



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JOSÉ ADAILTON LIMA SILVA

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM ANIMAL E SEUS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS  
E AMBIENTAIS EM FUNÇÃO DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS E RESIDUÁRIAS  
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Recife

2025

JOSÉ ADAILTON LIMA SILVA

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM ANIMAL E SEUS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS  
E AMBIENTAIS EM FUNÇÃO DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS E RESIDUÁRIAS  
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor(a) em Geografia. Área de concentração: Regionalização e Análise Regional.

Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Fernanda Abrantes Torres

Coorientador (a): Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega

Recife

2025

## Catálogo de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Silva, José Adailton Lima.

Produção de forragem animal e seus impactos socioeconômicos e ambientais em função do uso de águas salobras e residuárias no semiárido brasileiro / José Adailton Lima Silva. - Recife, 2025. 115f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2024.

Orientação: Maria Fernanda Abrantes Torres.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Escassez de água; 2. Gestão hídrica; 3. Salinização; 4. Segurança alimentar; 5. Atividade agropecuária. I. Torres, Maria Fernanda Abrantes. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

JOSÉ ADAILTON LIMA SILVA

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM ANIMAL E SEUS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS  
E AMBIENTAIS EM FUNÇÃO DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS E RESIDUÁRIAS  
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor(a) em Geografia. Área de concentração: Regionalização e Análise Regional.

Aprovado em: 12/12/2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Fernanda Abrantes Torres (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Eugenia Cristina Goncalves Pereira  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza (Examinador Externo)  
Universidade Federal da Paraíba

---

Prof. Dr. João Damasceno (Examinador Externo)  
Universidade Estadual da Paraíba

---

Prof. Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo (Examinador Externo)  
Universidade Federal de Campina Grande

## **DEDICATÓRIA**

À minha família, em especial à minha esposa, Thaís Mara, e as nossas filhas, Maria e Isabel; aos meus pais, Lourdes e Adauto, que são peças fundamentais em minha formação, e ponto de apoio nas adversidades da vida. Dedico, ainda, aos meus/minhas irmãos/irmãs: Régia, Alberto, Reginéia, Rejane, Regina, Adailton e Reginaldo; a Pedro Amorim e aos demais familiares e amigos pela compreensão e estímulo nos momentos difíceis. Por fim, dedico este trabalho a todos aqueles que, de forma íntima ou majestosa, contribuíram para a minha formação profissional, e que me ensinam a cada dia o sentido de viver.

## **AGRADECIMENTOS**

**A Deus,**

Agradeço primeiramente a Deus por ter-me fortalecido nos momentos difíceis.

**À Nossa Senhora da Luz,**

Por sua intercessão junto ao meu Pai Eterno, pois tudo que sou, e tudo que ainda vou ser, fez-se e se fará realidade em virtude não de minha vontade, mas sim diante da vontade de Deus. A Deus e a Nossa Senhora, toda honra e toda glória, agora e para sempre. Amém.

**Aos meus pais, Adauto e Lourdes,**

Que me ensinaram a vida com ela é, e como deve ser vivida. A vocês sou eternamente agradecido, pois além de bons pais, proporcionaram-me o privilégio de poder estudar quando nossa realidade econômica sobrevivia às duras penas. Hoje sou o que sou graças ao maravilhoso presente que Deus me deu: *meus amados pais*. Muito obrigado por tudo, pais queridos, pois sem vocês eu nunca saberia o que é amar e ser amado.

**Aos meus irmãos Alberto, Régia, Reginéia, Rejane, Regina, Adailton e Reginaldo, a minha esposa Thaís Mara, e aos demais familiares,**

Pelos conselhos, pela compreensão diante de meu “estresse”, e pelos inúmeros momentos de felicidades a mim proporcionados durante toda a minha vida. Saibam que vocês são de suma importância para mim, e é uma honra tê-los ao meu lado.

**A todos os meus amigos (as),**

Os quais são minha fonte de conselhos e palavras amigas, e de onde pude encontrar, por várias vezes, a força necessária para superar os obstáculos da vida. A todos vocês, “*Grandes Amigos*”, minha sincera gratidão pelo presente de suas amizades.

**A todos os professores, em especial, a José Talvací de Lima (*in memoriam*), Romana, à minha orientadora Maria Fernanda Abrantes Torres, e ao meu coorientador, Ranyére Silva Nóbrega, os quais puderam fornecer-me seus ensinamentos e instruções.**

**E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para o nosso crescimento profissional e pessoal. A vocês, minha eterna gratidão.**

## RESUMO

O semiárido brasileiro apresenta condições edafoclimáticas e geológicas que dificultam as atividades agrícolas e pecuaristas que dependem, essencialmente, da oferta periódica de água. Todavia, mesmo sobre condições físico-geográficas adversas, existem práticas/técnicas que possibilitam a gestão dos recursos hídricos disponíveis localmente, o que tem contribuído para a manutenção/permanência das atividades agropastoris. Neste universo, tem-se o uso das águas salobras e residuárias, disponíveis localmente, para irrigar espécies forrageiras adaptadas à salinidade. Sabendo-se que existe uma incipiência, especialmente por geógrafos, nas pesquisas voltadas a estimar a produção de espécies forrageiras com uso de águas salobras ou residuárias, objetivou-se avaliar, de forma comparativa, a produção de forragem animal através do cultivo de duas espécies (palma Orelha de Elefante Mexicana -*Opuntia stricta* Haw; e a Gliricídia: *Gliricidia sepium* Jacq. Walp) submetidas a três tratamentos: sequeiro, irrigação com águas salobras, e irrigadas com águas residuárias. Nesta perspectiva, foram instaladas três áreas experimentais no município de Pedra Lavrada-PB, semiárido paraibano, onde foram realizadas pesquisas qualiquantitativas direcionadas para: 1) a análise físico-geográfica, considerando as relações existentes entre os elementos naturais (clima, geologia, pedologia etc.) e os aspectos socioeconômicos (trabalho e renda no campo, uso e ocupação da terra, entre outros); 2) tabular, mensurar e comparar dados estatísticos relacionados à produtividade de forragem obtida com os cultivos de palma e gliricídia em função dos três tratamentos; e 3) avaliar os benefícios ou problemas sociais, econômicos e ambientais advindos do uso de águas salobras e residuárias na irrigação e produção de forragem animal. Com isso, pôde-se obter resultados significativos, a saber: i) a irrigação com águas residuárias e salobras aumentaram significativamente a produção de forragem animal em comparação ao cultivo em sequeiro; ii) mesmo utilizando águas com altos níveis de sais dissolvidos, não houve a salinização dos solos; as espécies de palma e gliricídia além de fomentarem boa oferta de água e nutrientes aos animais, também mostraram-se resistentes à presença de sais no solo; e o uso de águas residuárias e salobras possibilitou benefícios socioeconômicos e ambientais como: segurança hídrica e permanência dos cultivos nos períodos de estiagem; e o aumento da produtividade que, consequentemente, possibilita maior oferta de trabalho e renda no campo. Por fim, é urgente fomentar o acesso da população às informações/conhecimentos do uso de águas salobras e residuárias na agricultura, pois assim, pode-se contribuir para favorecer segurança hídrica necessária para o desenvolvimento da atividade agropastoril em regiões semiáridas.

**Palavras-chave:** escassez de água; gestão hídrica; salinização; segurança alimentar; atividade agropecuária.

## ABSTRACT

The Brazilian semi-arid region presents edaphoclimatic and geological conditions that make agricultural and livestock activities that essentially depend on the periodic supply of water impossible/difficult. However, even under adverse physical-geographical conditions, there are practices/techniques that enable the management of locally available water resources, which has contributed to the maintenance/permanence of agropastoral activities. In this universe, brackish and wastewater, available locally, is used to irrigate forage species adapted to salinity. Knowing that there is an incipience, especially by geographers, in research aimed at estimating the production of forage species using brackish or waste water, the aim was to evaluate, in a comparative way, the production of animal forage through the cultivation of two species (Mexican Elephant Ear Palm - *Opuntia stricta* Haw; and *Gliricidia*: *Gliricidia sepium* Jacq. Walp) subjected to three treatments: dryland, irrigation with brackish waters, and irrigated with wastewater. From this perspective, three experimental areas were installed in the municipality of Pedra Lavrada-PB, semi-arid region of Paraíba, where qualitative and quantitative research was carried out aimed at: 1) physical-geographical analysis, considering the relationships between natural elements (climate, geology, pedology, etc.) and socioeconomic aspects (work and income in the field, use and occupation of land, among others); 2) tabulate, measure and compare statistical data related to forage productivity obtained with palm and *gliricidia* crops depending on the three treatments; and 3) evaluate the social, economic and environmental benefits or problems arising from the use of brackish and wastewater in irrigation and animal forage production. With this, significant results were obtained, namely: i) irrigation with wastewater and brackish water significantly increased the production of animal forage compared to rainfed cultivation; ii) even using water with high levels of dissolved salts, there was no salinization of the soil; palm and *gliricidia* species, in addition to providing a good supply of water and nutrients to animals, also proved to be resistant to the presence of salts in the soil; and the use of wastewater and brackish water enabled socioeconomic and environmental benefits such as: water security and permanence of crops during dry periods; and the increase in productivity which, consequently, allows for a greater supply of work and income in the countryside. Finally, it is urgent to encourage the population's access to information/knowledge on the use of brackish and wastewater in agriculture, as this can contribute to promoting water security necessary for the development of agropastoral activity in semi-arid regions.

**Keywords:** water shortage; water management; salinization; food safety; agricultural and livestock activity.

## LISTA DE FIGURAS

|             |                                                                                                                                                                        |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 -  | Plantio consorciado de palma forrageira e gliricídia, município de Pedra Lavrada-PB .....                                                                              | 29 |
| Figura 2 -  | Espécies utilizadas como forragem animal: erva-sal (A), maniçoba (B), leucena (C) e capim manduri (D). ....                                                            | 29 |
| Figura 3 -  | Irrigação, com águas residuárias, do cultivo da algaroba em consórcio com palma, gliricídia e sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia Benth.</i> ), Frei Martinho-PB ..... | 30 |
| Figura 4 -  | Cultivos de palma colonizados pela Cochonilha-do-Carmim ( <i>Dactylopius opuntiae</i> ) .....                                                                          | 33 |
| Figura 5 -  | Localização do município de Pedra Lavrada- PB .....                                                                                                                    | 40 |
| Figura 6 -  | Fazenda Belo Monte: A- irrigação com águas salobras; B - cultivo de sequeiro ....                                                                                      | 40 |
| Figura 7 -  | Área experimental em Canoa de Dentro: A – Cultivo em sequeiro; B – Cultivo irrigado com águas salobras .....                                                           | 41 |
| Figura 8 -  | Fazenda São Gonçalo: A – área com cultivos em sequeiro; e B – área com cultivos irrigados com água residuária .....                                                    | 41 |
| Figura 9 -  | Sistema de tratamento de esgotos com uso de Lagoas de Maturação, Pedra Lavrada-PB .....                                                                                | 43 |
| Figura 10 - | Entrada das águas residuárias na primeira lagoa através de canos de PVC de 100mm .....                                                                                 | 43 |
| Figura 11 - | Sistema de irrigação localizada e por gotejamento, Fazenda São Gonçalo, Pedra Lavrada-PB .....                                                                         | 44 |
| Figura 12 - | Uso de canos de PVC – 50mm – e fitas gotejadoras – 20mm – para a irrigação localizada e direta no solo, Fazenda São Gonçalo, Pedra Lavrada                             | 45 |
| Figura 13 - | Esquematização do espaçamento nos cultivos em uma parcela nas áreas experimentais, Pedra Lavrada-PB .....                                                              | 46 |
| Figura 14 - | Ausência de água no açude Olho D'Água, Pedra Lavrada-PB                                                                                                                | 50 |
| Figura 15 - | Mapa geológico do município de Pedra Lavrada-PB .....                                                                                                                  | 51 |
| Figura 16 - | Presença de rochas magmáticas e metamórficas no município de Pedra Lavrada-PB .....                                                                                    | 55 |
| Figura 17 - | Presença de cimeiras simétricas, pedimentos e planície aluvial no município de Pedra Lavrada .....                                                                     | 55 |
| Figura 18 - | Hipsometria e declividade do município de Pedra Lavrada-PB                                                                                                             | 57 |
| Figura 19 - | Riacho Olho D'Água, Pedra Lavrada-PB, com drenagem efêmera .....                                                                                                       | 57 |
| Figura 20 - | Presença de zonas de produção, transferência e depósito de sedimentos, Pedra Lavrada-PB .....                                                                          | 58 |
| Figura 21 - | Presença de neossolos lítico e regolítico, município de Pedra Lavrada-PB .....                                                                                         | 59 |
| Figura 22 - | Uso e ocupação da terra no município de Pedra Lavrada-PB                                                                                                               | 60 |
| Figura 23 - | Vegetação de Caatinga hiperxerófila, município de Pedra Lavrada-PB .....                                                                                               | 61 |
| Figura 24 - | Desmatamento da Caatinga para fornecimento de madeira para panificadora, olarias/cerâmicas .....                                                                       | 61 |

|             |                                                                                                                                                              |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 25 - | Avanço do processo erosivo por sulcos/ravinas para o laminar em virtude do desmatamento da vegetação nativa, município de Pedra Lavrada-PB .....             | 61 |
| Figura 26 - | Pavimento detrítico advindo da perda de sedimentos pelos processos de erosão laminar, município de Pedra Lavrada-PB .....                                    | 62 |
| Figura 27 - | Irrigação de cultivos de tomate nas áreas de pedimento, Pedra Lavrada-PB .....                                                                               | 63 |
| Figura 29 - | Irrigação de cultivos de tomate nas áreas de pedimento, Pedra Lavrada-PB .....                                                                               | 64 |
| Figura 30 - | Jazida de extração mineral, município de Pedra Lavrada-PB ...                                                                                                | 64 |
| Figura 31 - | Produtividade, em 2022, da palma nas três áreas experimentais: São Gonçalo, Belo Monte e Cano de Dentro ...                                                  | 67 |
| Figura 32 - | Produtividade, em 2023, da palma nas três áreas experimentais: São Gonçalo, Belo Monte e Cano de Dentro .....                                                | 67 |
| Figura 33 - | Produtividade de palma forrageira com irrigação nos anos de 2022-2023 .....                                                                                  | 69 |
| Figura 34 - | Sequência anatômica da palma forrageira .....                                                                                                                | 70 |
| Figura 35 - | Produtividade média das áreas irrigadas no período de 2022-2023 .....                                                                                        | 73 |
| Figura 36 - | Produtividade de cladódios adquiridos através da irrigação nas três áreas experimentais .....                                                                | 74 |
| Figura 37 - | Produtividade de gliricídia submetida aos tratamentos em sequeiro, com águas residuárias (São Gonçalo) e águas salobras (Belo Monte e Canoa de Dentro) ..... | 80 |
| Figura 38 - | Produtividade de gliricídia submetida à irrigação de águas residuárias (São Gonçalo) e águas salobras (Belo Monte e Canoa de Dentro) entre 2022-2023 .....   | 82 |

## LISTA DE TABELAS

|            |                                                                                                                                                                                |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - | Total de áreas cultivadas e em sistema de lavoura temporária e permanente .....                                                                                                | 53 |
| Tabela 2 - | Quantitativo da animais no município de Pedra Lavrada-PB: gado bovino, caprino e ovino .....                                                                                   | 55 |
| Tabela 3 - | Análise comparativa dos dados estatísticos da produtividade de palma adquirida através dos cultivos em sequeiro e irrigado com águas salobras e residuária .....               | 68 |
| Tabela 4 - | Avaliação estatística da produtividade média de palma irrigada nas três áreas experimentais .....                                                                              | 71 |
| Tabela 5 - | Análise dos elementos/parâmetros químicos das águas residuárias (São Gonçalo) e salobras (Canoa de Dentro e Belo Monte) .....                                                  | 72 |
| Tabela 6 - | Análise estatística da produtividade de cladódios adquiridos nas três áreas experimentais .....                                                                                | 75 |
| Tabela 7 - | Composição química de três cultivares de palma forrageira (Gigante, Redonda e Miúda) e das silagens de milho e sorgo ...                                                       | 77 |
| Tabela 8 - | Análise estatística da produtividade de gliricídia submetida aos tratamentos em sequeiro e com águas residuárias e salobras ..                                                 | 81 |
| Tabela 9 - | Análise estatística produtividade de gliricídia submetida à irrigação de águas residuárias (São Gonçalo) e águas salobras (Belo Monte e Canoa de Dentro) entre 2022-2023 ..... | 84 |
| Tabela 10  | Elementos químicos das águas salobras coletadas nas áreas de Belo Monte e Canoa de Dentro .....                                                                                | 87 |
| Tabela 11  | Análise química do solo no experimento em São Gonçalo .....                                                                                                                    | 91 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |                                                            |
|---------|------------------------------------------------------------|
| AESA    | Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba |
| CRPM    | Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais                 |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                |
| ETE     | Estações de Tratamento de Esgoto                           |
| FISSET  | Fundo de Investimento Setorial                             |
| IBDF    | Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal          |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística            |
| INMET   | Instituto Nacional de Meteorologia                         |
| INPE    | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais                  |
| INSA    | Instituto Nacional do Semiárido                            |
| SUDENE  | Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste            |
| UEPB    | Universidade Estadual da Paraíba                           |
| UFCG    | Universidade Federal de Campina Grande                     |
| UFPB    | Universidade Federal da Paraíba                            |
| UFPE    | Universidade Federal de Pernambuco                         |

## SUMÁRIO

|              |                                                                                                                                              |           |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                      | <b>15</b> |
| 1.1          | HIPÓTESES .....                                                                                                                              | 17        |
| 1.2          | OBJETIVOS .....                                                                                                                              | 18        |
| <b>1.2.1</b> | <b>Geral e Específicos .....</b>                                                                                                             | <b>18</b> |
| 1.3          | JUSTIFICATIVA .....                                                                                                                          | 18        |
| <b>2</b>     | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                                                                             | <b>21</b> |
| 2.1          | SEMIÁRIDO: CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E SUAS RELAÇÕES<br>COM A ATIVIDADE AGROPASTORIL .....                                                        | 21        |
| 2.2          | USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA A IRRIGAÇÃO DE<br>CULTIVARES .....                                                                             | 23        |
| 2.3          | IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALOBRAS: POSSÍVEIS<br>POTENCIALIDADES E BENEFÍCIOS .....                                                                | 26        |
| 2.4          | ESPÉCIES DE PALMAS E GLIRICÍDIA PARA PRODUÇÃO DE<br>FORRAGEM ANIMAL .....                                                                    | 30        |
| <b>2.4.1</b> | <b>Palmas forrageiras: origem, características fisiológicas e<br/>importância socioeconômica .....</b>                                       | <b>30</b> |
| <b>2.4.2</b> | <b>Gliricídia: características fisiológicas e importância social,<br/>econômica e ambiental .....</b>                                        | <b>34</b> |
| <b>3</b>     | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                                                                              | <b>37</b> |
| 3.1          | ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA .....                                                                                                         | 37        |
| 3.2          | ESPAÇO DE PESQUISA .....                                                                                                                     | 39        |
| <b>3.2.1</b> | <b>Áreas experimentais .....</b>                                                                                                             | <b>41</b> |
| 3.3          | ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE .....                                                                                                            | 46        |
| 3.4          | AVALIAÇÃO DOS POSSÍVEIS BENEFÍCIOS OU PROBLEMAS<br>SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS ADVINDOS DO USO<br>DE ÁGUAS SALOBRAS E RESIDUÁRIAS ..... | 49        |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                                                                          | <b>51</b> |
| 4.1          | CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-GEOGRÁFICA E SUA INTER<br>RELAÇÃO COM OS ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....                                                | 51        |
| 4.2          | MENSURAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE FORRAGEM ANIMAL<br>ATRAVÉS DO CULTIVO DE PALMA ORELHA DE ELEFANTE                                             | 66        |

|       |                                                                                                                                                                   |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|       | MEXICANA ( <i>Opuntia stricta</i> Haw) E DA GLIRICÍDIA<br>( <i>Gliricidia sepium</i> ) .....                                                                      | 66  |
| 4.2.1 | Produtividade da palma Orelha de Elefante Mexicana ( <i>Opuntia stricta</i> Haw) .....                                                                            | 66  |
| 4.2.2 | Importância do cultivo da palma forrageira .....                                                                                                                  | 76  |
| 4.2.3 | Produtividade da gliricídia submetida aos tratamentos em<br>sequeiro, e irrigados com águas salobras e residuária .....                                           | 79  |
| 4.2.4 | Gliricídia: características e benefícios de seu cultivo .....                                                                                                     | 83  |
| 4.3   | BENEFÍCIOS E PROBLEMAS SOCIAIS, ECONÔMICOS E<br>AMBIENTAIS ADVINDOS DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS E<br>RESIDUÁRIAS NA IRRIGAÇÃO E PRODUÇÃO DE FORRAGEM<br>ANIMAL ..... | 85  |
| 4.3.1 | Águas salobras na irrigação: importância, problemas e benefício.                                                                                                  | 85  |
| 4.3.2 | Uso de águas residuárias na irrigação: importância, problemas e<br>Benefícios .....                                                                               | 88  |
| 5     | CONCLUSÕES .....                                                                                                                                                  | 93  |
|       | REFERÊNCIAS .....                                                                                                                                                 | 96  |
|       | APÊNDICE .....                                                                                                                                                    | 109 |
|       | ANEXO .....                                                                                                                                                       | 111 |

## 1 INTRODUÇÃO

A região Semiárida Brasileira (SAB) apresenta, do ponto de vista climático, baixo índice pluviométrico, altas temperaturas médias anuais e altos índices de evaporação e transpiração vegetal. Estes elementos climáticos condicionam um alto índice de evapotranspiração, que somado à variabilidade espaço-temporal das chuvas, propiciam uma escassez hídrica periódica (Silva et al., 2018).

No tocante aos aspectos geológicos e pedológicos, o SAB apresenta, em grande proporção: a) uma geologia composta de embasamentos cristalinos, especialmente nas áreas sobre o Planalto da Borborema: um complexo composto de rochas graníticas-gnáissicas e ortognáisses (Pereira et al., 2018); e b) uma grande diversidade de solos, que na sua maioria, apresentam-se rasos, pedregosos (Francisco et al., 2015) e com ausência de lençol freático, o que reduz a disponibilidade de água.

Diante do cenário geológico e edafoclimático descrito anteriormente, observa-se que as atividades econômicas, que dependem essencialmente da oferta de água, tendem a apresentar grandes perdas produtivas anuais, ou ainda, ocorre a inibição de tais atividades. Neste sentido, Batista e Souza (2015) afirmam que as condições climáticas do semiárido têm restringido a produtividade e até mesmo impedido os pequenos produtores de dar continuidade às atividades no campo.

Atualmente, a baixa produtividade agropecuária advinda das condições naturais (geologia, pedologia, clima etc.) do semiárido brasileiro tem promovido o surgimento de muitos impactos socioeconômicos e ambientais, tais como: queda na oferta de emprego e renda no campo, o que contribui para o aumento do desemprego e da pobreza; abandono de terras e êxodo rural de inúmeras famílias, o que leva aos inchaços urbanos e periferização das cidades; aumento da desigualdade campo-cidade; aumento do desmatamento e queima da vegetação para fomentar novos campos agropecuaristas, etc.

Com base no que foi recém mencionado, questiona-se: é possível promover atividades agrícolas ou pecuaristas em regiões semiáridas? Como produzir no campo quando as condições climáticas são adversas? São reversíveis os problemas socioeconômicos e ambientais advindos da inibição das atividades agropecuaristas no semiárido brasileiro? Diante destes questionamentos, surge, contemporaneamente, pesquisas - como Batista e Souza (2015), Silva e Silva (2016), Neto (2020) e Gut et al.,

(2020) - que buscam evidenciar a permanência da agricultura e criação de animais em regiões semiáridas marcada pela escassez periódica de água. Todavia, há uma incipiência correlacionada à avaliação de sistemas agropecuários permanentes no semiárido brasileiro, especialmente no tocante à sustentabilidade da agropecuária em função do uso de águas salobras e residuárias.

Torna-se importante lembrar que mesmo sobre condições edafoclimáticas e geológicas adversas, é comum no SAB a existência de atividades agropastoris com boa rentabilidade produtiva e, conseqüentemente, econômica (Silva et al., 2014). Isto ocorre, principalmente, em função do uso de técnicas ou práticas que buscam utilizar os recursos naturais disponíveis localmente em uma perspectiva de convivência com aspectos físicos: clima, solo, geologia etc.

De forma exemplar, tem-se no semiárido brasileiro a presença de atividades agrícolas e pecuaristas que se utilizam das águas salobras localizadas no subsolo (Hermes et al., 2014). Noutras palavras, utiliza-se o potencial local – águas salobras – para irrigação de diversos cultivos e para a dessedentação de animais.

Somado ao exposto anteriormente, tem-se também o uso de águas residuárias – águas negras, comumente chamadas de esgotos domésticos – para a irrigação de cultivares destinados à produção de forragem animal. Esta iniciativa é viável face ao grande potencial da água de reuso existente no semiárido, assim como por estas águas oferecerem nutrientes ao solo, contribuindo com a fertirrigação das culturas e a reciclagem dos nutrientes (Cunha et al., 2020, p. 106).

Assim, o uso de águas salobras e residuárias mostram-se de grande valia para com a produção contínua de forragem animal no semiárido brasileiro, assim como também, revelam-se como uma iniciativa promissora para manutenção de emprego e renda no campo, mesmo nos longos períodos de estiagem.

Diante deste contexto, buscar-se-á validar a seguinte tese: a irrigação com águas residuárias promove um aumento considerável na produtividade quando comparada com o cultivo de sequeiro e irrigado com águas salobras, o que contribui para alcançar benefícios sociais, econômicos e ambientais relacionados à segurança alimentar animal em regiões semiáridas. Para tanto, o presente trabalho baseia-se em algumas hipóteses e objetivos, os quais serão descritos a seguir.

## 1.1 HIPÓTESES

Neste trabalho apontamos as seguintes perguntas como norteadoras das hipóteses testadas: é possível a produção de forragem animal sob condições edafoclimáticas adversas? O uso de águas residuárias na irrigação de cultivares pode promover uma produção maior que o cultivo com águas salobras ou em sequeiro? A oferta de maior quantidade de sais dissolvidos nas águas salobras e residuárias não inviabiliza a produção de forragem? Como controlar os riscos de salinização do solo em função do uso de águas salobras/residuais? Quais os benefícios advindos do uso de águas salobras e negras na irrigação de cultivares?

De posse dos questionamentos mencionados, propõem-se as seguintes hipóteses:

- O uso de água residuária possibilita uma maior produção de forragem quando em comparação com irrigação com águas salobras e no estado de sequeiro, isso em função da maior oferta de nutrientes ao sistema solo/planta;
- O uso de água salobra/residuária como suplementação hídrica nos períodos de estiagem pode condicionar uma boa produtividade no campo, mesmo sob condições edafoclimáticas adversas;
- Acredita-se que a salinidade das águas é um fator que influencia na produtividade de cultivares, mas, mesmo com altos teores de sais dissolvidos, as águas salobras/residuárias podem produzir uma boa quantidade de biomassa em virtude da adaptação de algumas espécies vegetais à salinidade das águas;
- A salinização do solo pode ser contida com o controle de lâmina de água ofertada na irrigação, ou seja, quando se controla a quantidade de água para cada cultivo, elimina-se os excessos d'água na irrigação e oportuniza a eficiência hídrica, o que minimiza os riscos de salinização do solo;
- Com o uso de águas salobras e negras na irrigação de alguns cultivares, é possível adquirir benefícios socioeconômicos e ambientais (Pinheiro et al., 2017; Lucena et al., 2018), dentre eles: oferta de água para produção de forragem em períodos de estiagem, o que contribui para a manutenção de atividades agropastoris em regiões semiáridas; possibilita uma maior produção dos cultivares, o que contribui para a segurança alimentar de animais; além de

promover, através da gestão dos recursos hídricos disponíveis localmente, a oferta de trabalho e renda no campo, o que contribui para mitigação do êxodo rural.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral:

Analisar, de forma comparativa, a produção de forragem animal em função do cultivo em sequeiro, e com uso de águas salobras e residuárias, buscando identificar os impactos positivos e negativos provenientes da irrigação com águas salobras e residuárias no semiárido brasileiro.

### 1.2.2 Específicos:

- a) Realizar uma análise físico-geográfica, considerando as relações existentes entre os elementos naturais (clima, geologia, geomorfologia, solos etc.) e os aspectos socioeconômicos (trabalho e renda no campo, uso e ocupação da terra, atividades econômicas, entre outros) no município de Pedra Lavrada-PB;
- b) Coletar dados hidro-climáticos locais, buscando identificar condições de escassez hídrica periódica e sua correlação com a queda de produção agropecuária local;
- c) Mensurar a produtividade de forragem animal através do cultivo de palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) e da Gliricídia (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp);
- d) Comparar a produtividade de forragem obtida em função dos três tipos de cultivos: sequeiro, irrigação com uso de águas salobras, e com oferta de águas residuárias;
- e) Avaliar os benefícios ou problemas sociais, econômicos e ambientais advindos do uso de águas salobras e residuárias na irrigação e produção de forragem animal.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas que dependem, essencialmente, das condições climáticas. Neste sentido, sabe-se que as variações climáticas, especialmente no tocante à redução nas precipitações, já são uma realidade que afeta diretamente a vida das pessoas, além de impactar o equilíbrio dos recursos naturais e das atividades econômicas (Alves et al., 2017).

Em se tratando da região semiárida brasileira, percebe-se que o baixo índice pluviométrico tem condicionado perdas na produção agropecuária, além da variação

espaço temporal das precipitações nesta região propiciar uma escassez hídrica periódica que tem inibido as práticas agrícolas e pecuaristas (Batista; Souza, 2015).

Diante do exposto, as famílias rurais locais têm investido em práticas agropecuárias que buscam utilizar os recursos hídricos disponíveis. Neste universo, tem-se o uso de águas salobras de poços e de águas residuárias para a irrigação de cultivos, principalmente de espécies de cactáceas e leguminosas resistentes à escassez hídrica periódica.

Consoante ao susodito, é comum no semiárido nordestino a presença de famílias rurais utilizando águas salobras e residuárias para o cultivo de espécies forrageiras como palma, capim e gliricídia (Felix, 2018; Freitas, 2017; Costa et al., 2020). Todavia, existem muitas famílias rurais locais que, mesmo detendo recursos hídricos disponíveis, não fazem uso dos referidos recursos em virtude de descrença no seu potencial para produção de forragem. Isso ocorre em virtude tanto da ausência de instrução frente aos conhecimentos técnicos, quanto do descrédito do uso de águas salobras e residuárias.

Em suma, inúmeras famílias rurais do Nordeste semiárido não detêm conhecimentos sobre os possíveis benefícios socioeconômicos que podem adquirir com o uso das águas salobras e residuárias, as quais representam grande potencial hídrico para a produção agropecuária no semiárido brasileiro. Diante disso, percebeu-se a necessidade de fomentar estudos *in situ* que promovam conhecimentos teórico-metodológicos correlacionados ao uso eficiente das águas salobras e residuárias para produção de forragem. Além disso, é imprescindível instruir, independentemente do público-alvo, sobre a importância da irrigação com água salobra/residuária para a permanência da atividade agropastoril em regiões semiáridas.

É importante lembrar que existe uma incipiência de estudos, especialmente por geógrafos, voltados a conhecer o potencial de produção de forragem animal em função da irrigação com águas salobras ou residuárias. Neste sentido, os trabalhos de Silva et al. (2012) e Santos et al. (2020d) ressaltam que, no Brasil, o uso de águas salobras e residuárias na agricultura ainda é incipiente e com práticas inadequadas, o que denuncia a urgência de maiores investigações sobre estas práticas agrícolas.

Sabendo-se que a região semiárida brasileira detém uma grande população rural, e que as condições edafoclimáticas têm contribuindo para o aumento da perda de produção, trabalho e renda no campo (Neto et al., 2017), torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas de cunho socioambiental objetivando identificar a

viabilidade do uso de águas salobras e residuais na produção de forragem animal, mesmo sob condições edafoclimáticas adversas.

Destarte, o tema proposto é relevante visto que, do ponto de vista prático, existe uma escassez de dados específicos sobre o potencial de uso das águas salobras e residuárias para produção de forragem animal. Com isso, pretende-se oportunizar o conhecimento sobre o uso prático e eficiente de águas salobras e negras na promoção da segurança alimentar animal, o que edificará o emprego e renda no campo, e contribuirá para a redução do êxodo rural.

Por fim, sabendo-se que a maior oferta de água é um dos fatores que promovem o aumento na produção no campo (Lima, 2019), vislumbra-se analisar, de forma comparativa, como a suplementação hídrica através da irrigação com águas salobras e residuárias pode fomentar tanto uma maior produtividade em comparação com o plantio de sequeiro, quanto podem condicionar melhorias socioeconômicas e ambientais em regiões semiáridas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão discutidos conceitos e fundamentos teórico-metodológicos que envolvem as pesquisas físico-geográficas direcionadas a analisar elementos socioeconômicos e ambientais presentes no espaço geográfico. Neste sentido, pretende-se, a seguir, contextualizar uma revisão de literatura e de referenciais teóricos que envolvam a discussão do uso de águas salobras e residuárias, e sobre conceitos-chave para efetivação deste trabalho: Semiárido, Gestão Hídrica, Salinização, Tratamento de água e Segurança hídrica.

### 2.1 SEMIÁRIDO: CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E SUAS RELAÇÕES COM A ATIVIDADE AGROPASTORIL

O semiárido brasileiro (SAB) apresenta condições climáticas adversas como: baixo índice pluviométrico (poucas chuvas anuais); elevadas temperaturas e alto índice de evapotranspiração (alta taxa de evaporação das águas superficiais e alta transpiração das plantas em virtude das altas temperaturas); e chuvas distribuídas de forma irregular tanto no tempo quanto no espaço, ou seja, as chuvas não são bem distribuídas na superfície e nem tão pouco ao longo do ano (Silva et al., 2018).

Como resultado das condições climáticas descritas anteriormente, tem-se uma escassez hídrica periódica, a qual tem condicionado árduas realidades para com as atividades agropastoris. Neste sentido, Donato et al. (2017) ressaltam que a escassez de água e a má distribuição espaço-temporal das chuvas no semiárido restringem o desenvolvimento de atividades tradicionais como agricultura e pecuária.

Somado ao cenário climático supracitado, tem-se o fato da pedologia e geologia, em grande parte do semiárido nordestino, inviabilizarem as atividades agrícolas e pastoris, pois:

- 1) A pedologia que se encontra em grande parte do semiárido nordestino é composta de solos rasos, pedregosos e com baixa capacidade de armazenamento de água. Neste sentido, Oliveira et. al. (2009) e Francisco et al. (2015) ressalvam que em grande parte da região do Planalto da Borborema há forte presença de Luvissolos, Planossolos, Neossolos Regolíticos e Litólicos eutróficos. Estes últimos apresentam pouca profundidade e baixa capacidade de

armazenamento de água, o que inibe o cultivo de algumas espécies, especialmente as arbóreas.

- 2) A geologia do semiárido nordestino, especialmente no Complexo Cristalino-Granitóide localizado no Planalto da Borborema, compreende rochas cristalinas que restringem a formação de aquíferos, inibindo o acúmulo de água subterrânea e favorecendo apenas um reduzido armazenamento de água em alguns trechos fraturados/falhados/intemperizados (Neves; Albuquerque, 2004). Ainda segundo estes autores, é baixa a qualidade das águas encontradas junto às rochas cristalinas, pois elas apresentam-se salobras em função da dissolução dos sais encontrados nas rochas locais. Em suma, a geologia, em grande parte do semiárido nordestino, tem condicionado baixa capacidade de infiltração e armazenamento de água subterrânea, além do aumento da salinidade das águas locais.

Em síntese, observa-se que os fatores naturais – especialmente clima, geologia e pedologia – condicionam tanto a escassez hídrica periódica, quanto a salinização das águas subterrâneas. Diante disso, como promover atividades econômicas - como a agropecuária - que dependem essencialmente da oferta regular de água?

Tendo em vista o questionamento anterior, é oportuno ressaltar que mesmo sobre condições edafoclimáticas e geológicas adversas, há um grande potencial agropecuário no semiárido brasileiro, pois este detém fontes de águas subterrâneas e superficiais. No tocante às áreas do Planalto da Borborema (região que detém grande parte das adversidades naturais já citadas), tem-se “aquíferos fissurais”, os quais podem subsidiar a irrigação através da perfuração de poços (Neves; Albuquerque, 2004), além de deter uma permanente oferta de águas residuárias que se configuram em um grande potencial hídrico para a produção agropecuária (Lucena et al., 2018).

Em síntese, para promover atividades agropecuárias no semiárido brasileiro torna-se imprescindível realizar a gestão dos recursos disponíveis localmente. Neste sentido, a gestão hídrica se define com ações que conciliam a disponibilidade restrita com a demanda por água, isso através da otimização dos recursos e do uso adequado (Setti et al., 2000).

Por fim, sabe-se que mesmo diante da escassez hídrica condicionada pelas características físico-geográficas do SAB, há como produzir - em quantidade e qualidade - forragem animal através da irrigação com águas salobras e residuárias (Silva et al., 2014; Costa et al., 2020). Assim, a seguir, debater-se-ão conhecimentos

teórico-metodológicos sobre a importância do uso de águas residuárias e salobras na produção de forragem animal.

## 2.2 USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA A IRRIGAÇÃO DE CULTIVARES

Contemporaneamente, no semiárido brasileiro há grandes perdas na produção agrícola local em virtude das condições climáticas, principalmente a irregularidade das precipitações e os baixos índices pluviométricos (Francisco et al., 2015). Neste sentido, Batista et al. (2020) afirmam que em localidades, como o semiárido brasileiro, que apresentam déficits hídricos, a água constitui um elemento limitante do desenvolvimento da agricultura.

Somado às condições climáticas, tem-se o fato de boa parte dos solos do semiárido não apresentarem boas condições de uso agrícola, pois estes apresentam baixos teores de matéria orgânica, além de baixa disponibilidade de nitrogênio (N) para as plantas (Cunha et al., 2012). De forma resumida, sabe-se que no semiárido nordestino, especialmente sobre o Planalto da Borborema, há uma grande presença de solos salinos que, em geral, contêm valores muito baixos de nitrogênio, fósforo e potássio, não adequados para o cultivo da maioria das plantas (Neto et al., 2020).

Diante das condições edafoclimáticas adversas à promoção da agricultura no semiárido brasileiro, atualmente tem-se utilizado as águas residuárias como uma alternativa viável para a irrigação de diversos cultivos.

Segundo a Resolução nº 54, Art. 2º, inciso I, estabelecida pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, em 2005, as águas residuárias compreendem o esgoto, a água descartada, e os efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não (Brasil, 2005).

As águas residuárias são ricas em substâncias químicas que podem ser utilizadas como nutrientes para a fertirrigação de solo e, consequentemente, para o aumento da produção agrícola (Cunha et al., 2020). A irrigação com uso de águas residuárias torna-se uma iniciativa de grande valia, pois elas podem constituir uma fonte de água não convencional e contínua capaz de subsidiar a irrigação nos períodos de estiagem, assim como aumentar a fertilidade do solo com a oferta de nutrientes – como o nitrogênio (Batista et al., 2020).

Morais et al. (2016) ressaltam que o uso de águas residuais pode trazer benefícios sociais, econômicos e ambientais para as comunidades rurais, pois elas são

uma alternativa sustentável para aumentar a oferta de água, o que contribuirá para uma gestão racional da demanda por água no semiárido brasileiro.

Segundo Batista et al. (2020), com a coleta e tratamento adequado dos esgotos pode-se satisfazer a demanda de água para a irrigação, o que contribui para a redução dos impactos ambientais, especialmente no controle da eutrofização de mananciais e da poluição orgânica.

Tendo em vista a assertiva anterior, muitos pesquisadores se dedicam à busca por sistemas de tratamento de esgoto rural e de reuso agrícola que possibilitem condicionar melhorias no esgotamento sanitário (coleta e tratamento), assim como aumentar a produtividade agropecuária no campo (Cunha et al., 2020). Segundo Souza et al. (2015), o aumento progressivo na demanda d'água tem feito do tratamento e reutilização de efluentes uma temática de relevância global.

Para Moraes et al. (2016), o desafio é tratar as águas residuárias para gerar um efluente que não cause impactos ambientais ou riscos à saúde humana, e que consiga gerar benefícios socioambientais como:

“Não lançamento de esgotos em corpos de água superficiais; preservação dos recursos hídricos subterrâneos; conservação do solo, através da acumulação de "humus"; maior resistência do solo à erosão; aumento da produção de alimentos; saúde e qualidade de vida adequada ao desenvolvimento das populações” (Moraes et al., 2016, p. 143).

Em suma, sabe-se que diante da escassez hídrica proveniente das condições climáticas do semiárido brasileiro, o uso de águas residuárias pode subsidiar melhorias socioeconômicas e ambientais através da oferta de água – especialmente durante os períodos de estiagem - para as atividades agropastoris.

Em consonância com a ressalva anterior, sabe-se que uso de águas residuárias pode contribuir tanto para a maior oferta de água para irrigação, quanto para aumentar a fertilidade do solo com a oferta de nutrientes. No entanto, é necessário quantificar o volume de água residuária aplicada na irrigação dos cultivos, pois como as águas residuárias são ricas em muitos sais – nitrogênio, fósforo, potássio, cloreto, sódio etc. - , o seu uso indiscriminado pode promover a salinização do solo (Simões et al., 2013).

Torna-se oportuno lembrar, ainda, que é preciso ter cuidados sanitários quando do uso de águas residuárias, pois elas contêm grande número de agentes patógenos – bactérias, vírus etc. – que podem ocasionar diversas doenças: cólera, diarreias, leptospirose, febre tifoide, dengue, leishmaniose, entre outras (Savi et al., 2008).

Os riscos à saúde humana tornam-se maiores quando há inexistência no tratamento das águas residuárias. Segundo dados da Funasa (2020), descritos no Programa Saneamento Brasil Rural, nos municípios localizados sobre o domínio da Caatinga, no semiárido brasileiro, o principal sistema de esgotamento é a fossa rudimentar (53,7% das propriedades rurais), a qual se constitui em um sistema precário de coleta e tratamento de esgotos, aumentando as chances de possíveis problemas de saúde em função destes efluentes.

Segundo Moraes et al. (2016), nas comunidades rurais os agricultores e as crianças além de serem os indivíduos com maior contato com o solo e a água, estes atores, por vezes, também não detêm conhecimentos sobre os riscos do uso/contato com águas residuárias, o que aumenta a susceptibilidade às doenças por veiculação hídrica.

Todavia, mesmo com a triste realidade de inúmeras residências rurais do semiárido não deterem bons sistemas de coleta e tratamentos de esgoto, existem inúmeras tecnologias/práticas efetivas no tratamento de águas residuárias, a saber: o reator anaeróbio de fluxo ascendente e a manta de lodo (método UASB), a fossa séptica biodigestora, o tanque séptico, o filtro, a bacia de evapotranspiração/círculo de bananeiras anaeróbio, o biodigestor etc. (Tonetti et al., 1973; Cunha et al., 2020).

Batista et al. (2020) afirmam que o tratamento de águas residuais para uso agrícola detém dois objetivos principais: 1) reduzir a concentração de matéria orgânica, o que inibe a maior presença e crescimento de biomassa bacteriana no sistema de irrigação; e 2) a diminuição do número de agentes patogênicos, cuja presença pode trazer problemas de saúde para os trabalhadores, ou ainda, reduzir a qualidade dos produtos agrícolas, principalmente aqueles que são consumidos sem cozimento.

Diante do exposto, sabe-se que o controle sanitário das águas residuárias para irrigação é imprescindível para promover boas condições de vida e qualidade ambiental, especialmente porque a boa qualidade do solo e da água são essenciais para a produção agrícola (Moraes et al., 2016).

Por fim, sabe-se que é possível promover a irrigação de cultivares no semiárido brasileiro, pois localmente existem grandes vazões de águas residuárias que podem ser utilizadas na irrigação (Costa et al., 2020); assim como também, há um enorme potencial de águas salobras que pode ser explorado através de poços (Neves; Albuquerque, 2004). Destarte, serão discutidos, a seguir, quais os potenciais benefícios advindos do uso de águas salobras na irrigação de cultivares.

## 2.3 IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALOBRAS: POSSÍVEIS POTENCIALIDADES E BENEFÍCIOS

Desde muito tempo, a atividade agropecuária no semiárido brasileiro tem sofrido grandes perdas produtivas em função das condições climáticas de semiaridez representada, sobretudo, por baixos índices pluviométricos e longos períodos de estiagem. Somado a este cenário climático, tem-se, em grande parte do SAB, uma geologia e pedologia que desfavorecem a drenagem subsuperficial e, conseqüentemente, a formação de lençol freático/aquíferos subterrâneos (Neves; Albuquerque, 2004).

Somado ao mencionado precedente, Bayão et al. (2016) ressaltam que as condições climáticas associadas aos recorrentes desequilíbrios ambientais têm condicionado prejuízos para os sistemas de produção animal, especialmente no tocante à produção de forragem.

As condições físico-geográficas do semiárido brasileiro condicionam uma escassez de recursos hídricos, o que tem inibido ou reduzido a produtividade de grãos ou forragem. Neste sentido, Francisco et al. (2015) ressaltam que a produção agrícola é fortemente influenciada pelas condições edafoclimáticas do local. Por isso, as condições de semiaridez em conjunto com as condições pedológicas/geológicas têm sido os principais fatores limitantes da produção agrícola local.

Todavia, mesmo com condições naturais adversas, há como produzir, em quantidade e qualidade, utilizando os recursos hídricos disponíveis localmente. Concomitante com esta assertiva, Neves e Albuquerque (2004) afirmam que o semiárido brasileiro detém boas reservas de águas subterrâneas em rochas cristalinas fraturadas, as quais já possibilitam a extração de água em cerca de 100.000 poços perfurados em diferentes áreas nos últimos 150 anos.

Em se tratando do semiárido nordestino, existe uma ampla presença de poços perfurados, mas a maior parte dessa água não vem sendo usada por causa da qualidade, por ser uma água salobra (Santos et al., 2020c).

Por muito tempo, inúmeros agricultores do semiárido não utilizaram as águas salobras para a irrigação de cultivos em função de possíveis problemas: i) pode ocorrer a salinização do solo, o qual passará a influenciar tanto no aumento da toxicidade por íons específicos, quanto na diminuição da absorção de água e nutrientes pelas plantas (Alves et al., 2007); ii) em relação às plantas, a salinidade afeta o

crescimento em todos os estádios de desenvolvimento, mas a germinação, emergência e o crescimento inicial são as fases mais afetadas pela salinidade, na maioria das culturas agrícolas (Araújo et al., 2016). Diante disso, a irrigação com água salobra pode promover impactos negativos para o solo e plantas, pois modifica a condição física do solo, pode promover atrofia no crescimento das plantas, e reduz a produção dos cultivos (Wagh et al., 2018; Murtaza et al., 2020).

Todavia, é possível conduzir cultivos de várias espécies com uso de águas salobras/salinas. Segundo Santos et al. (2020a), a agricultura bioessalina é uma boa oportunidade de utilizar de forma sustentável a água salobra em favor da agricultura e até mesmo para produzir alimento para animais. Diante disso, questiona-se: por que não tem um avanço nas práticas que fomentam o uso de águas salobras na irrigação de cultivares? Como resposta a este questionamento, tem-se o fato da ausência de conhecimentos teórico-metodológicos por parte das famílias rurais, as quais não são discernidas quanto ao potencial e importância da agricultura bioessalina.

Assim, o problema que envolve a baixa produtividade agropecuária no semiárido não se dá em função da particularidade das condições naturais, mas também em função da falta de conhecimentos teóricos e práticos frente ao uso das águas salobras disponíveis localmente.

Diante do exposto, é notável a urgência em discutir, informar e implementar medidas e práticas eficientes no uso de águas salobras para a produção agropecuária no semiárido, pois o êxito do setor agropecuário depende diretamente do uso de irrigação com águas salinas, principalmente no que se refere à produção de forragem para os animais (Silva et al., 2014).

É oportuno lembrar que a irrigação de cultivares com águas salobras deve ser estimulada, pois através dela é possível obter vários benefícios para as atividades agropecuárias, tais como: 1) segurança hídrica para atender à demanda de água, especialmente nos períodos de estiagem (Soni et al., 2021); 2) dessedentação de animais; 3) aumento na produção agropecuária; e 4) permanência das atividades agropecuárias mesmo durante períodos de escassez pluviométrica.

Segundo Lima (2019), ao passo que a água é fator essencial no desenvolvimento das plantas, sabe-se que o uso da irrigação, em muitos casos, é a única forma de garantir a produção agrícola com segurança, especialmente em regiões tropicais de clima quente e seco, a exemplo do semiárido brasileiro. Logo, torna-se salutar para a permanência das atividades agropastoris no semiárido, a urgente utilização de águas

salobras na irrigação de cultivares, especialmente naqueles que apresentam adaptações fisiológicas à escassez hídrica e/ou a salinidade das águas.

Tendo em vista o exposto, existem inúmeras espécies vegetais adaptadas às condições de semiaridez brasileira, e amoldadas ao uso de águas salobras (Figuras 1 e 2). Neste universo, tem-se como exemplos as várias espécies de palma forrageira, a gliricídia, a erva-sal (*Atriplex numulária* Lindl), a leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.), algumas espécies de capim - como o Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), e a maniçoba (*Manihot glaziovii* Muel), a qual apresenta uma certa toxicidade, mas pode ser ofertada após desidratada ao sol (Hermes et al., 2014; Bayão et al., 2016; Santos et al., 2013; Santos et al., 2020b).

Dentro do universo de práticas agrícolas no semiárido para fornecer alimento aos animais, é imprescindível ressaltar o cultivo da algaroba (*Prosopis juliflora* Sw D.C.), espécie exótica de alta produtividade e adaptada à escassez de água (Cunha; Silva, 2012; Majolo et al., 2019). Esta foi introduzida no Brasil na década de 1940, no Estado do Pernambuco, com o objetivo de contribuir tanto para a alimentação animal, quanto para a oferta de madeira para lenha, carvão e produção de cerca de estacas (Santos; Diodato, 2017). Diante destes objetivos, a algaroba passou a ser enxergada como sinônimo de desenvolvimento regional, tendo seu auge nas décadas de 70 e 80 com os incentivos públicos que, através de instituições públicas como o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), promoveram programas de financiamento – através do Fundo de Investimento Setorial (FISSET) destinado especialmente para grandes latifundiários – que objetivaram o reflorestamento como solução para pecuária e para o desmatamento da Caatinga.

Todavia, é preciso lembrar que, em função de erros no tocante ao manejo da algaroba, esta espécie passou a ser considerada, por muitos, como uma invasora e provedora de impactos ambientais (Santos; Diodato, 2017). Assim, percebe-se que mesmo existindo divergências entre os benefícios e problemas advindos do cultivo da algaroba, sabe-se que esta espécie, quando cultivada de forma correta e consorciada (Figura 3), pode promover um grande potencial forrageiro no semiárido brasileiro.

Figura 1 - Plantio consorciado de palma forrageira e gliricídia, município de Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo pessoal. Data: 05/03/2021.

Figura 2 - Espécies utilizadas como forragem animal: erva-sal (A), maniçoba (B), leucena (C) e capim manduri (D).



Fonte: Arquivo pessoal. Data: 12/04/2022.

Figura 3 - Irrigação, com águas residuárias, do cultivo da algaroba em consórcio com palma, gliricídia e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia Benth.*), Frei Martinho-PB.



Fonte: Arquivo pessoal. Data: 12/04/2022.

De forma mais particular, sabe-se que a palma forrageira e a gliricídia são espécies vegetais adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro, além de apresentarem alta produtividade e valor nutricional, mesmo sob o uso de águas salobras ou residuárias (Dantas, 2015; Freitas, 2017; Lucena et al., 2018; Cunha et al., 2020). Destarte, o presente estudo discutirá, a seguir, os aspectos fisiológicos da palma forrageira e da gliricídia, buscando enfatizar sua adaptabilidade à salinidade de solos e às águas – salobras e residuárias, além da importância destas espécies vegetais para a produção de forragem animal em regiões semiáridas.

## 2.4 ESPÉCIES DE PALMAS E GLIRICÍDIA PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM ANIMAL

### 2.4.1 Palmas forrageiras: origem, características fisiológicas e importância socioeconômica

As atividades agropastoris no semiárido brasileiro são limitadas principalmente pela baixa oferta de forragem ao longo do ano em virtude das condições climáticas, e da qualidade da água e dos solos encontrados nessa região (Santos et al., 2013). Neste sentido, Sales et al. (2013) ressaltam que a má distribuição das precipitações e as elevadas taxas de evapotranspiração contribuem tanto para a irregularidade na

disponibilidade de alimentos, quanto para o baixo desempenho da pecuária na região semiárida brasileira.

Destarte, atualmente tem-se utilizado inúmeras espécies vegetais adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro, a saber: a mamona (*Ricinus communis*), Feijão-bravo (*Capparis flexuosa*), o capim-arua (*Megathyrsus maximus*), e vários tipos de palma forrageira (Hermes et al., 2014; Oliveira et al., 2019).

No tocante à palma forrageira, esta se encontra como uma das principais espécies adaptadas às condições climáticas do semiárido brasileiro, pois ela apresenta características anatômicas e morfofisiológicas - alta eficiência de uso de água, e abertura dos estômatos principalmente à noite – que a torna resistente às condições de semiaridez (Sales et al., 2013; Lima et al., 2020).

Em função das características expostas anteriormente, a palma forrageira – que é uma espécie originária do México - apresenta uma extensa distribuição geográfica, sendo explorada na Europa, na África e na América do Sul (Rocha, 2012).

No Brasil, a palma forrageira foi implantada, possivelmente, no final do século XVIII, objetivando, inicialmente, a produção da cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*), com o objetivo de se produzir um corante natural para ser utilizado por indústrias têxteis do Nordeste (Simões et al., 2005). As espécies introduzidas passaram a ser cultivadas como plantas ornamentais e, somente no início do século XX vieram a ser utilizadas como forrageiras por criadores brasileiros (Albuquerque; Santos, 2005).

A palma forrageira pertence, segundo a APG (2016), ao clado das Eudicotiledôneas, Ordem Caryophyllales, Família Cactaceae, Subfamília Opuntioideae, Gênero *Opuntia*.

A *Opuntia ficus indica* (L.) Mill, conhecida popularmente como palma forrageira, é uma espécie bem adaptada às condições edafoclimáticas do semiárido, visto que suportam grandes períodos de estiagem em virtude de suas características fisiológicas adaptativas, como: seu processo fotossintético resulta em grande economia de água, e em um menor número de estômatos (Rocha, 2012); b) tem a capacidade de captar a energia solar durante o dia e fixar o CO<sub>2</sub> durante à noite, reduzindo a perda de água por evapotranspiração (Ramos et al., 2011); e iii) apresenta um mecanismo morfofisiológico CAM (metabolismo ácido crassuláceo) que a faz ser muito eficiente na utilização de CO<sub>2</sub> e água (Pereira et al., 2017).

Lima et al. (2019, p. 9) afirmam que a palma forrageira, quando comparada a outras espécies forrageiras, é mais adaptada às regiões semiáridas, pois ela detém

uma eficiência no uso da água de até dez vezes mais do que nas plantas de mecanismo C3: são plantas, como feijão e soja, que, no processo de fotorrespiração gastam muita energia. Dessa forma, esta característica torna a palma uma espécie potencial para a produção de forragem em regiões semiáridas caracterizadas pela escassez hídrica periódica.

Em 2017, o Brasil passou a ser o maior produtor de palma forrageira do mundo com área plantada estimada em 600.000 mil ha<sup>-1</sup> (Alves et al., 2007). No tocante à produtividade, Marques *et al.* (2017) afirmam que é possível obter cerca de 600t de massa verde ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, quando manejada de forma correta e fazendo uso da irrigação e adubação. Logo, percebe-se que há um grande potencial forrageiro quando do uso da palma para a produção de alimento animal.

Na região Nordeste, a palma vem sendo largamente cultivada, notadamente nas bacias leiteiras, sendo as maiores áreas de cultivo, respectivamente, a dos Estados de Alagoas, Pernambuco, Bahia, Paraíba e Sergipe (Leite et al., 2014).

No semiárido brasileiro, especialmente nos períodos de seca, destacam-se os cultivos das espécies de palma dos gêneros *Opuntia* - nas variedades Orelha de Elefante Gigante e Mexicana, a Redonda, e a *Nopalea* (variedades Miúda e Baiana), as quais se destacam como uma das principais fontes de alimentação para os rebanhos de bovinos, caprinos e ovinos (Cândido et al., 2013), pois são resistentes à Cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockrell): um inseto produtor do corante carmim (ácido carmínico utilizado nas indústrias de alimentos, cosméticos etc.) que atua como parasita na palma (Figura 4), construindo colônias (flocos brancos), sugando a seiva da planta e ao mesmo tempo introduzindo toxinas, o que ocasiona amarelecimento, podridão, murchamento e morte das plantas em curto espaço de tempo (Araújo et al., 2019).

Figura 4 - Cultivos de palma colonizados pela Cochonilha-do-Carmim (*Dactylopius opuntiae*).



Fonte: Souza et al. (2015).

Em se tratando dos benefícios socioeconômicos advindos do uso da palma para a produção de forragem animal em regiões semiáridas, tem-se: 1) fornecimento de alimento aos rebanhos, mesmo em períodos de estiagem (Lima, 2019); 2) manutenção da atividade agropastoril no semiárido, o que contribui para o emprego e renda no campo, e inibe o êxodo rural (Neto et al., 2017); 3) uso de espécies vegetais adaptadas às condições climáticas locais, o que reduz gastos correlacionados à oferta de água por irrigação, transporte etc.; e 4) a palma é uma espécie que armazena água em sua estrutura fisiológica, o que a torna essencial para a oferta de nutrientes e, especialmente, de água aos animais (Silva; Sampaio, 2015).

Por fim, sabe-se que, a exemplo da palma forrageira, existem inúmeras espécies vegetais que possibilitam a produção de forragem, mesmo sob condições edafoclimáticas adversas. Neste sentido, a gliricídia - uma leguminosa rica em nutrientes - tem sido amplamente utilizada para a produção de forragem animal no semiárido brasileiro (Bayão et al., 2016). Dessa forma, pretende-se discutir, a seguir, quais características fisiológicas da gliricídia a torna potencialmente viável à produção de forragem animal em regiões semiáridas, e como se dá sua importância para os aspectos socioeconômicos e ambientais.

#### **2.4.2 Gliricídia: características fisiológicas e importância social, econômica e ambiental**

A produção de forragem animal no semiárido brasileiro tem sido reduzida em função da escassez hídrica periódica, pois as condições climáticas locais condicionam uma irregularidade nas chuvas no semiárido, o que tem reduzido a disponibilidade de água superficial nos rios/reservatórios (Freitas, 2017, p. 13).

Segundo Filho et al. (2016), a reduzida disponibilidade de água no semiárido nordestino é um fator limitante da produtividade, condicionando uma baixa capacidade de produção de forragem animal.

Atualmente, um dos maiores desafios a ser solucionado pelos agricultores do semiárido brasileiro, especialmente pelo pequeno agricultor, é a produção contínua de forragem ao longo do ano, pois os períodos de estiagem - comuns na região - condicionam a falta de forragem com valor nutricional, o que contribui para o aumento dos custos na compra de insumos externos para complementar a alimentação animal (Neto et al., 2018).

Oliveira et al. (2007) ressaltam que devido à concentração de chuvas ocorrer em poucos meses no semiárido, a produção de forragem limita-se a 4 ou 5 meses, o que inviabiliza a oferta de forragem na maior parte do ano, e força o agricultor à compra de ração: alimento concentrado de nutrientes.

Em suma, sabe-se que as condições climáticas do semiárido brasileiro inibem a produção de forragem animal em grande parte do ano, o que obriga o homem do campo a aumentar os gastos com alimento concentrado – ração animal, o que aumenta os custos de produção agropecuária.

Diante do exposto, para que os agropecuaristas não fiquem reféns do aumento de custos na compra de suplementos para alimentar os animais durante os períodos de estiagem, muitos deles têm investido na irrigação - com águas salobras e residuárias locais - de cultivos de espécies vegetais adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro. Nesta perspectiva, a gliricídia tem sido amplamente utilizada para a produção de forragem animal no semiárido brasileiro (Bayão, 2016).

A gliricídia, da família da *Fabaceae*, é uma planta nativa do México que se adaptou muito bem à região do Nordeste brasileiro e é usada como alternativa de forragem na alimentação de animais ruminantes (Silva et al., 2019), pois ela pode atingir até 30% de teor de proteína bruta (Neto et al., 2018).

A gliricídia é uma espécie leguminosa arbórea com boas características para a produção de forragem animal, pois: detém raízes profundas; condiciona cortes periódicos em decorrência de sua alta capacidade de rebrota; apresenta elevada produtividade de matéria seca (7,7 t/ha/ano), e elevado teor de proteína bruta (24%), e é resistente à seca (Carvalho Filho et al., 1997). Somado a isso, tem-se o fato da gliricídia poder fixar nitrogênio - cerca de 166 kg/ha após 9 meses – e fornecer adubo verde: 46 kg N/ha em cada estação (Kimaro et al., 2016).

Em consonância ao exposto anteriormente, sabe-se que o uso da gliricídia para a produção de forragem animal justifica-se pelo fato desta espécie não ser muito exigente com relação à temperatura, e por apresentar um bom rendimento forrageiro: em um hectare, pode-se obter cerca de 5 t de matéria seca por corte, ou 20 toneladas (t) de biomassa verde (Silva et al., 2020).

É oportuno ressaltar que para reduzir os custos na alimentação animal é imprescindível o cultivo de espécies vegetais que detenham alto valor nutricional, boa produtividade e que sejam adaptadas às condições de clima e solo locais. Neste universo, a gliricídia – que é uma espécie leguminosa arbórea - pode fomentar a produção de forragem animal com alto teor nutricional, além de deter um grande potencial agrossilvopastoril através da construção de cercas vivas, de bancos de proteína, ou pelo cultivo consorciado com outras espécies – milho, feijão, palma etc. – para a produção de feno destinado à alimentação animal (Carvalho Filho et al., 1997).

A gliricídia tem grande importância para o cultivo consorciado com outras espécies, pois ela é uma leguminosa: as espécies leguminosas se destacam por terem a capacidade de aumentar os níveis de nitrogênio no solo através da fixação de *N* ocasionada por bactérias em suas raízes; assim como são capazes de ofertar nutrientes aos animais (Arcanjo et al., 2016). Dessarte, a gliricídia é uma leguminosa que, através da fixação de nitrogênio no solo, pode aumentar a sua fertilidade, e contribuir para o aumento da produção de forragem com seu cultivo consorciado com outros cultivares.

Em síntese, a espécie *Gliricidia sepium* é uma leguminosa adaptada às regiões semiáridas que apresenta grande interesse comercial e econômico, pois “é uma espécie forrageira que possibilita usos múltiplos, e pode ser ofertada para a alimentação animal no semiárido brasileiro, especialmente para ovinos, caprinos e bovinos” (Edvan et al., 2016, p. 164).

É importante ressaltar que mesmo existindo espécies vegetais adaptadas à variabilidade periódica das chuvas, ou ainda, à baixa precipitação média anual, sabe-se que a produtividade destas espécies é afetada pela escassez d'água, havendo, em muitos casos, grandes perdas na produção. Neste sentido, Filho et al. (2016) afirmam que, no semiárido nordestino, há uma reduzida disponibilidade de água, e as chuvas ocorrem em um curto período anual – 4 a 5 meses, o que limita a produtividade local.

Assim, torna-se indispensável conduzir práticas ou técnicas que viabilizem a produção agropecuária durante todo o ano. De posse deste entendimento, muitos agricultores têm fomentado a produção agrícola contínua ao longo do ano através da irrigação, utilizando-se tanto do uso de águas salobras que são captadas de poços para a irrigação de cultivares, o que condiciona a produção de forragem animal, feno e silagem (Freitas, 2017, p.14); quanto do uso de águas residuárias, as quais são grandes fontes de nutrientes - nitrogênio, fósforo, potássio etc. - para as espécies vegetais (Jesus, 2020).

Pinheiro et al. (2017, p. 17) confirmam que em virtude dos longos períodos de estiagem, e da elevada variabilidade das chuvas no Nordeste brasileiro, a irrigação é indispensável para se obter uma segurança hídrica. Além disso, sabe-se que o uso de águas não convencionais – como águas salobras, salinas e residuárias - nas terras agrícolas contribuem para o aumento da produtividade, e para a redução dos riscos ambientais (Arast et al., 2017).

Assim, a segurança hídrica no semiárido brasileiro se dá através do uso dos recursos hídricos disponíveis localmente, o que necessariamente passa pelo uso tanto das águas salobras de poços perfurados (Santos et al., 2020a); quanto pelo uso de águas residuárias, as quais denotam um bom potencial hídrico para fertirrigação no semiárido brasileiro (Costa et al., 2020).

Diante do supracitado, o presente estudo irá discutir sobre o uso de águas salobras e residuárias na irrigação de palma e gliricídia, objetivando inferir conhecimentos teórico-metodológicos sobre o potencial, importância e possíveis problemas ou benefícios sociais, econômicos e ambientais provenientes desta prática agrícola no semiárido paraibano. Para tanto, lançou-se mão de alguns procedimentos metodológicos, os quais serão descritos a seguir.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção serão explicitados todos os procedimentos teórico-metodológicos e laboratoriais realizados no decorrer do trabalho.

### 4.1 ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA

Atualmente, a ciência geográfica utiliza-se de inúmeros métodos e/ou abordagens teórico-metodológicas para compreender os fenômenos socioeconômicos e ambientais presentes no espaço geográfico.

Sabendo-se que o método científico é um agrupamento de práticas e procedimentos para promover uma verdade científica (Barra et al., 2020), o presente trabalho valeu-se do Método Hipotético-Dedutivo para conceber a concretude de seus objetivos.

A escolha do Método Hipotético-Dedutivo se deu pelo fato deste método subsidiar a construção de uma teoria baseada em hipóteses, as quais serão investigadas e irão deduzir resultados que poderão confirmar ou refutar as hipóteses iniciais (Sposito, 2004). Neste sentido, o referido estudo possui como método de abordagem o Hipotético-Dedutivo, tendo como forma de análise a modalidade qualiquantitativa. Isto para refutar ou comprovar a teoria/hipótese de que há como produzir, em quantidade e qualidade, forragem animal com o uso de águas salobras e residuárias disponíveis em regiões semiáridas.

Em relação ao tipo de pesquisa, os trabalhos podem ser categorizados como: 1) de natureza básica – pura, aplicada; 2) de abordagem qualiquantitativa em virtude do fomento de dados estatísticos que serão analisados à luz de análises e discussões dialéticas com outros trabalhos/pesquisas; 3) de cunho estatístico; e 4) usar-se-á a técnica de observação com procedimentos técnicos voltados à experimentação e às pesquisas de campo.

Inicialmente será realizada uma análise físico-geográfica, considerando as relações existentes entre os elementos naturais (clima, geologia, geomorfologia, solos etc.) e os aspectos socioeconômicos (condições de vida, uso e ocupação da terra, e atividades econômicas) no município de Pedra Lavrada-PB.

Diante do exposto, foram coletados dados hidro-climáticos (Apêndice 1) e socioeconômicos junto aos órgãos/instituições de pesquisa, a saber: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. Uma vez obtidos os referidos dados, foram realizadas análises geoambientais da área que consistiram em:

- 1) Estudos *in loco* e análises bibliográficas das relações existentes entre as características físico-geográficas e a realidade socioeconômica, o que contribuiu para compreender o cenário climático e sua correlação tanto com a escassez hídrica periódica, quanto com a perda de produção agropecuária local.
- 2) Construção de mapas temáticos relacionados aos aspectos naturais – geologia, solo, hipsometria, declividade e de uso e ocupação da terra – para entender a dinâmica natural da formação dos solos e sua correlação com a atividade agropecuária.

Neste momento, é oportuno mensurar que: para elaboração dos mapas hipsométrico e de declividade, foram adquiridos dados geomorfométricos SRTM no site TOPODATA, adquiridas na plataforma <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Inicialmente, procedeu-se a extração das curvas de nível e um recorte da imagem, objetivando elaborar um mapa hipsométrico, que permite inserir valores de equidistância entre as cotas altimétricas, que foram divididas em seis classes com valores que variaram de 374 a 679 metros de altitude. A delimitação das classes do mapa de declividade foi definida em valores de porcentagem que variaram entre 0 e 34 %, a partir da classificação da EMBRAPA.

Já o mapa geológico foi elaborado por meio da extração de informações sobre a origem estrutura do material rochoso (ígneas, metamórficas e sedimentares), arquivos no formato *shapefile* (.shp), folha SB24, adquiridas no Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), elaborado na escala de 1:250.000, adquiridos na plataforma <<https://geosgb.sgb.gov.br/>>.

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foram utilizados arquivos no formato tif., adquiridas no MAPBIOMAS, com resolução espacial de 30m, adquiridos no site <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>.

Para o Processamento Digital das Imagens (PDI) e a posterior produção dos mapas temáticos foi utilizado o software ArcGIS 10, licenciado para o Programa de Pós-graduação em Geografia (UFPE). Para os demais procedimentos utilizaram-se os aplicativos QGIS versão 3.10.14 e o Google Earth.

De posse do método de investigação, e dos procedimentos metodológicos, a referente pesquisa tornou-se aplicável através de experimentos implementados no

município de Pedra Lavrada-PB, o qual apresenta características socioeconômicas e naturais essenciais para torná-lo nossa área de pesquisa.

### 3.2 ESPAÇO DE PESQUISA

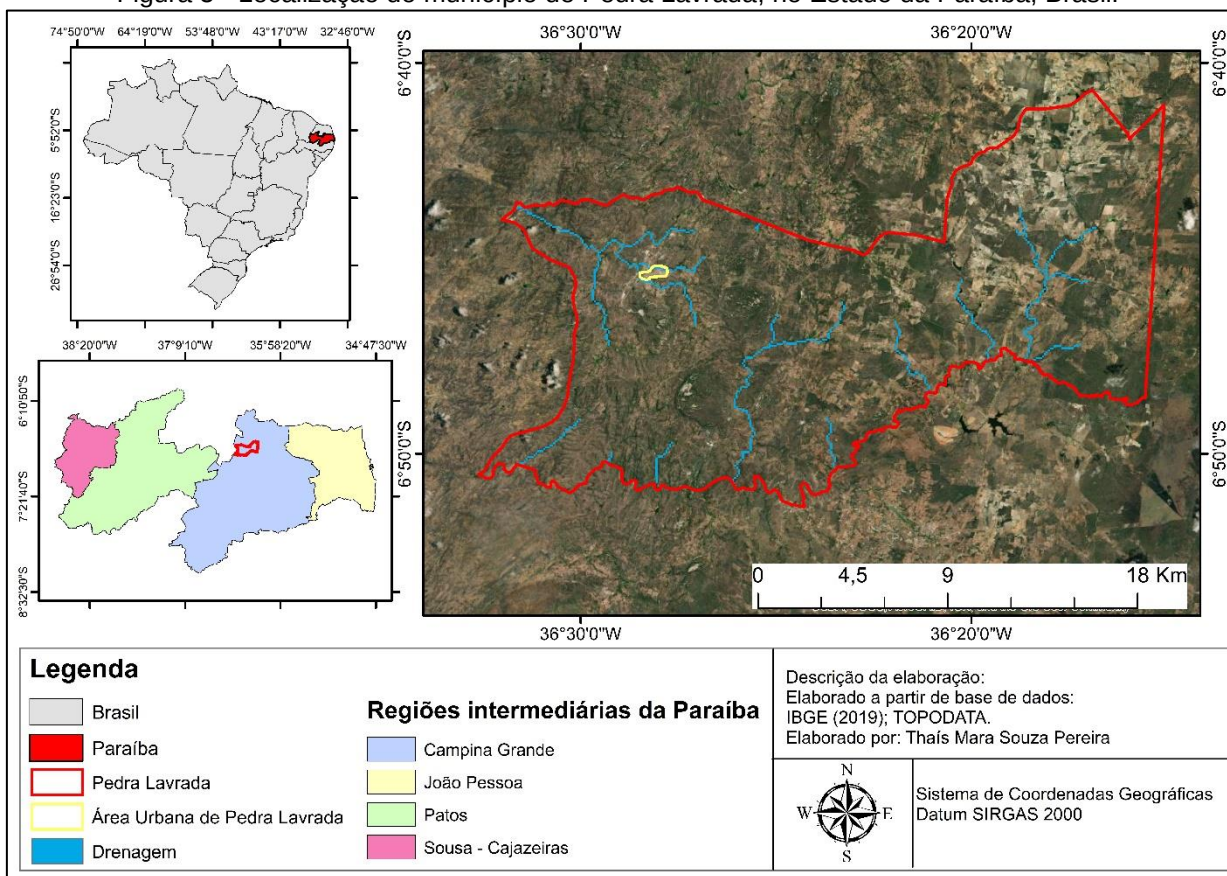
As pesquisas foram realizadas em comunidades rurais situadas no município de Pedra Lavrada-PB (Latitude: 6° 45' 25" Sul; Longitude: 36° 28' 48" Oeste), no semiárido paraibano (Figura 5). O referido município, com uma área de 335 km<sup>2</sup>, está a cerca de 230 km de distância da capital paraibana, João Pessoa-PB, e detém uma população estimada em 7.954 habitantes (IBGE, 2021).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o município de Pedra Lavrada-PB encontra-se na região imediata de Cuité-Nova Floresta (que substituiu a microrregião do Seridó oriental paraibano), e na região intermediária de Campina Grande-PB.

No tocante aos aspectos socioeconômicos, Pedra Lavrada-PB detém um IDH de 0,574 e um PIB *per capita* de R\$ 9.229, sendo este proveniente das atividades econômicas dos setores primário (11%), secundário (12%) e terciário: 77% (Silva et al., 2016b).

A escolha do município de Pedra Lavrada-PB se deu em virtude de algumas características socioeconômicas e ambientais imprescindíveis para esta pesquisa, a saber: a) a agropecuária local tem sido afetada diretamente pelos baixos índices pluviométricos e pela má distribuição espaço-temporal das chuvas; b) as condições edafoclimáticas locais têm contribuído para a perda ou diminuição da produção de forragem animal, o que tem contribuído para morte de animais; c) cerca de 1085 estabelecimentos agropecuários – que correspondem a 90% das propriedades rurais locais - direcionam suas atividades à lavoura temporária, especialmente para o cultivo de espécies para suplemento alimentar animal, a saber: milho, feijão e palma forrageira (IBGE, 2021); e d) poucas propriedades rurais – cerca de 6 estabelecimentos rurais com um total de 24 hectares – promovem a lavoura permanente através de irrigação, pois a maior parte dos agricultores desconhece o potencial hídrico através do uso de águas salobras e residuárias.

Figura 5 - Localização do município de Pedra Lavrada, no Estado da Paraíba, Brasil.



Fonte: Arquivo pessoal. Data: 15/11/20124.

Diante disto, observa-se que as atividades agropecuárias são susceptíveis às condições climáticas locais, o que explica as perdas agrícolas e mortes de animais durante o período de estiagem. Somado a isso, tem-se o fato das famílias locais desconhecerem os benefícios socioeconômicos advindos do uso das águas salobras ou residuárias, especialmente os correlacionados à segurança alimentar e à redução de gastos com alimento concentrado – ração animal, o que aumenta os custos que envolvem a criação de animais.

Sabendo-se que a irrigação com águas salobras ou residuárias é capaz de aumentar a produtividade agropecuária no semiárido nordestino, e que a irrigação de cultivos de palma e gliricídia - espécies adaptadas à semiaridez e com grande potencial nutricional – tem aumentado a produtividade no campo, além de possibilitar a permanência das atividades agropecuárias durante os períodos de estiagem (Silva et al., 2014; Costa et al., 2020; Freitas, 2017; Santos; Brito, 2016), o presente estudo promoveu a implementação de três áreas experimentais no município de Pedra Lavrada-PB, as quais serão descritas a seguir.

### 3.2.1 Áreas experimentais

Para o levantamento de dados quali-quantitativos sobre a produtividade em função do uso de águas salobras e residuárias, foram instaladas três áreas experimentais, a saber:

- 1) Fazenda Belo Monte (Figura 6): localizada a 27 km da sede municipal, esta área experimental compreende duas parcelas de 6m x 30m: uma parcela foi destinada à irrigação com águas salobras, e a outra ao plantio em sequeiro. Cada parcela detém 384 raquetes de palma e 48 mudas de gliricídia.

Figura 6 - Fazenda Belo Monte: A- irrigação com água salobra; B - cultivos em sequeiro.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 25/04/2022.

- 2) Fazenda Canoa de Dentro (Figura 7): uma área experimental localizada a 24 km da zona urbana de Pedra Lavrada-PB. Nesta área, assim como na Fazenda Belo Monte, foram cultivadas duas parcelas de 6m x 30m: uma irrigada com águas salobras, e a outra em sequeiro – com o mesmo quantitativo de espécies cultivadas: 384 raquetes de palma e 48 mudas de gliricídia.

Figura 7 - Área experimental em Canoa de Dentro: A – Cultivo em sequeiro; e B – Cultivo irrigado com águas salobras.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 25/04/2022.

- 3) Fazenda São Gonçalo: localizada a 200 metros da cidade de Pedra Lavrada-PB, esta área experimental reúne a mesma quantidade de parcelas e de espécies cultivadas nas áreas experimentais anteriormente citadas. Todavia, nesta área a irrigação de uma das parcelas foi realizada com uso de águas residuárias, buscando comparar a produção obtida com o uso de esgotos domésticos em relação à produção de sequeiro (Figura 8).

Figura 8 - Fazenda São Gonçalo: A – área com cultivos em sequeiro; e B – área com cultivos irrigados com água residuária.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 25/04/2022.

Para que houvesse a irrigação com águas residuárias, inicialmente foi construído um sistema de tratamento dos esgotos domésticos através de Lagoas de Maturação:

lagoas que tratam esgotos domésticos através da remoção de organismos patogênicos e matéria orgânica através do uso de radiação solar ultravioleta –UV, da ação bactericida, e de processos como decantação, e sedimentação (D'Alessandro; Saavedra, 2018). De forma simples, o sistema reúne três lagoas de decantação, maturação e eliminação de patógenos com uso da radiação solar ultravioleta - UV. Para tanto, foram canalizados, por gravidade e com uso de canos de PVC de 100mm, os esgotos domésticos para uma área onde estão localizadas três lagoas circunvizinha à área de cultivo (Figura 9).

De forma funcional, os esgotos domésticos foram canalizados, por gravidade e através de canos de PVC, até a primeira lagoa (Figura 10), onde o esgoto bruto passou pelo processo de decantação que deposita os materiais grosseiros/pesados no fundo, e possibilita a passagem, por gravidade, de uma lâmina de água residual superficial - com menos impurezas – para a segunda lagoa. Na 2ª lagoa, ocorreu, especialmente, o tratamento biológico: no próprio esgoto, existem bactérias e protozoários que realizam a decomposição da matéria orgânica, o que condiciona uma decomposição aeróbia dos poluentes orgânicos e condiciona a formação de água, gás carbônico, nitratos e sulfatos, substâncias essenciais à vegetação (Andrade, 2000). Por fim, as águas da 2ª lagoa passam, por gravidade, para a terceira lagoa, na qual permanece o tratamento biológico e o alcance da maturação das águas residuárias através da decomposição da matéria orgânica.

Figura 9 - Sistema de tratamento de esgotos com uso de Lagoas de Maturação, Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 25/04/2022.

Figura 10 - Entrada das águas residuárias na primeira lagoa através de canos de PVC de 100mm.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 25/04/2022.

No tocante ao tratamento dos patógenos existentes nas águas residuárias, o mesmo ocorre pela “exposição à radiação solar ultravioleta – UV, a qual elimina grande parte dos agentes patógenos – bactérias, vírus e protozoários - existentes nos esgotos” (Souza et al., 2012, p.118). Com isso, a remoção de patógenos foi realizada nas três lagoas que estão expostas à radiação UV.

Após o tratamento dos esgotos domésticos através das lagoas de maturação, o efluente é captado através de bomba elétrica de 2 cv (Figura 9), a qual envia o efluente tratado para uma caixa de PCV de 2000 litros (Figura 11), na qual será armazenado o efluente tratado e, depois, canalizado por gravidade para a irrigação dos cultivos de palma e gliricídia.

Em relação à irrigação, como visualizada na Figura 12, esta ocorre por gotejamento localizado na superfície de enraizamento dos cultivos. Em síntese, as águas residuárias armazenadas na caixa de PCV e de 2000 litros - foram canalizadas por canos de PVC de 50mm conectadas às fitas gotejadoras de 20m (Figura 13). Com isso, utilizou-se a gravidade e pressão para que houvesse uma irrigação localizada e por gotejamento direto no solo.

A escolha pela irrigação localizada através de gotejamento se deu em virtude desta técnica promover uma maior eficiência hídrica quando comparada com irrigações por aspersão, pois ela promove a redução de perdas d’água por evaporação, pode

dirimir possíveis problemas em função do contato do esgoto tratado sobre os cultivos, além de possibilitar uma distribuição uniforme de água, o que se traduz no melhor aproveitamento dos recursos hídricos e no aumento da produção dos cultivos (Silva et al., 2012, p. 481).

Figura 11 - Sistema de irrigação por gotejamento, Fazenda São Gonçalo, Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 13/02/2022.

Figura 12 - Uso de canos de PVC – 50mm – e fitas gotejadoras – 20mm – para a irrigação localizada e direta no solo, Fazenda São Gonçalo, Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 13/02/2022.

Tendo em vista que as águas residuárias tendem a apresentar partículas suspensas que podem promover o entupimento dos gotejadores e das fitas de irrigação

(Jesus et al., 2020), foram realizadas observações periódicas de possíveis obstruções no sistema de irrigação, além da abertura de orifícios maiores para desobstrução de eventuais entupimentos das fitas gotejadoras.

Sabendo-se que a irrigação com águas salobras ou residuárias pode potencializar problemas correlacionados à salinização do solo, mas quando controlada a quantidade de água na irrigação pode-se reduzir os riscos de salinização ao longo do tempo (Santos et al., 2020c; Alves et al., 2007; Pedrotti et al., 2015), o presente trabalho realizou o controle da lâmina de água ofertada na irrigação dos cultivos. Neste sentido, foi ofertado 1 litro/semana para cada raquete de palma ou muda de gliricídia, pois esta oferta hídrica é suficiente para manter boa produtividade de palma e gliricídia (Hermes et al., 2014).

Sucintamente, a irrigação se deu com uma lâmina máxima de 1 litro por semana, por unidade de espécie, o que mitigará a salinização do solo, uma vez que foi ofertada uma quantidade de água suficiente, apenas, para a produção agrícola.

Por fim, sabendo-se que apesar do uso de águas salobras e residuárias promoverem benefícios socioeconômicos, ele também pode provocar efeitos indesejáveis em virtude da presença de alto teor de elementos químicos – cloreto, sódio e metais pesados - ou de agentes patógenos (Santos et al., 2020d; Silva et al., 2012), o presente trabalho investigou os benefícios e possíveis problemas advindos do uso de águas salobras e residuárias na produção de forragem animal. Para tanto, foram realizados alguns procedimentos metodológicos, os quais serão detalhados a seguir.

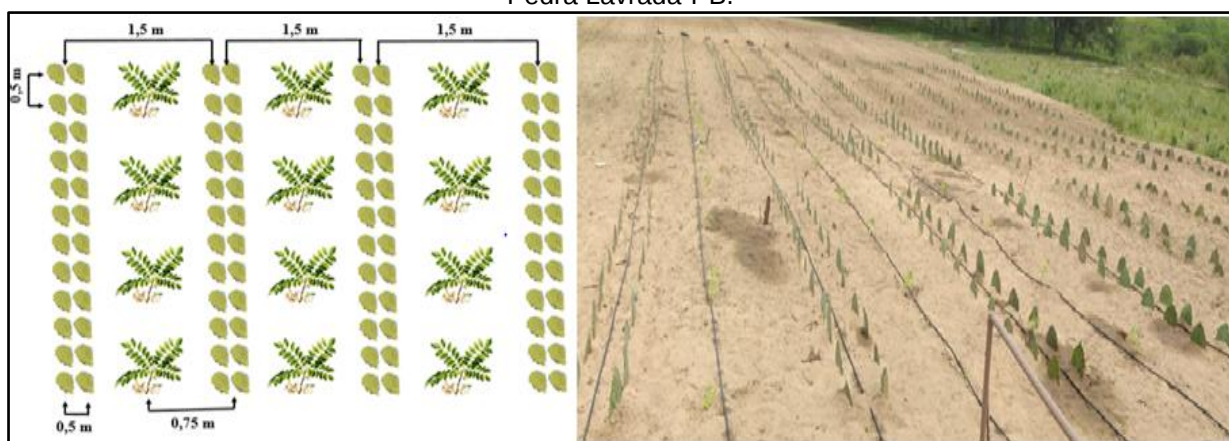
### 3.3 ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE

As unidades experimentais foram implementadas com a seleção e plantio de cladódios – comumente chamados de raquetes de palma – disponibilizados pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA), através de suas áreas experimentais no município de Campina Grande-PB. Na seleção, optou-se por cladódios de palma da espécie Orelha de Elefante Mexicana, as quais são resistentes à Cochonilha-do-carmim.

Os cladódios foram cultivados seguindo algumas orientações metodológicas conforme Araújo et al. (2019), a saber: o cultivo ocorreu com espaçamento de 1,5m entre as fileiras duplas (popularmente conhecidas como “ruas duplas”), utilizando-se a distância de 0,5m entre as linhas nas fileiras, e também 0,5m entre as raquetes de

palma (Figura 13). Optou-se por este tipo de espaçamento (1,5m x 0,5m x 0,5m) em função do mesmo condicionar uma boa produtividade – kg/área – e, especialmente, por possibilitar o cultivo consorciado com outros cultivos, garantindo um melhor aproveitamento da área (Araújo et al., 2019).

Figura 13 - Esquematização do espaçamento nos cultivos em uma parcela nas áreas experimentais, Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo pessoal. Data: 13/02/2022.

Foram cultivadas, em consórcio com a palma, mudas de gliricídias, as quais foram plantadas entre os espaçamentos de 1,5m das filas duplas de palma, ou seja, as gliricídias foram cultivadas à distância de 0,75m das filas duplas de cladódios cultivados, e com uma distância de 2 metros entre as mudas de gliricídia (Figura 13).

Em suma, cada área experimental detém duas parcelas de 6m x 30m: uma parcela é destinada à irrigada com água salobra/residuária; e a outra parcela destina-se ao plantio em sequeiro. Cada parcela detém 384 raquetes de palma e 48 mudas de gliricídia.

Para estimar a produtividade – kg/área – de cada parcela foi realizado o corte anual dos cultivos, seguindo as seguintes orientações técnicas:

- a) para a estimativa da produção de palma, foram recortados todos os cladódios/raquetes, exceto a raquete matriz, a qual serviu para posterior germinação de novos cladódios; e
- b) a gliricídia teve o corte dos ramos e folhagem acima de 70cm de caule, pois este é essencial como estrutura para sustentar as futuras germinações de galhos e folhas (Freitas et al., 2017).

Para o cálculo da produção – kg/área - de forragem de cada parcela, foi utilizada uma balança decimal mecânica para pesar a produção de palma e gliricídia de cada parcela.

É importante ressaltar que cada parcela irrigada/sequeiro mede 6m x 30m (180m<sup>2</sup> ou 1,8 hectare). Assim, para estimar a produtividade kg/ha, utilizou-se a

$$P_{\text{kg/ha}} = \frac{p \times 10.000\text{m}^2}{T_{\text{parcela}}}$$

seguinte equação:

Onde:

$P_{\text{kg/ha}}$  = Produção total em kg/ha;

$p$  = produção da parcela;

10.000m<sup>2</sup> = tamanho de um hectare; e

$T_{\text{parcela}}$  = é o tamanho da parcela (180m<sup>2</sup>);

Com isso, pode-se comparar a produção obtida com e sem irrigação, além de estimar o aumento percentual na produção de forragem em função da irrigação com o uso de águas salobras ou residuárias.

Finalmente, ressalva-se que os dados referentes às produtividades adquiridas nos três cenários de tratamento (sequeiro, irrigado com água salobra, e com águas residuárias) submetidos a duas repetições (2022 e 2023), foram analisadas estatisticamente através do teste F da ANOVA e, posteriormente, o teste de Tukey, isso a um nível de significância de 5%.

As práticas mencionadas anteriormente foram realizadas no programa Excel, versão de 2016. Isto contribuiu para a análise qualiquantitativa dos dados, pois o teste F da ANOVA serve para determinar se a variabilidade entre as médias do grupo é maior que a variabilidade das observações dentro dos grupos, assim como o teste de Tukey serviu para comparar as médias dos tratamentos (Pagotto et al., 2021), ou seja, o referido teste busca identificar quais as médias que, tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si.

### 3.4 - AVALIAÇÃO DOS POSSÍVEIS BENEFÍCIOS OU PROBLEMAS SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS ADVINDOS DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS E RESIDUÁRIAS

Inicialmente, foram realizados estudos *in loco* buscando evidenciar os benefícios socioeconômicos e ambientais. Neste sentido, foram investigados aspectos como: i) segurança hídrica através da oferta de água em períodos de estiagem; ii) aumento na produção de forragem animal e sua relação com o aumento da atividade pecuarista; iii) oferta de uma forragem rica em nutrientes e água, o que reduz os custos com suplementação alimentar e hídrica; iv) suprimento de nutrientes às plantas (especialmente nitrogênio, fósforo e potássio – NPK), em função do uso de águas residuárias; v) adaptabilidade dos cultivos à salinidade natural das águas salobras e residuárias; e vi) convivência com as condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro. Diante do mencionado, realizaram-se:

- 1) Coletas de amostras, *in natura*, de águas salobras e residuárias nas áreas experimentais para serem realizadas análises físico-químicas (Anexos 1 a 3) no Laboratório de Referência em Dessalinização-Labdes, na Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande-PB. Com isso, pôde-se mensurar a quantidade de sais dissolvidos nas referidas águas, assim como estimar o potencial de nutrientes disponível às espécies cultivadas.
- 2) Avaliação da oferta de água para os animais através da estimativa de água armazenada nos cladódios de palma forrageira;
- 3) Análise da composição química da palma forrageira e da gliricídia e sua correlação com a oferta de nutrientes aos animais;

Tendo em vista que o uso de águas salobras e residuárias podem ocasionar problemas relacionados à salinização do solo, a qual modifica o potencial osmótico, incapacitando a absorção de água pelas raízes, e afeta o desenvolvimento das plantas (Alves et al., 2007; Felix et al., 2018), o presente estudo realizou, anualmente, análises de solos para averiguar o possível aumento da salinização.

Ressalva-se que para as análises químicas dos solos (Anexos 4 e 5) no Laboratório de Irrigação e Salinidade, na UFCG, Campina Grande-PB, foram coletadas amostras compostas homogeneizadas a partir da coleta de amostragens simples, em zigue-zague, em cada área experimental (Brasil et al., 2020),

Sucintamente, para tornar factíveis os objetivos propostos, foram realizadas as seguintes etapas: a) análises geoambientais da área através de visitas *in loco* e de análise bibliográfica buscando evidenciar inter-relações entre os aspectos físicos e socioeconômicos; b) foram mensuradas, periodicamente, a produtividade (kg/ha) de biomassa da palma forrageira e da gliricídia; c) foram coletadas amostras de solos e das águas salobras e residuárias para análises laboratoriais, a fim de identificar as composições físico-químicas; e d) investigar os possíveis benefícios e problemas advindos do uso de águas residuárias e salobras para a produção de forragem animal.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-GEOGRÁFICA E SUA INTER-RELAÇÃO COM OS ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Em contemplação ao primeiro objetivo específico desta pesquisa, será descrita, a seguir, uma análise físico-geográfica do município de Pedra Lavrada-PB, âmbito das pesquisas. Para tanto, serão consideradas as relações existentes entre os elementos naturais (clima, geologia, geomorfologia, solos, vegetação etc.) e os aspectos socioeconômicos (condições de vida, uso e ocupação da terra, e atividades econômicas) no município de Pedra Lavrada-PB.

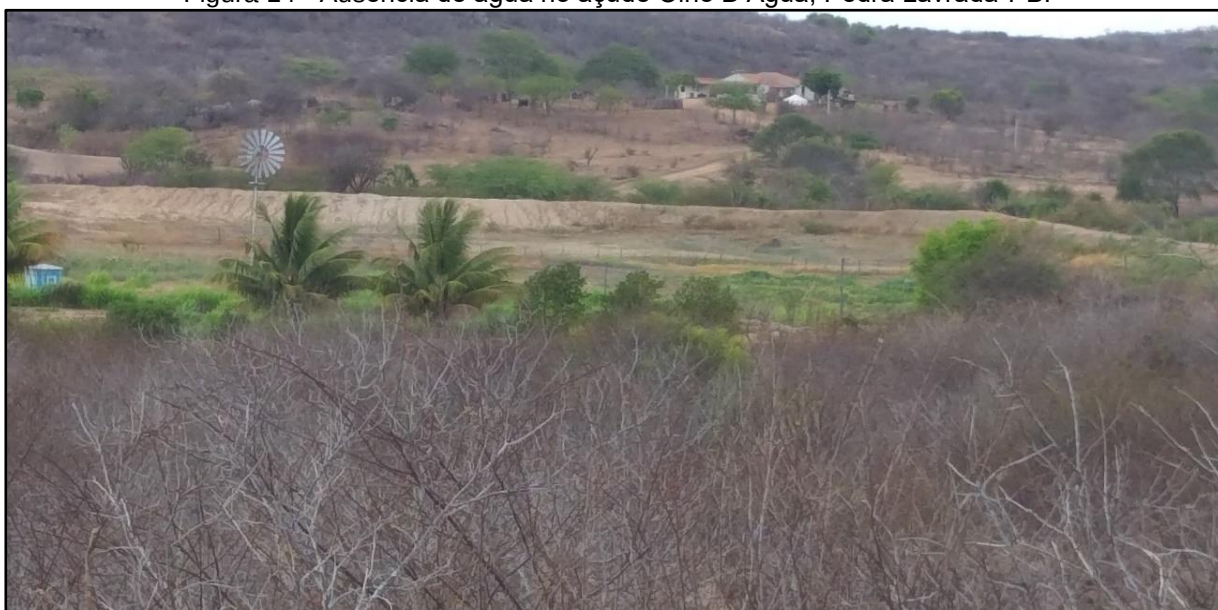
A iniciativa citada anteriormente torna-se imprescindível em virtude da Ciência Geográfica buscar uma análise geossistêmica que propõe uma avaliação dos fenômenos naturais e de seus componentes, buscando evidenciar, ainda, sua dinâmica ou alteração em função de fatores sociais e econômicos (Suertergaray, 2018). Assim, avaliou-se a inter-relação existentes entre os aspectos naturais – físicos – e os socioeconômicos no contexto da atividade agropecuária no município de Pedra Lavrada-PB.

Inicialmente, analisou-se o clima local, o qual se constitui, segundo a classificação de Köppen, em um clima BSh, com precipitação anual média de aproximadamente 400mm (Francisco et al, 2015). As precipitações têm distribuição irregular com 79% de seu total concentrando-se em 04 meses, e a temperatura média anual é de 28 °C° (CPRM, 2005).

Quando se analisam as precipitações, estas ocorrem em função: do deslocamento Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCiT), ocasionando chuvas convectivas e torrenciais nos meses de fevereiro-abril; do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), que se formam no oceano Atlântico e atuam de novembro a fevereiro; e das Ondas de Leste que atuam na faixa dos alísios especialmente nos meses de junho a agosto (Ferreira; Mello, 2005).

De forma sucinta, o clima local caracteriza-se por apresentar altas temperaturas médias anuais e baixo índice pluviométrico, que associado à variabilidade espaço-temporal das chuvas, condicionam uma escassez de água periódica representadas na baixa oferta de água superficial e na presença de rios intermitentes ou efêmeros, e com a existência de represas e açudes desprovidos de água na maior parte do ano (Figura 14).

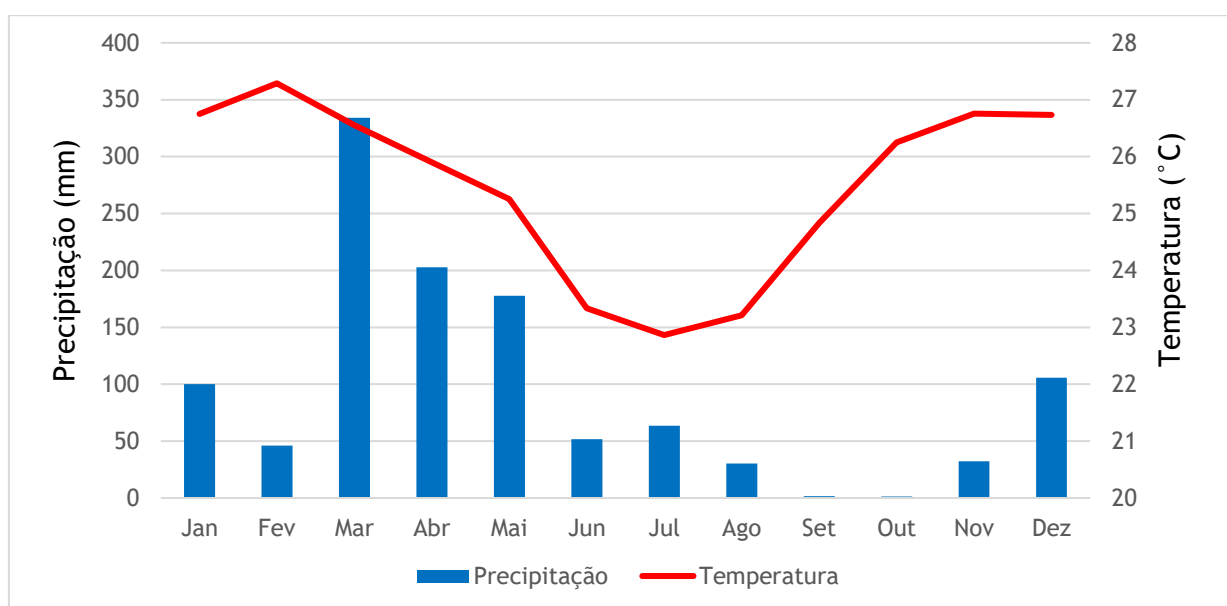
Figura 14 - Ausência de água no açude Olho D'Água, Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Em virtude do cenário climático descrito anteriormente, objetivou-se coletar dados hidro-climáticos locais, buscando identificar condições de escassez hídrica periódica e sua correlação com a queda de produção agropecuária local. Nesta perspectiva, foram coletados os dados de precipitação e temperatura locais para conceber um climograma (Figura 15).

Figura 15 - Climograma do município de Pedra Lavrada-PB



Fonte: Elaboração própria baseada em dados do INMET e AESA.

Ao analisar os dados de precipitação durante o período de pesquisa (Apêndice 1), observaram-se precipitações de 613mm em 2022; e 534 mm em 2023. Em se

tratando dos dados de precipitações mensais no período de pesquisa (2022-2023), pôde-se perceber que houve uma precipitação média de 573 mm/ano, com o trimestre chuvoso demarcado de março-maio, enquanto o período de agosto-outubro demarca o trimestre de maior estiagem. Somado a isso, tem-se o fato de existir um longo período (6 meses: junho a novembro) com baixas precipitações (média mensal menor que 65mm).

Em relação à temperatura, observou-se que os dados apontam uma temperatura média anual de 25,4 °C, com longo período (seis meses: outubro a março) apresentando altas temperaturas: média mensal acima de 26°C.

Em suma, os referidos dados de precipitação e temperatura demonstram condições climáticas condizentes às expressadas no clima semiárido, a saber: baixas precipitações anuais, altas temperaturas médias, e longo período de estiagem, o que condiciona uma escassez de água periódica.

Diante do exposto, pode-se inferir que as condições climáticas não são favoráveis à produção agropecuária, especialmente no que se refere à produção de forragem animal contínua durante o ano. Segundo Reis (2018), no semiárido brasileiro, a agricultura e a pecuária são bastante afetadas pelos períodos prolongados de estiagem, pois a distribuição irregular das precipitações durante o ano acaba promovendo condições adversas que limitam as práticas agrícolas e, consequentemente, a pecuária.

Segundo Francisco et al. (2015, p. 378), no estado da Paraíba, as condições climáticas - marcadas por irregularidade das chuvas no tempo e no espaço – interferem diretamente na produção agrícola local, ocasionando, em muitos casos, perdas produtivas. Neste sentido, no município de Pedra Lavrada-PB, as condições climáticas de semiaridez têm afetado a produção agrícola local, pois há uma redução das áreas agrícolas, ou ainda, uma mudança na dinâmica dos cultivos no tocante às lavouras temporárias e permanentes (Tabela 1).

Tabela 1 - Total de áreas cultivadas e em sistema de lavoura temporária e permanente, Pedra Lavrada-PB.

| ANO  | Lavoura permanente (ha) | Lavoura Temporária (ha) | Total de áreas cultivadas (ha) |
|------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1990 | 6029                    | 2207                    | 8236                           |
| 2000 | 3410                    | 1500                    | 4910                           |
| 2008 | 0                       | 3330                    | 3330                           |
| 2017 | 24                      | 4017                    | 4041                           |

Fonte: IBGE-Censo Agropecuário: 1990, 2000, 2008 e 2017.

Analisando os dados da Tabela 1, observa-se uma queda no número de áreas destinadas às lavouras, onde houve, de 1990-2017, uma diminuição de 4.195 hectares de áreas cultivadas, ou seja, uma redução de 50% das áreas cultiváveis. Somado a isso, tem-se o fato de as lavouras permanentes ocuparem uma minúscula área de cultivo - 24 hectares –, enquanto a maior parte das áreas ainda cultivadas (99,4%) é de lavouras temporárias. Diante disso, observa-se que as condições climáticas, especialmente os baixos índices pluviométricos e a variabilidade espaço-temporal das precipitações, influenciam na existência majoritária de cultivos temporários, restringindo a presença de lavouras permanentes, o que afeta diretamente na produção agrícola local.

Ao analisar mais profundamente os dados contidos na Tabela 1, observa-se que a maior parte das áreas, em 1990, era destinada à lavoura permanente, o que leva a questionar: como pode haver um número maior de lavouras permanentes quando as condições climáticas são adversas? A resposta se baseia no fato do Censo Agropecuário, realizado no período, categorizar como áreas de lavoura permanente, qualquer área que o agricultor destinava ao cultivo de espécies permanentes, mesmo que estas não viessem a ter plantios (IBGE, 2021). Logo, observa-se que o valor da área de lavoura permanente é subjetivo, pois não reflete necessariamente a área cultivada com espécies permanentes, mas sim: a área que poderia ser utilizada para cultivo permanente.

No tocante à pecuária local, esta atividade econômica está intimamente ligada às práticas agrícolas. No município de Pedra Lavrada-PB há uma relação entre a pecuária e a agricultura, pois grande parte dos cultivos locais, principalmente de milho e feijão, “é praticada para atender inicialmente as necessidades alimentícias da família, mas com o objetivo sequencial de promover alimento para o gado” (Silva et al., 2010, p. 41). Assim, uma queda na produção agrícola local reflete, conseqüentemente, na menor oferta de alimento animal, o que encarece o sistema produtivo pecuarista com a compra de suplementação alimentar.

Quando se analisam os dados referentes à criação de gado bovino, caprino e ovino (Tabela 2), observa-se que mesmo sobre condições climáticas adversas, houve um aumento no número de animais, a saber: a criação de bovinos aumentou 3%; a de caprinos teve um aumento de 59%; e a ovinocultura aumentou 271%. Isto mostra que a atividade pecuarista permanece ativa e crescente, muito em função de incentivos governamentais que, a exemplo do Programa de Aquisição de Alimentos – PAA: na

modalidade leite, criado em 2003 pelo Governo Federal, têm fomentado a pecuária – bovina, caprina ou ovina – através de políticas públicas de financiamento de projetos (Silva et al., 2016).

Tabela 2 - Quantitativo de animais no município de Pedra Lavrada-PB: gado bovino, caprino e ovino.

| <b>ANO</b> | <b>Bovinos</b> | <b>Caprinos</b> | <b>Ovinos</b> |
|------------|----------------|-----------------|---------------|
| 1988       | 4222           | 1473            | 1271          |
| 1998       | 1528           | 1416            | 900           |
| 2008       | 4077           | 2811            | 993           |
| 2017       | 4362           | 2465            | 3452          |

Fonte: IBGE-Censo Agropecuário: 1988, 1998, 2008 e 2017.

Ressalva-se, ainda, que a caprinovinocultura têm aumentado, percentualmente, em relação à pecuária bovina em virtude de algumas características: 1) há uma preferência por caprinos/ovinos em virtude de seu menor porte e, conseqüentemente, pelo menor consumo alimentar em relação ao gado bovino; 2) a caprinovinocultura é mais adaptada às condições de semiaridez, pois apresenta uma menor exigência alimentar e, especialmente, consegue se alimentar de espécies nativas da Caatinga por um período maior que o gado bovino, o que reduz custos com a compra de ração suplementar; e 3) os caprinos apresentam curto período de gestação e precoce maturidade sexual, o que contribui para o aumento de rebanho em um menor espaço de tempo (Souza; Souza, 2016; Teixeira et al., 2013).

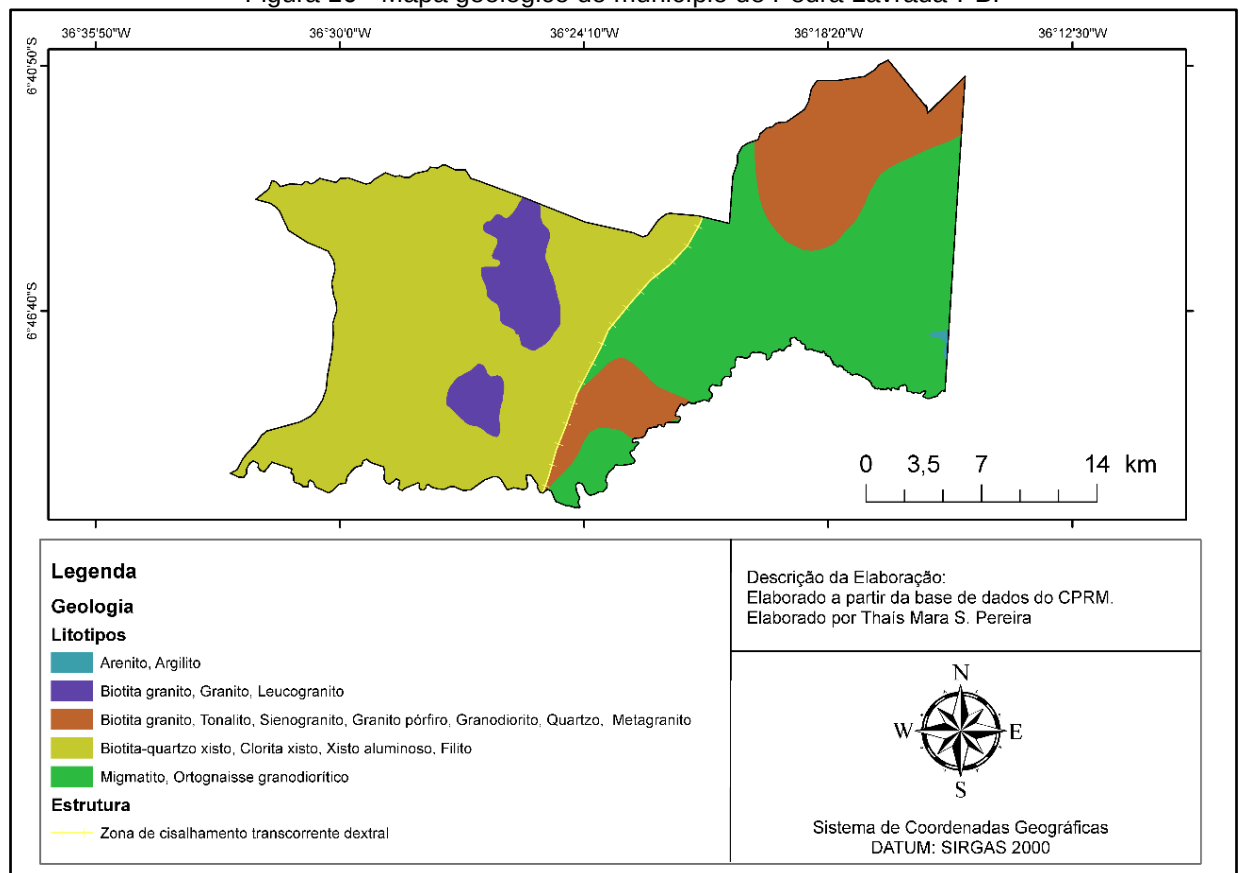
Uma vez analisadas as características climáticas locais e sua relação com a atividade agropecuária, buscou-se, concomitantemente, analisar como as condições geológicas, geomorfológicas e hidrogeográficas contribuem para formação dos solos locais. Isto porque os solos podem ser um fator limitante ou potencial na produtividade agrícola (Martins Neto, 2015) e, conseqüentemente, na atividade pecuarista local.

Diante do susodito, e sabendo-se que o solo é formado, essencialmente, em função das condições geológicas, geomorfológicas, hidrográficas e climáticas (Lepsch, 2010), optou-se por analisar as estas características físico-geográficas e correlacioná-las aos aspectos pedológicos, os quais influenciam diretamente na produção agropecuária local. Nesta perspectiva, observou-se que:

- 1) Geologia: localiza-se na porção setentrional da Província Borborema (PB), que compreende unidades Neoproterozóicas representadas por porções

isoladas de micaxistos correlatos à Formação Seridó, e no embasamento Paleoproterozóico do Domínio São José do Campestre (Antunes, 2019). No tocante à carta geológica-geofísica, o município está nas folhas Picuí (SB.24-Z-B-VI) e Cubatí (SB.24-Z-B-IV-3), registradas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2018). A estrutura geológica é compreendida basicamente por rochas antigas representadas, predominantemente, pelas magmáticas e as metamórficas: granitos, xistos, ortognaisses etc. (Figuras 16 e 17), sendo estas comumente denominadas de corpos cristalinos (Rabelo; Silva, 2016). No tocante à composição mineralógica e química das rochas locais, estas apresentam grande quantidade de quartzo, feldspato e mica - minerais estes ricos em cálcio, alumínio, sódio, potássio e sílica:  $\text{SiO}_2$  (composto oxigenado do silício), - que contribuem para que haja uma salinidade natural dos solos e águas subterrâneas locais (Pedrotti et al., 2015; Neves & Albuquerque, 2004).

Figura 16 - Mapa geológico do município de Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio

Figura 17 - Presença de rochas magmáticas e metamórficas no município de Pedra Lavrada-PB.



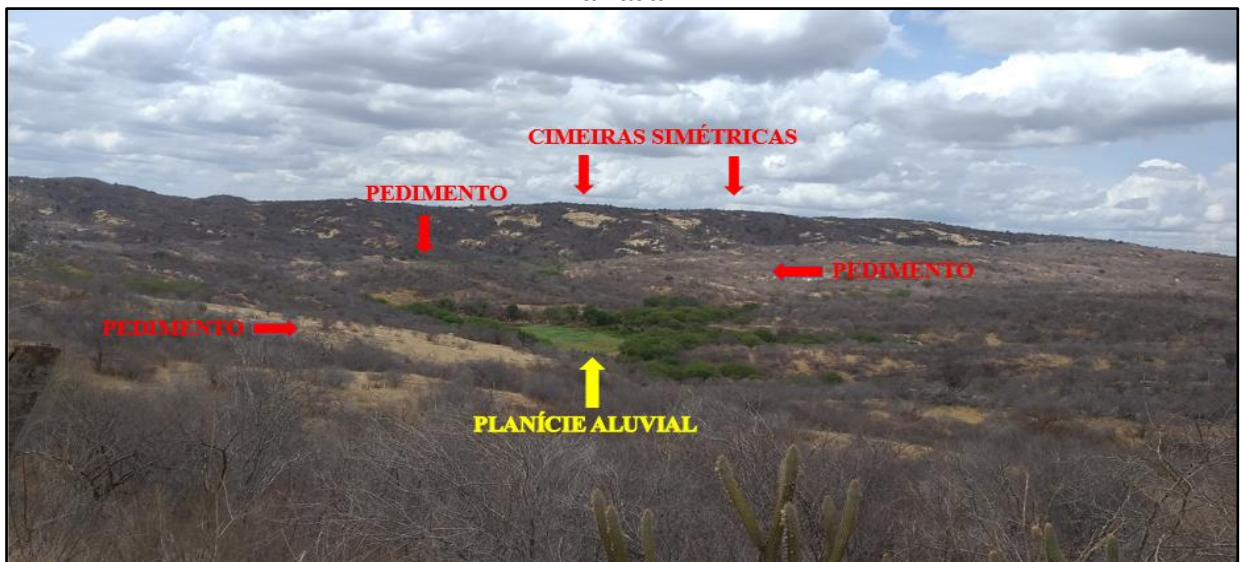
Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

2) Clima: as condições climáticas locais caracterizadas por altas temperaturas médias anuais, grande variabilidade espaço-temporal das precipitações e, principalmente, por um baixo índice pluviométrico (Silva et al., 2016), influenciam diretamente na formação dos solos locais, pois: os baixos índices pluviométricos diminuem o processo de intemperismo químico das rochas (Francisco et al., 2015), e coloca o intemperismo físico – através de diáclises/fraturas, esfoliação esferoidal etc. - como principal agente de desagregação/decomposição das rochas locais. Com isso, é comum a presença de Neossolos Litólicos: solos jovens, pouco desenvolvidos, com insuficiência de atributos que caracterizem os processos pedogenéticos, fraca diferenciação entre horizontes e ausência de horizontes subsuperficiais diagnósticos (EMBRAPA, 2018).

3) Geomorfologia: o relevo local se constitui de cimeiras com cristas simétricas, com elevações que atingem até 660 metros de altitude, onde se encontram as nascentes de riachos afluentes da bacia do rio Seridó. Observaram-se, ainda, relevos mais suaves, onde estão os pedimentos, que em conjunto com as áreas mais elevadas, contribuem para o fornecimento de sedimentos às áreas mais baixas onde se encontram as planícies aluviais (Figura 18). Em consonância com a hipsometria local (Figura 19), tem-se a declividade (Figura 19), que apresenta um relevo plano a suave nas áreas com declividade em torno de 20°, e relevo ondulado nas áreas com declive de até 49°. As áreas que apresentam

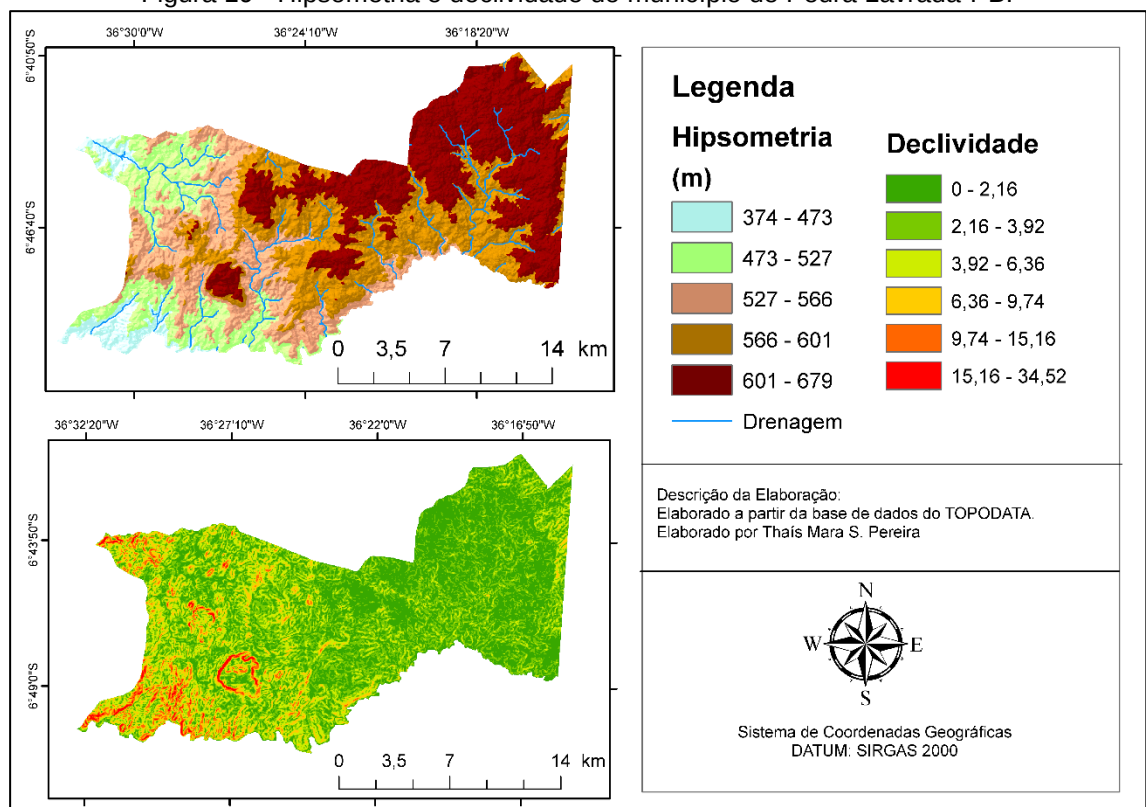
alta declividade estão associadas às unidades de escarpas e zonas com intensos processos erosivos, os quais contribuem para o transporte de sedimentos que são depositadas em áreas marginais formando depósitos coluviais, ou ainda, para a formação de solos regolíticos.

Figura 18 - Presença de cimeiras simétricas, pedimentos e planície aluvial no município de Pedra Lavrada.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Figura 19 - Hipsometria e declividade do município de Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

4) Hidrografia: o município encontra-se na bacia hidrográfica do rio Seridó, apresentando riachos efêmeros (Figura 20) e uma rede de drenagem exorréica e dentrítica influenciada diretamente pela litologia e morfogênese locais, as quais limitam infiltração e, conseqüentemente, inibe a formação de lençol freático. Do ponto de vista da Teoria de Sistemas Fluviais e das zonas processuais de produção, transporte e deposição de sedimentos, desenvolvida por Schumm (1977), observou-se que: considerando os *inputs* (as precipitações) e *outputs* (os sedimentos provenientes da erosão fluvial e das encostas), identificou-se que há uma grande presença de “zonas de produção” de sedimentos nas maiores elevações, que se apresentam com grande declividade; e que as áreas de pedimento são consideradas “zonas de transferência” de sedimentos, os quais, por fim, são depositados em áreas/canais fluviais que se configuram nas “zonas deposicionais” (Figura 21). Com isso, observou-se que a hidrologia local contribuiu para a formação de Neossolos Flúvicos: são solos minerais não hidromórficos, oriundos de sedimentos recentes referidos ao período Quaternário, e são formados por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais recentes sem relações pedogenéticas entre elas, devido ao seu baixo desenvolvimento pedogenético (EMBRAPA, 2018). Estes solos são encontrados nas calhas fluviais e são, comumente, utilizados para o cultivo de sequeiro popularmente chamado de plantio de várzea.

Figura 20 - Riacho Olho D'Água, Pedra Lavrada-PB, com drenagem efêmera.



Fonte: Arquivo pessoal. Data: 18/10/2022.

Figura 21 - Presença de zonas de produção, transferência e depósito de sedimentos, Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo pessoal. Data: 18/10/2022.

5) Pedologia: como resposta às condições climáticas, geológicas e geomorfológicas, observa-se que, no município Pedra Lavrada-PB, há presença de solos rasos, pouco desenvolvidos e pedregosos, especialmente os Neossolos Litólicos e Regolíticos (Figura 22 e 23); além de Neossolos Flúvicos que se formaram a partir do depósito e acúmulo de sedimentos – argila, silte e areia – nas calhas dos canais fluviais.

Sequencialmente aos estudos físico-geográficos, analisou-se o mapa de uso e ocupação da terra (Figura 24) com o objetivo de identificar possíveis atividades econômicas e sua relação para com os impactos ambientais.

Analisando a Figura 24 observa-se que a maior parte do município de Pedra Lavrada-PB está coberta de: 1) Formação savânica composta pela vegetação de Caatinga hiperxerófila (Figura 25) que apresenta árvores e arbustos espaçados, com espécies vegetais que perdem as folhas no período de estiagem (espécies caducifólias), além de muitas espécies xerófitas (Silva et al. 2016a); e 2) Pastagem, que se configura na presença de campos abertos ou solo exposto (Figura 26), causados pela extração vegetal (Figura 26) para subsidiar diversas atividades: uso da madeira para construção de cercas e como fonte de energia calorífica para cozimento de alimentos; retirada de vegetação para o plantio agrícola; ou ainda, retirada de espécies para queima em panificadoras, olarias e cerâmicas.

Figura 22 - Mapa de solos do município de Pedra Lavrada-PB. Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

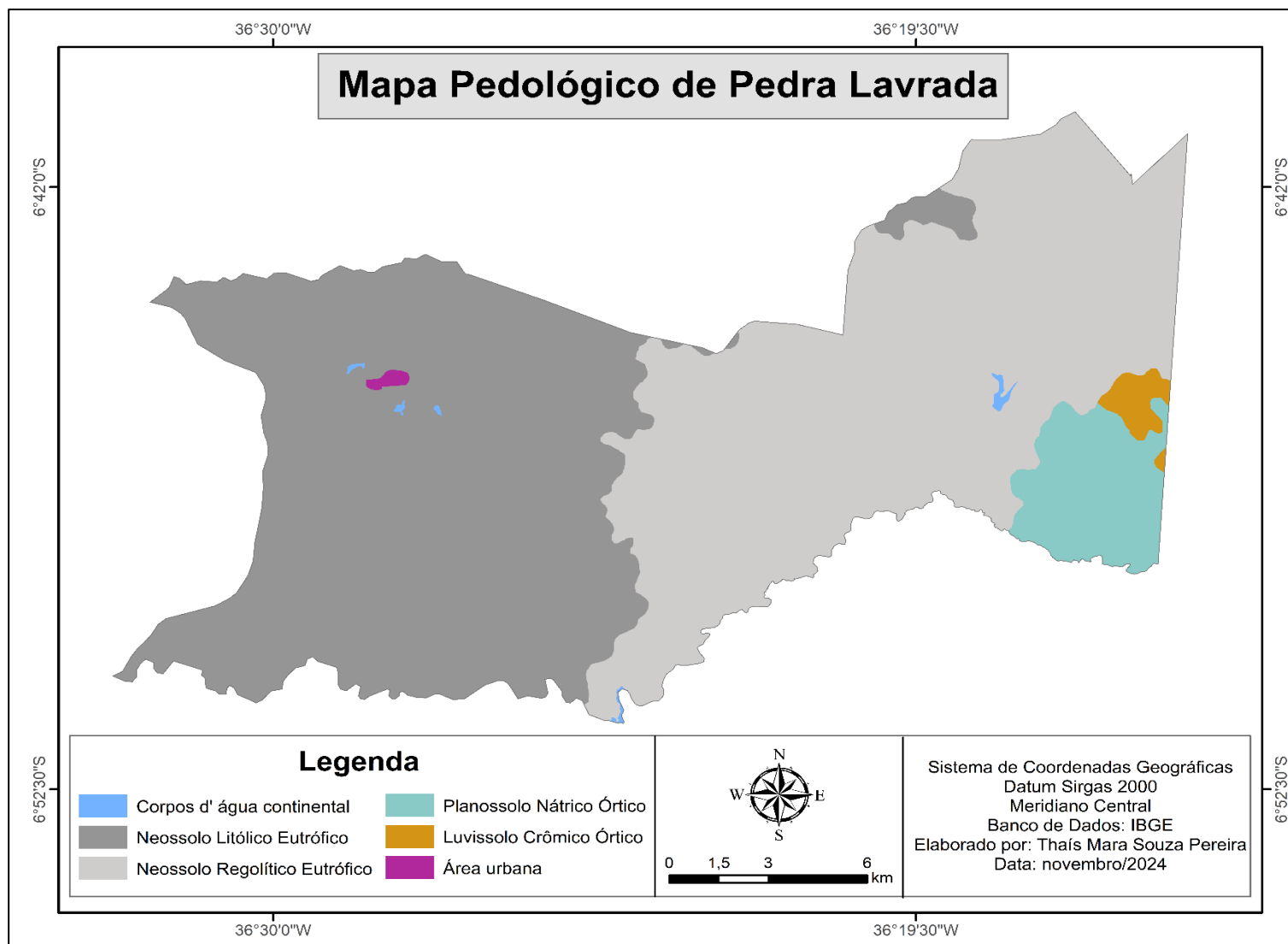
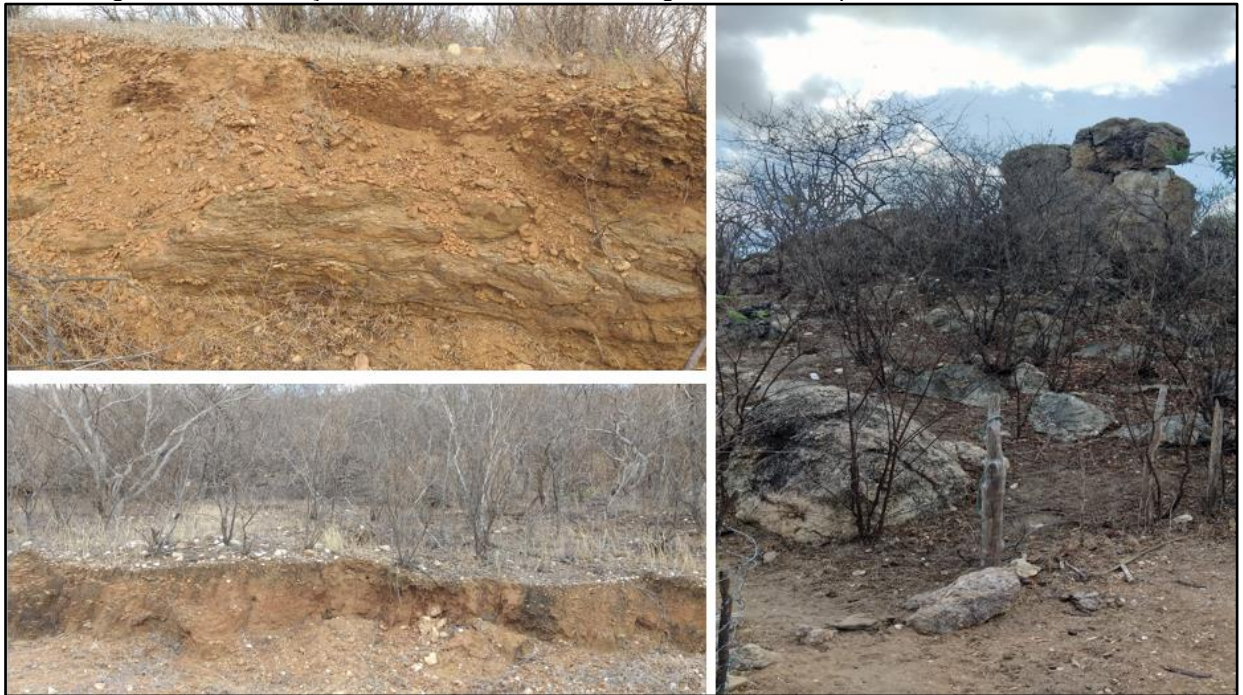
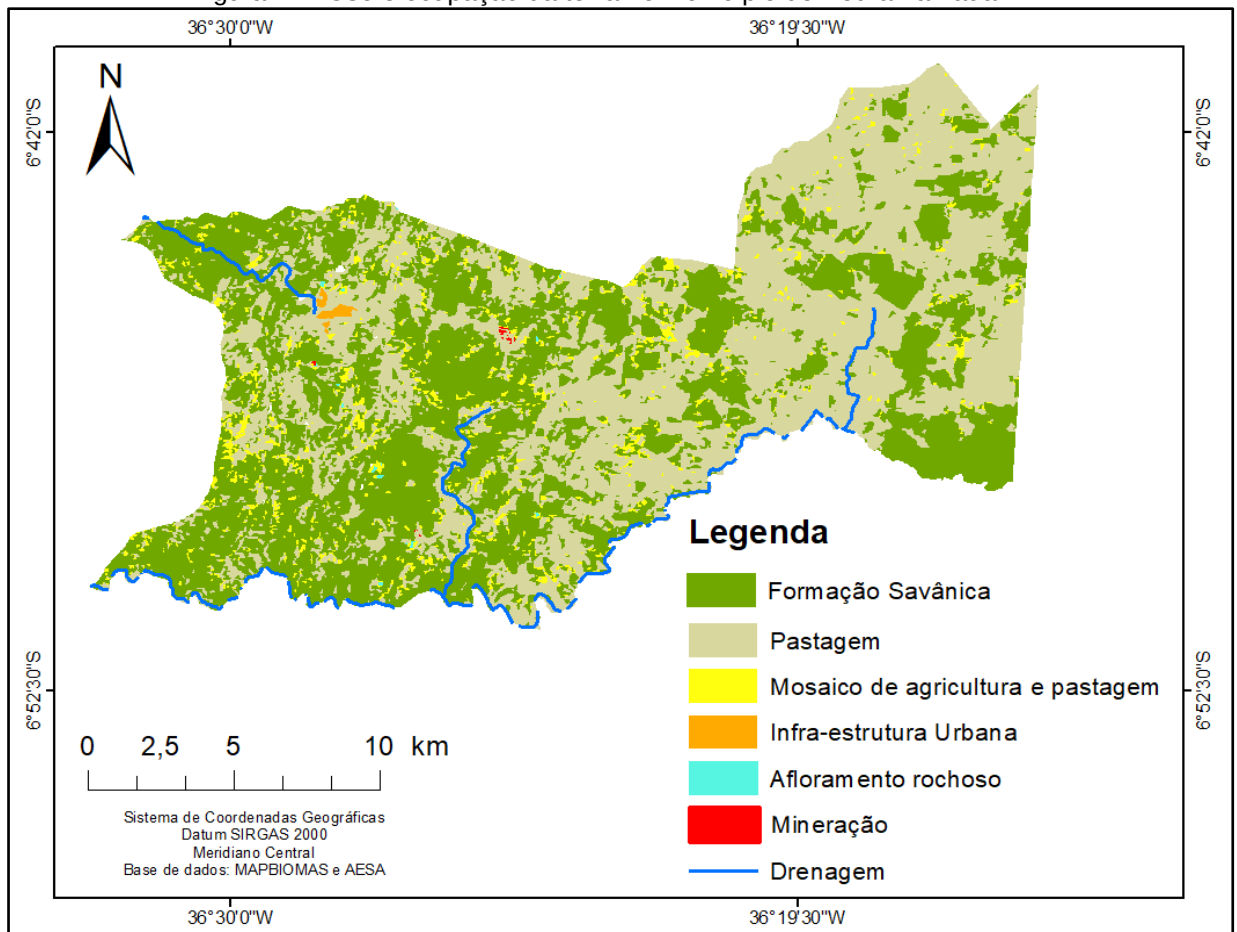


Figura 23 - Presença de Neossolos Litólico e Regolítico, município de Pedra Lavrada-PB.



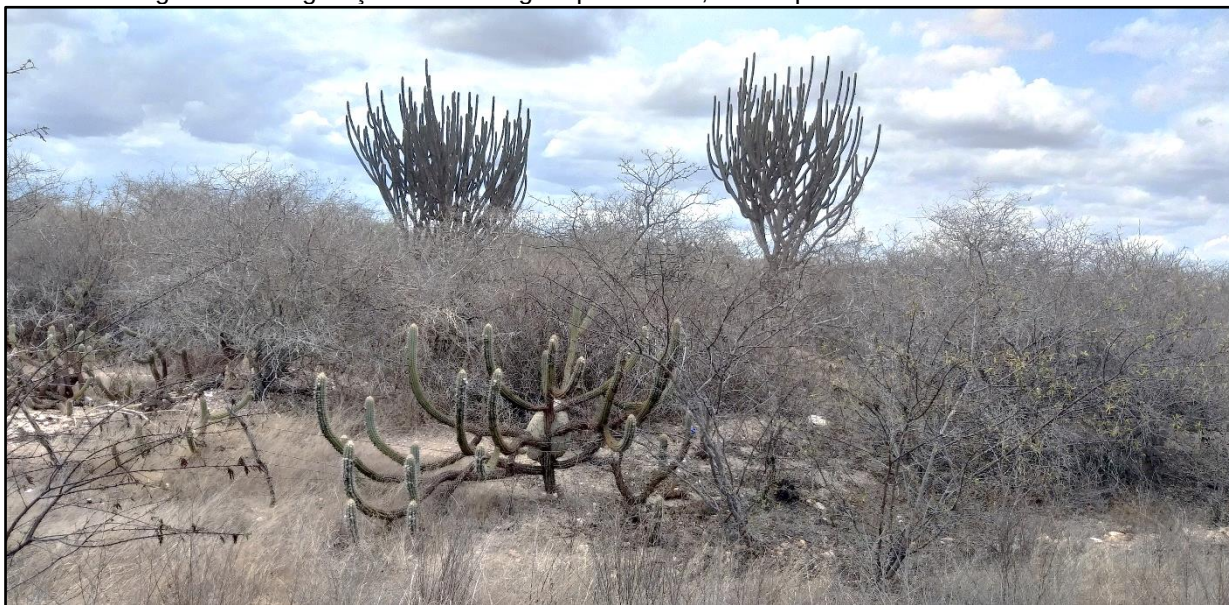
Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Figura 24 - Uso e ocupação da terra no município de Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Figura 25 - Vegetação de Caatinga hiperxerófila, município de Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Figura 26 - Desmatamento da Caatinga para fornecimento de madeira para panificadora, olarias/cerâmicas.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Diante do que foi mencionado, observou-se que o desmatamento da vegetação nativa tem contribuído para perdas de sedimentos dos solos, os quais reduzem – gradativamente – sua fertilidade, o que leva à diminuição na produtividade agropecuária. Além disso, com os solos desnudos há um avanço nos processos erosivos (Figura 27), os quais contribuem para aumentar o processo de assoreamento dos rios/riachos e açudes locais, fato este intimamente ligado à diminuição da capacidade de captação e armazenamento das águas fluviais e, conseqüentemente, na redução da oferta de água.

Figura 27- Avanço do processo erosivo por sulcos/ravinas para o laminar em virtude do desmatamento da vegetação nativa, município de Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Ressalta-se que em virtude da erosão laminar, existe em várias áreas de pedimento a presença de pavimentos detríticos (Figura 28): áreas onde a erosão lateral – laminar – lavou os sedimentos – areia, argila e matéria orgânica – deixando o solo desnudo e com presença de seixos, ou ainda, com a exposição da rocha subjacente. Esta realidade comprova o alto nível de degradação do solo, o que inibe a recuperação ecossistêmica natural e contribui para perda de áreas potenciais para a produção de alimento animal.

Figura 28 - Pavimento detrítico advindo da perda de sedimentos pelos processos de erosão laminar, município de Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Percebeu-se, também, que grande parte das áreas marginais aos cursos de água é ocupada com vários cultivos: milho, feijão, batata, tomate, dentre outros (Figura 29). Além disso, observou-se a supressão da vegetação nativa para promoção da criação extensiva de gado – caprino, ovino e bovino -, e de várias jazidas que realizam a extração de minerais e rochas (Figura 30).

Figura 29 - Irrigação de cultivos de tomate nas áreas de pedimento, Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Figura 30 - Jazida de extração mineral, município de Pedra Lavrada-PB.



Fonte: Arquivo próprio. Data: 18/10/2022.

Em suma, as atividades econômicas – extração vegetal, agricultura, pecuária e mineração - desenvolvidas localmente, têm condicionado a perda da vegetação nativa, que poderia subsidiar a oferta de alimentos aos animais, além de condicionar inúmeros problemas socioeconômicos e ambientais: 1) perda da fauna e flora; 2) poluição do ar através de queimadas; 3) queda gradual da fertilidade do solo e, conseqüentemente, redução na produtividade; 4) aumento do transporte de sedimentos dos solos, ocasionado o assoreamento de riachos/açudes locais, o que diminui a capacidade de armazenamento e oferta de água; 5) aumento de áreas com alto nível de degradação ambiental, corroborando para a redução da oferta natural de alimentos, o que influencia, negativamente, na criação de animais; e 6) aumento nos custos da atividade agropecuária em função da compra de suplementação alimentar para o gado: caprino, ovino ou bovino.

Diante do supramencionado e sabendo-se que as condições edafoclimáticas locais se constituem, por vezes, em entraves naturais ao desenvolvimento das atividades agropecuárias, torna-se imprescindível o uso dos recursos hídricos disponíveis localmente, especialmente através da irrigação. Nesta perspectiva, torna-se essencial utilizar as águas salobras e residuárias disponíveis localmente, pois estas se apresentam como um grande potencial hídrico e de fertirrigação para os cultivos no semiárido brasileiro (Felix et al., 2018; Lucena et al., 2018; Neto et al., 2020).

Por fim, tendo em vista que “os longos períodos de estiagem e a irregularidade anual das precipitações no semiárido brasileiro tornam a prática da irrigação imprescindível para garantir a produção agrícola com segurança, mesmo que as fontes hídricas disponíveis nem sempre são de boa qualidade” (Pinheiro et al., 2017, p. 17), o presente trabalho irá discutir, a seguir, sobre a produtividade dos cultivos de palma e gliricídia utilizando as águas salobras e residuárias na produção de forragem animal.

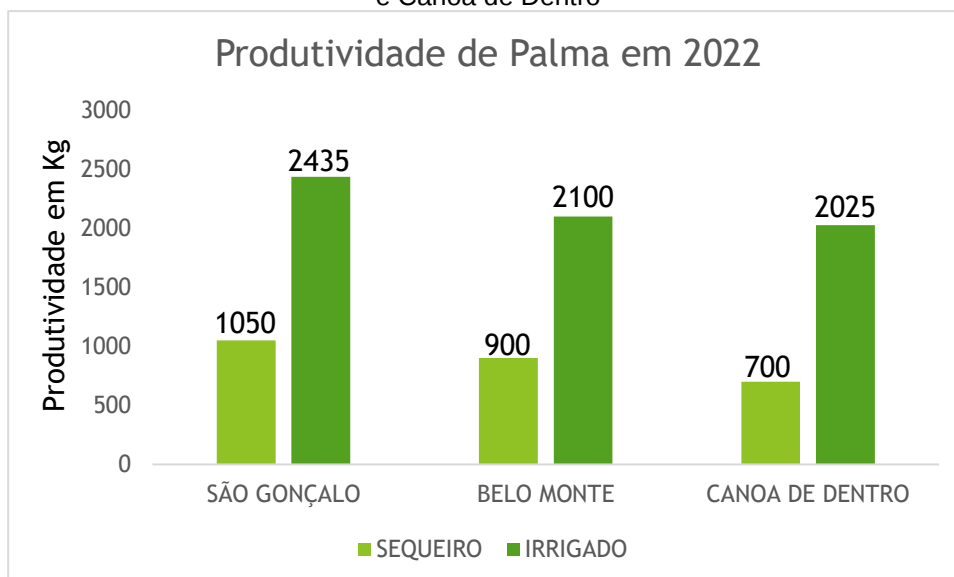
## 4.2 MENSURAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE FORRAGEM ANIMAL ATRAVÉS DO CULTIVO DE PALMA ORELHA DE ELEFANTE MEXICANA (*Opuntia stricta* Haw) E DA GLIRICÍDIA (*Gliricidia sepium*)

### 4.2.1 Produtividade da palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw)

Inicialmente, mensurou-se a produtividade de palma forrageira adquirida nas áreas experimentais submetidas aos três tratamentos: sequeiro, irrigado com águas salobras, e irrigação com águas residuárias. Isso ocorreu para os dois anos – 2022 e

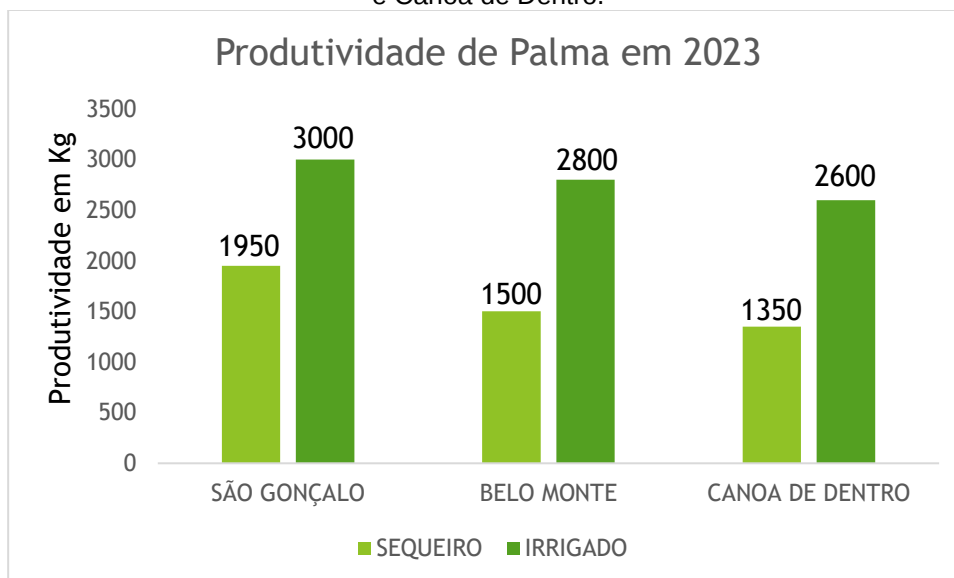
2023 – de obtenção de dados nas áreas experimentais (Figura 31 e 32), o que possibilitou as análises estatísticas (Tabela 3) referentes à produtividade de cada tratamento.

Figura 31 - Produtividade, em 2022, da palma nas três áreas experimentais: São Gonçalo, Belo Monte e Canoa de Dentro



Fonte: Elaboração própria

Figura 32 - Produtividade, em 2023, da palma nas três áreas experimentais: São Gonçalo, Belo Monte e Canoa de Dentro.



Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 - Análise comparativa dos dados estatísticos da produtividade de palma adquirida através dos cultivos em sequeiro e irrigado com águas salobras e residuárias

**ANOVA: Palma**

| <i>Fonte da variação</i> | <i>SQ</i>      | <i>gl</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>valor-P</i> | <i>F crítico</i> |
|--------------------------|----------------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
| Amostra                  | 398037,5       | 2         | 199018,8  | 0,874055 | 0,464372       | 5,143253         |
| Sequeiro X Irrigado      | 4700008        | 1         | 4700008   | 20,64161 | 0,00392        | 5,987378         |
| Interações               | 2454,167       | 2         | 1227,083  | 0,005389 | 0,99463        | 5,143253         |
| Dentro                   | 1366175        | 6         | 227695,8  |          |                |                  |
| <b>Total</b>             | <b>6466675</b> | <b>11</b> |           |          |                |                  |

**ANOVA: Palma: Sequeiro X Irrigada**

| <i>Fonte da variação</i> | <i>SQ</i>      | <i>gl</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>valor-P</i> | <i>F crítico</i> |
|--------------------------|----------------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
| Localidades              | 398037,5       | 2         | 199018,8  | 0,874055 | 0,464372       | 5,143253         |
| Sequeiro X Irrigada      | 4700008,333    | 1         | 4700008   | 20,64161 | 0,00392        | 5,987378         |
| Interações               | 2454,166667    | 2         | 1227,083  | 0,005389 | 0,99463        | 5,143253         |
| Dentro                   | 1366175        | 6         | 227695,8  |          |                |                  |
| <b>Total</b>             | <b>6466675</b> | <b>11</b> |           |          |                |                  |

**Teste de Tukey**

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| <b>QMR = 227695,83</b> | <b>Dms = 1052,40</b> |
| <b>Nº Tra = 2</b>      |                      |
| <b>GL = 11</b>         |                      |
| <b>Rep = 3</b>         |                      |
| <b>q = 3,82</b>        |                      |

| São Gonçalo |          | Média   | Média  | Modulo  | letras |   |
|-------------|----------|---------|--------|---------|--------|---|
| Sequeiro    | Irrigado | 1500,00 | 2717,5 | 1217,50 | a      | b |

| Belo Monte |          | Média   | Média | Modulo  | letras |   |
|------------|----------|---------|-------|---------|--------|---|
| Sequeiro   | Irrigado | 1200,00 | 2450  | 1250,00 | a      | b |

| Canoa    |          | Média   | Média  | Modulo  | letras |   |
|----------|----------|---------|--------|---------|--------|---|
| Sequeiro | Irrigado | 1025,00 | 2312,5 | 1287,50 | a      | b |

\* As médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si e são significativas ao nível de 5% de probabilidade ( $p < .05$ ).

\*\*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

De posse dos dados das Figuras 31 e 32 pode-se observar que houve um significativo aumento na produtividade irrigada em relação à produção de sequeiro. Isso

ocorreu em todos os experimentos, independente do uso de águas salobras ou residuária na irrigação. Neste sentido, observa-se que: i) no experimento de São Gonçalo, que utilizou água residuária, obteve-se um aumento de 131% em 2022, e de 53% em 2023; em Belo Monte (irrigação com água salobra) houve um aumento de 133% em 2022 e de 86% em 2023; já em Canoa de Dentro (irrigação com água salobra), houve um aumento de 189% em 2022, e de 92% em 2023. No que se refere à avaliação estatística, os ensaios por Anova e o Teste de Tukey demonstraram que há diferença significativa entre os cultivos irrigados e o de sequeiro, ao nível de significância de 5%.

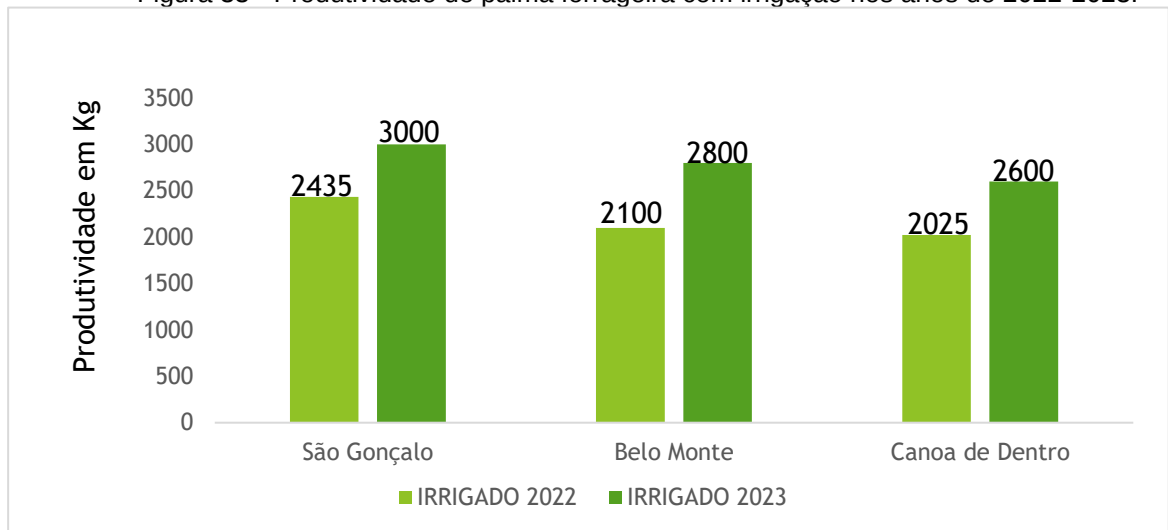
Em comparação com os resultados descritos anteriormente, Fonseca et al. (2019), comparando a produção de palma em regime de sequeiro com a produção utilizando irrigação com águas salobras, constataram um aumento na produtividade de 92,18% no primeiro ano de cultivo, e de 156,43% no segundo ciclo produtivo. Já Reis (2018), obteve um aumento de 104% quando comparou a produção de palma irrigada com 1,2 litro/planta/semana de água residuária, em relação à produção adquirida em sequeiro.

Tais aumentos percentuais foram possíveis em função da maior oferta de água quando em comparação ao sequeiro, pois a oferta de água promove melhor desenvolvimento morfológico das plantas, maior enraizamento, maior taxa de crescimento dos cladódios, maior acúmulo de água e, conseqüentemente, maior produção de massa verde e de oferta de água (Pinheiro et al., 2014; Santos et al., 2020a).

Em suma, pôde-se perceber que a irrigação – com águas salobras ou residuárias – aumentou significativamente a produtividade de palma forrageira, pois na maioria dos casos dobrou-se a produtividade em relação à produção em sequeiro. Diante disso, infere-se que a irrigação com águas salobras e residuárias pode potencializar a produtividade de palma forrageira, contribuindo para uma maior segurança alimentar em regiões com baixo índice pluviométrico.

Outro dado interessante, exposto na Figura 33, está relacionado aos aumentos na produção de palma forrageira em 2023 quando comparado ao ano anterior, 2022. Observou-se que em todos os experimentos irrigados houve um aumento anual significativo na produção de palma: em São Gonçalo houve um aumento de 23%; em Belo Monte obteve-se 33%; e em Canoa de Dentro houve um aumento de 28%.

Figura 33 - Produtividade de palma forrageira com irrigação nos anos de 2022-2023.



Fonte: Elaboração própria

O aumento de 2023 em relação a 2022 pode estar relacionado ao fato de que no primeiro ano de plantio, as plantas irrigadas depositaram suas “energias” para seu desenvolvimento morfológico, principalmente para o enraizamento e crescimento dos cladódios de ordens inferiores – primários (Figura 34) - que servem de sustentação para a emissão de novos cladódios na parte superior (Pinheiro et al., 2014). Dessa forma, no segundo ano – 2023, as plantas destinaram suas “energias” para a produção de cladódios de ordens superiores (Ramos et al., 2011), o que condiciona um aumento na produtividade.

Figura 34 - Sequência anatômica da palma forrageira.



Fonte: Adaptada de Agência Sergipe de Notícias. Disponível em: <https://goo.gl/Vdsa0j>.

De posse dos dados da Figura 33 pôde-se também analisar, e comparar estatisticamente, a produtividade adquirida na irrigação com água residuária (São Gonçalo) junto à produtividade advinda com uso de águas salobras em Belo Monte e Canoa de Dentro (Tabela 4).

Tabela 4 - Avaliação estatística da produtividade média de palma irrigada nas três áreas experimentais.

| Data       | São Gonçalo | Belo Monte | Canoa |
|------------|-------------|------------|-------|
| 10/04/2022 | 2435        | 2100       | 2025  |
| 10/04/2023 | 3000        | 2800       | 2600  |

ANOVA: Palma: Residuária X Salobra

| Fonte da variação | SQ          | gl | MQ         | F        | valor-P  | F crítico |
|-------------------|-------------|----|------------|----------|----------|-----------|
| Anos              | 564266,6667 | 1  | 564266,667 | 199,4462 | 0,004976 | 18,51282  |
| Tipos de águas    | 169658,3333 | 2  | 84829,1667 | 29,9838  | 0,032275 | 19        |
| Erro              | 5658,333333 | 2  | 2829,16667 |          |          |           |
| Total             | 739583,3333 | 5  |            |          |          |           |

#### Teste de Tukey

|               |
|---------------|
| QMR = 2829,17 |
| Nº Tra = 3    |
| GL = 5        |
| Rep = 2       |
| q = 4,6       |

|              |
|--------------|
| Dms = 173,01 |
|--------------|

| Tipos de águas           | Média   | Média  | Modulo | Letras |
|--------------------------|---------|--------|--------|--------|
| São Gonçalo   Belo Monte | 2717,50 | 2450   | 267,5  | a   b  |
| São Gonçalo   Canoa      | 2717,50 | 2312,5 | 405    | a   b  |
| Belo Monte   Canoa       | 2450    | 2312,5 | 137,5  | b   b  |

| Anos                    | Média   | Média | Modulo | letras |
|-------------------------|---------|-------|--------|--------|
| 10/04/2022   10/04/2023 | 2186,67 | 2800  | 613,33 | a   b  |

\* As médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si e são significativas ao nível de 5% de probabilidade ( $p < .05$ ).

\*\*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Avaliando os dados de produtividade da palma forrageira (Figura 33 e Tabela 4), pode-se observar que: quando se comparam as produtividades dos 3 experimentos submetidos à irrigação, percebe-se que o experimento em São Gonçalo obteve as maiores produções tanto em 2022, quanto em 2023. Dessa forma, infere-se – através dos testes Anova e Tukey (com significância de 5% de probabilidade em virtude da diferença entre as letras) que o uso de águas residuárias promove maior produtividade

em função da oferta de nutrientes (especialmente nitrato, fósforo e potássio) quando em comparação com as águas salobras (Tabela 5). Corroborando com essa assertiva, Albuquerque Júnior et al. (2016), afirmam que as águas residuárias apresentam um maior teor de nutrientes, especialmente fósforo, amônia, magnésio e potássio, os quais potencializam o desenvolvimento das plantas.

Tabela 5 - Análise dos elementos/parâmetros químicos das águas residuárias (São Gonçalo) e salobras (Canoa de Dentro e Belo Monte).

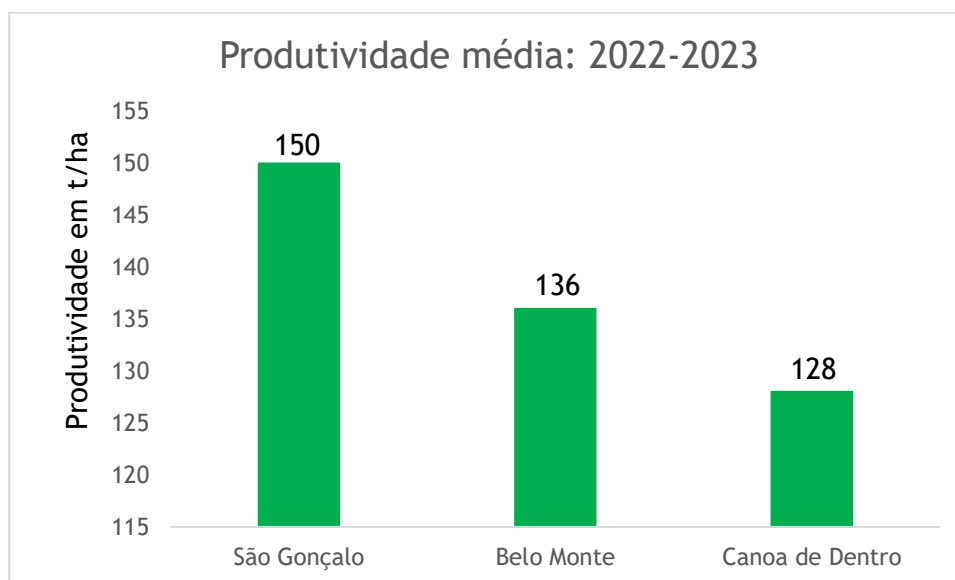
| Parâmetro                                              | São Gonçalo | Canoa de Dentro | Belo Monte |
|--------------------------------------------------------|-------------|-----------------|------------|
| Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25°C      | 1.643,0     | 8.720,0         | 1.763,0    |
| Potencial Hidrogeniônico a 25,0°C, pH                  | 7,8         | 6,9             | 7,3        |
| Turbidez, (uT)                                         | 100,0       | 10,0            | 0,7        |
| Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)                        | >1000       | 23,0            | 10,0       |
| Dureza em Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), mg/L            | 40,8        | 281,6           | 62,6       |
| Dureza em Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), mg/L          | 34,5        | 281,3           | 55,3       |
| Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L                 | 245,6       | 1.876,0         | 386,8      |
| Sódio ( $\text{Na}^+$ ), mg/L                          | 264,9       | 955,6           | 283,8      |
| Potássio ( $\text{K}^+$ ), mg/L                        | 50,8        | 21,6            | 9,4        |
| Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), mg/L                    | 0,11        | 0,02            | 0,00       |
| Ferro Total, mg/L                                      | 0,87        | 0,35            | 0,01       |
| Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )   | 0,0         | 0,0             | 0,0        |
| Alcalinidade em Carbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )   | 0,0         | 0,0             | 0,0        |
| Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ ) | 612,0       | 400,0           | 560,0      |
| Alcalinidade Total, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )           | 612,0       | 400,0           | 560,0      |
| $\text{CO}_2$ livre, mg/L                              | 61,6        | 40,5            | 20,2       |
| Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), mg/L                   | 1,4         | 162,9           | 53,6       |
| Fósforo total, mg/L                                    | 4,7         | 0,8             | 0,6        |
| Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), mg/L                        | 260,6       | 2.840,0         | 363,2      |
| Nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), mg/L                    | 0,68        | 0,28            | 0,25       |
| Nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), mg/L                    | 0,124       | 0,084           | 0,071      |
| Amônia ( $\text{N-NH}_3$ ), mg/L                       | 117,01      | 12,47           | 0,83       |
| Silica, mg/L ( $\text{SiO}_2$ )                        | 59,1        | 63,2            | 63,4       |
| ILS (Índice de Saturação de Langelier)                 | 0,60        | 0,31            | 0,25       |
| STD (Sólidos Totais Dissolvidos), mg/L                 | 1.639,1     | 5.148,0         | 1.595,9    |

Fonte: Elaboração própria

Quando se analisam os dados referentes à produção de palma forrageira em função do uso de águas salobras nos experimentos de Canoa de Dentro e em Belo Monte (Figuras 33 e 35), observa-se que este último apresentou uma maior produtividade anual, tanto em 2022, quanto em 2023. Este fato pode estar relacionado diretamente ao tipo de solo dos locais, onde Canoa de Dentro (que apresentou menor produção) detém um solo mais arenoso em relação ao experimento em Belo Monte

(mais argiloso). Logo, o solo argiloso, que promove maior capacidade de troca catiônica (CTC), detém estabilização química e retém - devido à menor lixiviação - mais nutrientes e maior quantidade de água em relação aos solos arenosos (Freitas et al., 2013), pode ter favorecido o melhor crescimento da palma forrageira.

Figura 35 - Produtividade média das áreas irrigadas no período de 2022-2023.



Fonte: Elaboração própria

Corroborando com a assertiva anterior, sabe-se que os solos arenosos são caracterizados pela baixa retenção de água (devido à alta proporção de macroporos), baixa retenção de nutrientes, escassez de matéria orgânica e baixa CTC. Solos argilosos, pelo contrário, têm maior capacidade de retenção de água (devido à alta proporção de microporos) e de nutrientes. Davenport et al. (2006) citam que a adição de argila em solos arenosos pode elevar a produção agrícola. Outro importante fato acerca da adição da argila é que esta afeta a estabilidade e a própria formação de agregados (Silva et al., 2014), ajudando na redução do tempo de decomposição da matéria orgânica.

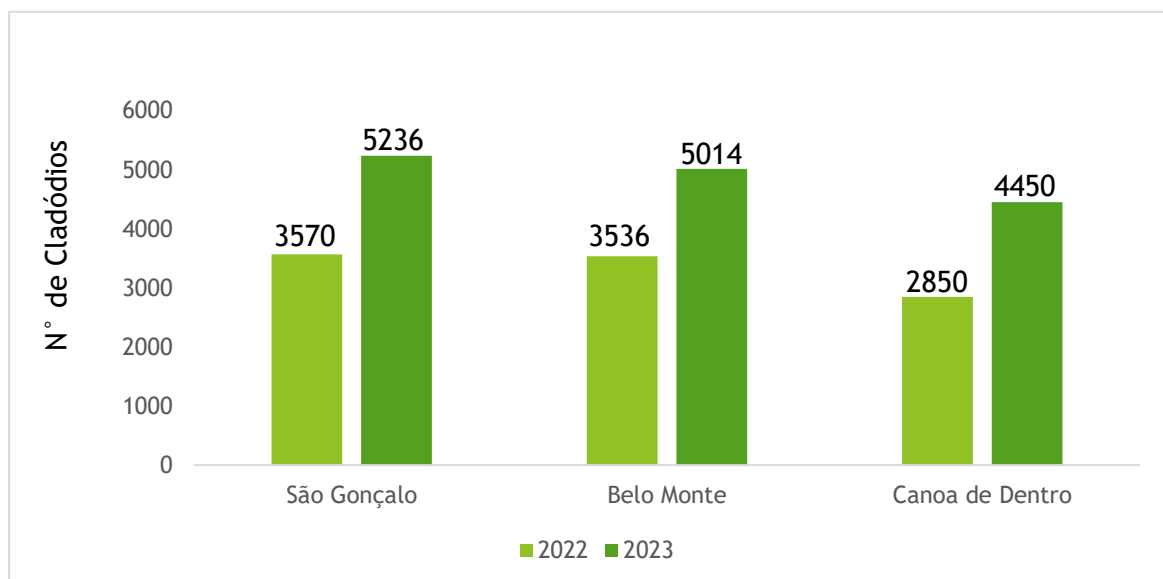
Em se tratando da produtividade por hectare, observou-se que as parcelas irrigadas – que medem, cada uma, 6m x 30m (180m<sup>2</sup> ou 1,8 ha) - apresentaram boa produtividade anual. Neste sentido, tem-se: São Gonçalo apresentou, em média, 2717 kg/180m<sup>2</sup>, o que corresponde a uma produtividade de 150 t/ha; Belo Monte deteve uma produção média de 2450 kg/180m<sup>2</sup>, ou seja, 136 t/ha; e Canoa de Dentro apresentou 128 t/ha. Estas produtividades, descritas na Figura 35, são expressivas quando comparadas com pesquisas recentes, tais como: i) Fonseca (2021) obteve uma

produção média de massa verde de 138 t/ha, isso para uma irrigação de 664 mm anuais de água salobra; ii) Queiroz et al. (2015) observaram, para a Orelha de Elefante Mexicana, produtividade média de 135,43 t/ha quando da aplicação de lâmina de 976 mm em um ciclo de 380 dias; e iii) Reis (2018) obteve 186 t/ha, mas utilizando uma maior lâmina de água residuária (1,2 litros por semana).

Ainda analisando a produtividade da palma, houve a mensuração da produção de cladódios (Figura 36 e Tabela 6), isso em função do número de cladódios total ser importante para a análise da capacidade produtiva da palma forrageira (Nunes, 2020). Neste sentido, e sabendo-se que cada área irrigada detinha 384 raquetes/cladódios cultivados, obtiveram-se: a) São Gonçalo apresentou uma produtividade média anual de 4403 cladódios, o que equivale a uma média de 11,4 cladódios/planta; b) Belo Monte produziu 4275 cladódios, ou seja, uma produção média de 11,1 cladódios/planta; e c) Canoa de Dentro alcançou uma produção média de 3650 cladódios, o que corresponde a uma produção média de 9,5 cladódios/planta.

De posse dos dados da produção de cladódios, observou-se que os experimentos detiveram uma boa produtividade quando em comparação com outras pesquisas, a saber: Fonseca et al. (2016), utilizando uma lâmina de 5 litros de água salina por metro linear, a cada 15 dias, obteve uma produção média de 7,86 cladódios; e Reis (2018), utilizando uma lâmina de 1,2 litros/planta/semana, de água residuária, obtiveram uma produção de 7,7 cladódios.

Figura 36 - Produtividade de cladódios adquiridos através da irrigação nas três áreas experimentais.



Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 - Análise estatística da produtividade de cladódios adquiridos nas três áreas experimentais.

| Data       | São Gonçalo | Belo Monte | Canoa |
|------------|-------------|------------|-------|
| 10/04/2022 | 3570        | 3536       | 2850  |
| 10/04/2023 | 5236        | 5014       | 4450  |

## ANOVA: Cladódios: Residuária X Salobra

| Fonte da variação    | SQ          | gl | MQ       | F        | valor-P  | F crítico |
|----------------------|-------------|----|----------|----------|----------|-----------|
| Localidades          | 3750922,667 | 1  | 3750923  | 824,6203 | 0,00121  | 18,51282  |
| Residuária X Salobra | 649345,3333 | 2  | 324672,7 | 71,37755 | 0,013816 | 19        |
| Erro                 | 9097,333333 | 2  | 4548,667 |          |          |           |
| Total                | 4409365,333 | 5  |          |          |          |           |

## Teste de Tukey

|               |              |
|---------------|--------------|
| QMR = 4548,67 | Dms = 219,37 |
| Nº Tra = 3    |              |
| GL = 5        |              |
| Rep = 2       |              |
| q = 4,6       |              |

| Tipos de Águas |            | Média   | Média | Modulo | Letras |   |
|----------------|------------|---------|-------|--------|--------|---|
| São Gonçalo    | Belo Monte | 4403,00 | 4275  | 128    | a      | a |
| São Gonçalo    | Canoa      | 4403,00 | 3650  | 753    | a      | b |
| Belo Monte     | Canoa      | 4275    | 3650  | 625    | a      | b |

| Anos       |            | Média   | Média | Modulo  | letras |   |
|------------|------------|---------|-------|---------|--------|---|
| 10/04/2022 | 10/04/2023 | 3318,67 | 4900  | 1581,33 | a      | b |

\* As médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si e são significativas ao nível de 5% de probabilidade ( $p < .05$ ).

\*\*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Neste momento, é imprescindível observar que a produção (tanto na produtividade kg/ha, quanto no número de cladódios) com uso de águas residuárias foi maior que a adquirida pelos cultivos irrigados com águas salobras. Assim, os testes de Anova e Tukey (que apresentaram significância a 5% representada pelas letras que se diferenciam entre si) comprovaram a tese: a irrigação com águas residuárias aumenta a produtividade de palma em virtude da oferta de nutrientes para as plantas. Neste sentido, Albuquerque Júnior et al. (2016) ressaltam que as águas residuárias podem aumentar a produção de cultivos em comparação com águas salobras, pois aquelas apresentam maior oferta de nutrientes, tais como fósforo, potássio, magnésio, cloretos, sódio, etc.

Por fim, sabe-se que a irrigação – com águas salobras ou residuárias – é uma alternativa estratégica para inibir os efeitos negativos da deficiência hídrica periódica

no semiárido brasileiro, além de contribuir tanto para a existência de plantas saudáveis e nutridas, quanto para uma maior reserva alimentar e hídrica (Silva, 2017; Siqueira, 2021).

#### 4.2.2 Importância do cultivo da palma forrageira

Diante do cenário de baixas precipitações e longo período de estiagem serem características naturais e imutáveis do semiárido brasileiro, sabe-se que a atividade agropecuária tem que se adaptar a esta realidade ambiental através do uso de técnicas – manejo e irrigação – e da escolha de espécies vegetais adaptadas às referidas condições climáticas. Neste sentido, Fonseca (2021) afirma que as mudanças climáticas atuais e futuras, com provável prolongamento do período de estiagem e distribuição irregular das chuvas, o cultivo de palma forrageira em ambientes semiáridos é imperativo para produtores que necessitam garantir a produção de forragem animal.

No tocante à palma forrageira, estudos realizados por Ferraz (2018) apontam que esta espécie está adaptada à baixa precipitação (a exemplo de 350mm/ano em Cabaceiras-PB), apresenta alta digestibilidade (entre 75 e 85%), além de alto acúmulo de água, o que contribui sobremaneira para a dessedentação dos animais.

Em se tratando da escolha da palma como fonte de forragem animal, há que se entender que esta espécie detém características fisiológicas que exigem conhecimentos técnicos de manejo para que seu cultivo não cause problemas socioeconômicos e/ou ambientais. Neste sentido, algumas pesquisas em relação ao cultivo de palma forrageira apontam como possíveis problemas:

- 1) Perdas de produção em virtude de questões fitossanitárias (fungos e pragas), especialmente a Cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockrell). Todavia, este cenário tem mudado em virtude da utilização de variedades resistentes à cochonilha, dentre elas a Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia*) e a Miúda -*Nopalea* (Ferraz, 2018).
- 2) Altos custos na compra de cladódios/raquetes de palmas resistentes à cochonilha do carmim (Mota et al., 2020). Segundo estes autores, a solução para este problema é a produção de cladódios através do seu fracionamento, o que aumentará a oferta para produzir sementeiras;

- 3) A palma forrageira detém grande número de espinhos, o que tem causado problemas de manejo – corte e transporte, assim como tem promovido problemas para ingestão alimentar dos animais, em função de casos de “agulhadas”. Todavia, estes problemas podem ser resolvidos com uso de equipamentos – luvas espessas e facas afiadas - e retirar os espinhos maiores (Gomes; Filho, 2024).
- 4) A palma forrageira apresenta baixo teor de matéria seca -MS, além de baixos teores de proteína (PB) e fibra. À vista disso, Marques et al. (2017), ao compararem as composições químicas da palma forrageira, do milho e do sorgo (Tabela 7), observaram que as palmas forrageiras apresentaram menores teores de MS, PB e fibras. Todavia, a solução para esta problemática se dá através da complementação alimentar com outras espécies forrageiras, a exemplo da gliricídia que é rica em proteínas e fibras (Andrade et al., 2015).

Tabela 7 - Composição química de três cultivares de palma forrageira (Gigante, Redonda e Miúda) e das silagens de milho e sorgo.

**Tabela 4 – Composição química de três cultivares de palma forrageira (Gigante, Redonda e Miúda) e das silagens de milho e sorgo**

| Autores                              | Forragem | MS (%) | PB (%) | FDN (%) | CNF (%) |
|--------------------------------------|----------|--------|--------|---------|---------|
| Ramos <i>et al.</i> (2011)           | Gigante  | 9,15   | 4,5    | 27,53   | 52,04   |
| Araújo <i>et al.</i> (2004)          | Gigante  | 7,62   | 4,53   | 27,69   | 55,63   |
| Frei Paulo (2011)                    | Redonda  | 6,07   | 5,21   | 27,05   | 46,79   |
| Santos <i>et al.</i> (1989)          | Redonda  | 16,56  | 2,55   | -       | -       |
| Frei Paulo (2011)                    | Miúda    | 7,76   | 9,64   | 32,81   | 42,27   |
| Araújo (2002)                        | Miúda    | 13,08  | 3,34   | 16,60   | 71,17   |
| Valadares Filho <i>et al.</i> (2006) | Várias   | 10,20  | 4,95   | 32,06   | 57,29   |
| Valadares Filho <i>et al.</i> (2006) | S. Sorgo | 30,82  | 6,69   | 61,44   | 25,04   |
| Valadares Filho <i>et al.</i> , 2006 | S. Milho | 30,92  | 7,96   | 55,41   | 34,39   |

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; CNF = carboidrato não fibroso; S. Milho = silagem de milho; S. Sorgo = silagem de sorgo

Fonte: Marques et al. (2017).

É oportuno lembrar que mesmo não apresentando alto valor de proteína bruta, a palma torna-se de suma importância por possuir boa concentração de carboidrato não fibroso-CNF - o que denota uma vantagem nutricional, pois facilita a absorção dos

carboidratos no rúmen (Marques et al., 2017). Além disso, a palma forrageira detém muitos pontos positivos:

- 1) A palma forrageira é uma cactácea que se adapta a longos períodos de estiagem devido à sua elevada eficiência no uso de água em função de seu Metabolismo Ácido das Crassuláceas-CAM, que se configura em um mecanismo de alta eficiência no uso de água, além de apresentar uma abertura estomática noturna que possibilita tanto a redução da perda de água por transpiração, quanto promove a fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico (Lima et al., 2019). Segundo estes autores, a palma detém uma eficiência no uso da água de até dez vezes mais do que nas plantas de mecanismo C3, como feijão e soja, as quais gastam muita energia no processo de fotorrespiração;
- 2) A palma é um grande reservatório de água. Segundo Ferraz (2018), trata-se de uma planta suculenta capaz de armazenar grande quantidade de água em seus tecidos, apresentando cerca de 90% de água em sua fisiologia, ou seja, 900g/kg de massa fresca. Esta característica da palma a torna essencial para a dessedentação animal, especialmente durante os períodos de estiagem quando a oferta de água em açudes/reservatórios é reduzida.
- 3) A palma forrageira apresenta grande quantidade de minerais: cerca de 20% do peso dos cladódios de palma, ou seja, 200g de matéria mineral para cada kg de massa verde (Malainine et al., 2003). Esta característica faz da palma um recurso forrageiro imprescindível para a boa alimentação dos animais, especialmente por apresentar grande quantidade de carboidratos e de minerais como cálcio e potássio (Sáenz et al., 2010; Dubeux et al., 2017);
- 4) A palma apresenta alta digestibilidade. Segundo Frota et al. (2015) a palma apresenta valores elevado de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, chegando a um percentual ente 74%. Isto facilita a digestão animal e, consequentemente, melhora a sua nutrição;
- 5) A produção de palma forrageira reduz a pressão/desmatamento de animais sobre a vegetação nativa, notadamente a Caatinga. Nesta perspectiva, Araújo Filho (2013) afirma que os recursos forrageiros das pastagens da Caatinga se revestem de uma capacidade em torno de 10 a 12 ha/animal/ano, o que é insuficiente para uma criação intensiva de animais, especialmente durante o período de estiagem anual. Logo, o cultivo da palma torna-se salutar para suprir a necessidade alimentar dos animais e,

consequentemente, para diminuir a pressão/degradação ambiental da vegetação nativa em função da pastagem animal

Em suma, a utilização da palma forrageira na alimentação animal é particularmente importante em função da sua elevada concentração de água – o que favorece a hidratação animal; da alta digestibilidade de matéria seca, e de sua elevada produtividade em ambientes semiáridos (Ferraz, 2018).

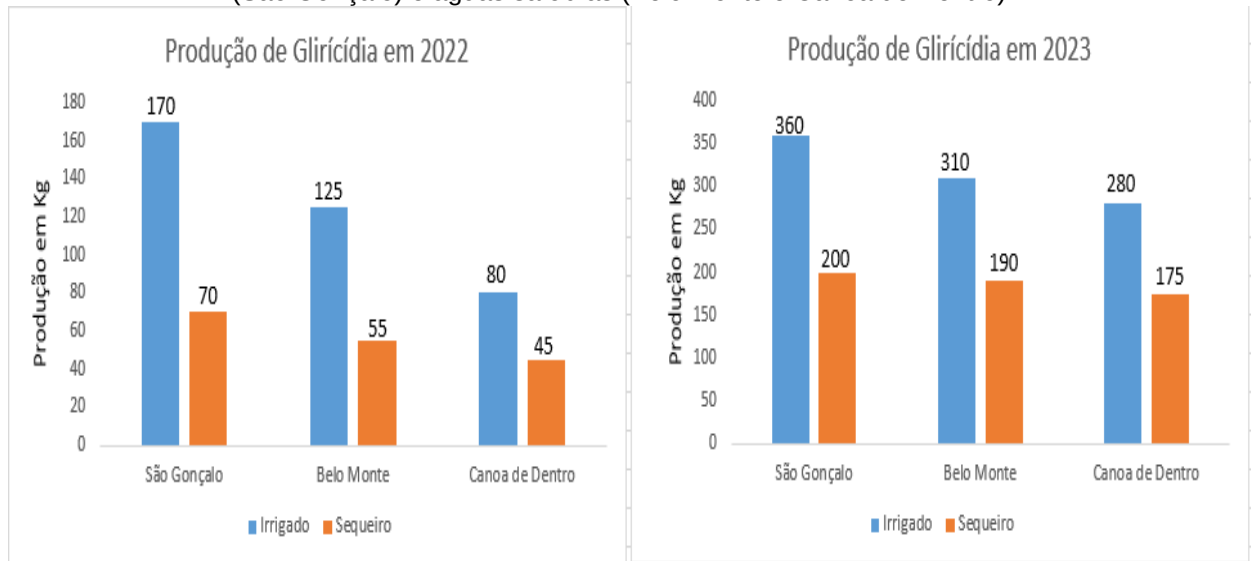
Por fim, sabendo-se que a palma é uma importante fonte de água para a dessedentação animal, porém apresenta baixo teor de matéria seca (Marques et al., 2017), torna-se importante a complementação alimentar com outras espécies forrageiras, a exemplo da gliricídia, que é rica em proteínas e fibras (Andrade et al., 2015). Diante dessa assertiva, o presente trabalho irá discutir, a seguir, a produtividade e benefícios do plantio da gliricídia para a produção de forragem.

#### **4.2.3 Produtividade da gliricídia submetida aos tratamentos em sequeiro, e irrigados com águas salobras e residuárias**

No tocante à produção de gliricídia obteve-se um aumento percentual significativo quando se comparam as produções do referido cultivo em condições de sequeiro e irrigado (Figura 37 e Tabela 8). Neste sentido, observa-se que:

- a) No primeiro corte, em 2022, obtiveram-se: i) São Gonçalo: um aumento percentual de 142%; ii) Belo Monte: um aumento de 127%; e iii) Canoa de Dentro: um aumento de 77%.
- b) No segundo ano de corte, 2023, obtiveram-se: i) São Gonçalo: um aumento percentual de 80%; ii) Belo Monte: um aumento de 63%; e iii) Canoa de Dentro: um aumento de 60%.

Figura 37: Produtividade de gliricídia submetida aos tratamentos em sequeiro, com águas residuárias (São Gonçalo) e águas salobras (Belo Monte e Canoa de Dentro).



Fonte: elaboração própria

Tabela 8 - Análise estatística da produtividade de gliricídia submetida aos tratamentos em sequeiro e com águas residuárias e salobras.

| RESUMO      | Contagem | Soma | Média    | Variância |
|-------------|----------|------|----------|-----------|
| São Gonçalo | 2        | 800  | 400      | 33800     |
| Belo Monte  | 2        | 680  | 340      | 18050     |
| Canoa       | 2        | 580  | 290      | 9800      |
| Sequeiro    | 3        | 735  | 245      | 625       |
| Irrigado    | 3        | 1325 | 441,6667 | 7258,333  |

**ANOVA: Gliricídia: Sequeiro X Irrigado**

| Fonte da variação   | SQ       | gl | MQ       | F        | valor-P  | F crítico |
|---------------------|----------|----|----------|----------|----------|-----------|
| Localidades         | 12133,33 | 2  | 6066,667 | 3,33945  | 0,230444 | 19        |
| Sequeiro X Irrigado | 58016,67 | 1  | 58016,67 | 31,93578 | 0,029915 | 18,51282  |
| Erro                | 3633,333 | 2  | 1816,667 |          |          |           |
| Total               | 73783,33 | 5  |          |          |          |           |

**Teste de Tukey**

|               |              |
|---------------|--------------|
| QMR = 1816,67 | Dms = 113,20 |
| Nº Tra = 2    |              |
| GL = 5        |              |
| Rep = 3       |              |
| q = 4,6       |              |

| Sequeiro X Irrigado | Média  | Média    | Modulo | letras |
|---------------------|--------|----------|--------|--------|
| Sequeiro            | 245,00 | 441,6667 | 196,67 | a      |
| Irrigado            |        |          |        | b      |

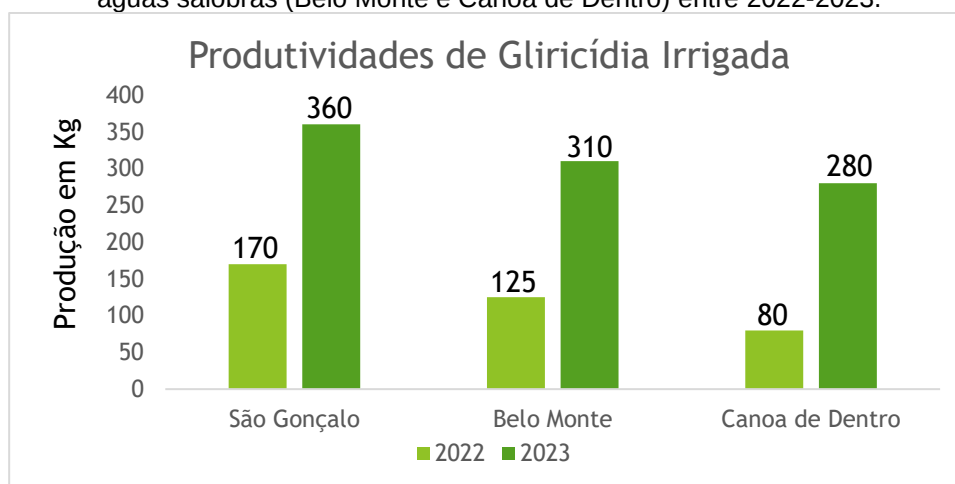
\* As médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si e são significativas ao nível de 5% de probabilidade ( $p < .05$ ).

\*\*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Diante dos dados expostos na Figura 37, percebe-se que em 2022, a produção adquirida com a irrigação foi, em média, 115% maior que a produção em sequeiro. Já para 2023, o aumento percentual da irrigação em relação à produção em sequeiro permaneceu alto: um aumento médio de 67%. Em suma, ao analisar os dados da Figura 37 e da Tabela 8 (que apresentam médias com letras diferentes e, consequentemente, significância a 5% de probabilidade nos testes Anova e de Tukey), pode-se deduzir que os cultivos irrigados produzem mais que cultivos em sequeiro em função da maior oferta de água às plantas.

Quando se comparam apenas as produções de gliricídias adquiridas com irrigação nos anos de 2022 e 2023 (Figura 38 e Tabela 9), observa-se que: São Gonçalo houve um aumento percentual de 111% durante o período analisado; Belo Monte, um aumento de 148% de um ano para o outro; e Canoa de Dentro, um aumento percentual de 250%. Isto ocorreu possivelmente em virtude de no primeiro ano (2022), as plantas terem gasto muita energia para o enraizamento e estruturação caular. Neste sentido, Silva (2015) afirma que: no manejo de corte de gliricídia recomenda-se deixar as plantas se desenvolverem durante o primeiro ano sem efetuar cortes, o que permitirá um bom enraizamento, dando condições para que a planta tenha uma boa capacidade de rebrota e de cortes periódicos nos anos seguintes.

Figura 38 - Produtividade de gliricídia submetida à irrigação de águas residuárias (São Gonçalo) e águas salobras (Belo Monte e Canoa de Dentro) entre 2022-2023.



Fonte: Elaboração própria

Tabela 9 - Análise estatística da produtividade de gliricídia submetida à irrigação de águas residuárias (São Gonçalo) e águas salobras (Belo Monte e Canoa de Dentro) entre 2022-2023.

| Data       | São Gonçalo | Belo Monte | Canoa |
|------------|-------------|------------|-------|
| 10/04/2022 | 170         | 125        | 80    |
| 10/04/2023 | 360         | 310        | 280   |

ANOVA: Gliricídia Residuária X Salobra

| Fonte da variação    | SQ          | gl | MQ          | F           | valor-P     | F crítico   |
|----------------------|-------------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Anos                 | 55104,16667 | 1  | 55104,16667 | 1889,285714 | 0,000528881 | 18,51282051 |
| Residuária X Salobra | 7258,333333 | 2  | 3629,166667 | 124,4285714 | 0,007972665 | 19          |
| Erro                 | 58,33333333 | 2  | 29,16666667 |             |             |             |
| Total                | 62420,83333 | 5  |             |             |             |             |

Teste de Tukey

|             |             |
|-------------|-------------|
| QMR = 29,17 | Dms = 17,57 |
| Nº Tra = 3  |             |
| GL = 5      |             |
| Rep = 2     |             |
| q = 4,6     |             |

| Residuária X Salobra |            | Média  | Média | Modolo | Letras |   |
|----------------------|------------|--------|-------|--------|--------|---|
| São Gonçalo          | Belo Monte | 265,00 | 217,5 | 47,5   | a      | b |
| São Gonçalo          | Canoa      | 265,00 | 180   | 85     | a      | c |
| Belo Monte           | Canoa      | 217,5  | 180   | 37,5   | b      | c |

| Anos       |            | Média  | Média  | Modolo | letras |   |
|------------|------------|--------|--------|--------|--------|---|
| 10/04/2022 | 10/04/2023 | 125,00 | 316,67 | 191,67 | a      | b |

\* As médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si e são significativas ao nível de 5% de probabilidade ( $p < .05$ ).

\*\*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Analisando os dados expostos na Figura 38, e tratados estatisticamente na Tabela 9, há que se observar que São Gonçalo (que detém irrigação com águas residuárias) obteve uma maior produção de gliricídia em relação às produtividades de Belo Monte e Canoa de Dentro, as quais detiveram irrigação com águas salobras. Assim, os testes de Anova e Tukey (que apresentou significância a 5% em virtude das letras diferenciarem-se entre si) comprovaram a tese de que a irrigação com águas residuárias aumenta a oferta de nutrientes para as plantas, o que favoreceu um crescimento maior na produtividade das gliricídias. Nesta perspectiva, Freitas (2020), ao analisar as produtividades de gliricídia com águas salinas e com efluentes dotados de matéria orgânica, afirma que a produção de gliricídia com efluentes ricos em matéria orgânica torna-se maior que a produção adquirida com o uso água salina, pois as águas residuárias possibilitam uma maior oferta de nutrientes ao sistema solo/planta.

Ao analisar a produtividade - kg/hectare/ano - de gliricídia, para a área da parcela irrigada (180m<sup>2</sup> ou 0,018ha), obtiveram-se: i) São Gonçalo produziu em média 265

kg/ano, o que equivale 14.722 kg/ha/ano; ii) Belo Monte, 217,5 kg/ano, valor equivalente a 12.083 kg/ha/ano; iii) Canoa de Dentro, 180 kg/ano, o que corresponde a 10.000 kg/ha/ano. Tais dados estão condizentes com os encontrados por Freitas (2020), que utilizando água salobra atingiu 33,629 kg/ha/ano; e a irrigação com água residuária produziu 46,842 kg/ha/ano. Mas cabe ressaltar que estas produtividades atingidas por Freitas (2020) só foram alcançadas com três cortes anuais, enquanto a produtividade na presente pesquisa foi contabilizada apenas com um corte anual. Noutras palavras, caso houvesse realizado os três cortes anuais das gliricídias, estima-se que a produtividade seria: para São Gonçalo, irrigação com águas residuárias, uma produtividade de 44.166 kg/ha/ano; em Belo Monte, teria uma produção de 36.249 kg/ha/ano; e Canoa de Dentro, iria deter uma produtividade de 30.000 kg/ha/ano.

Finalmente, sabe-se que a gliricídia é uma espécie que possibilita produção de forragem rica em proteínas, além de possibilitar inúmeros benefícios socioeconômicos e ambientais (Rodrigues, 2023). Diante disso, pretende-se discutir, a seguir, sobre a importância e benefícios da gliricídia para agropecuária.

#### **4.2.4 Gliricídia: características e benefícios de seu cultivo**

Diante do cenário de escassez hídrica no semiárido brasileiro, um dos maiores problemas socioeconômicos locais é a perda da produtividade de forragem e, consequentemente, a mortandade de animais por fome e falta de água (Oliveira Júnior et al., 2018).

Como solução à problemática citada anteriormente, tem-se o uso de práticas agrícolas que envolvem o cultivo de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro. Neste universo, tem-se o plantio de gliricídia como importante fonte alimentar, pois ela é uma espécie que se adapta bem às condições edafoclimáticas no semiárido nordestino, e tem grande importância para a alimentação animal por se tratar de uma leguminosa com elevados valores de proteína bruta (Neto et al., 2018).

A gliricídia é uma leguminosa perene, de porte arbóreo, com rápido crescimento/rebrota, e apresenta enraizamento profundo, características estas que contribuem para sua adaptabilidade ao período de estiagem (Rodrigues, 2023). Este autor ressalva, ainda, que a gliricídia apresenta vários benefícios socioeconômicos e ambientais, dentre eles: alto interesse econômico devido à adubação verde, fixação

biológica de nitrogênio, reflorestamento de áreas degradadas, e uso como cerca viva; permite a ciclagem de nutrientes e melhoria das condições físicas e biológicas do solo; além de ser uma espécie bem-vinda nos sistemas agrossilvipastoris e de produção de forragem.

No semiárido nordestino, a gliricídia tem se destacado como uma planta forrageira que pode ser introduzida na alimentação animal, pois possui um bom teor proteico que pode chegar até 30% de proteína bruta (Silva et al., 2019).

Somado ao exposto anterior, sabe-se que a gliricídia é uma leguminosa capaz de aumentar a umidade e fertilidade do solo com a fixação de nitrogênio no solo (Liingilie, 2019). Segundo este autor, ao analisar o plantio consorciado de gliricídia e milho, na Tanzânia, observou que a gliricídia aumentou a umidade e fertilidade do solo, o que contribuiu para uma maior produtividade de milho. Diante disso, pode-se inferir que a gliricídia é uma boa alternativa para o plantio consorciado com outras espécies forrageiras, a exemplo da palma introduzida neste trabalho.

Em suma, a gliricídia é uma leguminosa resistente à seca que funciona como uma importante fonte de proteína de baixo custo, características estas que a faz se configurar como uma espécie de alto valor nutricional para alimentação animal (Neto et al., 2018). Dessa forma, denota-se que a gliricídia, assim como a palma, são espécies importantes para a promoção de forragem animal em regiões semiáridas, pois elas se adaptam às condições edafoclimáticas locais e possibilitam altos valores proteicos aos animais.

Por fim, sabe-se que mesmo a palma e a gliricídia destacando-se como espécies adaptadas às condições semiáridas, torna-se significativa, quando possível, a irrigação suplementar nos períodos de estiagem. Nesta perspectiva, Silva et al. (2014) e Santos et al. (2020d) afirmam que o uso de águas salobras ou residuárias têm sido uma estratégia para aumentar a produção de forragem animal, mas é importante lembrar que é indispensável o entendimento dos possíveis problemas ocasionados pelas práticas inadequadas de irrigação com águas salobras e residuárias. Diante desta assertiva, será discutido, a seguir, sobre os benefícios e possíveis problemas advindos das práticas de irrigação com águas salobras e residuárias.

### 4.3 BENEFÍCIOS E PROBLEMAS SOCIAIS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS ADVINDOS DO USO DE ÁGUAS SALOBRAS E RESIDUÁRIAS NA IRRIGAÇÃO E PRODUÇÃO DE FORRAGEM ANIMAL

#### 4.3.1 Águas salobras na irrigação: importância, problemas e benefícios

A escassez hídrica periódica no semiárido brasileiro reduz a produção agrícola. Assim, percebe-se que, para que haja a permanência da agricultura no semiárido, torna-se indispensável o uso eficiente dos recursos hídricos disponíveis localmente, mesmo que estes recursos não dispunham de boa qualidade (Pinheiro et al. 2017). Como reforço a este ponto de vista, Santos & Brito (2016) afirmam que nas regiões semiáridas brasileiras a má distribuição espacial e temporal das chuvas, em conjunto com a escassez hídrica, têm levado produtores ao uso de água de poços com alto nível de salinidade.

Santos et al. (2020a) confirmam que é necessário o uso de águas salinas para subsidiar tanto a baixa disponibilidade hídrica, quanto a alta demanda por água nos cultivos agrícolas.

Ao analisar os possíveis problemas frente ao uso de águas salobras na irrigação, observou-se que a maior preocupação, por parte dos agricultores, está relacionada à possível salinização do solo, o que condicionaria uma queda em sua fertilidade e, conseqüentemente, diminuiria a produtividade agrícola. Neste sentido, Guedes Filho et al. (2013) afirmam que: quando técnicas inadequadas de irrigação com águas salobras promovem a salinização do solo, pode-se obter, como resultado, mudanças nos processos fisiológicos das espécies vegetais, o que poderá comprometer o crescimento e desenvolvimento das plantas; ou ainda, a salinização pode promover impactos sociais e repercussões econômicas negativas através da perda no rendimento das culturas, além de contribuir para o abandono de terras agrícolas (Benslama et al., 2020).

A salinização do solo provoca vários problemas para as plantas, pois os sais promovem tanto uma redução na disponibilidade hídrica no solo, o que reduz o potencial de água nas folhas, como também condiciona uma perda de turgescência e fechamento estomático, o que vai acarretar alterações na produção de biomassa (Munns; Tester, 2008).

Diante da ressalva anterior, a presente pesquisa analisou, anualmente, os elementos químicos presentes nos solos (Tabela 10) irrigados com águas salobras.

Neste sentido, foram analisados os solos das áreas experimentais de Belo Monte e Canoa de Dentro, que utilizaram águas salobras para irrigar cultivos de palma e gliricídia.

Tabela 10 - Elementos químicos dos solos coletados nas áreas de Belo Monte e Canoa de Dentro

| <b>Características Químicas</b>                | <b>Belo Monte</b> |             | <b>Canoa de Dentro</b> |             |
|------------------------------------------------|-------------------|-------------|------------------------|-------------|
|                                                | <b>2022</b>       | <b>2023</b> | <b>2022</b>            | <b>2023</b> |
| pH (Extrato de Saturação)                      | 6,54              | 6,47        | 5,45                   | 6,58        |
| Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação) | 1,05              | 0,35        | 1,9                    | 0,37        |
| Cloreto (meq/l)                                | 10,5              | 1,75        | 17,5                   | 2,5         |
| Carbonato (meq/l)                              | 0                 | 0           | 0                      | 0           |
| Bicarbonato (meq/l)                            | 0,5               | 0,8         | 0,8                    | 1           |
| Sulfato (meq/l)                                | Ausente           | ausente     | ausente                | ausente     |
| Cálcio (meq/l)                                 | 5                 | 0,75        | 5,5                    | 1           |
| Magnésio (meq/l)                               | 1,12              | 0,88        | 2,87                   | 0,5         |
| Potássio (meq/l)                               | 0,28              | 0,02        | 0,49                   | 0,1         |
| Sódio (meq/l)                                  | 4,61              | 0,87        | 10,78                  | 1,35        |
| Percentagem de Saturação                       | 25                | 26,67       | 23,33                  | 23,33       |
| Relação de Adsorção de Sódio                   | 2,64              | 0,96        | 5,27                   | 1,56        |
| PSI                                            | 2,56              | 0,16        | 6,11                   | 1,03        |
| Salinidade                                     | Não salino        | Não salino  | Não salino             | Não salino  |

Fonte: Elaboração própria

Analisando os dados expostos na Tabela 10 observa-se que houve uma diminuição na presença de sais/elementos químicos no solo, especialmente no tocante ao cloreto, sódio, cálcio, magnésio e potássio. Esta redução da salinidade do solo pode estar relacionada às precipitações durante o período (613mm em 2022; e 534mm em 2023), as quais podem ter lixiviado os sais para camadas mais profundas. Neste sentido, Pedrotti et al. (2015) ressaltam que os sais podem ser carreados para horizontes inferiores, mediante percolação, e então depositados nas águas subsuperficiais, ou levados às áreas distantes por escoamento superficial.

Acredita-se, ainda, que a oferta de uma pequena lâmina de irrigação (1 litro, por semana, para cada indivíduo de palma/gliricídia, ou seja, 48 litros/indivíduo/ano = 115mm/m<sup>2</sup>/ano) contribuiu para que não houvesse a salinização dos solos. Para corroborar com esta assertiva, Santos & Brito (2016) afirmam que o controle racional da lâmina de irrigação é de suma importância para que não ocorra a salinização do solo.

Diante do mencionado, e tendo em vista que o uso de águas salinas pode causar problemas, torna-se necessária a avaliação criteriosa de possíveis impactos como salinização do solo, e toxicidade por íons específicos (Santos; Brito, 2016). Logo, recomenda-se que na ocasião de irrigação de palma/glicíndia com águas salobras, deve-se realizar uma oferta mínima de água para atender as necessidades hídricas das plantas, pois ofertar grande quantidade de água às plantas diminui seu desenvolvimento (Bajgain et al., 2015), e incremento hídrico de irrigação acima de 1096mm/ano não contribui para maior produtividade (Queiroz et al., 2015), especialmente as cactáceas que detêm baixo consumo de água revelando que o acréscimo de irrigação não contribuiu para aumentar o rendimento da cultura (Silva et al., 2014).

É oportuno lembrar que havendo a salinização do solo por eventual irrigação com águas salobras, existem estratégias para inibir os problemas, dentre eles: o uso de plantas extratoras de sais; uso do gesso agrícola para correção da acidez do solo; e o uso de técnicas para melhorar a drenagem do solo, o que poderá recuperar áreas degradadas pelo excesso de sais (Pedrotti, et al., 2015).

Neste momento, é de suma importância entender que o uso de águas salobras pode favorecer a economia de água de boa qualidade, o que auxiliará na sustentabilidade deste recurso natural; promove a obtenção de produção agrícola sem promover alterações significativas das características bromatológicas; além da redução de custos com a alimentação animal (Silva et al., 2014a).

Por fim, mesmo existindo riscos de existir problemas relacionados ao uso de águas salobras, sabe-se que esta prática é indispensável para promover a produtividade agrícola no semiárido, pois as águas salobras reduzem o consumo de águas doces, aumentam a produtividade agrícola sem grandes impactos negativos (Neves et al., 2015), e podem condicionar benefícios socioeconômicos e ambientais, a saber: geração de trabalho e renda; e pode contribuir para o combate à desertificação, e aumento da disponibilidade de forragem para os animais, o que diminui a necessidade de desmatamento de outras espécies (Silva, 2017).

#### 4.3.2 Uso de águas residuárias na irrigação: importância, problemas e benefícios

Atualmente, a água é recurso natural que está se tornando cada vez mais escasso, especialmente em regiões semiáridas. No Brasil, notadamente no semiárido nordestino, há escassez de água em função de eventos de seca, os quais se estima serem intensificados pelas mudanças climáticas neste século (Ferraz, 2018).

Diante do exposto, sabe-se que o uso de esgoto tratado no setor agrícola tem sido uma prática comprovadamente útil para mitigar o déficit hídrico e, com isso, tem promovido benefícios à sociedade e ao meio ambiente (Ferreira et al., 2020).

Jesus et al. (2020) afirmam que diversas culturas podem ser irrigadas com águas residuárias tratadas, mas que ainda existem muitos problemas relacionados a esta prática: origem dos efluentes, eficiência dos tratamentos, e problemas no tocante às técnicas de aplicação e manejo agrícolas. Somado a estes problemas, existem outros pontos negativos da irrigação com águas residuárias, a saber:

- 1) **Riscos à saúde:** as águas residuárias, sem tratamento, contêm agentes patógenos – bactérias, vírus, protozoários e helmintos – que podem causar doenças aos produtores através do processo de irrigação (Lucena et al., 2018). Todavia, é imprescindível que se entenda: as águas residuárias podem ser utilizadas de forma irrestrita na agricultura, mas para tanto, é indispensável seu tratamento pelas Estações de Tratamento de Esgoto – ETE (Costa et al., 2020) e, especialmente, utilizando sistema de irrigação localizada (Cunha et al., 2020). Neste sentido, durante as pesquisas foram realizados tanto o tratamento das águas residuárias através das lagoas de estabilização; quanto o uso de irrigação localizada com a técnica de irrigação por gotejamento. Tais práticas mitigaram os riscos de doenças por contato direto com águas residuárias.
- 2) **Entupimento do sistema de irrigação:** o sistema de gotejamento como técnica de irrigação com águas residuárias tem promovido problemas relacionados ao entupimento – por partículas suspensas - dos gotejadores e das fitas de irrigação, o que tem diminuído a oferta de água às plantas e, conseqüentemente, afetado a produtividade. Porém, os problemas correlacionados ao entupimento do sistema de irrigação podem ser solucionados com práticas como: monitoramento do escoamento turbulento - fluxo de efluentes – e das fitas e gotejadoras; aumento dos orifícios de saída de água, além da técnica de

“flushing”, que consiste em abrir as linhas laterais do sistema de irrigação e liberar a passagem de água limpa para remover partículas sólidas (Jesus et al., 2020). Segundo estes autores, o sistema de irrigação por gotejamento é de grande valia e apresenta vantagens com alta uniformidade e eficiência de aplicação, reduz perdas de água por evaporação, e evita a dispersão de aerossóis ou contaminantes presentes nos efluentes. Diante disso, optou-se pelo sistema de irrigação localizada, por gotejamento, para diminuir perdas de água, além de mitigar riscos com a possível aspersão de agentes patógenos sobre os cultivos. Ressalva-se, ainda, que durante as pesquisas, o sistema de gotejamento foi monitorado através de observações periódicas, e houve a abertura de orifícios maiores para desobstrução de eventuais entupimentos das fitas gotejadoras.

- 3) **Falta de informação e preconceito sobre o uso de águas residuárias;** o uso de águas residuárias pode ter sua difusão dificultada pela falta de conhecimento da população frente à prática de uso de águas residuárias para fins agrícolas (Costa et al., 2021), ou ainda, pelo preconceito: muitos não utilizam águas residuárias na irrigação de cultivos pois julgam-nas como águas sujas, causadoras de doenças e de odores. Neste sentido, sabe-se que o odor é proveniente da geração do gás sulfídrico produzido pelo sulfeto de hidrogênio quando da ação de microrganismos (Ribeiro, 2021), e pode ser controlado através de métodos como biofiltros, ou por sistema anaeróbico em fase líquida (Ferreira et al., 2020). Por fim, é urgente fomentar o acesso da população aos conhecimentos do uso de águas residuárias na agricultura. Para tanto, é notório a importância de se obter avanços nas pesquisas com águas residuárias, o que contribuirá para um melhoramento da legislação brasileira e, principalmente, para favorecer segurança ao agricultor e consumidor de produtos advindos da irrigação com águas residuárias (Jesus et al., 2020).
- 4) **Salinização do solo:** o uso indiscriminado de águas residuárias, que contêm compostos tóxicos orgânicos e inorgânicos, pode causar a salinização do solo (Costa et al., 2020), o que poderá causar alterações nas características químicas e físicas dos solos, diminuindo o crescimento das plantas, especialmente em função do aumento do potencial osmótico e toxidez indireta de determinados elementos (Pedrotti et al., 2015).

Analisando o possível aumento da salinidade do solo em função do uso das águas residuárias, foram realizadas, anualmente, análises de solo do experimento em São Gonçalo (Tabela 11), o qual utilizava o sistema de irrigação pautado no uso de águas residuárias.

Ao analisar os dados expostos na Tabela 11 observa-se que houve uma redução em todos os elementos químicos, exceto o cloreto e sódio, os quais dobraram sua presença no solo e, contribuíram para um aumento na condutividade elétrica.

Tabela 11 - Análise química do solo no experimento em São Gonçalo.

| <b>Características Químicas</b>                | <b>São Gonçalo</b> |             |
|------------------------------------------------|--------------------|-------------|
|                                                | <b>2022</b>        | <b>2023</b> |
| pH (Extrato de Saturação)                      | 7,6                | 6,8         |
| Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação) | 0,64               | 0,95        |
| Cloreto (meq/l)                                | 2,75               | 7,75        |
| Carbonato (meq/l)                              | 0                  | 0           |
| Bicarbonato (meq/l)                            | 2,5                | 0,9         |
| Sulfato (meq/l)                                | ausente            | Ausente     |
| Cálcio (meq/l)                                 | 2,25               | 1,38        |
| Magnésio (meq/l)                               | 2,12               | 0,37        |
| Potássio (meq/l)                               | 0,75               | 0,18        |
| Sódio (meq/l)                                  | 3,06               | 7,22        |
| Percentagem de Saturação                       | 36,67              | 33,33       |
| Relação de Adsorção de Sódio                   | 2,07               | 7,72        |
| PSI                                            | 1,76               | 0,16        |
| Salinidade                                     | Não salino         | Não salino  |

Fonte: Elaboração própria

Ao analisar a Razão de Adsorção de Sódio -RAS, que verifica relação entre o teor de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio, percebe-se que houve um aumento na RAS, talvez em função da água residuária utilizada na irrigação apresentar maiores teores de cloreto e sódio (Tabela 11) em relação à oferta de cálcio e magnésio.

Avaliando o aumento de cloreto, sódio e RAS, pode-se inferir que houve um pequeno aumento da salinidade do solo, mas não o suficiente para o classificá-lo como um solo salinizado. Neste sentido, basta observar que a condutividade elétrica – 0,64 mmhos/cm – é baixa e encontra-se dentro dos padrões legais (<4 mmhos/cm, ou 4 dS m<sup>-1</sup>), o que o classifica como solo não-salino (Sobral et al., 2015).

Segundo Matos et al. (2014), alguns solos podem receber águas com RAS e alta condutividade elétrica, sem sofrer sodificação expressiva. Além disso, Tavares et al.

(2021) sugerem que é possível reduzir a RAS e mitigar possíveis efeitos de sodificação/salinização, através da irrigação com águas de boa qualidade, ou utilizar plantas menos sensíveis a salinidade.

Como justificativa para que os solos irrigados com águas salobras e residuárias não tenham sido salinizados, têm-se duas hipóteses:

- 1) Ofertaram-se, nesta pesquisa, pequenas lâminas de água na irrigação - 4 litros/espécie/mês, o que denota baixa oferta de sais ao solo. Tal proposta objetivou ofertar água de acordo com a demanda das plantas, pois estudos comprovam que excesso de água inibe o desenvolvimento das plantas (Bajgain et al., 2015); e
- 2) As precipitações durante o período – 1147mm entre 2022-2023) podem ter lixiviado os sais para níveis mais profundos do solo, pois é possível a lixiviação dos sais em função das chuvas ou da oferta de irrigação com água de boa qualidade (Silva et al., 2022).

Resumidamente, os dados das análises químicas dos solos, realizadas em 2022 e 2023, demonstram que: houve redução de elementos químicos (bicarbonato, cálcio, magnésio, potássio) e redução do pH; mas, houve um pequeno aumento de cloreto e sódio, o que condicionou aumentos na condutividade elétrica e na RAS. Dessa forma, é louvável a realização frequente de análises de solos para identificar possíveis problemas relacionados à salinização do solo e, conseqüentemente, promover ações para mitigar os possíveis problemas.

Neste momento, torna-se oportuno ressaltar que a irrigação com águas residuárias possibilita inúmeros benefícios sociais, econômicos e ambientais (Lucena et al., 2018), dentre eles:

- 1) Possibilita uma maior oferta de água às plantas, especialmente nos períodos de estiagem, o que contribui para permanência anual dos cultivos e reduz riscos referentes à mortandade das plantas, pois o estresse hídrico promove redução da área foliar da planta, fechamento dos estômatos, assim como senescência acelerada (Tombesi et al., 2018).
- 2) Aumenta a produtividade anual, pois a irrigação com água residuária possibilita maior oferta de nutrientes às plantas, condicionando assim um maior desenvolvimento das espécies.
- 3) Redução do lançamento de efluentes em corpos hídricos, o que contribui para reduzir a poluição e melhorar a qualidade das águas; para reduzir a

captação/supressão das águas de mananciais; além de aumentar a oferta de água para abastecimento público;

- 4) Geração de emprego e renda no campo, o que diminuirá o fenômeno do êxodo rural;
- 5) Aumento da competitividade do setor agrícola e melhoria no reconhecimento da importância do uso de águas residuárias para aumentar a produção agropecuária;
- 6) O uso de águas residuárias possibilitam economia no uso de fertilizantes no solo e proporcionam mesma quantidade de nutrientes ao sistema hidropônico de produção (Albuquerque Júnior et al., 2016).

Tendo em visto o contexto descrito anteriormente, percebe-se que o uso de águas residuárias é uma questão prioritária para os municípios do semiárido, pois elas condicionam uma perspectiva de crescimento local através da segurança hídrica (Lucena et al., 2018).

Por fim, sabendo-se que o êxito do setor agropecuário em regiões semiáridas depende especialmente do uso de irrigação com águas salobras e residuárias para a produção de forragem animal (Pinheiro et al., 2017; Lucena et al., 2018), é de suma importância que se possa investir em pesquisas sobre os benefícios do uso de águas salobras/residuárias na agropecuária, pois os avanços nas pesquisas poderão melhorar a legislação brasileira específica (Jesus et al., 2020) e, conseqüentemente, fomentar informações valiosas sobre o uso sustentável das águas residuárias/salobras para promover o aumento da produção agropecuária.

## 5 CONCLUSÕES

Contemporaneamente, as condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro têm inibido/reduzido a prática de atividades agropastoris em função da escassez hídrica periódica. Diante deste contexto, tornou-se imprescindível tanto a prática da suplementação hídrica através da irrigação com águas salobras e residuárias; quanto a escolha de espécies vegetais adaptadas às condições de semiaridez. Assim, a presente pesquisa analisou, de forma comparativa, a produtividade de palma forrageira e gliricídia em função de três cenários: cultivo em sequeiro; plantio irrigado com águas salobras; e cultivo utilizando águas residuárias.

À luz dos resultados obtidos neste trabalho, pôde-se concluir:

- 1) A análise físico-geográfica, considerando as relações existentes entre os elementos naturais e os aspectos socioeconômicos, demonstraram que o município de Pedra Lavrada-PB apresenta condições edafoclimáticas (baixa precipitação anual, distribuição irregular das chuvas; solos rasos e pedregosos) que limitam a atividade agropastoril, o que torna indispensável o aproveitamento das águas salobras e residuárias disponíveis localmente;
- 2) A produtividade adquirida com o uso de águas salobras e residuárias exprime valores bem maiores que os encontrados através do cultivo em sequeiro. Isso comprova a viabilidade do uso de irrigação com águas salobras/residuárias para aumentar a produção de forragem animal.
- 3) Em se tratando da avaliação, comparativa, da produção adquirida em virtude da irrigação com águas salobras e residuárias, concluiu-se que as águas residuárias possibilitaram uma maior produtividade em relação à irrigação com águas salobras, isso em função das águas residuárias ofertarem uma maior quantidade de elementos químicos – especialmente o NPK – essenciais ao desenvolvimento das cultivares;
- 4) O uso de águas salobras e residuárias promoveu inúmeros benefícios socioeconômicos e ambientais, tais como: a) maior oferta de água às plantas, especialmente nos períodos de estiagem, o que contribui para permanência anual dos cultivos e reduz riscos referentes à mortandade das plantas; b) aumenta a produtividade anual; c) possibilitou maior oferta de nutrientes às plantas; c) reduz o lançamento de efluentes em corpos hídricos, o que contribui para reduzir a poluição e melhorar a qualidade das águas; d) diminui a captação/supressão das águas de mananciais; e)

possibilita a geração de emprego e renda no campo, o que diminuirá o fenômeno do êxodo rural; e f) promove maior umidade do solo e economia no uso de fertilizantes

5) A palma forrageira e a gliricídia são espécies adaptadas às condições edafoclimáticas adversas do semiárido brasileiro, assim como também, atingiram produtividades significativas em função da irrigação com águas ricas em sais dissolvidos;

6) O plantio consorciado de palma e gliricídia mostrou-se notório em função destas espécies promoverem benefícios como: detém grande quantidade de água, o que contribui para a dessedentação animal; constituem-se numa alimentação rica em nutrientes e proteína bruta; e apresentam alta digestibilidade;

7) A irrigação com águas salobras e residuárias não promoveu a salinização do solo, isto em virtude da baixa lâmina de água ofertada (1 litro/espécie/semana), associada à possível lixiviação dos sais pelas precipitações ocorridas no período investigado.

Em suma, pôde-se confirmar as hipóteses iniciais que enunciavam: i) o uso de água residuária possibilita uma maior produção de forragem quando em comparação com irrigação com águas salobras e no estado de sequeiro; ii) mesmo com altos teores de sais dissolvidos, as águas salobras/residuárias podem produzir uma boa quantidade de biomassa em virtude da adaptação de algumas espécies vegetais à salinidade das águas; iii) a salinização do solo pode ser contida com o controle de lâmina de água ofertada na irrigação, pois elimina-se os excessos d'água na irrigação e oportuniza a eficiência hídrica; e iv) o uso de águas salobras e negras na irrigação de alguns cultivares, pode promover benefícios socioeconômicos e ambientais.

É oportuno ressaltar que mesmo diante dos significativos resultados adquiridos neste trabalho, sugere-se que novas pesquisas possam ser realizadas, pois ainda são incipientes os estudos, especialmente os realizados por geógrafos, voltados a avaliar os sistemas produtivos que utilizam águas salobras ou residuárias, ou ainda, determinar a lâmina de irrigação apropriada aos cultivos, o que contribuirá para a mitigar problemas relacionadas à salinização do solo e, conseqüentemente, para promover a sustentabilidade agropecuária.

Por fim, sabe-se que a produção de forragem animal no semiárido brasileiro é limitada pelas condições edafoclimáticas e a irrigação com águas salobras/residuárias podem ser a única solução para atender as demandas de água e contribuir para

aumentar o aporte de forragem para os animais. Dessa forma, conclui-se que é urgente fomentar o acesso da população às informações/conhecimentos do uso de águas salobras e residuárias na agricultura, pois assim, pode-se contribuir para favorecer segurança hídrica necessária para o desenvolvimento da atividade agropastoril em regiões semiáridas.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE JÚNIOR, José Emídio et al. Qualidade de águas residuárias e salobra utilizadas no cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V. 11, Nº 2, p. 19-24, 2016.
- ALBUQUERQUE, S. G.; SANTOS, D. C. Palma Forrageira. In: KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Ed.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semiárido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2005, p. 91-127.
- ALVES, R. N.; FARIAS, I.; MENEZES, R. S. C.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C. DOS. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.
- ANDRADE, B. M. da S., et al. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, v. 11, nº 2, 2015.
- ANDRADE, M.A.N. **Desenvolvimento de lagoas de maturação aquecidas com energia solar visando ao reuso de águas**. Tese de Doutorado (Engenharia sanitária), Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos-SP, 2000.
- ANTUNES, Ramon Junger Ferreira. **Mapeamento geológico e caracterização petrográfica da região de Serra das Flechas, município de Pedra Lavrada-PB**. Relatório (Bacharelado em Geologia), Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1–20, 2016,
- ARAST, M.; ZEHTABIAN, G.; JAFARI, M.; KHOSRAVI, H. SHOJAE, S. Effects of urban wastewater, saline water, and brackish water on some soil properties (case study: qom plain). **Iranian journal of range and desert research**, vol. 23, , nº 3, 2017.
- ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F.V.S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.
- ARAÚJO FILHO, J.A. **Proposta para a implementação do manejo pastoril sustentável da caatinga**. Ministério do Meio Ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, 2013.
- ARAÚJO, G. G. L.; ALBUQUERQUE, S. G.; GUIMARÃES FILHO, C. **Opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no Semiárido do Nordeste**. Embrapa Semiárido - CPATSA. 2006.

ARAÚJO, J.L.; PEREIRA, D.D.; LIRA, E.C.; FÉLIX, E.S.; SOUZA, J.T.A.; LIMA, W.B. **Palma forrageira: plantio e manejo**. Campina Grande-PB, Instituto Nacional do Semiárido - INSA, 2019.

ARCANJO, A. H. M.; SOARES, N. A.; OLIVEIRA, A. R.; PERREIRA, K. A.; ANÉSIO, A.H.C. Silagem de leguminosas: revisão de literatura. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 13, n. 3, p. 4702-4710, 2016.

ARIENZO, M.; CHRISTEN, E. W.; JAYAWARDANE, N. S; QUAYLE, W. C. The relative effects of sodium and potassium on soil hydraulic conductivity and implications for winery wastewater management. **Geoderma**, v.173-174, p.303-310, 2012.

BARRA, O. A. de O. L.; AMARAL, D. N.; SILVA, F. E. de S.; VASCONCELOS, F. P. Aplicação do método hipotético-dedutivo na avaliação das políticas ambientais da zona costeira metropolitana de Fortaleza-Ceará. **Terra Livre**, v. 1, n. 54, p. 542–585, 2020.

BAJGAIN, R.; KAWASAKI, Y.; AKAMATSU, Y.; TANAKA, Y.; KAWAMURA, H.; KEISUKE KATSURA; SHIRAIWA, T. **Biomass production and yield of soybean grown under converted paddy fields with excess water during the early growth stage**. Field Crops Research, v.180, p.221-227, 2015.

BATISTA, M.M.; LAMBAIS, G.R.; SANTOS, S.L. HAANDEL, A.V. Decaimento bacteriano em lagoas de polimento tratando efluentes de reator UASB. **Revista DAE**, v. 69, n. 229, p. 80-90, 2021.

BATISTA, N.L.; SOUZA, B.B. Caprinovinocultura no semiárido brasileiro - fatores limitantes e ações de mitigação. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 01-09, abr - jun, 2015.

BAYÃO, G.L.V; EDVAN, R.L.; CARNEIRO, M.S.S.; FREITAS, N.E.; PEREIRA, E.L.; PACHECO, W.F.; BEZERRA, L.R.; ARAÚJO, M.J. Desidratação e composição química do feno de Leucena (*Leucena leucocephala*) e Gliricidia (*Gliricidia sepium*). **Rev. Bras. Saúde Prod. Animal**, v.17, n.3, p.365-373, 2016.

BENSLAMA, Abderraouf et al. Monitoring the Variations of Soil Salinity in a Palm Grove in Southern Algeria. **Sustainability**, v. 12, 2020.

BEZERRA, A. L.; SILVA, J. A. L.; MARINHO, F. J. L.; LEITE, S. F.; UCHOA, T. G.; VIANA, W. F. Uso de dessalinizadores solar para fornecer água potável para famílias rurais no município de Remígio, Paraíba. **Revista caderno verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, vol. 9, N° 7, 2019.

BRASIL, Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH. **Resolução nº 54, de 2005**. Brasília, 2005. Acessado em: 17 de agosto de 2021. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>.

CÂNDIDO, M. J. D.; GOMES, G. M. F.; LOPES, M. N.; XIMENES, L. J. F. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural Etene**, v. 3, n. 7, p. 1-7, 2013.

CASTRO, F.C. SANTOS, A.M. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. **Revista Mercator**, v. 19, março, 2020.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Pedra Lavrada-PB**. Org. [por] João de Castro Mascarenhas. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Repositório Institucional de Geociências. **Cartas geológica-geofísica: Picuí e Cubati**. Mapeamento geológico-geofísico do Brasil. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18552>. Acessado em: 14 de outubro de 2018.

COSTA, E.D.; SOUZA, S.F.F. MOREIRA, M.F.; LUCENA, R.L. Possibilidade de uso de águas residuárias para o convívio com a seca no semiárido brasileiro: o caso de Serra Negra do Norte/RN. **GEOTemas**, v. 10, n. 2, p. 157-172, maio./ago., 2020.

COSTA, Wesley Cardoso et al. Avaliação de impactos ambientais no reuso de águas residuárias da cafeicultura. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.8, p. 76798-76811, 2021.

CUNHA, D.N.F.V.; GOMES, E.S.; MARTUSCELLO, J.A.; AMORIM, P.L.; SILVA, R.C.; FERREIRA, P.S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.1156-1165, 2012.

CUNHA, L.H.; SILVA, R.A.G. A trajetória da algaroba no semiárido nordestino: dilemas políticos e científicos. **Revista Raízes**, v. 32, n.1, jan-jun, 2012.

CUNHA, Mateus Mayer et al. Tratamento de esgoto na zona rural visando ao reuso agrícola no semiárido brasileiro. *Revista DAE*, São Paulo, v. 69, n 229, pp. 104-114, 2020.

D'ALESSANDRO, E.B.; SAAVEDRA, N.K. Desempenho de uma lagoa de maturação na ete de trindade (go): estudo de caso. **Revista Geoambiente**, n 32, set-dez, 2018.

DANTAS, F.D.G. **Lâminas de saina e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda adensada no semiárido**. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba-RN, 2015.

DAVENPORT, TRB; STANLEY, WT; SARGIS, EJ; DE LUCA, DW; MPUNGA, NE; MACHAGA, SJ; OLSON, LE. A new genus of African monkey, *Rungwecebus*. Morphology, ecology and molecular phylogenetics. **Science**, 312:1378–1381, 2006.

DIXIT, P. N.; TELLEIRA, R.; KHATIB, A. N. A.; ALLOUZI, S. F. Decadal analysis of impact of future climate on wheat production in dry Mediterranean environment: A case of Jordan. **Science of The Total Environment**, v. 610, p. 219-233, 2018.

DONATO, S.L.R.; ARANTES, A.M.; BRITO, C.F.B.; RODRIGUES, M.G.V.; SILVA, J.A.; DONATO, P.E.R. Considerações sobre o clima Semiárido e ecofisiologia da palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 296, p. 7-20, 2017.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A. Forage production and supply for animal nutrition. IN: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAOU, A.; SAENZ, C. (Eds.). **Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear: CAM crops for a hotter and drier world**. FAO, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Rome, 2017.

EDVAN, R. L., CARNEIRO, M. D. S., DA SILVA, E. B., ALBUQUERQUE, D. R., PEREIRA, E. S., BEZERRA, L. R., ARAÚJO, M. J. Análise de crescimento da gliricídia submetida a diferentes manejos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, p. 163-169, 2016.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018.

FELIX, E.S.; LIMA, W.B.; SILVA, C.T.; ARAÚJO, J.S.; PEREIRA, D.D.; LIMA, E.C. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigada com água salinizada. **Braz. Applied Sci. Rev.**, Curitiba, v. 2, n. 6, Edição Especial, p. 1869-1875, nov. 2018.

FERRAZ, André Pereira Freire. **Avaliação de clones de palma forrageira no Agreste e Sertão de Pernambuco**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2018.

FERREIRA, A. G. e MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

FERREIRA, Douglasnilson de Moraes et al. Percepção de risco no tratamento e reuso de esgotos domésticos em populações do Nordeste. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo. Vol. 23, 2020.

FONSECA, Varley Andrade, et al. Utilização de água salina na irrigação de palma forrageira no semiárido baiano. **Anais...** XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 08 a 11 de novembro, Aracaju - SE, 2016.

FONSECA, Varley Andrade, et al. Morpho-physiology, yield, and wateruse efficiency on *Opuntia ficus-indica* irrigated with saline water. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v.41, p.e42631, 2019.

FONSECA, Varley Andrade. **Palma forrageira 'Gigante' irrigada com água salina sob densidades de plantio**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2021.

FRANCISCO, P.R.M; PEREIRA, F.C.; BRANDÃO, Z.N.; ZONTA, J.H.; SANTOS, D.; SILVA, J.V.N. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.08, n.02, (2015) 377-390.

FREITAS, Douglas de Souza Souto. **Cultivo sustentável de Gliricídia sepium em sistema de agricultura bioessalina**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020.

FREITAS, Ludmila.; CASAGRANDE, J.C. OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 57, n. 3, p. 224-233, jul./set. 2014.

FROTA, Marcílio Nilton Lopes et al. **Palma forrageira na alimentação animal**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2015.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Programa Saneamento Brasil Rural**. Disponível em < <https://www.saneamentobrasilrural.com.br/>> Acesso em 17 de abril, 2021.

GOMES, J.P.; FILHO, F.F.D. Diálogos entre os Saberes Populares, Científicos e Escolares e as suas Contribuições para o Ensino de Química a partir de uma Temática Sociocultural. **REnCiMa**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 1-17, jan./mar. 2024.

GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; FARIAS, H.L. Biometria do girassol em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.5, p. 277-289, 2013.

GUT, G.AP.; BAKKE, I.A.; VASCONCELOS, G.S. Potencialidades para o uso de Parkinsonia aculeata L. em Sistemas Agroflorestais no Semiárido. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**. v.16, n.1, p. 1-4, Janeiro-Março, 2020.

HERMES, L. C.; ARAÚJO, G. L. G.; FAY, E. F.; BOEIRA, R. C. **Potencial de uso das águas salobras em sistemas produtivos visando o aumento da capacidade de suporte das comunidades difusas do semiárido com mínimo impacto ambiental**. In: **Fórum de apresentação de resultados de pesquisas: avanços e oportunidades**. Anais. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, setembro, 2014.

HESPAANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. Barueri: Manole, p.37-96, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: 1995/96..** Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=748>. Acessado em: 15 de novembro de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: 1990, 2000, 2008 e 2017**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?=&t=o-que-e>. Acessado em: 03 de setembro de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pedra-lavrada/panorama>. Acessado em: 03 de setembro de 2021.

JESUS, Fernanda Lamede Ferreira de, et al. Águas residuárias no Brasil: uma abordagem química, física e microbiológica. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n.3 2020.

KIMARO, A.A., et al.. **Is conservation agriculture ‘climate-smart’ for maize farmers in the highlands of Tanzania?**. Springer Science+Business Media Dordrecht 105:217–228., 2016.

LEITE, M. L. de. V.; SILVA, D. S. da.; ANDRADE, A. P. de.; PEREIRA, W. E.; RAMOS, J. P. F. Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 192 – 200, 2014.

LEPSCH, Igor F. **Formação e conservação dos solos**. 2ª Edição, São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LIINGILIE, Abdala Salum. **Effects of Gliricidia sepium intercropping, rainwater harvesting and planting times on maize performance in Kongwa district, Tanzania**. Dissertation, Sokoine University of Agriculture, 2019.

LIMA, Antônio Suassuna. **Necessidade hídrica e coeficiente de cultivo de variedades de palma forrageira no semiárido do Brasil**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2019.

LIMA, V. L. A.; SILVA, J. A. L.; MARINHO, F. J. L.; PEREIRA, B. B. M.; ALEXANDRIA, A. G. L.; LIMA, T. S. Uso de destiladores solares para fornecer água potável no semiárido Paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, nº 3, p. 91-97, 2016.

LUCENA, C.Y.S.; SANTOS, D.J.R.; SILVA, P.L.S.; COSTA, E.D.; LUCENA, R.L. O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista REGNE**, vol. 4, nº Especial, 2018.

MAJOLO, L., MARINHO, F. J. L., ROCHA, G. M. G. DA, SILVA, L. A. P.; CONTEIRO, M. V. S., & UCHOA, T. R. (2019). Germinação e crescimento inicial de plantas de Algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.] sob estresse salino. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9(7), 2019.

MALAININE, M. E.; DUFRESNE, A. DUPEYRE, D.; MAHROUZ, M.; VOUNG, R; VIGNON, M. R. Struture and morphology of cladodes and spines of *Opuntia ficus-indica*. Cellulose extraction and characterization. **Carbohydrate Polymers**, v. 51, p. 77-83, 2003.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; PIRES NETO, O. S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cadernos de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MARTINS, E.S.P.R.; & MAGALHÃES, A.R. A seca de 2012-2015 no Nordeste e seus impactos. **Revista Parc. Estratégica**. Ed. Esp., v. 20, n. 41, p. 107-128, 2015.

MARTINS NETO, Francisco Ferreira. **Estudo da influência da fertilidade do solo em áreas de agricultura e floresta no município de Corumbataí do Sul – Paraná**. 2015. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

MATOS, R.M. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 04, 2015.

MOTA, Gabriela Barreto et al. **Influência do fracionamento dos cladódios no desenvolvimento de três espécies de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill, *Opuntia stricta* Haw e *Nopalea cochenilifera* Salm-Dick)**. XXIV Seminário de Iniciação Científica da UEFS, Feira de Santana, 2020.

MATOS, A. T.; NETO, O.B.A.; MATOS, M.P. Saturação do complexo de troca de solos oxídicos com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.501–506, 2014.

MUNNS, R., & TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Volume 59, 651–681, 2008.

MURTAZA, Ghulam et al. Judicious use of Saline Water for Growing Sorghum Fodder through the Application of Organic Matter. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, Vol. 33, Issue 1, 2020.

NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; SOUSA, C.H.C.; SILVA, F.L.B.; GHEYI, H.R.; FERREIRA, F.J.; ANDRADE FILHO, F.L. Growth and yield of cowpea/sunflower crop rotation under different irrigation management strategies with saline water. **Ciência Rural**, v. 45, n.5, p. 814-820, 2015.

NETO, J. A. S.; SILVA, J. A. L. **O uso de águas residuais tratada para produção de palma forrageira resistente à cochonilha do Carmim**. In: **Congresso Internacional de Diversidade do Semiárido**. v. 1. Anais. CONIDIS, Campina Grande: Editora Realize, 2017.

NETO, E. B. S.; NASCIMENTO, I. R.; MENEZES, B. F.; IWERSEN, J. C. **Avaliação da composição bromatológica da forragem de gliricídia (*gliricídia sepium* (jacq) Walp) ensilada em saco plástico**. In: VI Congresso Latino Americano, Vol. 13, N° 1, 2018, Brasília. Anais. VI CLA, 2018.

NUNES, Jucilene da Silva Lima et al. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.367-375, março, 2020

OLIVEIRA JUNIOR, I. de; LOBÃO, J. S. B.; SILVA, B.-C. N.; PEREIRA, A. de J. Indicadores socioeconômicos de desertificação: análise da produção agropecuária no polo regional de Jeremoabo – Bahia. **Revista GeoNordeste**, Ano XXIX, n. 2, p. 23-42, Jul./Dez. 2018. ISSN: 2318-269

OLIVEIRA, L.B.; FONTES, M.P.F.; RIBEIRO, M.R.; KER, J.C. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do Nordeste brasileiro. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 33, p.1333-1345, 2009.

OLIVEIRA, L. B.; MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M. Interação entre espécies forrageiras nativas e cultivadas em condições de semiárido: revisão. **Arq. Ciênc. Vet. Zool.** UNIPAR, Umuarama, v. 22, n. 4, p. 127-138, out./dez. 2019.

OLIVEIRA, V.S. et al. Substituição total do milho e parcial do feno do capim-tif por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Produção, composição do leite e custos com alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.928-935, 2007.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R.M.; RAMOS, V.C.; PRATA, A.P.N.; LUCAS, A.A.T.; SANTOS, P.B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. 2015.

PEREIRA, P.C.; SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; SILVA, M. J. da. Water balance in soil cultivated with forage cactus clones under irrigation. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 776-785, 2017.

PEREIRA, T.M.S.; SILVA, J.A.L.; MACEDO, D.R.G.; MACEDO, R.N. **Uso da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) para recuperação de áreas degradadas no semiárido paraibano**. In: **Workshop de Recursos Naturais do Semiárido**, nº 2, 2016, Campina Grande. **Anais**. Campina Grande-PB, 2016.

PEREIRA, T.M.S.; SILVA, J.A.L.; MOURA, D.M. Fitogeografia e análise integrada da paisagem em afloramentos rochosos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n.1. 002-015, 2018.

PINHEIRO, F.W.A.; NOBRE, R.G.; SOUZA, L.P.; OLIVEIRA, S.G.; ARAÚJO, J.E.S.; VELOSO, L.L.S. Irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada na produção de mudas mamoeiro “Formosa”. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, nº 1, p. 17-22, 2017.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.939-947, 2014

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931–938, 2015.

RABELO D. R.; ARAÚJO J. C. Estimativa e mapeamento da erosão bruta na bacia hidrográfica do rio Seridó, Brasil. **Rev. Bras. Geomorfologia** (Online), São Paulo, v.20, n.2, (Abr-Jun) p.361-372, 2019.

RABELO, D. R.; SILVA, N. S. Proposta preliminar de mapeamento Geomorfológico da bacia do Rio Seridó RN/PB. **Revista REGNE**, V.2, Edição Especial, 2016.

RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L.M. V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J. P. do; SANTOS, E. M. Crescimento vegetativo de *Opuntia fícus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011.

RANGEL, JH de A. et al. **Sistema silvipastoril: uma alternativa para a produção de ruminantes**. In: MUNIZ, EN et al. (Ed.). Alternativas alimentares para ruminantes II. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008.

REIS, Giliarde Alves dos. Rendimento e taxa de sobrevivência da palma forrageira gigante, cultivada com aplicação de água residuária. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi, 2018.

REYES-AGUERO, J. A.; AGUIRRE-RIVERA, J. R.; HERNÁNDEZ, H. M. Notas sistemáticas y descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (Cactáceae). **Agrociência**, v. 39, n. 4, p. 395-408, 2006.

RIBEIRO, Ivana Alves da Cunha. 2021. Tecnologia de Nanobolhas no controle de odor de águas superficiais poluídas. **Dissertação** (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade), Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2021.

ROCHA, J. E. da S. **Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte** / por Juliana Evangelista da Silva Rocha. Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, 2012. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/979108/1/DOC106.pdf>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2021.

ROCHA, T. A. L. C. G.; SILVA, S. S. DA; BATISTA, R. O. **Revista Macambira**, Serrinha (BA), v. 7, n. 1, e071014, Jan.-Dez., 2023

RODRIGUES, Fernando Henrique Mineiro. Gestão em processos de dessalinização da água no meio rural de Pernambuco. **Trabalho de Conclusão de Curso**, (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Caruaru-PE, 2023.

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v. 57, n. 3, p. 275-290, 2004.

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; PAK, N.; LECAROS, M. Chemical and physical characterization of cactus cladode (*opuntia ficus-indica*) powder. **Italian Journal of Food Science**, v.22, n.4, p.416-422, 2010.

SALES, A. T.; LEITE, M. L. M. V.; ALVES, A. Q.; RAMOS, J. P. F.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimataú Paraibano. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 1, p. 19-24, 2013.

SANTOS, A.S.; RODRIGUES, M.H.B.S.; SILVA, G.V.; GOMES, F.A.L.; SILVA, J.N.; CARTAXO, P.H.A. Importância do reuso de água para irrigação no Semiárido. **Revista Meio Ambiente (Brasil)**, v.2, n.3, p.15-20, 2020a.

SANTOS, D.B.; VOLTOLINI, T.V.; AZEVEDO, C.A.V.; NOGUEIRA, D.M.; SILVA, A.S.; MEDEIROS, S.S. Tolerância do capim marandu a salinidade. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.28, n.1, p.63-66, 2013.

SANTOS, E.E.F.; SILVA, T.N.; SILVA, C.L.; SANTOS, M.H.L.C.; MOURA, W.N.D.; RIBEIRO, D.S. Atributos químicos de solo cultivado com palma forrageira sob irrigação com água salobra. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020b.

SANTOS, M.R.; BRITO, C.F.B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.7, n.1, p.33-41, 2016.

SANTOS, M.R.; DONATO, S.R.L.; JUNIOR, P.R.F.C. Irrigação na palma forrageira. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.11, n.1, p.75-86, 2020c.

SANTOS, M.V.F. et al. Potencial de plantas forrageiras da caatinga na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 204-215, 2010.

SANTOS, N.S.; SILVA, J.C.S.; PEREIRA, W.S.; MELO, J.L.R.; LIMA, K.V.; LIMA, D.O.; LIMA, K.F.; ALMEIDA, R.S. Crescimento da palma forrageira sob estresse salino e diferentes lâminas de irrigação. **Revista Craibeiras de Agroecologia** v. 5, n. 1, 2020d.

SANTOS, J.P.S.; DIODATO, M.A. Histórico da implementação da algaroba no Rio Grande do Norte. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 37, n. 90, p. 201-212, abr./jun. 2017.

SAVI, D.; RIGON, S. P.; ZANELLA, N. A. **O cuidado humano no contexto ambiental: ações do enfermeiro nas dimensões ecológicas**. In: **Encontro Nacional de Conselhos de Enfermagem - CONFEN**, n. 1, 2008, Santa Catarina. Anais. COFEN, Santa Catarina, 2008.

SCHUMM, S. A. **The Fluvial System**. New Jersey: The Blackburn Press, 1977.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Palma forrageira: Cultivo de palma forrageira no semiárido brasileiro**. Coleção SENAR. Série II, Brasília, DF, 2013. 52p.

SETTI, A. A., LIMA, J. E. F. W., CHAVES, A. G. M. C., & PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

SHELTON, HM et al. **Adoção da tecnologia de leguminosas forrageiras tropicais no mundo: análise de sucesso**. In: MCGILLOWAY, DA (Ed.). **Grassland: um recurso global**. Wageningen, Holanda: Wageningen Academic, 2005. p.149-166, 2005.

SILVA, A.F.; SILVA, M.C.B.C. Agricultura no nordeste semiárido e os resíduos orgânicos aproveitáveis. **Revista Equador**, vol.5, nº2, p. 102 – 119, Janeiro/Junho, 2016a.

SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

SILVA, J. A. **Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química**. 2012. 87 p. (Tese – Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA. 2012.

SILVA, J.L.A.; MEDEIROS, J.F.; ALVES, S.S.V.; OLIVEIRA, F.A.; JUNIOR, M.J.S.; NASCIMENTO, I.B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, vol.18, pp.66-72, 2014.

SILVA, J. A. L.; MEDEIROS, M.C.S. ; FERREIRA. **Análise Socioambiental sobre o Uso de Águas Residuais em Centros Urbanos**. In: **II Congresso Nacional de Educação Ambiental e IV Encontro Nordestino de Biogeografia**, 2011, João Pessoa-PB. Anais. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, v. 1, 2011.

SILVA, J.A.L.; MEDEIROS, M.C.S.; LIMA, V.L.A.; MARINHO, F.J.L.; AZEVEDO, P.V.; UCHÔA, T.R.; OTONI, L.C.P. Obtenção de água potável a partir do uso da energia solar disponível na região do semiárido paraibano. **Revista Espacios**, vol. 37, n. 32, 2016b.

SILVA, J.A.L.; PEREIRA, T.M.S.; AZEVEDO, P.V. Biogas production with the use of animal manure: a practice for obtaining socioeconomic and environmental benefits. **Boletim de Geografia**, v.39, p.1-13, 2021.

SILVA, J.A.L.; PEREIRA, T.M.S.; MARINHO, J.F.L.; LIMA, V.L.A.; AZEVEDO, P.V. Production of potable water with the use of solar desalinizers in the Brazilian semi-arid. **Revista de Geografia**, v. 35, nº 3, 2018.

SILVA, J.M.; MEDEIROS, V.P.; SILVA, S.D.; SILVA, A.B. **Reestruturação produtiva da agropecuária no município de Cabaceiras-PB**. In: I CONIDIS, Editora Realize, 2016.

SILVA, José Orlando Nunes et al. O uso da irrigação com água salina pode reduzir o déficit de forragem no Semiárido brasileiro?. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 2022.

SILVA, L.P.; SILVA, M.M.; CORREA, M.M.; SOUZA, F.C.D.; SILVA, E.F.F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.480–486, 2012.

SILVA, R. H. D. **Crescimento de palma forrageira irrigada com água salina**. Viçosa, MG. 2017, 56 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SILVA, R.R.; SAMPAIO, E.V.S.B. Palmas forrageiras *Opuntia fícus-indica* e *Nopalea cochenillifera*: sistemas de produção e usos. **Revista GEAMA**, Recife, v.1, n.2, 2015.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; SILVA, S. M. S.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. C; ARAÚJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. *Revista Bragantia*, v.73, p.184-191, 2014.

SILVA, T.L.; SILVA, W.D.; GOMES, V.L.; SANTOS, R.F.; LIMA, A.A.F.; ASSIS, V.G.; FERRAZ, R.L.S. Uso da *Gliricidia sepium* ((Jacq.) Steud.) em substituição da soja no manejo alimentar de frangos de corte. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n.7, e-7073, 2019.

SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E V. S. B. (Ed.). **A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 1 ed., Recife: Editora da UFPE, p. 143-162, 2005.

SIMONS, A. J.; STEWART, J. L. **Gliricidia sepium, a multipurpose forage tree legume**. In: GUTTERIDGE, R. C.; SHELTON, H. M. (Eds.). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford: CAB International, p. 30-48, 1994.

SIQUEIRA, Jéssica Vanessa Góis de. Variedades de palma forrageira irrigadas com efluente de esgoto tratado e com diferentes manejos de corte. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal), Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2021.

SOBRAL, L.F. et al. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú, 2015.

SONI, Pooja Gupta et al. Deficit saline water irrigation under reduced tillage and residue mulch improves soil health in sorghum-wheat cropping system in semi-arid region. **Scientific Reports**, v. 11:1880, 2021.

SOUZA, J.B.; VIDAL, C.M.S.; CAVALLINI, G.S.; QUARTAROLI, L.; MARCON, L.R.C. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 117-126, jul./dez., 2012.

SOUZA, W. J. S.; LIMA, W. B.; VIEIRA, M. F.; FREITAS, J. B. T.; BATISTA, J. L. ; COSTA, J. J. D. **Controle alternativo da cochonilha de escamas (*Diaspis echinocacti*) na palma forrageira**. In: **Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactaceas**, nº 4, 2015, Salvador BA. Anais: IV Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactaceas, 2015.

SPOSITO, E. S. **Geografia e filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico**. São Paulo. Editora: UNESP, 2004.

SOUZA, B.I.; SOUZA, R.S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Caderno de Geografia**, v.26, número especial 2, 2016.

SUASSUNA, P. **Tecnologia do cultivo intensivo da palma – TCIP**. In: NAZARENO, M. A.; OCHOA, M. J.; DUBEUX JÚNIOR., J. C. B. Proceedings of the Second Meeting for the Integral Use of Cactus Pear and Other Cacti. Santiago del Estero: FAO-ICARDA CACTUSNET, 2013.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. **Geografia física e geomorfologia: uma releitura**. 2ª Edição, Porto Alegre: Compasso Lugar Cultura, 2018.

TAVARES, Silvio Roberto de Lucena et al. **Valores e critérios estabelecidos dos parâmetros relacionados ao solo e à qualidade e custo de captação da água para irrigação utilizados no SiBCTI**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2021.

TEIXEIRA, I.A.M.; GOMES, R.A.; CASTAGNINO, D.S.; FIGUEIREDO, F.O.M.; HÄRTER, C.J.; BIAGIOLI, B.; SILVA, S.; RIVERA, A. Inovações tecnológicas na caprinocultura. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.14, n.1, p.104-120 jan./mar., 2013

TOMBESI, S.; FRIONI, T.; PONI, S.; PALLIOTTI, A. Effect of water stress “memory” on plant behavior during subsequent drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 150, p. 106-114, 2018.

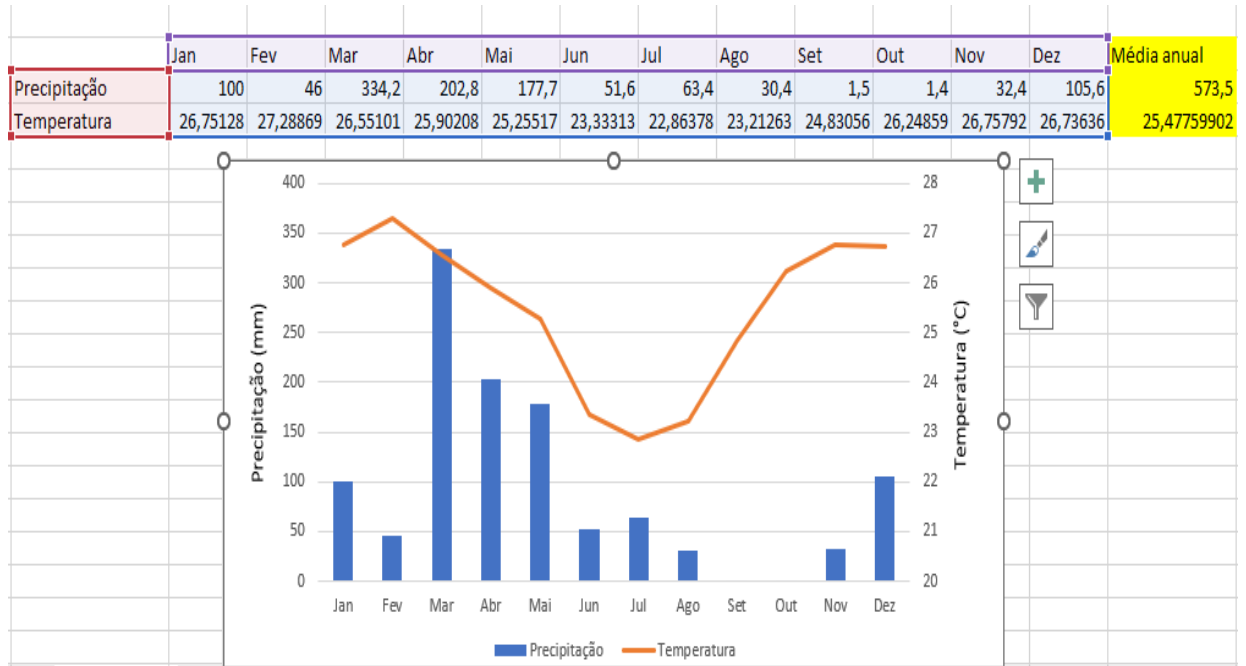
TONETTI, A. L. 1973. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Biblioteca/Unicamp, Campinas-SP, 2018.

WAGH, Vasant et al. Hydrochemical Characterisation and Groundwater Suitability for Drinking and Irrigation uses in Semiarid Region of Nashik, Maharashtra, India. **Hydrospatial Analysis**, 2(1), 43-60, 2018.

### Apêndice 1 – Dados hidro-climáticos (temperatura e precipitação) de Pedra Lavrada-PB para os anos de 2022 e 2023

| Pluviometria Mensal por Posto Pluviométrico entre os dias 01/01/2018 e 31/12/2023 |           |            |         |      |       |       |       |       |      |      |      |      |     |     |      |      |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|---------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-------|
| Município/Posto                                                                   | Latitude  | Longitude  | Oficial | Ano  | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai  | Jun  | Jul  | Ago  | Set | Out | Nov  | Dez  | Total |
| Pedra Lavrada                                                                     | -6,755300 | -36,464400 | Sim     | 2018 | 10,8  | 118,2 | 111,5 | 164,0 | 10,2 | 13,9 | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 4,0 | 4,8  | 53,6 | 491,0 |
| Pedra Lavrada                                                                     | -6,755300 | -36,464400 | Sim     | 2019 | 85,8  | 84,5  | 165,0 | 58,3  | 5,6  | 4,6  | 29,5 | 3,0  | 0,0 | 5,1 | 0,0  | 0,0  | 441,4 |
| Pedra Lavrada                                                                     | -6,755300 | -36,464400 | Sim     | 2020 | 116,1 | 61,7  | 235,1 | 82,6  | 58,3 | 4,9  | 33,9 | 2,0  | 3,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 597,6 |
| Pedra Lavrada                                                                     | -6,755300 | -36,464400 | Sim     | 2021 | 0,0   | 164,7 | 16,8  | 40,6  | 29,3 | 2,4  | 4,7  | 0,0  | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 17,0 | 275,5 |
| Pedra Lavrada                                                                     | -6,755300 | -36,464400 | Sim     | 2022 | 94,9  | 19,2  | 155,6 | 56,7  | 98,7 | 31,2 | 44,7 | 17,7 | 0,0 | 1,4 | 28,6 | 64,3 | 613,0 |
| Pedra Lavrada                                                                     | -6,755300 | -36,464400 | Sim     | 2023 | 5,1   | 26,8  | 178,6 | 146,1 | 79,0 | 20,4 | 18,7 | 12,7 | 1,5 | 0,0 | 3,8  | 41,3 | 534,0 |
| Dados consultados em 22/01/2024 10:49:54                                          |           |            |         |      |       |       |       |       |      |      |      |      |     |     |      |      |       |

| Ano  | Jan    | Fev    | Mar      | Abr      | Mai   | Jun      | Jul      | Ago      | Set      | Out      | Nov      | Dez      | Total |
|------|--------|--------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 1994 | 59,8   | 111    | 148,9    | 135,7    | 47,4  | 38       | 27       | 11       | 0        | 0        | 0        | 10       | 588,8 |
| 1995 | 17,1   | 147,3  | 83,1     | 46,2     | 39    | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 332,7 |
| 1996 | 19     | 16     | 105,2    | 124,3    | 17,2  | 12,6     | 6,8      | 0        | 21       | 0        | 20       | 0        | 342,1 |
| 1997 | 117,5  | 13,9   | 167      | 90       | 84    | 0        | 5        | 3        | 0        | 0        | 15       | 0        | 495,4 |
| 1998 | 9      | 5      | 110,4    | 0        | 0     | 0        | 0        | 16       | 0        | 0        | 0        | 0        | 140,4 |
| 1999 | 13,9   | 28     | 92,1     | 23,3     | 107,3 | 0        | 34,9     | 0        | 0        | 0        | 0        | 25       | 324,5 |
| 2000 | 50,3   | 212,9  | 135,2    | 115,2    | 25,8  | 58,6     | 54,4     | 73,1     | 0        | 0        | 0        | 34       | 759,5 |
| 2001 | 0      | 0      | 95,3     | 57,7     | 0     | 24,5     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 23,5     | 201   |
| 2002 | 40,7   | 141,3  | 90,7     | 72,1     | 64,4  | 55       | 5,9      | 4        | 0        | 0        | 0        | 27,5     | 501,6 |
| 2003 | 36     | 58,6   | 49,6     | 52,8     | 88,6  | 18,6     | 0        | 21,5     | 0        | 0        | 0        | 9        | 334,7 |
| 2004 | 337,4  | 118,2  | 23       | 5        | 78,5  | 30,9     | 23,3     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 616,3 |
| 2005 | 95,3   | 33,4   | 84,5     | 22,9     | 39,9  | 40,7     | 0        | 3,6      | 0        | 0        | 0        | 0        | 320,3 |
| 2006 | 0      | 43,3   | 100,4    | 112,6    | 60,6  | 84,9     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 401,8 |
| 2007 | 0      | 150,6  | 4,7      | 101,3    | 25,9  | 16,7     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 299,2 |
| 2008 | 18,9   | 36,5   | 335,3    | 139,8    | 78,4  | 13,2     | 17,4     | 14,9     | 0        | 0        | 0        | 7,6      | 662   |
| 2009 | 15,3   | 131,5  | 76,5     | 215,1    | 120   | 65,8     | 33,6     | 49,8     | 0        | 0        | 0        | 6,3      | 713,9 |
| 2010 | 43,4   | 28,6   | 175,5    | 30,7     | 21,8  | 185,3    | 6        | 0        | 0        | 215,7    | 43,5     | 19,1     | 769,6 |
| 2011 | 86,1   | 182,7  | 158      | 147,9    | 116,9 | 20,8     | 72       | 20,1     | 0        | 0        | 5,2      | 0        | 809,7 |
| 2012 | 0      | 27     | 0        | 0        | 0     | 37,5     | 4,5      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 69    |
| 2013 | 0      | 6,9    | 24,8     | 62,8     | 17    | 25,7     | 13,2     | 14,2     | 4,1      | 0        | 7        | 17,2     | 192,9 |
| 2014 | 3,1    | 82,3   | 5,4      | 77,6     | 140,6 | 15,6     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 324,6 |
| 2015 | 0      | 8      | 50,1     | 44,4     | 0     | 6,5      | 31,5     | 0        | 0        | 0        | 0        | 23,5     | 164   |
| 2016 | 95     | 0      | 80,4     | 39,9     | 18,6  | 11       | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 244,9 |
| 2017 | 0      | 43,1   | 73,6     | 48,6     | 20,7  | 16       | 20,9     | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 222,9 |
| 2018 | 10,8   | 118,2  | 111,5    | 164      | 10,2  | 13,9     | 0        | 0        | 0        | 4        | 4,8      | 53,6     | 491   |
| 2019 | 85,8   | 84,5   | 165      | 58,3     | 5,6   | 4,6      | 29,5     | 3        | 0        | 5,1      | 0        | 0        | 441,4 |
| 2020 | 116,1  | 61,7   | 235,1    | 82,6     | 58,3  | 4,9      | 33,9     | 2        | 3        | 0        | 0        | 0        | 597,6 |
| 2021 | 0      | 164,7  | 16,8     | 40,6     | 29,3  | 2,4      | 4,7      | 0        | 0        | 0        | 0        | 17       | 275,5 |
| AL   | 1270,5 | 2055,2 | 2798,1   | 2111,4   | 1316  | 803,7    | 424,5    | 236,2    | 28,1     | 224,8    | 95,5     | 273,3    |       |
| IA   | 45,375 | 73,4   | 99,93214 | 75,40714 | 47    | 28,70357 | 15,16071 | 8,435714 | 1,003571 | 8,028571 | 3,410714 | 9,760714 |       |



# Anexo 1 – Análises físico-química da água salobra de Canoa de Dentro.



|                                       |                                      |                                 |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Protocolo Nº: 049/2024                | Localidade: Canoa de Dentro          | Profundidade da coleta: —       |
| Interessado: José Adailton Lima Silva | Local de coleta/Procedência: Poço 1  | Data da entrega: 07/02/2024     |
| CPF/CNPJ: 073.862.834-40              | Data da coleta: 06/02/2024           | Hora da entrega: 08:00          |
| Endereço: Canoa de Dentro             | Hora da coleta: 08:00                | Tipo de frasco: Frasco plástico |
| Município: Pedra Lavrada - PB         | Responsável pela coleta: Interessado | Data da Análise: 08/02/2024     |

## LAUDO ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

| Parâmetro                                              | Método                     | Limite mínimo de detecção | Resultados | Valor de referência(*) |
|--------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------|------------------------|
| Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25°C      | 2510 B                     | 0,1                       | 8.720,0    | Não estabelecido       |
| Potencial Hidroquímico a 25,0°C, pH                    | Potenciométrico            | 0,1                       | 6,9        | 6,0 a 9,0              |
| Turbidez, (uT)                                         | 2130 B                     | 0,1                       | 10,0       | 5,0                    |
| Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)                        | 2120 C                     | 1,0                       | 23,0       | 15,0                   |
| Dureza em Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), mg/L            | 3500-Ca                    | 0,1                       | 281,6      | Não estabelecido       |
| Dureza em Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), mg/L          | 3500-Mg                    | 0,1                       | 281,3      | Não estabelecido       |
| Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L                 | 2340-C                     | 0,1                       | 1.876,0    | 300,0                  |
| Sódio ( $\text{Na}^+$ ), mg/L                          | 3500-Na B                  | 0,1                       | 955,6      | 200,0                  |
| Potássio ( $\text{K}^+$ ), mg/L                        | 3500-K B                   | 0,1                       | 21,6       | Não estabelecido       |
| Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), mg/L                    | 3500-Al B                  | 0,01                      | 0,02       | 0,2                    |
| Ferro Total, mg/L                                      | 3500-Fe B                  | 0,01                      | 0,35       | 0,3                    |
| Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )   | 2320 B                     | 0,1                       | 0,0        | Não estabelecido       |
| Alcalinidade em Carbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )   | 2320 B                     | 0,1                       | 0,0        | Não estabelecido       |
| Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ ) | 2320 B                     | 0,1                       | 400,0      | Não estabelecido       |
| Alcalinidade Total, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )           | 2320 B                     | 0,1                       | 400,0      | Não estabelecido       |
| $\text{CO}_2$ livre, mg/L                              | 4500- $\text{CO}_2$ C      | 0,1                       | 40,5       | Não estabelecido       |
| Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), mg/L                   | 4500- $\text{SO}_4^{2-}$ E | 0,1                       | 162,9      | 250,0                  |
| Fósforo total, mg/L                                    | 4500-P C                   | 0,1                       | 0,8        | Não estabelecido       |
| Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), mg/L                        | 4500- $\text{Cl}^-$ B      | 0,1                       | 2.840,0    | 250,0                  |
| Nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), mg/L                    | 4500- $\text{NO}_3^-$ H    | 0,01                      | 0,28       | 10,0                   |
| Nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), mg/L                    | 4500- $\text{NO}_2^-$ B    | 0,001                     | 0,084      | 1,0                    |
| Amônia ( $\text{N-NH}_3$ ), mg/L                       | Colorimétrico              | 0,01                      | 12,47      | 1,2                    |
| Silica, mg/L ( $\text{SiO}_2$ )                        | 4500- $\text{SiO}_2$ C     | 0,1                       | 63,2       | Não estabelecido       |
| ILS (Índice de Saturação de Langlier)                  | Calculado                  | -                         | 0,31       | Não estabelecido       |
| STD (Sólidos Totais Dissolvidos), mg/L                 | 2540 C                     | 0,1                       | 5.148,0    | 500,0                  |

(\*) Valor de referência estabelecido pela Legislação Brasileira (Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde).

### Observações:

- 1- Análises realizadas de acordo com: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (24<sup>th</sup> Edition)*
- 2- Os resultados emitidos se referem única e exclusivamente à amostra analisada neste laboratório.
- 3- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 4- A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.
- 5- Este laudo não pode ser reproduzido sem a aprovação do LABDES, exceto se for reproduzido na íntegra.

Data da emissão: 09/02/2024

## Anexo 2 – Análises físico-química da água salobra de Belo Monte.



|                                       |                                      |                                 |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Protocolo Nº: 050A/2024               | Localidade: Belo Monte               | Profundidade da coleta: —       |
| Interessado: José Adailton Lima Silva | Local de coleta/Procedência: Poço 2  | Data da entrega: 07/02/2024     |
| CPF/CNPJ: 073.862.834-40              | Data da coleta: 06/02/2024           | Hora da entrega: 08:00          |
| Endereço: Belo Monte                  | Hora da coleta: 08:00                | Tipo de frasco: Frasco plástico |
| Município: Pedra Lavrada - PB         | Responsável pela coleta: Interessado | Data da Análise: 06/02/2024     |

### LAUDO ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

| Parâmetro                                              | Método                     | Limite mínimo de detecção | Resultados | Valor de referência(*) |
|--------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------|------------------------|
| Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25°C      | 2510 B                     | 0,1                       | 1.763,0    | Não estabelecido       |
| Potencial Hidrogeniônico a 25,0°C, pH                  | Potenciométrico            | 0,1                       | 7,3        | 6,0 a 9,0              |
| Turbidez, (uT)                                         | 2130 B                     | 0,1                       | 0,7        | 5,0                    |
| Cor, Unidade Hazen (mq Pt-Co/L)                        | 2120 C                     | 1,0                       | 10,0       | 15,0                   |
| Dureza em Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), mg/L            | 3500-Ca                    | 0,1                       | 62,6       | Não estabelecido       |
| Dureza em Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), mg/L          | 3500-Mg                    | 0,1                       | 55,3       | Não estabelecido       |
| Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L                 | 2340-C                     | 0,1                       | 386,8      | 300,0                  |
| Sódio ( $\text{Na}^+$ ), mg/L                          | 3500-Na B                  | 0,1                       | 283,8      | 200,0                  |
| Potássio ( $\text{K}^+$ ), mg/L                        | 3500-K B                   | 0,1                       | 9,4        | Não estabelecido       |
| Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), mg/L                    | 3500-Al B                  | 0,01                      | 0,00       | 0,2                    |
| Ferro Total, mg/L                                      | 3500-Fe B                  | 0,01                      | 0,01       | 0,3                    |
| Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )   | 2320 B                     | 0,1                       | 0,0        | Não estabelecido       |
| Alcalinidade em Carbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )   | 2320 B                     | 0,1                       | 0,0        | Não estabelecido       |
| Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ ) | 2320 B                     | 0,1                       | 560,0      | Não estabelecido       |
| Alcalinidade Total, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )           | 2320 B                     | 0,1                       | 560,0      | Não estabelecido       |
| $\text{CO}_2$ livre, mg/L                              | 4500- $\text{CO}_2$ C      | 0,1                       | 20,2       | Não estabelecido       |
| Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), mg/L                   | 4500- $\text{SO}_4^{2-}$ E | 0,1                       | 53,6       | 250,0                  |
| Fósforo total, mg/L                                    | 4500-P C                   | 0,1                       | 0,6        | Não estabelecido       |
| Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), mg/L                        | 4500- $\text{Cl}^-$ B      | 0,1                       | 363,2      | 250,0                  |
| Nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), mg/L                    | 4500- $\text{NO}_3^-$ H    | 0,01                      | 0,25       | 10,0                   |
| Nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), mg/L                    | 4500- $\text{NO}_2^-$ B    | 0,001                     | 0,071      | 1,0                    |
| Amônia ( $\text{N-NH}_3$ ), mg/L                       | Colorimétrico              | 0,01                      | 0,83       | 1,2                    |
| Silica, mg/L ( $\text{SiO}_2$ )                        | 4500- $\text{SiO}_2$ C     | 0,1                       | 63,4       | Não estabelecido       |
| ILS (Índice de Saturação de Langlier)                  | Calculado                  | -                         | 0,25       | Não estabelecido       |
| STD (Sólidos Totais Dissolvidos), mg/L                 | 2540 C                     | 0,1                       | 1.595,9    | 500,0                  |

(\*) Valor de referência estabelecido pela Legislação Brasileira (Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde).

#### Observações:

- 1- Análises realizadas de acordo com: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (24<sup>th</sup> Edition)*
- 2- Os resultados emitidos se referem única e exclusivamente à amostra analisada neste laboratório.
- 3- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo Interessado.
- 4- A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do Interessado.
- 5- Este laudo não pode ser reproduzido sem a aprovação do LABDES, exceto se for reproduzido na íntegra.

Data da emissão: 15/02/2024

### Anexo 3 – Análises físico-química da água residuária de São Gonçalo.



|                                       |                                       |                                 |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Protocolo Nº: 051A/2024               | Localidade: Zona Urbana               | Profundidade da coleta: ---     |
| Interessado: José Adailton Lima Silva | Local de coleta/Procedência: Efluente | Data da entrega: 07/02/2024     |
| CPF/CNPJ: 073.862.834-40              | Data da coleta: 06/02/2024            | Hora da entrega: 08:00          |
| Endereço: Zona Urbana                 | Hora da coleta: 08:00                 | Tipo de frasco: Frasco plástico |
| Município: Pedra Lavrada - PB         | Responsável pela coleta: Interessado  | Data da Análise: 08/02/2024     |

#### LAUDO ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

| Parâmetro                                              | Método                | Limite mínimo de detecção | Resultados | Valor de referência(*) |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------|------------------------|
| Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25°C      | 2510 B                | 0,1                       | 1.643,0    | Não estabelecido       |
| Potencial Hidrogeniônico a 25,0°C, pH                  | Potenciométrico       | 0,1                       | 7,8        | 6,0 a 9,0              |
| Turbidez, (uT)                                         | 2130 B                | 0,1                       | 100,0      | 5,0                    |
| Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).                       | 2120 C                | 1,0                       | >1000      | 15,0                   |
| Dureza em Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), mg/L            | 3500-Ca               | 0,1                       | 40,8       | Não estabelecido       |
| Dureza em Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), mg/L          | 3500-Mg               | 0,1                       | 34,5       | Não estabelecido       |
| Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L                 | 2340-C                | 0,1                       | 245,6      | 300,0                  |
| Sódio ( $\text{Na}^+$ ), mg/L                          | 3500-Na B             | 0,1                       | 264,9      | 200,0                  |
| Potássio ( $\text{K}^+$ ), mg/L                        | 3500-K B              | 0,1                       | 50,8       | Não estabelecido       |
| Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), mg/L                    | 3500-Al B             | 0,01                      | 0,11       | 0,2                    |
| Ferro Total, mg/L                                      | 3500-Fe B             | 0,01                      | 0,87       | 0,3                    |
| Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )   | 2320 B                | 0,1                       | 0,0        | Não estabelecido       |
| Alcalinidade em Carbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )   | 2320 B                | 0,1                       | 0,0        | Não estabelecido       |
| Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ ) | 2320 B                | 0,1                       | 612,0      | Não estabelecido       |
| Alcalinidade Total, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )           | 2320 B                | 0,1                       | 612,0      | Não estabelecido       |
| $\text{CO}_2$ livre, mg/L                              | 4500- $\text{CO}_2$ C | 0,1                       | 61,6       | Não estabelecido       |

|                                        |                            |       |         |                  |
|----------------------------------------|----------------------------|-------|---------|------------------|
| Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), mg/L   | 4500- $\text{SO}_4^{2-}$ E | 0,1   | 1,4     | 250,0            |
| Fósforo total, mg/L                    | 4500-P C                   | 0,1   | 4,7     | Não estabelecido |
| Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), mg/L        | 4500- $\text{Cl}^-$ B      | 0,1   | 260,6   | 250,0            |
| Nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), mg/L    | 4500- $\text{NO}_3^-$ H    | 0,01  | 0,68    | 10,0             |
| Nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), mg/L    | 4500- $\text{NO}_2^-$ B    | 0,001 | 0,124   | 1,0              |
| Amônia ( $\text{N-NH}_3$ ), mg/L       | Colorimétrico              | 0,01  | 117,01  | 1,2              |
| Sílica, mg/L ( $\text{SiO}_2$ )        | 4500- $\text{SiO}_2$ C     | 0,1   | 59,1    | Não estabelecido |
| ILS (Índice de Saturação de Langelier) | Calculado                  | -     | 0,60    | Não estabelecido |
| STD (Sólidos Totais Dissolvidos), mg/L | 2540 C                     | 0,1   | 1.639,1 | 500,0            |

(\*)Valor de referência estabelecido pela Legislação Brasileira (Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde).

#### Observações:

- 1- Análises realizadas de acordo com: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (24<sup>th</sup> Edition)*
- 2- Os resultados emitidos se referem única e exclusivamente à amostra analisada neste laboratório.
- 3- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.
- 4- A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.
- 5- Este laudo não pode ser reproduzido sem a aprovação do LABDES, exceto se for reproduzido na íntegra.

Data da emissão: 15/02/2024

Prof. Kepler Borges França (PhD)  
Químico Responsável  
(CRQ – 9.19.3.1303118)

**Anexo 4 –: Análises químicas dos solos das três áreas experimentais para o ano de 2022.**

|                                                   |                                          |                            |                                       |  |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--|
|                                                   | UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE   |                            | Interessado: José Adailton Lima Silva |  |
|                                                   | CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS |                            | Propriedade: Fazendas                 |  |
|                                                   | DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA      |                            | Localidade: Pedra Lavrada - PB        |  |
|                                                   | LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE    |                            | Nº da Amostra:38047 a 38049           |  |
|                                                   | CAMPINA GRANDE-PB                        |                            | Data: 24/03/2022                      |  |
| ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE          |                                          |                            |                                       |  |
| Características Químicas                          |                                          | Profundidade ( cm )        |                                       |  |
|                                                   | Belo Monte-Geraldo                       | Canoa de Dentro-<br>Epídio | São Gonçalo                           |  |
| pH (Extrato de Saturação)                         | 6,54                                     | 5,45                       | 7,60                                  |  |
| Cond. Elétrica-mmhos/cm<br>(Extrato de Saturação) | 1,05                                     | 1,90                       | 0,64                                  |  |
| Cloreto (meq/l)                                   | 10,50                                    | 17,50                      | 2,75                                  |  |
| Carbonato (meq/l)                                 | 0,00                                     | 0,00                       | 0,00                                  |  |
| Bicarbonato (meq/l)                               | 0,50                                     | 0,80                       | 2,50                                  |  |
| Sulfato (meq/l)                                   | Ausência                                 | Ausência                   | Ausência                              |  |
| Cálcio (meq/l)                                    | 5,00                                     | 5,50                       | 2,25                                  |  |
| Magnésio (meq/l)                                  | 1,12                                     | 2,87                       | 2,12                                  |  |
| Potássio (meq/l)                                  | 0,28                                     | 0,49                       | 0,75                                  |  |
| Sódio (meq/l)                                     | 4,61                                     | 10,78                      | 3,06                                  |  |
| Percentagem de Saturação                          | 25,00                                    | 23,33                      | 36,67                                 |  |
| Relação de Adsorção de Sódio                      | 2,64                                     | 5,27                       | 2,07                                  |  |
| PSI                                               | 2,56                                     | 6,11                       | 1,76                                  |  |
| Salinidade                                        | Não salino                               | Não salino                 | Não salino                            |  |
| Classe do Solo                                    | Normal                                   | Normal                     | Normal                                |  |



**Lucia Helena Garófalo Chaves / Chefe do LIS**

**Anexo 5: Análises químicas dos solos das três áreas experimentais para o ano de 2023.**

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                     |                          |                     |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------|--|
|  | UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE<br>CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS<br>DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA<br>LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE<br>CAMPINA GRANDE - PB | Interessado: José Adailton Lima Silva<br>Município: Pedra Lavrada - PB<br>Local:<br>N.da Amostra: 38535 a 38537<br>Data: 20/09/2023 |                          |                     |  |
|                                                                                   | ANÁLISE DE SOLO – SALINIDADE                                                                                                                                                              |                                                                                                                                     |                          |                     |  |
| Características Químicas                                                          |                                                                                                                                                                                           | Profundidade ( cm )                                                                                                                 |                          |                     |  |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                           | Fazenda São<br>Gonçalo                                                                                                              | Sítio Canoa de<br>Dentro | Sítio Belo<br>Monte |  |
| pH (Extrato de Saturação)                                                         |                                                                                                                                                                                           | 6,80                                                                                                                                | 6,58                     | 6,47                |  |
| Cond. Elétrica-mmhos/cm<br>(Extrato de Saturação)                                 |                                                                                                                                                                                           | 0,95                                                                                                                                | 0,37                     | 0,35                |  |
| Cálcio (meq/l)                                                                    |                                                                                                                                                                                           | 1,38                                                                                                                                | 1,00                     | 0,75                |  |
| Magnésio (meq/l)                                                                  |                                                                                                                                                                                           | 0,37                                                                                                                                | 0,50                     | 0,88                |  |
| Sódio (meq/l)                                                                     |                                                                                                                                                                                           | 7,22                                                                                                                                | 1,35                     | 0,87                |  |
| Potássio (meq/l)                                                                  |                                                                                                                                                                                           | 0,18                                                                                                                                | 0,10                     | 0,02                |  |
| Carbonato (meq/l)                                                                 |                                                                                                                                                                                           | 0,00                                                                                                                                | 0,00                     | 0,00                |  |
| Bicarbonato (meq/l)                                                               |                                                                                                                                                                                           | 0,90                                                                                                                                | 1,00                     | 0,80                |  |
| Cloreto (meq/l)                                                                   |                                                                                                                                                                                           | 7,75                                                                                                                                | 2,50                     | 1,75                |  |
| Sulfato (meq/l)                                                                   |                                                                                                                                                                                           | Ausência                                                                                                                            | Ausência                 | Ausência            |  |
| Percentagem de Saturação                                                          |                                                                                                                                                                                           | 33,33                                                                                                                               | 23,33                    | 26,67               |  |
| Relação de Adsorção de Sódio                                                      |                                                                                                                                                                                           | 7,72                                                                                                                                | 1,56                     | 0,96                |  |
| PSI                                                                               |                                                                                                                                                                                           | 9,19                                                                                                                                | 1,03                     | 0,16                |  |
| Salinidade                                                                        |                                                                                                                                                                                           | Não salino                                                                                                                          | Não salino               | Não salino          |  |
| Classe do Solo                                                                    |                                                                                                                                                                                           | Normal                                                                                                                              | Normal                   | Normal              |  |

*Lucia Helena Garófalo Chaves*

**Lucia Helena Garófalo Chaves**  
**Chefe do LIS**