósforo Total, mg/L	11,2	---
Nitrato (N-NO ₃ ⁻), mg/L	67,40	---
Nitrito (N-NO ₂ ⁻), mg/L	30,837	---
Amônia (N-NH ₃), mg/L	216,53	20,0
Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	3,97x10 ³	---
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100 mL) (*)	2,33x10 ²	---
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	46,8	120,0

(*) NMP - Número Mais Provável
(**)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira - Resolução CONAMA n° 430 de 13/05/2011.

LAUDO: De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água **não** se encontra dentro dos padrões no que se refere aos parâmetros analisados.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 3- As análises dos parâmetros foram realizadas em triplicata.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ - 9.19.3.1303118)

ANEXO III: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C2)

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (**)
Conductividade Elétrica, $\mu\text{mho}/\text{cm}$ a 25 °C	3.430,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH a 24,6°C	8,3	5,0 a 9,0
Turbidez, (uT)	20,8	---
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	418,0	---
Sódio (Na ⁺), mg/L	303,2	---
Potássio (K ⁺), mg/L	106,9	---
Fósforo Total, mg/L	3,8	---
Nitrato (N-NO ₃ ⁻), mg/L	0,40	---
Nitrito (N-NO ₂ ⁻), mg/L	0,082	---
Amônia (N-NH ₃), mg/L	252,10	20,0
Dureza em Cálcio (Ca ⁺⁺), mg/L	98,4	---
Dureza em Magnésio (Mg ⁺⁺), mg/L	49,0	---
Dureza Total (CaCO ₃), mg/L	450,0	---
Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	>1,01x10 ³	---
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100 mL) (*)	4,10x10 ¹	---
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	48,0	120,0

(*) NMP - Número Mais Provável
(**)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira - Resolução CONAMA n° 430 de 13/05/2011.

LAUDO: De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água **não** se encontra dentro dos padrões no que se refere aos parâmetros analisados.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 3- As análises dos parâmetros foram realizadas em triplicata.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ - 9.19.3.1303118)

ANEXO IV: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C3)

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (**)
Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25 °C	3.730,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH a 24,6°C	8,9	5,0 a 9,0
Turbidez, (uT)	49,6	---
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	637,0	---
Sódio (Na ⁺), mg/L	223,0	---
Potássio (K ⁺), mg/L	158,5	---
Fósforo Total, mg/L	25,2	---
Nitrato (N-NO ₃ ⁻), mg/L	68,3	---
Nitrito (N-NO ₂ ⁻), mg/L	38,9	---
Amônia (N-NH ₃), mg/L	395,9	20,0
Dureza em Cálcio (Ca ⁺⁺), mg/L	79,2	---
Dureza em Magnésio (Mg ⁺⁺), mg/L	49,9	---
Dureza Total (CaCO ₃), mg/L	406,0	---
Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	5,01x10 ⁴	---
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100 mL) (*)	2,81x10 ³	---
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	37,3	120,0

(*) NMP – Número Mais Provável
(**)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira - Resolução CONAMA n° 430 de 13/05/2011.

LAUDO: De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água **não** se encontra dentro dos padrões no que se refere aos parâmetros analisados.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 3- As análises dos parâmetros foram realizadas em triplicata.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ – 9.19.3.1303118)

ANEXO V: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C4)

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (**)
Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25 °C	3.840,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH a 26,0°C	8,4	5,0 a 9,0
Turbidez, (uT)	38,6	---
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	681,0	---
Sódio (Na ⁺), mg/L	327,7	---
Potássio (K ⁺), mg/L	198,6	---
Fósforo Total, mg/L	2,2	---
Nitrato (N-NO ₃ ⁻), mg/L	0,78	---
Nitrito (N-NO ₂ ⁻), mg/L	0,154	---
Amônia (N-NH ₃), mg/L	315,6	20,0
Dureza em Magnésio (Mg ⁺⁺), mg/L	48,5	---
Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	4,16x10 ⁵	---
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100 mL) (*)	2,00x10 ³	---
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	57,4	120,0

(*) NMP – Número Mais Provável
(**)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira - Resolução CONAMA n° 430 de 13/05/2011.

LAUDO: De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água **não** se encontra dentro dos padrões no que se refere aos parâmetros analisados.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 3- As análises dos parâmetros foram realizadas em triplicata.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ – 9.19.3.1303118)

ANEXO VI: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C5)

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (**)
Conductividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25 °C	3.460,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH a 24,0°C	8,6	5,0 a 9,0
Turbidez, (uT)	38,7	---
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	696,0	---
Sódio (Na^+), mg/L	337,4	---
Potássio (K^+), mg/L	175,7	---
Fósforo Total, mg/L	18,5	---
Nitrato (N-NO_3^-), mg/L	0,67	---
Nitrito (N-NO_2^-), mg/L	0,125	---
Amônia (N-NH_3), mg/L	272,38	20,0
Dureza em Cálcio (Ca^{++}), mg/L	54,4	---
Dureza em Magnésio (Mg^{++}), mg/L	54,7	---
Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	$4,16 \times 10^4$	---
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100 mL) (*)	$7,30 \times 10^2$	---
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	45,0	120,0

(*) NMP - Número Mais Provável
(**)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira - Resolução CONAMA nº 430 de 13/05/2011.

LAUDO: De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água **não** se encontra dentro dos padrões no que se refere aos parâmetros analisados.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 3- As análises dos parâmetros foram realizadas em triplicata.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ – 9.19.3.1303118)

ANEXO VII: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C6)

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (**)
Conductividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25 °C	3.350,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH a 24,0°C	8,1	5,0 a 9,0
Turbidez, (uT)	36,2	---
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	646,0	---
Sódio (Na^+), mg/L	326,4	---
Potássio (K^+), mg/L	159,7	---
Fósforo Total, mg/L	17,6	---
Nitrato (N-NO_3^-), mg/L	0,52	---
Nitrito (N-NO_2^-), mg/L	0,129	---
Amônia (N-NH_3), mg/L	248,21	20,0
Dureza em Cálcio (Ca^{++}), mg/L	48,3	---
Dureza em Magnésio (Mg^{++}), mg/L	51,7	---
Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	$3,11 \times 10^4$	---
<i>Escherichia Coli</i> (NMP/100 mL) (*)	$6,10 \times 10^2$	---
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	38,0	120,0

(*) NMP - Número Mais Provável
(**)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira - Resolução CONAMA nº 430 de 13/05/2011.

LAUDO: De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água **não** se encontra dentro dos padrões no que se refere aos parâmetros analisados.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 3- As análises dos parâmetros foram realizadas em triplicata.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ – 9.19.3.1303118)

ANEXO VIII: LAUDO FÍSICO-QUÍMICO E BIOLÓGICO COLETA DE ÁGUA DA FSB (C7)

PARAMETROS	RESULTADOS	VMP (**)
Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25 °C	5.730,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH a 25,0°C	9,0	6,5 a 8,5
Turbidez, (uT)	98,3	Virtualmente ausentes
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)	649,0	Virtualmente ausentes
Dureza em Cálcio (Ca^{++}), mg/L	33,6	---
Dureza em Magnésio (Mg^{++}), mg/L	10,6	---
Dureza Total (CaCO_3), mg/L	128,0	---
Sódio (Na^+), mg/L	508,6	---
Potássio (K^+), mg/L	196,7	---
Alumínio (Al^{3+}), mg/L	0,61	0,10
Ferro Total, mg/L	0,25	0,30
Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L (CaCO_3)	0,0	---
Alcalinidade em Carbonatos, mg/L (CaCO_3)	2.720,0	---
Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L (CaCO_3)	1.280,0	---
Alcalinidade Total, mg/L (CaCO_3)	4.000,0	---
CO_2 livre, mg/L	0,0	---
Sulfato (SO_4^{2-}), mg/L	92,5	---
Fosfato (PO_4^{3-}), mg/L	145,8	---
Cloreto (Cl^-), mg/L	647,9	---
Nitrato (N-NO_3^-), mg/L	0,30	0,4
Nitrito (N-NO_2^-), mg/L	-0,037	0,07
Amônia (N-NH_3), mg/L	722,14	0,4 – Classe 1 0,7 – Classe 2 20,0 – Lançamento de efluentes
Silica, mg/L (SiO_2)	76,8	---
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	2,43	---
STD (Sólidos Totais Dissolvidos), mg/L	5.483,5	---

(**)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira, através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005.

LAUDO: De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta amostra **não** se encontra dentro dos padrões de no que se refere aos parâmetros analisados.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 3- As análises dos parâmetros foram realizadas em triplicata.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para qualquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ – 9.19.3.1303116)