



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI – UFCA
PRÉ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL
SUSTENTÁVEL – PRODER

ANTONIO MARCOS DUARTE MOTA

DIÁGNOSTICO DA SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUA
UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS
NO MUNICÍPIO DE BODOCÓ - PE

CRATO – CE

2022

ANTONIO MARCOS DUARTE MOTA

DIÁGNOSTICO DA SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUA
UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS
NO MUNICÍPIO DE BODOCÓ - PE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), da Universidade Federal do Cariri, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.

Área de concentração: Meio Ambiente.

Orientador(a): Profa. Dra. Ana Célia Maia Meireles.

CRATO – CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Cariri
Sistema de Bibliotecas

M917d Mota, Antonio Marcos Duarte.

Diagnóstico da salinidade das águas subterrâneas e sua utilização na produção de forrageiras no município de Bodocó - PE / Antonio Marcos Duarte Mota. – 2022.
60f.: il. color.30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Cariri, Programa de Pós – Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), Crato, 2022.

Orientação: Profa. Dra. Ana Célia Maia Meireles.

1. Águas subterrâneas. 2. Geoprocessamento. 3. Agropecuária. I. Título

CDD 551.49

Bibliotecário: Glacínésia Leal Mendonça
CRB 3/925

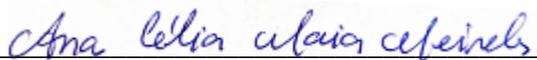
ANTONIO MARCOS DUARTE MOTA

DIAGNÓSTICO DA SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUA
UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS
NO MUNICÍPIO DE BODOCÓ – PE

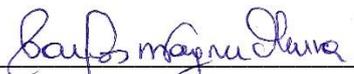
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Cariri, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 11/ 03/ 2022.

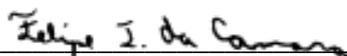
BANCA EXAMINADORA



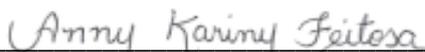
Prof. Dra. Ana Célia Maia Meireles (Orientador)
Universidade Federal do Cariri (UFCA)



Prof. Dr. Carlos Wagner Oliveira (Coorientador)
Universidade Federal do Cariri (UFCA)



Prof. Dr. Felipe Thomaz da Câmara
Universidade Federal do Cariri (UFCA)



Prof. Dra. Anny Kariny Feitosa
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Dedico este trabalho ao Deus Pai, pelo dom da vida, paciência, sabedoria a mim concedidos.

A minha querida mãe Maria de Souza, a minha esposa Gislene Luna e a nossa filha Angelina Maria, enfim a todos e todas que me estenderam a mão durante a construção deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Deus, pela vida e a saúde a mim concedida, pela paciência, coragem, sabedoria e força para a conclusão deste trabalho.

À Francisco de Assis pelo exemplo de fé, esperança e vida.

A minha querida mãe, Maria Mota, pelo amor dedicação e pelos sábios ensinamentos nas horas difíceis e fáceis.

A minha querida esposa Gislene Luna, pelo companheirismo, carinho dedicação, atenção e ajuda na realização deste sonho, gratidão por suas cobranças e conselhos nas horas que foi preciso, por cuidar de nossa filha quando estive ausente e, por fim, pelo amor a mim dedicado.

A minha querida filha Angelina Maria, pela felicidade em me ajudar nas coletas de água, pela bagunça nas horas de concentração para concretizar esse trabalho, mas acima de tudo pelo seu carinho, atenção e amor maior.

A minha querida avó, Antonia de Souza, pelo exemplo de vida, paciência, sabedoria e carinho a minha família dedicado.

Aos meus sogros, Maria Aparecida e Raimundo Iraldemar, pelo apoio e incentivo.

Aos meus tios Julio Ferreira e Raimundo Ferreira pelos infinitos incentivos.

A Professora Ana Célia Meireles, pelos ensinamentos e tempo a mim dedicados, pela paciência, compreensão e confiança para realização e conclusão desse trabalho.

À Universidade Federal do Cariri, pela oportunidade cedida ao homem filho do campo em poder realizar este sonho.

Aos queridos e queridas mestres e mestras do PRODER, pelos conhecimentos construídos ao longo deste curso, na pessoa de Carlos Wagner e ao amigo Felipe Thomaz, sempre dispostos a ajudar-me.

Aos colegas do PRODER, pelo companheirismo ao longo desse tempo vivido, na pessoa de Mirele Tainá.

Ao amigo Antonio Edilson pela ajuda impagável durante o processo de coleta de amostras e pela amizade construída.

Aos demais amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho: Hamilton Tavares, Maria Marli, Robson Saraiva e Adeilson Feitosa.

Aos companheiros e companheiras da Escola do Campo Padre José Augusto, pela compreensão e mãos estendidas quando preciso.

RESUMO

A água, por ser um recurso natural é um bem essencial para a continuidade da vida, precisa apresentar disponibilidade adequada em quantidade e qualidade. Dentre os usos dados à água subterrânea na região de Bodocó-PE, destacam-se o abastecimento doméstico, irrigação e dessedentação de animais. O município, localizado na região do Araripe, apresenta seu território inserido na região semiárida, onde os agricultores de base familiar exploram especialmente a agropecuária, necessitando de cultivos irrigados para a produção da forragem para alimentação animal. Diante do exposto, objetivou-se avaliar se as águas subterrâneas exploradas no município de Bodocó são adequadas para a irrigação de plantas forrageiras sem acarretar problemas de salinização. Para isso, foram levantados um total de 84 poços na região, amostrados no período de dezembro de 2019 à janeiro de 2020. As águas dos poços foram analisadas quanto à condutividade elétrica e classificadas segundo CONAMA 357/05 e RICHARDS (1954). Avaliou-se ainda, a geologia e tipo de solo, bem como as principais culturas utilizadas como forrageira na região para alimentação animal. De acordo com os resultados obtidos a maioria (80%) das águas subterrâneas exploradas no município de Bodocó podem ser utilizadas para a irrigação de culturas forrageiras; a região com embasamento cristalino denominado grupo Complexo Parnamirim não apresentou águas adequadas para uso na irrigação de plantas forrageiras; a utilização de culturas com baixa tradição, mas alto potencial forrageiro e adaptadas a condições salinas, como a gliricídia, moringa, feijão guandu e cunhã, podem ser utilizadas para a produção de alimentos para ruminantes. As águas subterrâneas do município mostraram-se adequadas para uso na dessedentação de animais, ruminantes e não ruminantes.

Palavras-chave: Semiárido. Água subterrânea. Agropecuária. Geoprocessamento.

ABSTRACT

Water, as a natural resource it is a vital asset for the continuity of life, must have adequate availability in quantity and quality. Among the uses given to groundwater in the region of Bodocó-PE, domestic supply, irrigation and animal watering stand out. The municipality, located in the Araripe region, has its territory inserted in the semi-arid region, where family-based farmers especially explore agriculture, requiring irrigated crops for the production of forage for animal feed. In view of the above, the objective was to evaluate whether the groundwater exploited in the municipality of Bodocó is suitable for the irrigation of forage plants without causing environmental problems. For this, a total of 84 wells in the region, were surveyed from december 2019 to january 2020 period, analyzed for the electrical conductivity of the water and classified according to CONAMA 357/05 and Richards (1954). Also, analyzed the geology and type of soil, as well as the main crops used as forage in the region for animal feed. According to the results obtained, most groundwater exploited in the municipality of Bodocó can be used for irrigation of forage crops; the region with crystalline basement called the Parnamirim Complex group did not present adequate water for use in the irrigation of forage plants; the use of cultures with low tradition, but high forage potential and adapted to saline conditions, such as gliricidia, moringa, pigeon pea and cunhã, can be used for the production of feed for ruminants. The municipal groundwater proved to be suitable for use in watering animals, both ruminants and non-ruminants.

Keywords: Semiarid. Groundwater. Livestock. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de classificação de água, conforme Richards (1954)	24
Figura 2 - Mapa de localização do município de Bodocó, no estado de Pernambuco, Brasil.	35
Figura 3 - Formações geológicas do município de Bodocó.	36
Figura 4 - Solos do município de Bodocó.	39
Figura 5 - Condição de poços registrados.	41
Figura 6 - Localização dos poços estudados sobre a formação rochosa local.	43
Figura 7 - Garrafas contendo amostras acondicionadas em geladeira e no balcão para análise.	44
Figura 8 - Leitura da condutividade elétrica realizada no laboratório de Bioquímica e fisiologia de plantas, UFCA.	45
Figura 9 - Profundidade de fendas com presença de água subterrânea.	46
Figura 10 - Cacimba com água a pouca profundidade, Bodocó-PE.	47
Figura 11 - Isolinhas da Salinidade da água em poços do município de Bodocó – PE.	48
Figura 12 - Limites de classificação de águas ricas em sais, conforme CONAMA 367/2005.	50
Figura 13 - Classificação das águas para o uso para a irrigação, segundo Richards(1954).	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição estratificada dos poços por formação rochosa.	42
Tabela 2 - Número de poços por rochas, tipo de captação e classificação das águas em doce, salobra e salina (CONAMA 357/2005).	51
Tabela 3 - Médias de Condutividade observada por zona de rocha e Classificação das águas quanto ao risco de Salinidade.	53
Tabela 4 - Indicações de culturas conforme a formação rochosa em função da salinidade observada para as águas dos poços estudados.	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Água e desenvolvimento sustentável.....	16
3.2 Semiárido.....	17
3.2.1 Regime pluviométrico	18
3.2.2 Características Edafológicas e Geomorfológicas do Sertão do Araripe.....	18
3.2.3 Disponibilidade hídrica em Bodocó-PE	19
3.3 Água subterrânea	19
3.3.1 Hidrogeologia	20
3.3.2 Qualidade das águas: legislação e classificação para uso na irrigação.....	22
3.4 Produção de culturas forrageiras	26
3.5 Rebanhos explorados no município de Bodocó – PE.....	27
3.6 Plantas adaptadas ao estresse salino	28
3.6.1. Moringa	28
3.6.2 Gliricidia.....	29
3.6.3 Palma	30
3.6.4 Cunhã.....	31
3.6.5 Feijão guandu	31
3.7 Geoprocessamento dos dados	32
4 METODOLOGIA.....	35
4.1 Caracterização da área de estudo.....	35
4.2 Formações geológicas da área de estudo.....	36
4.3 Solos da área de estudo.....	38
4.4 Tipologia da Pesquisa.....	40
4.5 Localização dos poços	40
4.7 Procedimento de coleta e análise dos dados	43
4.8 Parâmetros Determinados.....	44
4.9 Processamento dos Dados	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 Profundidade de fendas	46
5.2 Salinidade da Água.....	48
5.2.1 Classificação da água segundo o CONAMA:	49

5.2.2 Classificação da água para uso na irrigação, conforme Richards:	52
5.3 Culturas e limites de tolerância à salinidade da água para irrigação	53
6 CONCLUSÕES.....	54
7 RECOMENDAÇÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.	56

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável foi definido pela ONU, em 1987, e na Conferência Rio, em junho de 1992, como um desenvolvimento que atente às necessidades atuais da humanidade, sem comprometer a possibilidade de sobrevivência e prosperidade das gerações futuras. Desde então, as nações passaram a considerar a necessidade vital de poupar os recursos naturais não renováveis como petróleo e minerais; além de proteger a qualidade de componentes ambientais, como o ar, água, solo, paisagens e biodiversidade da fauna e da flora (ASSMANN; SOARES; ASSMANN, 2008).

A água, por ser um recurso natural e um bem essencial para a continuidade da vida, precisa apresentar disponibilidade adequada em quantidade e qualidade. Nesse contexto, o território brasileiro possui a maior reserva mundial de água potável, com cerca de 12% do montante total, o que não necessariamente livra o país de sofrer com a falta desse importante recurso natural. Uma das grandes questões referentes à problemática da água no Brasil está na localização geográfica da disponibilidade desse elemento. A distribuição da água no país é naturalmente desigual, de modo que, justamente as áreas menos povoadas do país é que se concentra a maior parte dos recursos hídricos. A região Norte, por exemplo, dispõe de 68,5% da água do país, apresentando 4,12 hab.km⁻², enquanto a região Nordeste dispõe de apenas 3,3% dos recursos hídricos e uma população densidade demográfica de 34,15 hab.km⁻² (IBGE/ANA, 2010).

A região Nordeste do Brasil, caracterizada como uma região com extrema irregularidade na distribuição das precipitações pluviais, sofre com restrições à disponibilidade de água para os múltiplos usos (SIQUEIRA; NERY, 2021). Neste cenário de escassez hídrica, se intensifica a procura pelos mananciais subterrâneos que, na maioria das vezes, têm sua gestão dificultada pela ausência de informações sobre quantidade e qualidade dos recursos explorados (HIRATA et al., 2007). Dentre os usos dados à água subterrânea na região, destacam-se o abastecimento doméstico, irrigação e dessedentação de animais (BOMFIM et al., 2002). O uso da água subterrânea para irrigação de culturas se apresenta como uma alternativa viável para a sustentabilidade econômica das atividades agrícolas na região.

Diante dessa situação, muito tem sido feito no sentido de desenvolver ou adaptar tecnologias voltadas a solucionar ou amenizar esta problemática na agricultura. Observa-se que, na maioria dos casos, são instalados sistemas de irrigação dependentes da utilização das águas de poços, os quais, por vezes, apresentam água de baixa qualidade de utilização para em tal fim (ANDRADE JUNIOR et al., 2006).

Os principais fatores que contribuem para a salinização das águas subterrâneas no Nordeste são o clima, o modo de ocorrência das águas (aquíferos livres ou confinados), as condições de circulação (zoneamentos verticais) e a natureza geológica (influência litológica). (NUNES FILHO et al., 2000; ANDRADE et al., 2009).

O aproveitamento das fontes de recursos hídricos salinos e salobros é uma alternativa para mitigar a crise de abastecimento de água, especialmente nas zonas áridas e semiáridas. As águas desses poços são de baixa qualidade devido a região estar localizada sobre um subsolo de embasamento cristalino pré-cambriano, representado por unidades litoestratigráficas do Arqueano ao Proterozóico Superior (RIBEIRO, 1995). Essa formação apresenta grande quantidade de sais, que acaba comprometendo a produção das águas provindas desses poços, baixando a qualidade e também provocando a salinização e erosão dos solos quando utilizadas para irrigação.

Inserido na região Nordeste, o município de Bodocó, localizado na região do Araripe, abrange parte dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, os quais apresentam parte considerável de seus territórios inserida na região semiárida. Nessa região, os agricultores de base familiar exploram especialmente a agropecuária, seja de bovinos para produção de leite e derivados, como de pequenos animais, caprinos e ovinos; como também, existem as produções de grãos para consumo próprio e comercialização do excedente, tais como feijão e, milho, andu, fava, sorgo e algodão, onde os restos culturais são destinados a à alimentação animal, sendo os criadores os que mais sofrem com os efeitos da falta de água.

Ante o exposto, acredita-se que as características da água de uma região devem ser aproveitadas de forma racional, com uso de culturas mais adaptadas às condições locais, sendo necessário um diagnóstico sucinto de seu potencial e possibilidades de uso planejado. Considerando o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 02, da Organização das Nações Unidas (ONU), que tem como premissa “Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável”, surge o seguinte questionamento: a salinidade das águas no município de Bodocó tem potencial de uso para cultivo de plantas forrageiras? Quais as possíveis forrageiras que poderiam ser utilizadas?

A partir destes questionamentos, este trabalho objetivou avaliar se as águas subterrâneas explotadas no município de Bodocó, são adequadas para a irrigação de plantas forrageiras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Diagnosticar a qualidade das águas subterrâneas, quanto à salinidade, no período de 2019 e 2020 e o seu potencial de uso na produção de culturas forrageiras no município de Bodocó – PE.

2.2 Objetivos específicos

- I - Avaliar a salinidade da água quanto às restrições de uso na agricultura irrigada, no cultivo de plantas forrageiras;
- II - Classificar as águas subterrâneas do município de Bodocó, com base na Resolução CONAMA nº. 357, de 17/03/2005 e na qualidade da água para uso na irrigação conforme Richards (1954);
- III - Georreferenciar e mapear os poços estudados de forma a estabelecer uma distribuição da salinidade no município de Bodocó;
- IV - Propor cultivos de plantas forrageiras adequadas à qualidade da água subterrânea da região, os níveis de tolerância aos sais por parte das plantas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Água e desenvolvimento sustentável

Considerando o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 02, da Organização das Nações Unidas (ONU), que tem como premissa “Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável”, verifica-se que, até 2030, deva-se garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção; ajudem a manter os ecossistemas; fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres; bem como, melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.

Ao longo da história, as principais e mais importantes civilizações de que se tem registro se desenvolveram as margens de fontes de água (PITERMAN; GRECO, 2005), devido ao alto poder de produção de alimentos, sempre utilizando as águas destas para irrigação das lavouras e criação de pequenos rebanhos de animais. A irrigação por superfície foi e é a mais difundida, porém a que mais necessita de água, e que apresenta menor eficiência de uso (CHRISTOFIDIS, 2004). Apesar do grande avanço tecnológico na irrigação, ainda se desperdiça uma quantidade absurda de água, chegando a 50% do que são fornecidas às plantas.

Nas décadas de 70 e 80, a agricultura brasileira passou por avanços tecnológicos e científicos, que proporcionaram um incremento real na produção de alimentos para abastecimento em termos mundiais, tornando o Brasil um grande exportador de alimentos para vários países (CONCEIÇÃO; CONCEIÇÃO, 2014). De acordo com o Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2002), a agricultura mundial consome 70% do montante de toda a água consumida no planeta. No Brasil, este número sobe para 72%, mostrando assim, o quanto de cuidados são necessários para a preservação desse bem, uma vez que, o descuido para a utilização deste vai comprometer a produção e o abastecimento, tanto de alimentos como de água para consumo humano.

No Brasil, os principais tipos de fontes de água para uso na agricultura e atendimento às necessidades humanas são: as águas das chuvas, as águas de superfície (rios e açudes) e as águas subterrâneas (aquíferos), e esta última, ocorre em locais onde o solo e a precipitação são favoráveis. A região nordestina do Brasil está inserida em uma área de semiaridez, onde as chuvas são irregulares ao longo do tempo, apresentando anos com quantidade de precipitações

adequadas e outros com baixos níveis de chuvas, o que obriga a população a recorrer às suas reservas estratégicas de água, localizadas no subsolo.

A captação de água subterrânea é realizada desde o período imperial, porém, na maioria das vezes, essas águas, principalmente as encontradas no subsolo cristalino, apresentam características químicas que exigem cuidados especiais ao se utilizar na produção de alimentos e manutenção da população ou rebanhos (DINIZ, 2008).

As águas subterrâneas em regiões áridas apresentam maiores teores de sais do que em zonas úmidas, que podem provocar danos até irreversíveis ao solo e as plantas dependendo do tipo e grau de concentração de sais (HOLANDA et al., 2016). Para o adequado uso dessas águas e uma produção sustentável, faz-se necessário a adoção de alguns cuidados, tanto por parte dos órgãos de gestão dos recursos hídricos quanto pelo usuário, tais como: gerenciamento da quantidade de água extraída, manejo da água no solo, proteção do solo e do aquífero presente, com a racionalização do consumo, proteção contra possíveis contaminantes (BRANCO, 2014).

3.2 Semiárido

Segundo Köppen, o clima do Nordeste do Brasil é classificado, de uma forma geral, como BSw_h, clima seco ou semiárido quente (RAMOS 2020). No Brasil, a região semiárida é caracterizada pela má distribuição das precipitações no tempo e no espaço e pelo alto potencial de evapotranspiração, devido às altas temperaturas e à baixa umidade do ar.

Nos dias atuais, muito tem se discutido sobre a redução da disponibilidade hídrica, principalmente nessa região, seja pela condição natural do clima, seja em decorrência do crescimento da população ou da degradação de corpos hídricos pela ação antrópica; em adição, há necessidade de suprir os seres humanos e animais com alimentos (ANDRADE; MEIRELES; PALÁCIO, 2010).

No município de Bodocó, localizado no chamado Polígono das secas em Pernambuco, não é diferente. Este município está inserido na região fisiográfica do sertão nordestino, caracterizado pela insuficiência das chuvas, com altas temperaturas e evaporação (NOBRE; MELO, 2001).

Apesar dessa condição de irregularidade das chuvas e condição de escassez de água no semiárido brasileiro, os problemas apontados como sendo os que afetam o homem do semiárido nordestino estão ligados, em quase sua totalidade, à resistência na adoção de técnicas adequadas às condições climáticas e ao reconhecimento da aptidão dos recursos naturais presentes na região (PEREIRA; ANDRADE, 2010).

3.2.1 Regime pluviométrico

O sertão de Pernambuco, o qual compreende as mesorregiões do Sertão do Araripe e Sertão de São Francisco, é dominado pelo clima semiárido e, conforme Assis, Sobral e Souza (2012) e Pernambuco (2006), apresenta registros de chuvas nos meses de dezembro a maio em porções distintas e índices pluviométricos alternando entre 400 e 800 mm anuais. As chuvas que ocorrem nessa região têm origem nas Frentes Frias, nos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e na ZCIT. Outra característica marcante dessa região é a estação de seca, que pode se prolongar de 7 a 10 meses e conduzir a situações críticas.

De acordo com o Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável da Região do Araripe (PTDRS, 2011), as principais características naturais do Território do Sertão do Araripe, onde está inserido o município de Bodocó, são o clima quente e seco, com escassez e irregularidades de chuvas, geralmente concentradas em poucos meses, aliadas a uma alta evapotranspiração e à existência de grandes períodos de seca.

O principal fator negativo das precipitações sobre a região do Araripe em Pernambuco não reside na altura dos seus totais, em média de 685 mm anuais, mas na sua distribuição anual (71% das precipitações ocorrem entre os meses de janeiro e abril). Ressalta-se que, nas cotas mais altas da chapada, a precipitação mostra-se superior a 1.000 mm/ano. Diante disso, a hidrografia na região é considerada insuficiente na área sedimentar, apesar de dispor de várias fontes advindas de nascentes existentes na borda da chapada do Araripe, favorecendo a região do cristalino (PTDRS, 2011)

3.2.2 Características Edafológicas e Geomorfológicas do Sertão do Araripe

O Território do Sertão do Araripe inclui 10 municípios (Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena e Trindade) e os solos predominantes no Território são profundos e de baixa fertilidade natural, com aptidão agrícola para lavouras. No geral, o Território apresenta solos do tipo Latossolos, Planossolos, Argissolos, Luvisolos e Neossolos: Litólicos e Flúvicos (CPRM, 2006a).

A região também está inserida nas unidades geoambientais da Depressão Sertaneja e das Chapadas Altas. A Depressão Sertaneja representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas e elevações residuais, cristas e/ou outeiros que pontuam a linha do horizonte (CPRM, 2005).

Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino. As Chapadas Altas, com altitude superior a 800 metros, são formadas por platôs altos e extensos, apresentando encostas íngremes e vales abertos. Desta forma, o relevo sobre a chapada apresenta-se plano, onde a litologia é sedimentar, e de ondulado a suave ondulado, sobre as rochas do embasamento cristalino. A altitude varia entre 850 e 1000 m, sendo um dos elementos mais marcantes da paisagem e da economia da região (PTDRS, 2011).

3.2.3 Disponibilidade hídrica em Bodocó-PE

O município de Bodocó está inserido na bacia hidrográfica do Rio da Brígida, que tem seus cursos d'água de regime intermitente e de drenagem dendrítica, composta no município pelos riachos: Sipaubá, do Olho d' Água, Tucano, Sto. Antônio, do Pombal, Gravatá, do Mel, do Camaleão, do Aço, da Volta, Umburana, do Ferreiro, do Manoino, do Algodão, do Lopes, do Caracuí, das Letras, Cacimbas, da Garça ou Logradouro e da Selada e de um único açude, o Açude Lopes II (23.935.360 m³) (CPRM, 2005).

Em muitas localidades da região, a construção de açudes é pouco viável, devido à presença de solos arenosos, características de escoamento do riacho a ser barrado, afloramento rochoso e outras desvantagens inerentes a este tipo de manancial. Desta forma, em Bodocó, destaca-se entre as diversas opções de suprimento de água para amenizar as consequências da seca, a construção de sistemas simplificados de abastecimentos por água subterrânea. O abastecimento por água subterrânea ganha importância adicional na região por resistir, em curto prazo, a fenômenos naturais como: baixa precipitação pluviométrica, elevada evapotranspiração potencial e de contaminação (CPRM, 2007).

3.3 Água subterrânea

As águas subterrâneas são provenientes da infiltração das precipitações ao longo do perfil dos solos. Do total infiltrado, parte fica retido na camada superficial e o restante percola no perfil para alimentar os aquíferos, onde a água se movimenta em condições naturais, ou percola rapidamente pelos espaços das rochas porosas ou lentamente entre as fissuras das rochas, chegando às nascentes e aos rios, onde são evaporadas e novamente precipitadas, completando o complexo ciclo da água. O manancial subterrâneo constitui o maior volume de

água doce que ocorre na Terra de forma líquida, da ordem de 10,3 milhões de km³, enquanto os rios e lagos acumulam cerca de 104 mil km² (FEITOSA et al., 2008).

Águas subterrâneas ocorrem basicamente de três formas: nas rochas, estando presente nas discontinuidades como falhas e fraturas das rochas ígneas e metamórficas; nos terrenos fraturados-cársticos, nas discontinuidades das rochas calcárias; além das rochas sedimentares, entre os grãos (ANA, 2005).

Devido estar resguardada a maiores profundidades, as águas subterrâneas são menos sujeitas a contaminação pela disposição inadequada de esgotos e fossas, rejeitos mineração, uso indevido de agroquímicos, resíduos sólidos descartados inadequadamente e vazamento de substâncias tóxicas, sendo assim, águas importantes para o suprir o abastecimento humano e animal com água potável, para utilização na indústria e na agricultura (CCE, 2003).

3.3.1 Hidrogeologia

O Estado de Pernambuco tem uma área de 98.937,84 km², onde 85.484,03 km² (84%) correspondem ao aquífero fissural, 13.453,81km² (13%) aos aquíferos intersticiais e apenas 3% aos depósitos aluviais. Desta forma, pode-se dizer que os aquíferos que ocorrem no Estado se enquadram essencialmente em dois tipos: intersticiais e fissurais (PERH-PE; 1998).

Os aquíferos intersticiais em Pernambuco incluem a bacia do Araripe que está localizada no interior do Estado e pode ser considerada de médio porte. Nos aquíferos classificados como fissurais, as águas circulam lentamente pelas fissuras existentes nas rochas cristalinas impermeáveis. Estes apresentam maior área de ocorrência, visto que dominam cerca de 84% do território estadual, entretanto, é o de menor potencialidade por unidade de área, além de apresentar constantes problemas de salinização das águas nele contidas.

Segundo Amorim et al. (2008), a presença de sais nas águas subterrâneas está associada ao tipo de substrato com a qual tem contato e com a capacidade de dissolução de sais presentes nas rochas. Desta forma, a qualidade e a quantidade destas águas estão diretamente ligadas ao tipo de formação litológica do subsolo, bem como o clima da região.

O município de Bodocó fica encravado no sopé da Chapada do Araripe, onde fica localizado um importante aquífero, porém a maior parte do território do fica sobre a formação rochosa cristalina, inserido no domínio hidrogeológico intersticial, domínio hidrogeológico karstico-fissural e no domínio hidrogeológico fissural (CPRM, 2005), contribuindo assim para uma ligeira elevação dos valores dos sólidos totais dissolvidos (STD) das águas subterrâneas na maioria dos poços do município. Análises feitas pela CODEVASF (2021), encontraram

poços com água com até 13,84 dS m⁻¹, em rochas cristalinas no município de Ibimirim – PE, destacando o cátion Na⁺ e o ânion Cl⁻, enquanto que Leprun (1983), citado por (CODEVASF 2021), afirma que águas subterrâneas provenientes de embasamento sedimentares apresentam baixa salinidade, porém, consideráveis valores de bicarbonatos e/ou sulfatos.

Segundo Mendonça (2002), durante o processo de deslocamento entre as rochas calcárias, a água no período de abastecimento dissolve os minerais calcita, dolomita e a gipsta elevando os valores dos cátions Ca²⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ e Ca²⁺ mais os ânions como SO₄⁻, respectivamente, elevando assim os valores de sólidos totais dissolvidos (STD), chegando assim a ultrapassar valores de 2000 mg L⁻¹, o que aumenta a dureza e a saturação de calcita na água (MEDEIROS, 1992; OLIVEIRA; MAIA, 1998, Apud CODEVASF, 2021).

Os íons Na⁺ e Cl⁻, são provenientes dos processos de dissolução dos cristais halita e anidrida, respectivamente. A bischofita e carnalita também contribuem diretamente para o aumento dos cloretos. Por ser o mineral bischofita de alta solubilidade, este influencia no aumento de Cl⁻ juntamente com o Mg²⁺, provenientes de deposições marinhas (MENDONÇA 2002). Por estes minerais presentes nas rochas apresentarem alta solubilidade, se explica a formação de fendas nas rochas matrizes, após os deslocamentos da água subterrâneas por entre as mesmas, ao longo do tempo.

Desta forma, nos estados da região Nordeste, incluindo o estado de Pernambuco, são encontradas zonas que apresentam variações no índice de qualidade das águas subterrâneas, permitindo classificá-las como águas salgadas, doces e, entre estas, as águas salobras; que, por sua vez, são influenciados por diferentes atributos, tais como: a) clima; b) modo de ocorrência das águas (aquíferos livres ou confinados); c) condições de circulação (zoneamentos verticais) e d) natureza geológica (influência litológica) (NUNES FILHO et al., 2000).

Na grande maioria dos poços encontrados na região, as fendas com presença de água estão em torno de 60m de profundidade (MME, 2009) e vazão por volta de 1,5m³/s (COODEVASF, 2007). A forma mais comum de encontrar esses poços é através de métodos empíricos como hidroestesia. A sua prática é derivada da radiestesia, técnica que mede a sensibilidade humana às radiações que são emitidas pelos vários materiais encontrados no subsolo, como minérios, petróleo ou, como nesse caso, água. São realizados por pessoas que apresentam alta sensibilidade energética, utilizando instrumentos como: galho de plantas verdes, metais como, bronze e alianças de ouro. Ademais, é possível usar métodos geofísicos muito utilizados, porém, pouco difundidos devido ao alto valor necessário para sua contratação. Segundo Garces (2019), os métodos eletro-resistivo e o eletromagnético são os mais utilizados para prospecção de água subterrâneas.

Para se chegar até essas fendas, os poços são perfurados até uma profundidade de cerca de 60 m, e a água é conduzida até a superfície por meio de bombas - caso haja um volume grande de água e energia elétrica disponível -, ou por cataventos, quando o volume é menor. Esta água fica armazenada em um reservatório e pode ser retirada pela comunidade nas torneiras (COODEVASF, 2007).

3.3.2 Qualidade das águas: legislação e classificação para uso na irrigação

A qualidade das águas é uma variável muito importante quando se pretende iniciar um projeto de exploração agrícola, uma vez que, quando inadequada, pode trazer prejuízos ao solo e às plantas. Um parâmetro que pode ser utilizado como referência para o conhecimento da qualidade da água dos corpos hídricos é a condutividade elétrica (CE) (HOLANDA et al., 2016). Conforme Ribeiro et al. (2005), a CE é a variável mais empregada para se avaliar o nível de salinidade da água.

A CE da água indica a sua capacidade de transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica (BRASIL, 2014). Dessa forma, a condutividade elétrica representa um parâmetro físico utilizado para obtenção das características de determinado meio líquido, e em termos de água subterrâneas, trata-se de um processo relativamente fácil e rápido para se caracterizar o meio.

Dentre as tecnologias utilizadas para aumentar o rendimento das culturas em regiões semiáridas destaca-se a irrigação. No entanto, a água utilizada para irrigação nas regiões áridas e semiáridas, principalmente as provenientes de poços tubulares, apresenta com frequência altos teores de sais, o que pode ser um risco para a produção agrícola da maioria das culturas (c).

O uso de água com maiores teores de sais, chamadas água inferior (ALMEIDA, 2010), pode apresentar benefícios, desde que seja bem manejada, e utilizada de forma segura e consciente. Por outro lado, o acúmulo de sais no solo, ocasionado por irrigação com águas de qualidade inferior, promove um ambiente desfavorável para o desenvolvimento das plantas, resultando no que se conhece por estresse salino, que altera de forma negativa o crescimento das culturas (MUNNS e TESTER, 2008). Além do impacto sobre o desenvolvimento vegetal, as águas salinas promovem sérios danos à estrutura, química e microbiota do solo, podendo deixar áreas impróprias para produção agrícola (SUN et al., 2012)

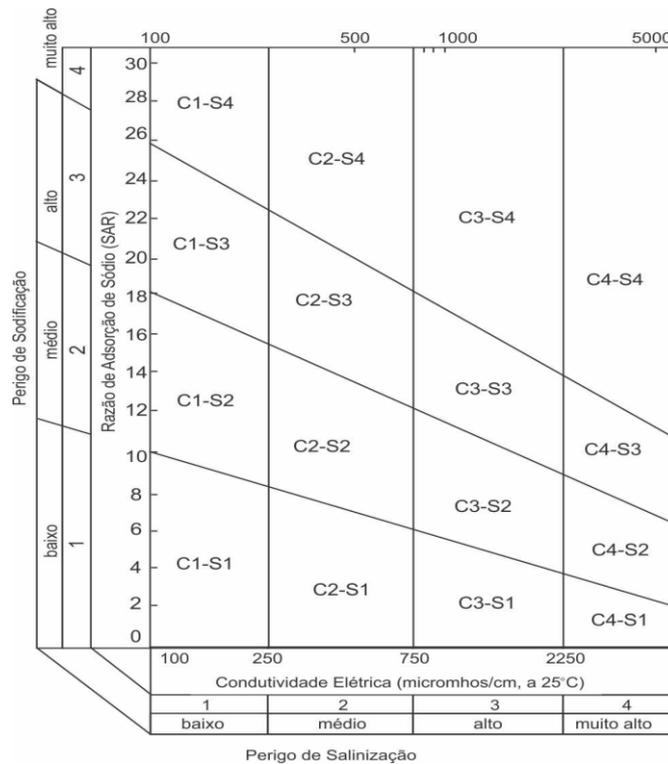
Níveis elevados de sais nas águas de irrigação são prejudiciais às plantas, pois causam acentuada redução na transpiração, prejudica o desenvolvimento das plantas devido à maior quantidade de energia despendida por estas para absorver água do solo e ao ajuste osmótico que a mesma realiza para sobreviver em condições de estresse salino (MEIRELES, 2007). Esses efeitos vão interferir nos rendimentos das plantas sensíveis e até a morte de algumas plantas, provocados pela reduzida disponibilidade de água na zona de raízes (PIZARRO, 1985; YIASOUMI, 2004).

A análise da salinidade da água subterrânea utilizada na irrigação é de extrema importância para elaboração de propostas de manejo e proteção desses recursos, especialmente em regiões semiáridas, cujas condições naturais de clima e solo potencializam o processo de salinização. Esses problemas são potencializados nas áreas de produção de baixo nível tecnológico e em regiões áridas e semiáridas, pois ocorre o predomínio do uso indiscriminado da irrigação, fertilizantes e outros insumos, que em associação com drenagem deficitária são as principais causas de salinização dos solos (MOREIRA BARRADAS et al., 2015; SILVA et al., 2018).

No Brasil, as águas podem ser avaliadas conforme a resolução CONAMA 357/2005, MMA (2005), que considera, entre outras coisas, a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes. Esta resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. De acordo com esta resolução, as águas podem ser classificadas como águas doces, águas com salinidade igual ou inferiores a 0,5‰ (500 mg L⁻¹), águas salobras com salinidade entre 0,5‰ (500 mg L⁻¹) e 30‰ (30.000 mg L⁻¹) e águas salinas com níveis de salinidade superiores a 30‰ (30.000 mg L⁻¹).

A água pode, ainda, ser classificada quanto ao uso para irrigação. A partir da CE e da RAS é possível classificar a água de irrigação quanto a restrição de uso (Figura 1), utilizando a classificação proposta pelo United States Department of Agricultural (USDA), apresentada por Richards (1954), sendo essa a classificação mais utilizada.

Figura 1 - Diagrama de classificação de água, conforme Richards (1954)



Fonte: Richards (1954).

A capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica é denominada condutividade e depende da concentração dos íons presentes na solução: cátions e ânions. Depende também da temperatura e por isso essas medidas devem estar sempre associadas. A unidade básica de medida da condutividade é mhos/m (antiga) ou Siemens/m, sendo comumente expressa nos seus sub-múltiplos (uS/cm, mS/cm, dS/m etc.), onde $1 \mu\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1} = 1 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ e $1000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} = 1 \text{mS/cm} = 1 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$. A qualidade da água apresentada por Richards (HOLANDA et al., 2016), sugere quatro classes de salinidade para as águas (C1, C2, C3 e C4), bem como, critérios de uso em função do solo e das plantas. As águas são divididas em classes (C1 a C4) segundo sua condutividade elétrica (CE):

C1: águas de salinidade fraca, CE menor ou igual a $250 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ a 25°C . Podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, na maioria dos solos, com pequeno risco de incidentes provenientes da salinização do solo, exceto se a permeabilidade do solo for extremamente fraca;

C2: águas de salinidade média, CE entre 250 e $750 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silto-arenosos, siltosos ou areno-

argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ainda serem cultivados na maioria dos casos;

C3: águas de alta salinidade, CE entre 750 e 2250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Só podem ser utilizadas em solos bem drenados. Mesmo em solos bem cuidados, devem ser tomadas precauções especiais para evitar a salinização, e apenas os vegetais de alta tolerância salina devem ser cultivados;

C4: águas de salinidade muito alta, com CE acima de 2250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Geralmente não servem para irrigação, podendo ser, excepcionalmente, utilizadas em solos arenosos permeáveis, bem cuidados e abundantemente irrigados. Apenas os vegetais de altíssima tolerância salina podem ser cultivados nestas condições;

Estudo realizado no Estado de Pernambuco por Nunes Filho et al. (2000), em que foram coletadas 100 amostras de águas superficiais (açudes, rios, riachos) e 75 amostras de águas subterrâneas (poços, cacimbas) em 33 municípios no sertão pernambucano, verificaram que a maioria das águas superficiais estudadas se enquadra na classe de salinidade média (250 a 750 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), enquanto as águas subterrâneas apresentam salinidade muito alta, acima de 2250 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Conforme Ayers e Westcot (1991), as águas de irrigação contêm mistura de sais de origem natural, que ao longo do tempo podem acumular sais no solo em concentrações mais elevadas. Desta forma, com manejo da irrigação adequados e eficiência de drenagem, é possível manter os rendimentos das culturas em níveis aceitáveis.

Os autores mostram que, a partir de um padrão normal de lixiviação do solo, no qual supõe-se que 40% da evapotranspiração da cultura é extraído no primeiro quarto superior da zona radicular, 30% do segundo, 20% do terceiro e 10% do quarto inferior, e ainda, considerando que o uso de uma fração de lixiviação de 15% a 20% da água de irrigação percola abaixo da zona radicular e que os 85% a 80% restante é usada pela ETc, é possível utilizar as seguintes aproximações quanto à condutividade elétrica da água de irrigação e o risco de salinidade na zona das raízes e na solução do solo:

$$\text{CE}_{\text{zr}} = 3,0 \text{ CEa}$$

$$\text{CE}_{\text{es}} = 1,5 \text{ CEa}$$

$$\text{CE}_{\text{zr}} = 2,0 \text{ CEes}$$

Onde:

CE_{zr} = condutividade elétrica da água contida na zona radicular

CE_{es} = condutividade elétrica do extrato de saturação do solo

CE_a = condutividade elétrica da água de irrigação.

Desta forma, nos casos em que não se pode manter a salinidade dentro dos limites de tolerância das culturas preferidas, deve-se considerar a substituição de culturas por outras de maior tolerância, o que aumentará o potencial de produção.

3.4 Produção de culturas forrageiras

A criação de animais na região Semiárida do país está intimamente ligada a problemas relacionados à falta d'água, provocados pelas irregularidades das precipitações, que compromete a produção de biomassa para alimentação dos rebanhos. Contudo, a região destaca-se nacionalmente no setor pecuário. O êxito desse setor é dependente diretamente da disponibilidade de alimento de qualidade, a qual pode ser adquirida a partir do uso de irrigação na produção de forragem (SILVA et al., 2014).

A busca por alternativas alimentares para caprinos e ovinos nesta região, baseia-se na produção e conservação de espécies forrageiras nativas ou introduzidas. No entanto, para essa região não existe uma alternativa perfeita, de modo que, são procuradas saídas para amenizar a situação dos sertanejos no período seco, dando assim um maior suporte para melhorar a produtividade animal.

Apesar da vegetação Caatinga mostrar-se rica e diversa, com grande potencial forrageiro, estas apresentam uma característica de aumento do teor de matéria seca (MS) durante a estação chuvosa e estabilização durante a estação seca, caracterizando a produção de biomassa, em aumento no período das chuvas no mês de janeiro atingindo o ponto máximo nos meses de junho e julho, mas apresentam grandes variações anuais (CAMPOS et al., 2017).

Algumas plantas forrageiras têm destaque na alimentação dos animais, como restos culturais de milho, sorgo, feijão de corda, feijão Guandu e fava, também o uso de plantas nativas da caatinga, dentre elas, destaca-se o angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth), o pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul.), a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), a catingueira rasteira (*Caesalpinia microphylla* Mart.), a favela (*Cnidoscolus phyllacanthus* (Muell. arg.) Pax et K. Hoffman), a canafistula (*Senna spectabilis*), o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), o rompe gibão (*Pithecelobium avaremotemo* Mart.) e o juazeiro (*Zyzyphus joazeiro* Mart.), entre

as espécies arbóreas; a jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret), o engorda-magro (*Desmodium* sp), o feijão bravo (*Phaseolus firmulus* Mart.), a camaratuba (*Cratylia mollis* Mart. Ex Benth), e o mata pasto (*Senna* sp), entre as espécies arbustivas e semiarbustivas. Destacam-se ainda as cactáceas forrageiras, facheiro (*Pilosocereus pachycladus* Ritter) e o mandacaru (*Cereus jamacaru*) (FERREIRA et al., 2009; ARAÚJO JÚNIOR, 2003)

A Embrapa semiárido vem, ao longo dos anos, desenvolvendo trabalhos importantes buscando saídas favoráveis quanto à problemática da quantidade e qualidade de forrageiras para alimentação dos rebanhos da região nordestina, sempre buscando apontar soluções para a convivência com os problemas hídricos crônicos na região, principalmente no que diz respeito à produção de alimento para os rebanhos, vem sendo estudados sistemas de cultivo de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* L. Mill), gliricídia (*Gliricidia sepium*, Jacq.) e a leucena (*Leucaena leucocephala*). Estas plantas irrigadas com água salobra apresentaram ótimas produtividades. Segundo Hermes et al. (2014), gliricídia e leucena, produziram, respectivamente, 9 e 12 t ha⁻¹, já a palma de acordo com os vários arranjos espaciais apresentou produção de 600, 800 e até 1.000 t ha⁻¹ no primeiro ano de cultivo, com irrigação por gotejamento de pequena intensidade (5 litros por metro, a cada 15 dias) e fertilização orgânica e química.

Nos últimos anos, têm se intensificado o consórcio destas culturas entre si e com outras culturas regionais, como feijão, milho ou sorgo. Alguns produtores têm montado sistemas de integração lavoura-pecuária utilizando esses consórcios com a pastagem direta de animais de grande e pequeno porte. A Embrapa Semiárido delineou um sistema de produção com base na caatinga, com a incorporação do capim buffel e de uma área destinada a produção de um volumoso com nível de proteína mais alto, cuja fonte é uma leguminosa, chamado por isso de sistema CBL, que pode ser a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit.), o guandu (*Cajanus cajan* L. Millsp.), a gliricídia (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp.) ou até mesmo a maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*) (ARAÚJO et al., 2006).

3.5 Rebanhos explorados no município de Bodocó – PE

Os rebanhos nordestinos de caprinos e ovinos correspondem, respectivamente, a 8,91 e 7,76 milhões de cabeças; sendo que o efetivo caprino do Nordeste representa 93,52% do rebanho nacional, enquanto o rebanho ovino 52,50%, e ambos se encontram bastantes concentrados na região semiárida. Os estados que apresentam os maiores rebanhos de caprinos

e ovinos, nesta mesma ordem, são: Bahia, e Pernambuco, Piauí, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (MAGALHAES et al., 2020).

O rebanho de animais explorados no município de Bodocó, no ano de 2010, era superior a 62 mil bovinos, já no ano de 2017, esse total não chegou a 55 mil animais. Enquanto os pequenos animais, como caprinos e ovinos, estão na casa de 6,7 e 24,9 mil animais, respectivamente, conforme levantamento anual realizado pela Agência de Defesa do estado. Esses valores na redução da quantidade de animais evidenciam o efeito da seca prolongada, sendo que, os menores valores registrados no estado foram em 2015, ano mais afetado pela seca recente que castigou o Nordeste. O rebanho local chegou a pouco menos de 48.000 animais, uma redução de mais de 22% na quantidade de bovinos no município (ADAGRO, 2018).

As alternativas de alimentação para caprinos e ovinos nos períodos secos no semiárido baseiam-se na produção e conservação de espécies forrageiras nativas ou introduzidas, no uso de alguns resíduos agroindustriais e na compra de ingredientes concentrados (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2003). Dependendo dos níveis tecnológicos e financeiros, alguns agropecuaristas recorrem a irrigações para produzir alimentos para suprimento seus rebanhos nas épocas de escassez de alimentos. Vale e Azevedo (2013) obtiveram bons resultados em capim elefante e sorgo forrageiro, irrigados com água proveniente de poço artesiano, apresentando como uma alternativa na produção de alimento para os rebanhos nordestinos.

3.6 Plantas adaptadas ao estresse salino

Diversas são as plantas que podem ser utilizadas como forrageiras e que são adaptadas às condições de estresse salino, destacando-se: moringa, gliricídia, palma forrageira, cunhã e feijão guandu.

3.6.1. *Moringa*

A moringa (*M. oleífera*) é uma planta pertencente à família Moringaceae, de porte arbóreo e cresce de 10 a 12 m de altura, suas folhas são bipinadas com sete folíolos cada (SOBRAL et al., 2020; GUALBERTO et al., 2014).

A moringa vem sendo ao longo dos anos amplamente disseminada na região semiárida do país, tendo em vista sua considerada adaptabilidade às condições climáticas da região, tanto em área de sequeiro como por irrigação, por ser uma planta pouco exigente em solos (OLIVEIRA, 2010). Segundo Foild et al. (1999), trata-se de uma cultura que se adaptou aos diferentes tipos de solo do Nordeste, com exceção dos solos de drenagem ineficiente. Confuso

Segundo Gallão, Damasceno e Brito (2008) as folhas frescas de Moringa apresentam excelentes qualidades nutricionais, e uma importante fonte proteica com 33,8% de proteínas, possuindo uma digestibilidade in vitro de 79,7%, apresentando-se como uma saída para a suplementação proteica aos animais. Sánchez, Spörndly e Ledin (2006), corroborado por Foild et al. (1999) afirmam que, estudando moringa em diferentes arranjos, conseguiu produzir 6,4 t de proteína por hectare.

Nicolau (2018), estudando a germinação de sementes de moringa sob estresse salino, verificou que a emergência das plântulas sofreu influência da condutividade elétrica da água de irrigação a partir 2,70 dS. m⁻¹. Enquanto, Oliveira et al. (2009) constataram que sob valores de condutividade de 3,00 dS. m⁻¹, as plântulas emergem sem maiores problemas, e quando aumentado para 5,00 dS. m⁻¹, prejudica a germinação com ou sem o tegumento das sementes.

O desenvolvimento das plantas de moringa é afetado à medida que se eleva a condutividade elétrica da água de irrigação. Nicolau (2018) encontrou valores de decréscimo no tamanho das plantas na ordem de 87,6% quando irrigadas com água de condutividade de 10,00 dS. m⁻¹, comparadas com o nível de 0,20 dS. m⁻¹. De uma forma geral, segundo Miranda et al (2007), a moringa é uma planta que tolera o estresse salino até níveis consideráveis.

3.6.2 *Gliricidia*

A *Gliricidia sepium* pertence à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae. É uma planta arbórea de médio porte; nativa das Américas; de sistema radicular pivotante e profundo, que facilita a captura de água de camadas mais profundas, conferindo-lhe tolerância à falta de água.

Trata-se de uma planta com caracteres que lhe conferem fácil adaptação às condições edafoclimáticas do semiárido, como crescimento ótimo em altas temperaturas, boa tolerância a períodos de falta de água e a manutenção de folhas verdes na época de escassez de água (CARVALHO FILHO et al., 1997).

Farias et al. (2009), estudando o comportamento da germinação das sementes de *gliricidia*, verificou que possui resistência comparável às plantas halófitas *Juncus maritimus* e *Prosopis juliflora*, as quais germinaram em soluções com concentração de sais de 150 mM.

Pode ser utilizada para forragem, reflorestamento, adubação verde e cercas vivas, fixação biológica de nitrogênio, reflorestamento, banco de proteína, produção de feno e silagem, entre outras (CARVALHO FILHO et al., 1997). Conforme Kiill e Drumond (2001), essa espécie possui características importantes como rápido crescimento, alta capacidade de rebrota, resistência a falta de água, e pode ser propagada tanto por via sexual ou assexual.

Segundo Hermes et al. (2014), a gliricídia irrigada com água salobra apresentou resultados satisfatórios de produção, chegando a 53 e 9 t ha⁻¹ de matéria verde e seca, respectivamente, no primeiro corte, após nove meses do plantio, mantendo os mesmos valores de produção e proteína após o segundo corte, realizado sete meses após o primeiro.

3.6.3 Palma

A palma forrageira é originária do México, mas possui ampla distribuição geográfica, sendo cultivada em todos os continentes, excetuando-se os polos (MARQUES et al., 2017). Possuindo destaque nas zonas áridas e semiáridas é muito cultivada para utilização na alimentação animal, no início da introdução desta cultura as variedades Gigante e Redonda Opuntia fícus-indica, foram muito difundidas sertão a dentro, sendo dizimadas pela cochonilha do carmim na primeira década dos anos 2000.

O Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, é um dos pioneiros nos estudos com diversas cultivares de palma, mantendo diversos acessos em seu banco de germoplasma, dentre eles, destacam-se: Miúda, IPA Sertania e a IPA–20, que é fruto do trabalho de melhoramento do órgão, com bom destaque para a produção de massa (ALBUQUERQUE, 2000 e SANTOS et al., 2006, citado por ROCHA, 2012).

Diversas pesquisas realizadas no semiárido com produção de palma forrageira sob estresse salino mostram bons resultados de produção (SANTOS, et.al 2020; LIMA et. al 2019; FELIX et al., 2018; TOMAZ et al., 2018); porém, sempre se faz necessário estar atento a salinização dos solos, que o pode tornar improdutivo.

Adaptando-se a vários tipos de solos no semiárido nordestino, a palma apresenta produções excelentes. Em trabalhos realizados na região de Campina Grande – PB, em diferentes tipos de solos, Lima et al. (2019) observaram que a variedade Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) apresentou resultados satisfatórios no Luvissolo crômico e Planossolo nátrico, irrigada com água de diferentes níveis de condutividade elétrica. Fonseca (2017), em estudo na região da Serra Geral no estado da Bahia, com cultivar gigante em um Latossolo vermelho-amarelo, sob irrigação de 3,60 dS.m⁻¹, concluiu que a alta salinidade não provocou danos ao solo, além de promover bons incrementos na produção de palma forrageira.

São empregados diversos sistemas para a palma forrageira, a grande maioria em sequeiro, porém, muitos pequenos sistemas de irrigação começam a ser empregados na produção de palma, o que incrementa a produção final da cultura. Silva et al. (2014) conseguiram produzir 639.000, 518.000 e 400.000 kg/ha, usando as variedades Miúda, Redonda e Gigante, respectivamente, em sistema de sequeiro. Lemos (2016) observou bons

incrementos de produção de matéria verde utilizando a variedade orelha de Elefante irrigada com efluente doméstico, chegando a 539.000 kg.ha⁻¹.

3.6.4 *Cunhã*

A cunhã (*Clitoria ternatea* L.) é uma planta originária da Ásia, pertencente à família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Clitoriinae. Essa planta perene, cuja propagação se dá por meio sexuado, é semiarbusciva ou rasteira, chegando até cinco metros na sua extensão por área, tendo características morfológicas como flores de cor azul escuro ou branca, com cinco e folhas pinadas estipuladas, ráceros axilares pequenos, cálice tubular, raízes pivotantes e profundas (MARTINS et al., 2012).

Esta leguminosa forrageira apresenta boa adaptabilidade ao clima e região. Além disso, apresenta altos teores de proteína, sendo muitas vezes utilizada em consórcios com os mais distintos tipos de forrageiras. Esta característica faz com que essa leguminosa forrageira tenha uma ampla utilização na pecuária como banco de proteína, feno ou silo, proporcionando grandes melhorias na qualidade da produção pecuária, pois otimiza o desempenho dos animais, devido aos altos níveis de proteína e fácil digestibilidade (TEIXEIRA et al., 2010).

Conforme Machado (2021), a cunhã é vantajosa, pois seu custo é consideravelmente mais baixo que as principais fontes proteicas utilizadas atualmente na pecuária brasileira e tolera longos períodos de seca, devido à sua necessidade hídrica baixa, que somado a suas rebrotas numerosas proporciona grande produção de feno mesmo durante o período de seca.

Martins et al. (2012), avaliando o efeito de sete diferentes concentrações salinas em níveis crescentes de condutividade elétrica da água de irrigação, observaram que o desenvolvimento fisiológico da cunhã cultivada em doses de CE superiores a 2dS.m⁻¹ é reduzido, com menor acúmulo de biomassa da mesma.

3.6.5 *Feijão guandu*

O feijão guandu (*Cajanus cajan*), pertencente à família Fabaceae e subfamília Faboideae, é uma leguminosa arbustiva anual ou semiperene, importante para diversos países dos trópicos e subtropicais, principalmente os países asiáticos e africanos. A sua origem ainda é motivo de controvérsia, divergindo entre o Continente Africano e a Índia (ARAÚJO et al. 2019; NENE; SHEILA, 1990). O ciclo que vai da semeadura até o pleno florescimento dura entre 80 (variedades anãs) e 180 (variedades normais) dias. A produção de massa verde varia de 20 a 40 t ha⁻¹ (FORMENTINI et al., 2008).

Como cultura de subsistência em áreas semiáridas, o feijão guandu tem uma longa história social e a sua habilidade em produzir economicamente em solos com déficits hídricos o torna uma importante cultura para a agricultura dependente de chuva (CHAUHAN, 1990). Além de ser utilizado na alimentação humana na forma de farinha e de grãos, o feijão guandu pode ser usado para os mais diversos fins, como na alimentação de animais domésticos e na pecuária, na recuperação de solos e áreas degradadas e renovação de pastagens, como planta antagonista de nematoides (AZEVEDO et al., 2007). É utilizado principalmente na forragicultura, por apresentar elevado potencial de produção de forragem, aliado ao alto valor nutritivo. Sendo assim, é um excelente suplemento proteico para os ruminantes.

Estudos de Araújo et al. (2019) mostram que o feijão guandu cultivar BRS Mandarin pode ser cultivado empregando-se um manejo adequado da irrigação, água de qualidade inferior, desde que a mesma não ultrapasse aos $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e em solo arenoso, pois o mesmo não consegue reter muita quantidade de sais na solução do solo por conta da sua elevada capacidade de lixiviação.

3.7 Geoprocessamento dos dados

No Brasil, ainda há pouco conhecimento da hidrodinâmica dos aquíferos, onde, a principal deficiência para a gestão adequada de aquíferos subterrâneos é a carência de dados básicos sobre a favorabilidade hídrica e seu potencial de exploração, o que dificulta a elaboração de planos de gestão atual e futura (HIRATA et al., 2010). E neste contexto, técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento se configuram como importantes instrumentos na identificação, localização, conservação e fiscalização dos recursos hídricos subterrâneos.

A avaliação e modelagem destes recursos tem sido feito com sucesso desde 1970, porém, atualmente, o uso de recursos digitais, conjuntamente à análise geoespacial, tem permitido um melhor tratamento e espacialização dos dados (ELBEIH, 2015; RAHMATI; MELESSE, 2016). A geoestatística representa uma ferramenta para sistematizar dados, envolvendo análise e inferência de fenômenos espaciais e/ou temporais levando-se em consideração a localização geográfica e a dependência espacial de variáveis.

Diversos estudos utilizam-se de métodos de interpolação espacial para estimativas e espacialização de variáveis, de modo que, ainda não há um método considerado como o mais adequado para uma determinada variável (GARDIMAN JUNIOR et al., 2012; MAGALHÃES et al., 2013). Logo, é necessário o estudo de vários métodos de interpolação para, assim, obter um modelo apropriado a cada condição.

Os interpoladores são ferramentas matemáticas que atribuem valores relativos a alguma variável em pontos inseridos em um campo de valores já existente, transformando dados discretos em contínuos (CASTRO et al., 2010). Dentre os métodos de interpolação, os determinísticos são os mais fáceis de entendimento das equações, que levam em consideração, principalmente, a distância entre os pontos.

Os avanços computacionais e o aprimoramento nas técnicas de mapeamento existentes atualmente têm possibilitado uma avaliação cada vez mais precisa da qualidade dos atributos mapeados, assim como, detectar os erros a eles associados, causados ao se determinar o modelo de representação espacial a ser utilizado, por exemplo, nas interpolações de dados.

Com isto, surgiu a necessidade de se implantar, nos atuais Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), formas mais sofisticadas de análise das informações espaciais, assim como a incorporação de procedimentos que permitam uma avaliação da confiabilidade e segurança dos resultados obtidos. No caso dos métodos de interpolação, a avaliação dos erros associados aos atributos mapeados seria um exemplo disto (JAKOB; YOUNG, 2006).

Mapas de isovalores, que mostram a variabilidade dos dados, são resultados cada vez mais comuns que se espera dos SIGs, assim como as estimativas dos dados de pontos não amostrados, por meio de valores em pontos amostrados. Lourenço (1998) coloca que, nestas duas situações, os problemas de interpolação surgem, tornando necessário o uso de metodologias específicas, e as soluções deveriam vir com os erros associados às estimativas.

A interpolação é uma técnica utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região. A interpolação espacial converte dados de observações pontuais em campos contínuos, produzindo padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades espaciais contínuas. O raciocínio que está na base da interpolação é que, em média, os valores do atributo tendem a ser similares em locais mais próximos do que em locais mais afastados. Esse conceito também fundamenta a base das relações espaciais entre fenômenos geográficos, utilizando a correlação espacial como meio de diferença dos atributos estimados (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

Os métodos de interpolação mais comuns dos SIGs em geral pertencem a duas categorias: globais e locais, sendo os globais mais utilizados em superfícies de tendência, e os locais podem ser polinômios de baixa ordem, funções spline, poliedros, triangulação e médias móveis ponderadas.

A Interpolação Spline é uma técnica de aproximação que consiste em se dividir o intervalo de interesse em vários subintervalos e interpolar, da forma mais suave possível, nestes subintervalos com polinômios de grau pequeno. A origem do nome Spline vem de uma régua

elástica, usada em desenhos de engenharia, que pode ser curvada de forma a passar por um dado conjunto de pontos (x_i, y_i) que tem o nome de Spline. Sob certas hipóteses, a curva definida pela régua pode ser descrita aproximadamente como sendo uma função por partes, cada qual um polinômio cúbico, de tal forma que ela e suas duas primeiras derivadas são contínuas sempre. A terceira derivada, entretanto, pode ter descontinuidades nos pontos x_i . Tal função é uma Spline cúbica interpolante, com nós nos pontos x_i .

A krigagem ordinária consiste no uso da dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima (SARAIVA; BONOMO; SOUZA, 2017). A aplicação desta técnica ocorre em uma série de estudos, tais como, na modelagem da superfície freática na cabeceira da bacia do Paráguaçu (OLIVEIRA et al., 2015).

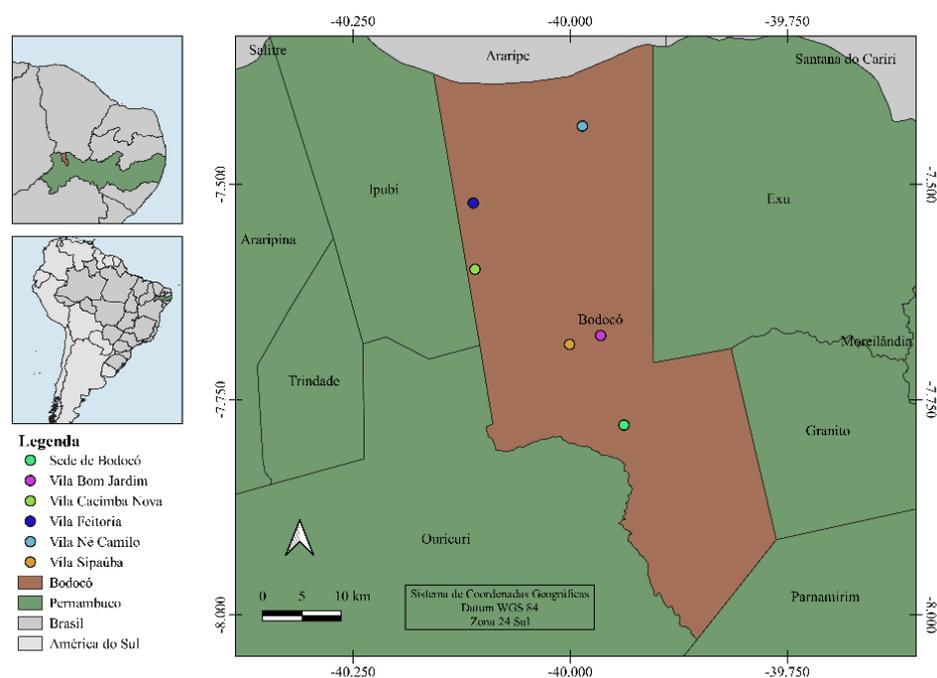
Pesquisa realizada por GARDIMAN JUNIOR et al. (2012), utilizando o método Kriging com o variograma esférico, obtiveram melhor representação da distribuição espacial da precipitação pluvial média mensal na bacia do rio Itapemirim–ES, quando comparado com os métodos IDW, Topo to Raster e Spline regularizada.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo refere-se ao município de Bodocó (Figura 2), localizado na mesorregião Sertão e na Microrregião Araripe do Estado de Pernambuco, distante 639,8 km da capital, Recife, cujo acesso é feito pelas BRs -232/316/122. Com área territorial de 1.632.784 km² e população atual estimada de 38.378 habitantes, possui uma densidade demográfica de 21,75 hab/km² (IBGE, 2020). Inserido nas coordenadas geográficas 07° 46' 42" de latitude sul e 39° 56' 28" de longitude oeste, limita-se ao norte com o município de Araripe - CE, ao sul com Parnamirim, Exu e Granito, ao leste com Exu e Granito, e ao oeste com Ipubi e Ouricuri.

Figura 2 - Mapa de localização do município de Bodocó, no estado de Pernambuco, Brasil.



Fonte: Autor. Adaptado de IBGE 2000.

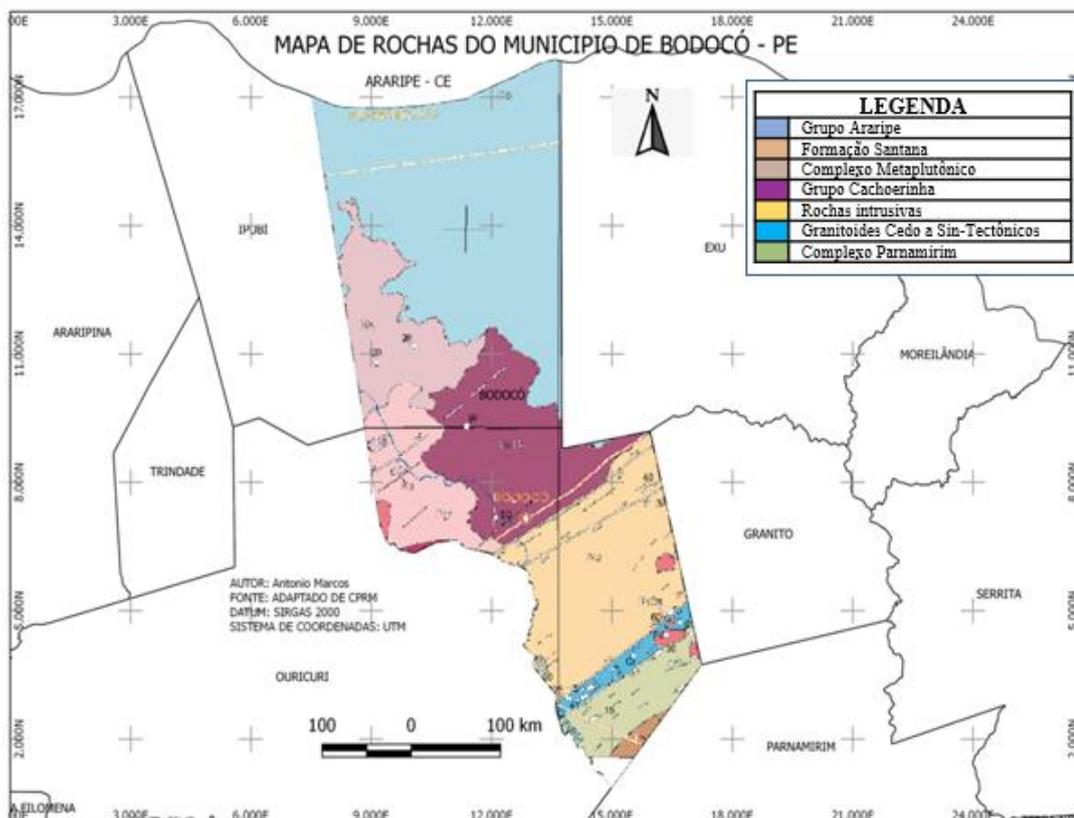
Situado numa altitude aproximada de 443 metros, o clima na região é classificado segundo Koppen como BSw_h, tropical Semiárido, com média de precipitações de 400 mm anuais (APAC, 2018). A vegetação predominante é a caatinga. Nessas condições, a região tem sua economia predominante em atividades agrícolas de base familiar, tais como Agricultura de sequeiro e pecuária de leite e corte.

4.2 Formações geológicas da área de estudo

Os dados sobre substrato rochoso foram levantados junto ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM, carta JÁGUARIBE-SW SB.24-Y (CPRM, 2000), que apresenta formações geológicas de parte dos estados de CE, PI e PE. Segundo a carta as formações do município em estudo são: Grupo Araripe, Formação Santana, Complexo Metaplutônico, Grupo Cachoerinha, Rochas intrusivas, Complexo Parnamirim e Granitoides Cedo a Sin-Tectônicos (Figura 3).

A profundidade de fenda que apresentaram a primeira água nos poços do município foi registrada através das informações encontradas junto aos órgãos responsáveis pela escavação como no caso da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (COODEVASF), Prefeitura Municipal de Bodocó (PMB) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). No caso de poços que foram substituídos por encontrar-se em situação de abandono e/ou seco, foi realizada a pergunta ao responsável direto pelo poço, indagando sobre a metragem de escavação necessária para chegar à fenda com presença de água subterrânea. É necessário salientar que, em alguns poços foram encontradas mais de uma fenda com presença de água.

Figura 3 - Formações geológicas do município de Bodocó.



Fonte: Adaptado de CPRM 2000 (Autor).

O Grupo Araripe, com as Formações Exu e Santana, faz parte do Cretáceo Inferior. A Formação Exu, litologicamente, é constituída por arenitos argilosos finos e médios com intercalações de arenitos grosseiros e conglomeráticos. Esta Formação capeia a parte superior de toda a chapada do Araripe, atingindo uma espessura máxima de 280 metros em Dom Leme, município de Santana do Cariri (CE). Ainda é constatada no topo da Serra Negra - PE. No topo da chapada do Araripe, os solos relacionados a esta geologia são os Latossolos Amarelos e na bordadura da Chapada, tem-se os Solos Litólicos e tipos de terreno de rochas areníticas.

Formação Santana é constituída por calcário laminado e margas com intercalações de folhelhos e siltitos. Apresenta espessura máxima de 250 metros. Os principais solos desenvolvidos de materiais geológicos relacionados a esta Formação são Vertissolos. Ocorre margeando o contorno das escarpas da Chapada do Araripe.

Grupo Cachoeirinha é constituído pelas seguintes rochas: filitos, micaxistos finos, clorita xistos, sericita xistos, metassiltitos, que ocorrem na região de Salgueiro, Triunfo e Ouricuri. No contexto das áreas de ocorrência dos materiais geológicos referidos a este Grupo, os solos mais expressivos são: solos Litólicos, Podzólicos VermelhoAmarelos, Podzólicos Amarelos, Luvisolos e Cambissolos.

As rochas plutônicas graníticas do Fragmento Icaçara estão representadas por augen gnaisses calcialcalinos e augen gnaisses peralcalinos que apresentam contatos tectônicos (empurrão e transcorrência) ou intrusivos com os complexos retromencionados. Os granitóides são biotita augen gnaisses de composição granodiorítica a monzogranítica, granulação grossa, localmente com fácies microporfirítica, de afinidade subalcalina transicional a calcialcalina potássica, originados por fusão parcial de uma fonte crustal (Medeiros, 1992). Os granitóides são riebeckita-augita-ferroaugita augen gnaisses granodioríticos a monzograníticos, granulação grossa com fácies microporfirítica, peralcalinos. Uma amostra do augen gnaiss foi datada pelo método Pb-Pb em monozircão segundo técnica de evaporação, indicando idade de 1.969. Os metassedimentos encaixantes do Complexo Barro teriam então uma idade paleoproterozóica, podendo-se supor uma idade similar ou mais antiga para os gnaisses bandados do Complexo Parnamirim.

Complexo Metaplutônico compreende uma complexa associação de rochas metaplutônicas, com processo de migmatização associada, podendo evoluir até migmatitos nebulíticos. Inclui restos de supracrustais, por vezes individualizadas, representadas por xistos, quartzitos, calcários cristalinos, rochas calcissilicáticas e anfibolitos. Os ortognaisses de composição diorítica, tonalítica a granodiorítica são meso a leucocráticos, de coloração cinza, contendo biotita e/ou hornblenda. Ocorrem ainda corpos tabulares leucocráticos, quartzo-

feldspáticos, intercalados nos ortognaisses. Seus litótipos estão intensamente deformados, milonitizados, transpostos e paralelizados ao cisalhamento transcorrente associado ao Lineamento Pernambuco.

Granitóides Cedro a Sintectônicos têm forma alongada, limitam-se por extensas zonas de cisalhamento e, por isso, dispõem-se paralelamente aos trends estruturais regionais, podendo exibir uma lineação de estiramento mineral de baixo rake e foliação milonítica verticalizada e contatos gradacionais. São heterogêneos, fortemente foliados nas bordas, isotrópicos na parte central e, geralmente, apresentam mais de uma geração de magma. Retêm restos de rochas básicas e das encaixantes. Composicionalmente apresentam características de magmatismo calcialcalino a alcalino, englobando tipos essencialmente plutônicos. Ressalte-se que alguns corpos aqui posicionados, podem, na realidade, pertencer a outra classe mais nova, por problemas de contaminação por magma diorítico, a idade do corpo pode ser menor do que a obtida pela datação. Entretanto, é mais ou menos consensual, que tais granitóides representam um estágio de posicionamento sincolisional em relação à grande colagem brasileira.

O Complexo Parnamirim é constituído por gnaisses bandados, por vezes migmatíticos, com estruturas diversas evoluindo para os tipos mais mobilizados como schlieren e nebulíticos. Os protólitos são rochas de composição granodiorítica, de granulação média a grossa (tipos homogêneos), ou de metassedimentos com intercalações de rochas plutônicas e veios aplíticos (tipos heterogêneos).

4.3 Solos da área de estudo

As informações sobre os solos foram obtidas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2006) (Figura 4). A área de estudo apresenta três (3) grandes grupos de solos predominantes, são eles: Latossolo vermelho-amarelo (distrófico e eutrófico), Neossolo litólico e Luvisolo crômico.

Figura 4 - Solos do município de Bodocó.



Fonte autor: Adaptado de Embrapa (2000).

Os Latossolos Vermelho-Amarelos da Zona do Sertão são desenvolvidos de coberturas ou recobrimentos sobre rochas do PréCambriano. Constituem solos profundos, bem drenados, com textura normalmente média e argilosa, com maior incidência de textura média. O horizonte superficial A destes solos é do tipo fraco ou moderado. Em geral, são solos distróficos e eutróficos, com predominância de vegetação de caatinga hiperxerófila e hipoxerófila, raramente floresta subcaducifólia. Apresentam reação moderada a fortemente ácida (pH 4,0 a 5,9), e baixa a muito baixa soma de bases, com variação de 0,6 a 4,0 cmolc.kg⁻¹ de solo e com valores de fósforo assimilável, em geral, inferiores a 5 mg.kg⁻¹.

Os solos Neossolo litólico compreendem solos minerais, tipicamente rasos (menos de 50 cm de profundidade), pedogeneticamente pouco evoluídos, tendo um horizonte superficial A assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C, ou mesmo sobre um horizonte B em início de formação, cuja espessura e, ou, outros atributos não atendem aos requisitos completos de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

As demais características morfológicas, bem como suas características físicas, químicas e mineralógicas são muito variadas, a depender, sobretudo, da natureza do material de origem e das condições climáticas. São, portanto, solos que guardam íntima relação com o material originário e comumente apresentam na sua constituição fragmentos ou pedaços de rochas em diversos estágios de decomposição, presença significativa de minerais primários de fácil decomposição, cascalhos, calhaus, entre outras frações grosseiras. Nas regiões mais secas, estes solos apresentam comumente diversos níveis de pedregosidade superficial e quase sempre estão associados com afloramentos rochosos, particularmente no contexto das serras e serrotes.

Já os Luvisolos são solos minerais, não hidromórficos, eutróficos, com elevada soma de bases, tipicamente pouco profundos, com a presença de um horizonte B textural de cor vermelha ou avermelhada com argila de atividade alta e subjacente a um horizonte A moderado ou fraco. Nestes horizontes, comumente ocorre uma pedregosidade constituída predominantemente de calhaus, cascalhos e matações de quartzo, às vezes distribuída apenas na superfície do solo. São moderadamente ácidos a praticamente alcalinos, com teores de alumínio extraível insignificantes ou nulos. Possuem relação molecular K_1 , no horizonte Bt, entre 2,4 e 4,0, denotando presença expressiva de argilominerais do tipo 2:1. São solos que ocorrem em diversas superfícies de pediplanos da zona semiárida, e são desenvolvidos de rochas gnáissicas ricas em minerais ferro-magnesianos (biotita, anfibólio e hornblenda) do PréCambriano. Menos frequentemente, são derivados de filitos, folhelhos e, ou siltitos.

4.4 Tipologia da Pesquisa

A pesquisa foi do tipo quali-quantitativa, uma vez que mescla diversos formatos de levantamento de informações, como a pesquisa bibliográfica, considerando a necessidade de leitura de diversas fontes de informações, como livros, periódicos, artigos, dentre outras formas de publicação, envolvendo a temática do estudo. Apresenta ainda suporte na pesquisa documental, haja vista que foram consultados relatórios e outros documentos e registros sobre rochas, hidrologia, solos, clima, dados agropecuários do estado e do município em questão.

4.5 Localização dos poços

Após levantamento realizado em todos os órgãos responsáveis pela escavação e fiscalização de poços localizados no município de Bodocó – PE, constatou-se um valor de 120 poços em pleno funcionamento.

Parte dos poços registrados, que foram levantados, encontravam-se de forma inoperante, ou por falta de manutenção ou devido à inexistência de água, conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 5- Condição de poços registrados.



Fonte: Autor.

4.6 Amostragem

O total de 120 poços encontrados foram distribuídos espacialmente sobre as formações rochosas do município (Figura 6) e de forma estratificada foram selecionados os poços para amostras da população, conforme pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição estratificada dos poços por formação rochosa.

Formação Rochosa	Sigla	Nº de poços (N _i)	Proporção de poço por formação rochosa	Tamanho amostral* por formação rochosa (n _i)
Grupo Araripe	Ke	02	0,024	02
Formação Santana	Ks	14	0,120	10
Complexo Metaplutônico	Pgr	21	0,180	15
Grupo Cachoerinha	Nc	31	0,253	22
Rochas intrusivas	Py1b	04	0,036	03
Granitoides Ceddo a Sin-Tectônicos	Ny1b	45	0,373	31
Complexo Parnamirim	Pp	03	0,024	02
Total		120	1	84

Buscou-se selecionar unidades elementares de uma população, de forma que correspondam amostras representativas da população de onde foram retiradas, e considerando um nível de 90% de confiança e uma margem de 10% de erro, utilizou-se a seguinte relação (Equação 2), sendo determinado um tamanho amostral de 84 poços que foram amostrados e analisados a condutividade elétrica da água encontradas nos mesmos.

$$n = \left(\frac{Z_{1-\alpha/2} \cdot \sigma}{\varepsilon} \right)^2 \quad (2)$$

Em que:

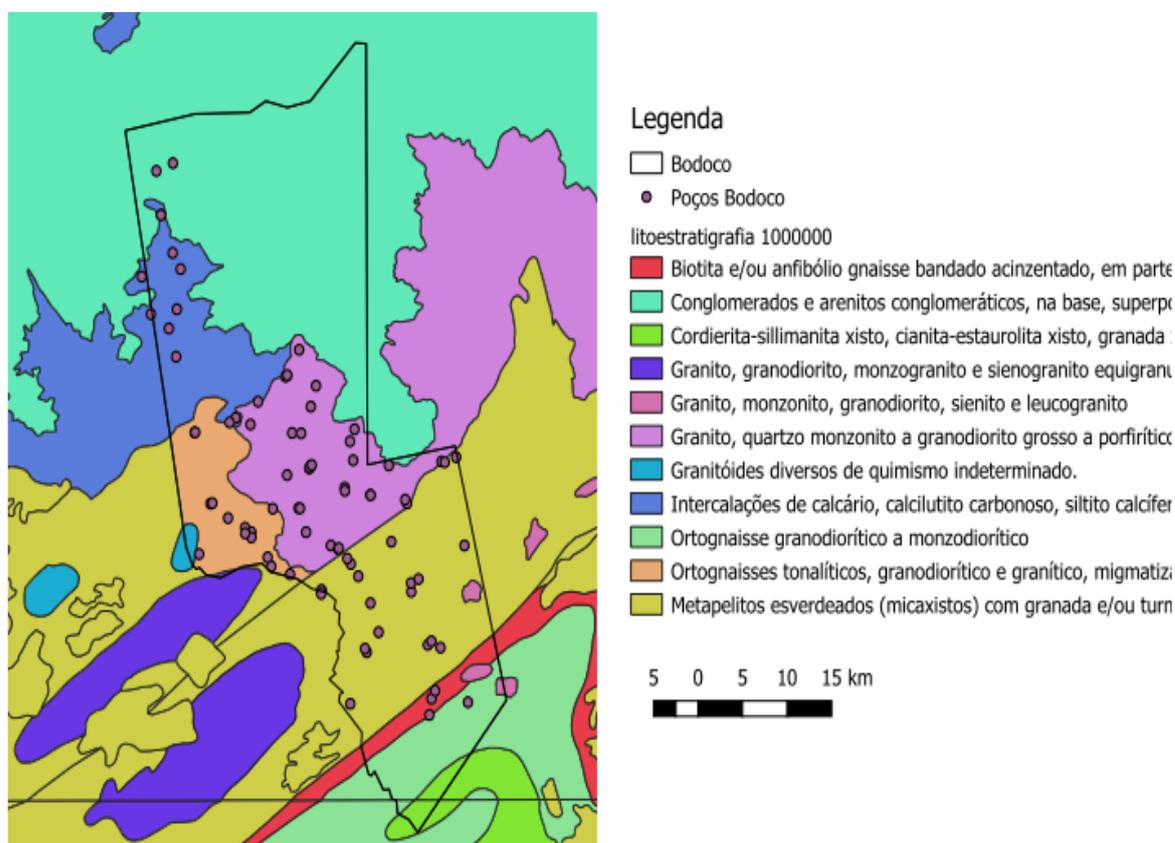
n = Número de indivíduos na amostra;

Z $\alpha/2$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

σ = Desvio-padrão populacional da variável estudada;

ε = Margem de erro.

Figura 6 - Localização dos poços estudados sobre a formação rochosa local.



Fonte: Autor.

4.7 Procedimento de coleta e análise dos dados

A coleta das amostras de água se deu nos meses de dezembro de 2019 e janeiro de 2020, com armazenamento, conservação e transporte seguindo os protocolos conforme sugestão dos manuais de coleta de águas subterrâneas e as normas da FNS (2013). O procedimento de coleta foi realizado de forma igual para todas as amostras, procurando evitar contaminações e, com isso, minimizar os erros.

As amostras foram coletadas na saída de água mais próxima do poço, sendo ligado por um período igual ou superior a 5 minutos para que fosse escoada toda a água armazenada nos canos e bomba, bem como, evitar que resíduos incrustados viessem a ser coletados. Antes do enchimento do vasilhame procedeu-se a tríplice lavagem com a água a ser coletada e enchido os vasilhames até a borda para evitar que ficassem bolhas de ar, evitando assim qualquer contaminação. Os vasilhames de 1000 ml utilizados para armazenamento das amostras foram

adquiridos em fornecedor de procedência, sendo os mesmos esterilizados antes da comercialização.

Após a coleta, procedeu-se ao preenchimento dos dados de identificação (Figura 7) e características referentes ao poço, como: profundidade, profundidade da fenda, vazão, formas de utilização d'água e o georreferenciamento do poço, utilizando receptor de sinal de GPS, modelo Etrex 10 de marca Garmin.

Figura 7- Garrafas contendo amostras acondicionadas em geladeira e no balcão para análise.



Fonte: Autor

Após a coleta, os vasilhames foram acomodados em caixa de isopor, devidamente refrigeradas e remetidos ao laboratório para procedimento de determinação dos parâmetros.

4.8 Parâmetros Determinados

A análise das amostras de água realizada no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia de Plantas no Campus de Ciências Agrárias e da Biodiversidade – CCAB da Universidade Federal do Cariri – UFCA, para determinação da Condutividade Elétrica – CE e Temperatura, no mês

de janeiro de 2020. Para tanto, foi utilizado o Condutivímetro modelo CON 700 da marca Dakton (Figura 8).

A determinação da indicação das culturas foi baseada em estudos realizados em diversas regiões e diferentes micro-climas, considerando os valores observados por diversos autores em estudos que se utilizaram água para irrigação rica em sais, determinadas-se os níveis de salinidade considerando a Condutividade Elétrica.

Figura 8 - Leitura da condutividade elétrica realizada no laboratório de Bioquímica e fisiologia de plantas, UFCA.



Fonte: Autor

4.9 Processamento dos Dados

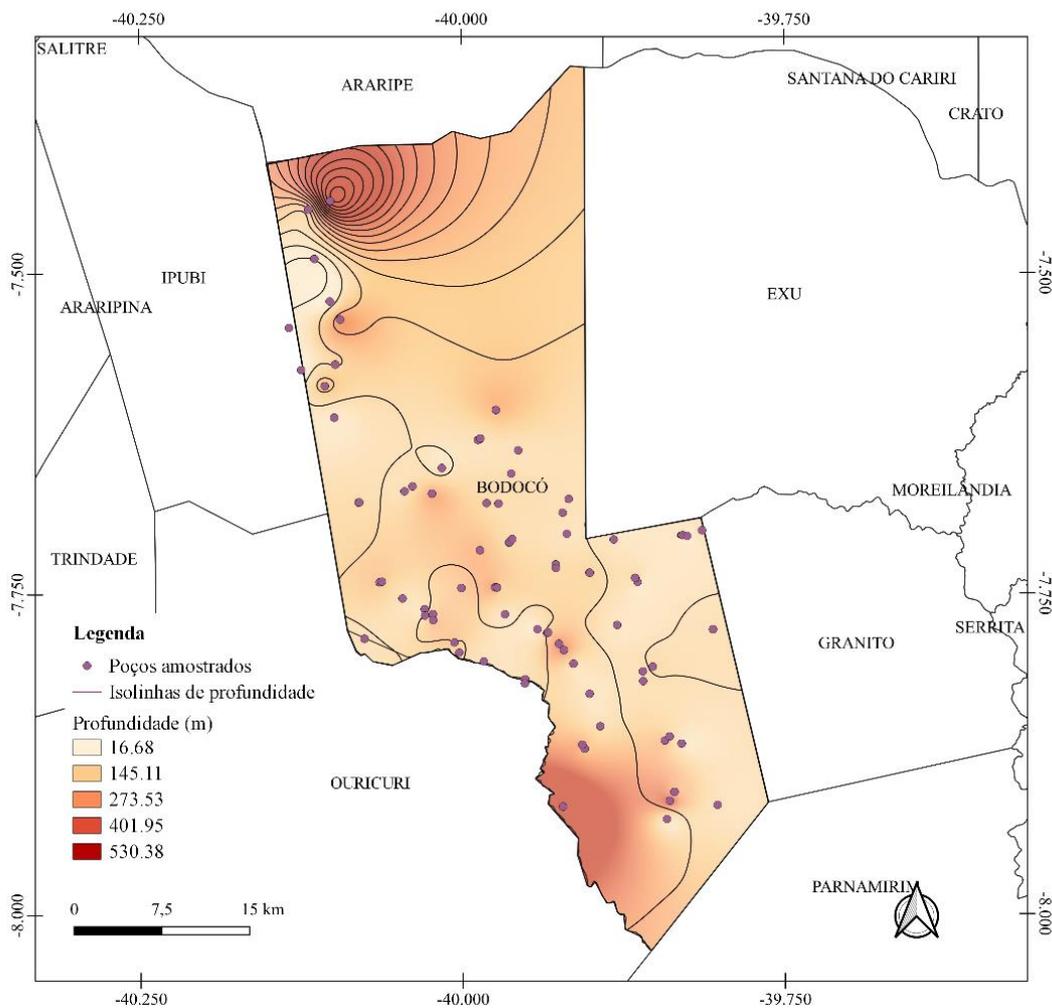
Os dados foram organizados em planilha do software Excel versão 2010 e interpolados usando o Software Qgis versão 2.18 Las Palmas, com a função spline, e gerados os mapas de condutividade elétrica da água, profundidade dos poços e profundidade da fenda.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Profundidade de fendas

Na Figura 9, tem-se o mapa das profundidades das fendas com presença de água subterrânea em Bodocó. No mesmo mapa, é possível observar que as profundidades dos poços escavados na região apresentam um padrão de profundidade de 60 m (COODEVASF, 2007). Essa característica se dá devido à fatores como: custos com energia para alimentação do bombeamento de água até o depósito ou sistemas de irrigação e ainda, devido aos valores com a escavação e instalação. Alguns poços com profundidade superior ocorrem devido ao fato de as tarifas serem pagas por órgãos públicos.

Figura 9 - Profundidade de fendas com presença de água subterrânea.



Fonte autor (2020).

Como pode ser observado na Figura 9, na região ao Norte do município, onde está localizada a parte de maior altitude, os poços existentes apresentam altos valores de profundidade, por estarem sobre o platô da chapada do Araripe e possuir em média 800 m de elevação. Nessa região encontra-se o poço pioneiro 4-BO-01-PE, de 916 m de profundidade, localizado no Sítio Serra do Brejo, município de Bodocó – PE (ASSINE, 1992, citado por MENDONÇA et al. (1995); Ministério das Minas e Energia, 2001). Este poço foi construído pela CPRM no ano de 1996 e entregue aos cuidados da Secretaria de Recursos Hídricos do estado de Pernambuco (AGUIAR et al., 2014). Nota-se que, nesse entorno, no extremo norte, os poços escavados apresentam fenda com presença de água em profundidades maiores, chegando à profundidade média de 630 m.

Na microrregião chamada região brejana, verifica-se que, a presença de poços/cacimba com profundidades bem menores, em torno de 3m de profundidade (MENDONÇA et al. 2000), devido ao nível estático ser de baixa profundidade e estes serem provenientes dos aquíferos Arajara e Exú (Figura 10).

Figura 10 - Cacimba com água a pouca profundidade, Bodocó-PE.



Fonte: Autor (2020).

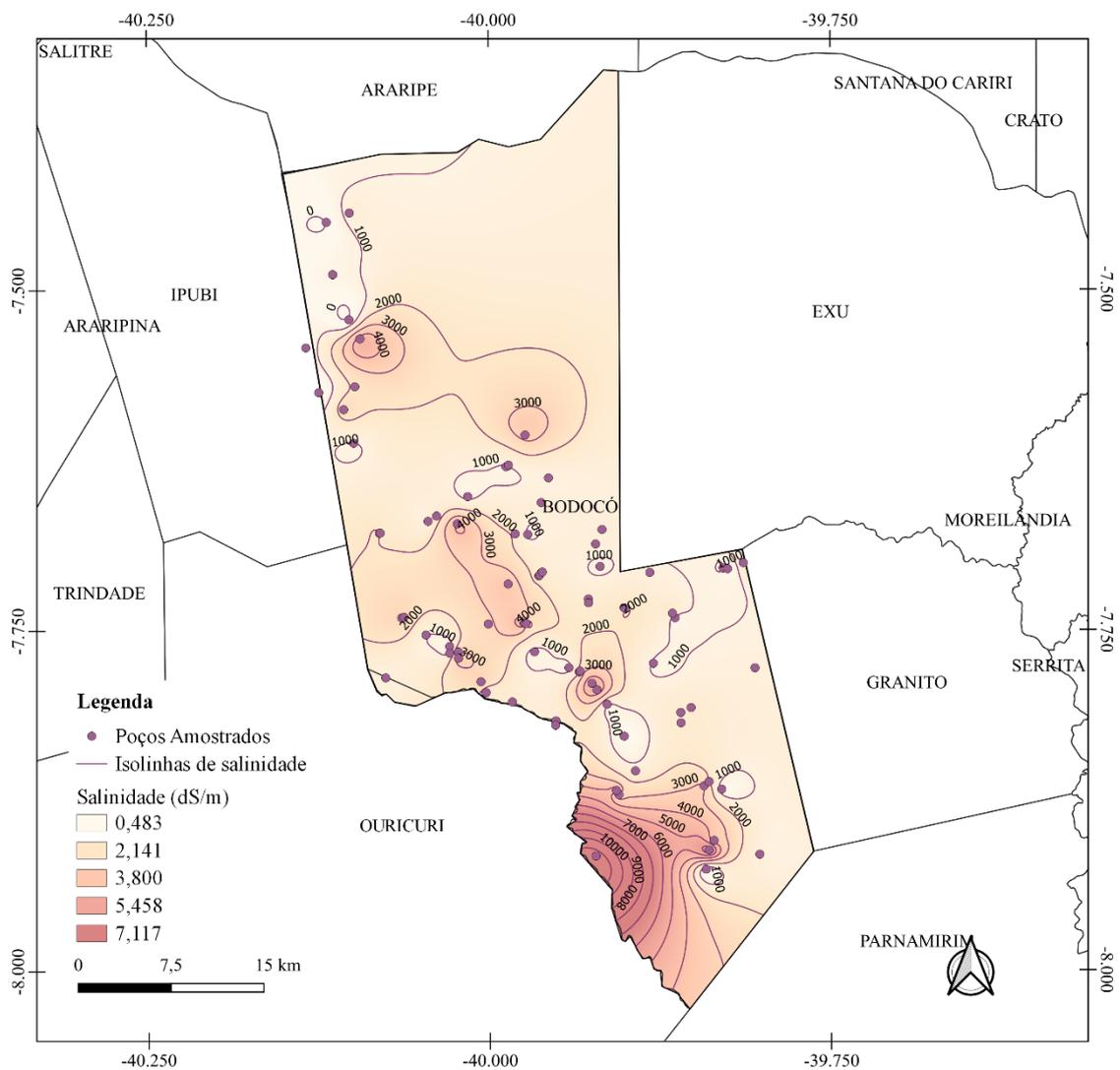
Enquanto nas demais regiões há uma predominância de padrão na profundidade dos poços, fato este explicado pela região estar sobre os domínios hidrogeológicos cárstico-fissural e fissural, formados basicamente por grupos de rochas metamórficas e cristalinas (CPRM, 2005), nessas condições é possível encontrar um maior número de fendas com a existência de água, em torno de 60 m de profundidade.

5.2 Salinidade da Água

No mapa da Figura 11, é possível observar a distribuição dos níveis de salinidade das águas dos poços ao longo do município de Bodocó. No Sul do município, percebe-se valores considerados altos para condutividade de água subterrânea, atingindo valores superiores a 7,00 dS m⁻¹, devido à presença de minério de ferro, segundo mostra estudos da CPRM (2000).

Em poços próximos a chapada do Araripe, na região brejana, os valores de condutividades são menores devido ao não contato da água com rochas em mineras solúveis na água, ficando somente em contatos da formação Exu, e logo aflorando nos cacimbões e cacimbas da região.

Figura 11 - Isolinhas da Salinidade da água em poços do município de Bodocó – PE.



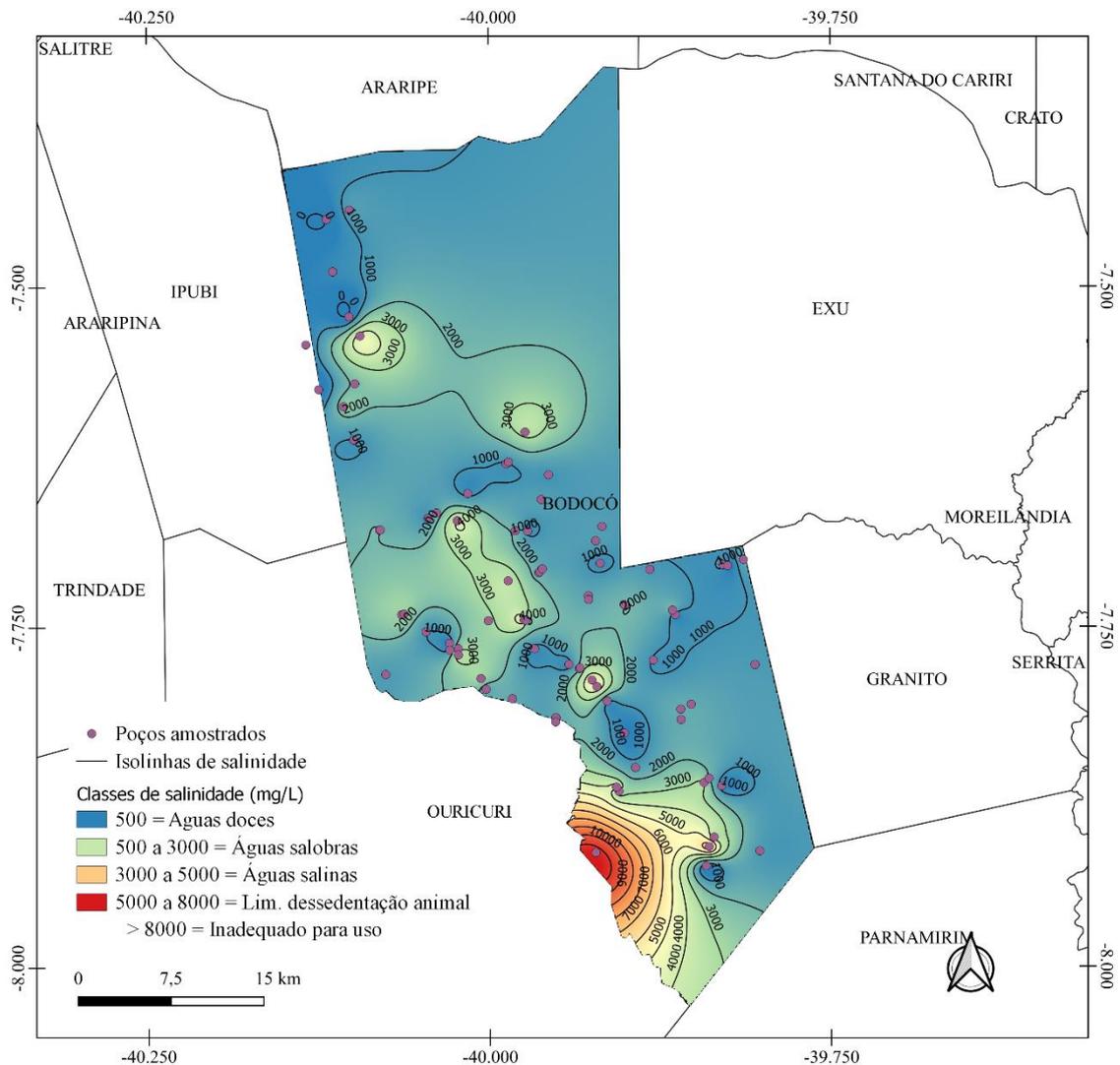
Fonte: Autor (2020).

Estudos de Mendonça et al. (2002), na região Noroeste do município, observaram uma leve alteração dos valores de salinidade das águas pela presença de rochas carbonatadas, com valores mais elevados dos íons de Mg^{2+} e Ca^{2+} . Essas alterações podem ser explicadas pelo movimento subterrâneo que a água faz após passar pela região rica em minerais, carregando os íons até os poços. Os autores relatam ainda que, águas explotadas em poços na região apresentam altos valores de salinidade pela dissolução de sulfatos presentes na Gipsita, característica da formação Santana.

5.2.1 Classificação da água segundo o CONAMA:

A partir do conhecimento da salinidade da água dos poços estudados no município de Bodocó, realizou-se a espacialização dos mesmos, bem como a classificação das águas conforme a Resolução CONAMA 357/05. Os resultados podem ser observados na Figura 12, as isolinhas de níveis de salinidade para as águas subterrâneas de Bodocó, em sua maioria, são classificadas como salobras, com níveis médios de presença de sais de $2,29 \text{ dS m}^{-1}$, alertando para os problemas provocados por tal volume de sais presentes.

Figura 12 - Limites de classificação de águas ricas em sais, conforme CONAMA 367/2005.



Fonte: Adaptado de National Academ of Science (1972;1974).

Pode-se observar na Figura 12 que, os maiores níveis de água classificadas como salinas são observados na região sul do município, necessitando cuidados maiores sejam na utilização dessa água, seja para irrigação ou dessedentação de animais. Segundo Runyan e Bader (1994), citado por Neto, Araújo e Távora (2016), águas com teores de sais superiores a 8,0 a 11,0 dS/m devem ter seu fornecimento limitado aos ruminantes, incluindo os caprinos e ovinos. Nas demais regiões do município de Bodocó, as águas apresentam classificação como salobras e doces.

Nas demais zonas em que as águas foram classificadas como salobras, para o uso destas, faz-se necessário o emprego de alguns cuidados, principalmente, tendo em vista que a utilização de forma inadequada e por um longo tempo, podem acarretar problemas sérios, devido ao acúmulo de sais. Já as regiões que apresentam águas doces, precisam ser tratadas com cuidado, para que o manejo de solo seja apropriado, evitando a contaminação destas.

Tabela 2 - Número de poços por rochas, tipo de captação e classificação das águas em doce, salobra e salina (CONAMA 357/2005).

Rocha	Símbolo	Tipo de captação		Qualidade da água		
		Poço tubular	Cacimba/Cacimbão	Doce > 500 mg/L	Salobra 500 - 30.000 mg/L	Salina < 30.000 mg/L
Grupo Araripe	Ke	2	0	1	1	0
Formação Santana	Ks	7	3	4	6	0
Complexo Metaplutônico	Pgr	15	0	1	14	0
Grupo Cachoerinha	Nc	22	0	3	19	0
Rochas intrusivas Granitoides	Py1b	2	0	1	1	0
Cedo a Sin-Tectônicos	Ny1b	31	0	1	30	0
Complexo Parnamirim	Pp	2	0	0	2	0
TOTAL		81	3	11	73	0

Fonte: Adaptado de CONAMA 357/ 2005 e dados da pesquisa.

A Tabela 2, apresenta os números de poços por rochas e a classificação destes de acordo com a resolução 357 do CONAMA – 2005, que classifica as águas de acordo com a quantidade de mg de sais dissolvidos por litro de água. Percebe-se que, os poços do Grupo Araripe, localizados na Chapada do Araripe, apresentam águas classificadas como doce e salobra. Bem como, a Formação Santana, localizada na região próxima à Chapada do Araripe, apresenta água variando entre doce e salobra, e um número de três poços do tipo amazonas, que capta a água do sub-solo a baixas profundidades. Enquanto, as formações rochosas do Complexo metaplutonico, Grupo cachoerinha e Granitoides (rochas ígneas) apresentam maioria dos poços considerados com água salobra, sendo que todos os poços são tubulares.

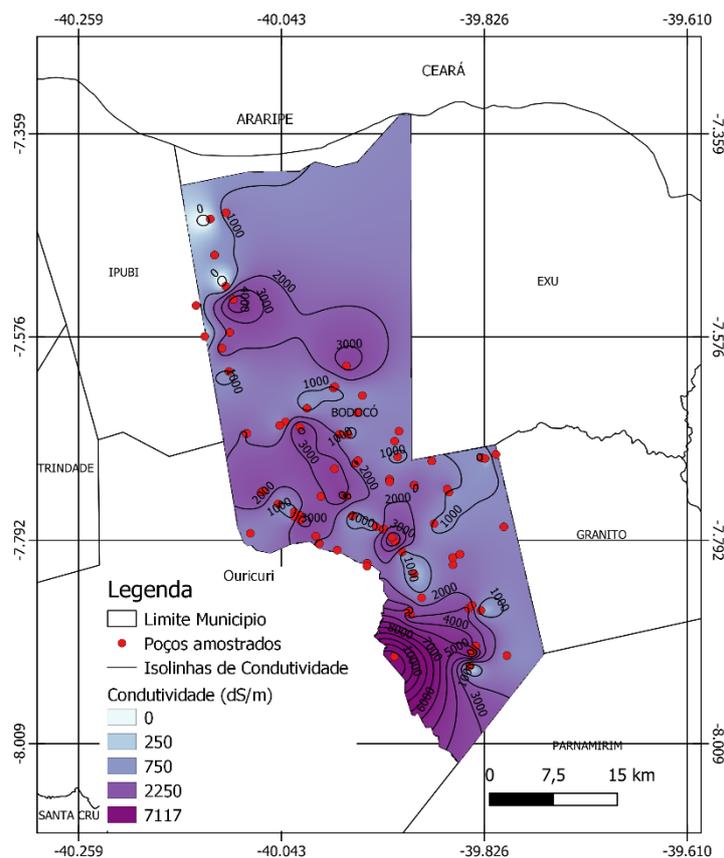
Segundo Cavalcante et al (2005), os Granitoídes são ricos e Moscovita-biotita e estes em silicatos hidratados de alumino, potássio, sódio, ferro, magnésio, enquanto o Complexo

Metaplutônico apresenta xistos, quartzitos, principalmente calcários cristalinos (CPRM, 2005), o que pode explicar os valores elevados de condutividade, pela presença destes minerais nas águas desta região, necessitando de cuidados quando estas águas são utilizadas.

5.2.2 Classificação da água para uso na irrigação, conforme Richards:

A Figura 13 apresenta as isoietas de Salinidade, cujos níveis de salinidades das águas são classificados de acordo com Richards (1954), que classifica em água como: baixa salinidade, de 0 a 0,25 dS m⁻¹; média salinidade de 0,25 a 0,75 dS m⁻¹; alta salinidade de 0,75 a 2,25 dS m⁻¹ e como muito alto risco de salinidade, acima de 2,25 dS m⁻¹.

Figura 13 – Classificação das águas para o uso para a irrigação, segundo Richards(1954).



Fonte: Adaptado de Richards, (1954); Almeida, (2016).

Como pode-se observar na Figura 13, a região Norte do município apresenta menor risco de salinidade, que por sua vez não restringe o uso das águas subterrâneas, pois na maioria classificadas de salinidade média a baixa, proporcionando o uso de várias formas, incluindo

irrigações em diversas culturas, mas evitando-se o uso em solos de baixa permeabilidade (RICHARDS, 1954, apud HOLANDA et al 2016).

Enquanto a porção sul do município apresenta águas classificadas como média a alta salinidade, apresentando assim grande presença de sais dissolvidos na água, o que se faz necessários a tomada de cuidados quando for utilizar para irrigação em solos com baixa permeabilidade, sempre tomando cuidados nestes casos e procurar utilizar culturas de tolerância média, como as glicófitas (CHEESEMAN 1988 por ESTEVES; SUZUKI 2008).

Na região sul, os poços apresentam água classificadas como de média a alta salinidade e, por vezes, muito alta, não se deve ser utilizada para irrigação de plantas, salvo para plantas muito tolerantes e em solos muito bem drenados, junto a isso deve-se utilizar grandes volumes de água para promover a lixiviação dos sais depositados (RICHARDS, 1954).

5.3 Culturas e limites de tolerância à salinidade da água para irrigação

As médias de condutividade, classes de salinidade e risco de salinidade, para cada zona de rocha do município de Bodocó, podem ser observados na Tabela 3. Observa-se que, as águas os poços que estão na formação Araripe podem ser classificadas como de médio risco de salinidade, com média de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, que permite serem utilizadas em irrigação de várias culturas, desde que o solo apresente bons níveis de lixiviação, sem precisar adotar práticas de controle de salinidade e quando utilizadas em solos mais argilosos, torna-se necessários a adoção de práticas de controle. Segundo BERNSTEIN (1974, apud SANTOS 2015), a ausência de lixiviação ou drenagem restrita produz acúmulo dos sais na zona radicular em concentrações prejudiciais às plantas.

As formações Santana, complexo Metaplutonico, Rochas Intrusivas e Granitoides, apresentam valores de salinidade que permitem classifica-las como altas, quanto ao risco de salinidade, variando as médias entre elas. A formação denominada de rochas intrusivas apresenta a menor média, enquanto a formação complexo metaplutonico apresenta a maior média, todas dentro da mesma classificação, é possível classificar como de alto risco quanto ao risco de salinidade, segundo classificação proposta por Richards (1954 Apud HOLANDA 2016).

Tabela 3 - Médias de Condutividade observada por zona de rocha e Classificação das águas quanto ao risco de Salinidade.

Formação Rochosa	Símbolo	Média CE (ds m ⁻¹ a 25 ⁰ c)	Classe de salinidade	Risco de salinidade
Grupo Araripe	Ke	0,635	C ₂	Médio
Formação Santana	Ks	1,368	C ₃	Alto
Complexo Metaplutônico	Pgr	1,962	C ₃	Alto
Grupo Cachoerinha	Nc	2,299	C ₄	Muito Alto
Rochas intrusivas	Py1b	0,929	C ₃	Alto
Granitoides Ceddo a Sin- Tectônicos	Ny1b	1,714	C ₃	Alto
Complexo parnamirim	Pp	5,025	C ₄	Muito Alto

As formações rochosas Grupo Cachoerinha e Complexo Parnamirim foram classificadas como de Alto risco de salinidade. Essa classificação proposta por Richards (1954) é para águas que apresentam CE entre 0,75 e 2,25 dS m⁻¹. Observando a Tabela 3, percebe-se que as águas do grupo Cachoerinha estão próximas ao limite inferior, por apresentar alguns poços com água que permite classificar entre o grupo anterior de risco de salinidade média. No entanto, alguns poços apresentam significativos valores de sais dissolvidos. Enquanto o grupo Complexo Parnamirim apresenta altos valores em todas as amostras de sais dissolvidos. Segundo Richards (1954, por ALMEIDA 2010), esse tipo de água para o uso na irrigação só deve ser utilizado quando em plantas tolerantes a altos valores de salinidade aliado a solos de textura arenosa, com altas taxas de lixiviação, para evitar acúmulos de sais no solo.

A partir das características das águas de cada formação rochosa e, conhecendo a tolerância das culturas a salinidade, de acordo com o levantamento bibliográfico, pode-se sugerir as seguintes culturas forrageiras a serem utilizadas no município de Bodocó-PE, conforme a Tabela 4, que apresenta as indicações de culturas para cada formação rochosa, em função da salinidade observada para as águas dos poços estudados. As Formações rochosas denominadas grupo Araripe e formação Santana, Complexo Metaplutônico, Rochas intrusivas e Granitoides, que apresentam médias de salinidade de 0,635 dS m⁻¹, 1,36 dS m⁻¹, 1,962 dS m⁻¹, 0,929 dS m⁻¹ e 1,714 dS m⁻¹, respectivamente, podem ser utilizadas para irrigar as seguintes culturas: Sorgo, Cana de açúcar, Milho, Brachiara brizantha, Palma Forrageira (Opuntia e Nopalea), Tifton 85/Tanzania, Moringa oleifera, Capim mermuda, Algodoeiro, Gliricidia sepium, Feijão guandu e Cunhã.

Em trabalhos realizados por Farias et al. (2009), a Gliricídia não apresentou bom desenvolvimento quando submetida à estresses salinos na fase inicial de desenvolvimento da planta, diminuindo sua produção quando irrigada com água rica em sais, apresentando 50 % de redução quando se adicionaram 400 mmol L⁻¹ de NaCl na água de irrigação. Freiras (2017), estudando o desenvolvimento da gliricídia, irrigada com água proveniente de poços e água de

reuso de tanques de criação de Tilápia, observou um incremento na produção de matéria verde da ordem de 28%, atribuído à adição de matéria orgânica proveniente das fezes dos peixes, indicando uma nova opção para a atenuação dos efeitos salinos em culturas que toleram águas salobras na irrigação.

A cultura do sorgo é, notadamente, uma cultura adaptada a estresses salinos, suportando consideráveis níveis de sais na água utilizada na irrigação. Em estudo conduzido por Vale e Azevedo (2013), no Agreste Potiguar, foi observado que o sorgo manteve produção de massa verde em níveis satisfatórios, chegando a 47,5t/ha, utilizando água com 2,9 dS m⁻¹. Esse resultado corrobora com Cunha e Lima (2010) e Dos Santos (2007). Portanto, perfeitamente utilizável para a região de Bodocó – PE, salvo nas zonas de rocha que apresentam valores acima de 3,5 dS m⁻¹, devido a registro de percas na ordem de 20%, registrados por Vale e Azevedo (2013).

Enquanto a cultura do milho, uma das mais utilizadas para a produção de ração de ruminantes seja como forragem/silagem, a partir da planta ou grãos em concentrados, apresenta tolerância a água de condutividade com até 1,7 dS m⁻¹ (AYERS; WESTCOT, 1999, apud HOLANDA, et al 2016). Garcia et al. (2007), estudando o estresse salino na cultura do Milho, encontrou resultados que corroboram com os valores citados por Holanda et al (2016), em que as taxas de fotossíntese diminuíram na ordem de 60%, quando ultrapassados os níveis de salinidade da água utilizada para irrigação.

A palma forrageira é uma cultura com boa adaptação ao estresse salino, Felix et al (2018), estudando a palma forrageira em Campina Grande – PB, verificaram que o uso de águas com 3,0 dS m⁻¹ 4,5 dS m⁻¹ e 6,0 m⁻¹ de condutividade elétrica, na irrigação apresentaram queda linear na velocidade de crescimento, devido ao maior acúmulo de sais com o passar dos dias. Santos et al (2020), em estudos no estado de Alagoas, verificou dados que corroboram Dos Felix et al (2018), mostrando que apesar dos efeitos negativos provocados pelo estresse salino, é possível produzir matéria seca, com Palma forrageira.

Conforme a Tabela 4, o Grupo Cachoerinha e Complexo Paranamirim, apresentaram valores médios de condutividade de 2,299 m⁻¹ e 5,025dS m⁻¹, respectivamente, as águas do grupo Cachoerinha são indicadas para irrigar as seguintes culturas: Sorgo, Cana de açúcar, Brachiara brizantha, Palma Forrageira, Tifton 85/Tanzania, Moringa oleifera, Capim mermuda e Feijão guandu. Deve-se lançar mão de cuidados especiais, pois a região apresenta poços com valores muito alto de condutividade elétrica de 11.460 dS m⁻¹, como valor máximo é muito alto.

Os valores registrados no complexo Parnamirim permitem indicar apenas as culturas Sorgo, Capim Mermuda, e Algodoeiro, para serem irrigadas com tais águas. Contudo, fazem-

se necessários cuidados especiais com o manejo do sistema, como uso em solos bem drenados, o emprego de altas lâminas de água para drenar os sais e utilizar atenuadores de salinidade, segundo Richards (1954; Apud HOLANDA, 2016).

Vários estudos realizados mostram que diversas fontes de matéria orgânica podem e devem ser utilizadas para atenuar os efeitos da salinização na zona radicular das plantas (SILVA JÚNIOR et al., 2009; Apud SANTOS, 2009). Sousa et al (2019), utilizando cobertura morta vegetal, percebeu aumento significativo no crescimento radicular de plantas de milho. Outra alternativa é o fornecimento de biofertilizante bovino, a exemplo do estudo conduzido por De Medeiros Torres (2014), onde evidenciou-se que, o uso de biofertilizante atenua os efeitos dos sais às plantas, contribuindo, positivamente, com o crescimento inicial do cajueiro anão precoce. Para Taiz e Zeiger (2017), a matéria orgânica atua diretamente no movimento e retenção de água no solo, sendo que a salinidade pode reduzir o potencial hídrico da água no solo, reduzindo a energia da água no solo, fazendo com que a planta tenha que realizar o ajustamento osmótico, além de provocar alterações hormonais e nutricionais.

Tabela 4 - Indicações de culturas conforme a formação rochosa em função da salinidade observada para as águas dos poços estudados.

Formação Rochosa	Símbolo	CE min – max (dS m ⁻¹ a 25°C)	Média CE (dS m ⁻¹ a 25°C)	Culturas
Grupo Araripe	Ke	0,050 – 1,220	0,635	Sorgo (<i>Sorgum bicolor</i>), Cana de açúcar (<i>Sacharum</i>), Milho (<i>Zea Mays</i>), Brachiara brizantha (<i>Urochloa brizantha</i>), Palma Forrageira (Opuntia e Nopalea), Tifton 85/Tanzania (<i>Cynodon spp.</i>), Moringa oleifera, Capim mermuda (<i>Cynodon dactylon</i>), Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i> , Cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) e Gliricidia sepium
Formação Santana	Ks	0,097 – 2,360	1,368	Sorgo (<i>Sorgum bicolor</i>), Cana de açúcar (<i>Sacharum</i>), Milho (<i>Zea Mays</i>), Brachiara brizantha (<i>Urochloa brizantha</i>), Palma Forrageira (Opuntia e Nopalea), Tifton 85/Tanzania (<i>Cynodon spp.</i>), Moringa oleifera, Capim mermuda (<i>Cynodon dactylon</i>), Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>), Cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) e Gliricidia sepium.
Complexo Metaplutônico	Pgr	0,763 – 3,240	1,962	Sorgo (<i>Sorgum bicolor</i>), Cana de açúcar (<i>Sacharum</i>), Milho (<i>Zea Mays</i>), Brachiara brizantha (<i>Urochloa brizantha</i>), Palma Forrageira (Opuntia e Nopalea), Tifton 85/Tanzania (<i>Cynodon spp.</i>), Gliricidia sepium, Moringa oleifera e Capim mermuda (<i>Cynodon dactylon</i>), Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>), Cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.) e Gliricidia sepium
Grupo Cachoerinha	Nc	0,237 – 11,460	2,299	Sorgo (<i>Sorgum bicolor</i>), Cana de açúcar (<i>Sacharum</i>), Milho (<i>Zea Mays</i>), Brachiara brizantha (<i>Urochloa brizantha</i>), Palma Forrageira (Opuntia e Nopalea), Tifton 85/Tanzania (<i>Cynodon spp.</i>), Moringa oleifera, Capim mermuda (<i>Cynodon dactylon</i>), Gliricidia sepium e Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>).
Rochas intrusivas	Py1b	0,646 – 1,212	0,929	Sorgo (<i>Sorgum bicolor</i>), Cana de açúcar (<i>Sacharum</i>), Milho (<i>Zea Mays</i>), Brachiara brizantha (<i>Urochloa brizantha</i>), Palma Forrageira (Opuntia e Nopalea), Tifton 85/Tanzania (<i>Cynodon spp.</i>), Moringa oleifera, Capim mermuda (<i>Cynodon dactylon</i>), Cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.), Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>), e Gliricidia sepium
Granitoides Cedo a Sin-Tectônicos	Ny1b	0,629 – 5,140	1,714	Sorgo (<i>Sorgum bicolor</i>), Cana de açúcar (<i>Sacharum</i>), Milho (<i>Zea Mays</i>), Brachiara brizantha (<i>Urochloa brizantha</i>), Palma Forrageira (Opuntia e Nopalea), Tifton 85/Tanzania (<i>Cynodon spp.</i>), Moringa oleifera, Capim mermuda (<i>Cynodon dactylon</i>), Cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.), Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>) e Gliricidia sepium
Complexo Parnamirim	Pp	3,600 – 6,450	5,025	Brachiara brizantha (<i>Urochloa brizantha</i>), Sorgo (<i>Sorgum bicolor</i>) e Capim mermuda (<i>Cynodon dactylon</i>)

Fonte: Adaptado de Schossler et al, 2012; Dantas et al, 2006;

6 CONCLUSÕES.

Cerca de 80% das amostras analisadas mostraram-se adequadas para a utilização na irrigação de culturas forrageiras cultivadas ao longo do município.

A região com embasamento cristalino denominado grupo Complexo Parnamirim apresentou águas com altos valores de condutividade elétrica, tolerando assim apenas culturas altamente tolerantes, como *Brachiaria brizantha*, Sorgo (*Sorghum bicolor*) e Capim mermuda.

A utilização de culturas com baixa tradição, mas alto potencial forrageiro e adaptadas a condições salinas, como *Gliricídia*, Moringa, Feijão Guandu e Cunhã, podem ser utilizadas para a produção de alimentos para ruminantes.

As águas subterrâneas do município mostraram-se adequadas para uso na dessedentação de animais, ruminantes e não ruminantes com exceção da porção sul que apresenta valores com restrições.

7 RECOMENDAÇÕES

Realizar estudos mais detalhados, que possibilitem definir os possíveis diferentes sais dissolvidos nas águas bem a Razão de Adsorção de Sódio - RAS para cada região,

Para cultivos realizados com o uso de águas subterrâneas como irrigação, deve-se utilizar tecnologias que atuem diminuindo os efeitos da salinização na rizosfera, como mistura de águas de diferentes níveis de sais e utilização de matéria orgânica nas suas diferentes formas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ADAGRO. Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco. <https://www.adagro.pe.gov.br/>. Acesso em: dez. 2018.

ALBUQUERQUE, S. G. Cultivo da palma forrageira no Sertão do São Francisco. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000.

ALMEIDA, O.A. A qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e Fruticultura, 2010. 197p.

AMORIM, J. R. A.; RESENDE, R. S.; HOLANDA, J. S.; FERNANDES, P. D. Qualidade da água na agricultura irrigada. In: Albuquerque, P. E. P. de; Durães, F. O. M. (ed.). Uso e manejo de irrigação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap.6, p.255-316, 2008.

ANA. Agência Nacional das Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2010. Brasília – DF. 78p. 2010.

ANA. Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília, ANA, 74 p., 2005.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, Ê. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.10, n.4, p.873-880, 2006.

ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIO, H. A. Q. O Semiárido e o manejo dos recursos naturais. Fortaleza: Imprensa Universitária, p. 71-94, 2010.

ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; A, MONTENEGRO, A. A. A; ALBUQUERQUE, C.G. Variabilidade espacial da salinidade da água subterrânea de vale aluvial no semi-árido pernambucano. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, 2009.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. Climatologia da Precipitação. Recife, 2018.

ARAÚJO JÚNIOR, G.G.H.; OLIVEIRA, M.C. Alternativas atuais e potenciais de alimentação de caprinos e ovinos nos períodos secos no semi-árido brasileiro. Embrapa Semi-Árido, Petrolina, p. 56302-970, 2003.

ARAÚJO, B. A.; MOREIRA, F. J. C.; GUEDES, F. L.. Emergência e crescimento inicial de feijão guandu em função dos substratos e salinidade da água de irrigação. Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2019.

ARAÚJO, G. G. L.; ALBUQUERQUE, S. G.; GUIMARÃES FILHO, C. Opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no semi-árido do Nordeste. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio Internacional Sistemas Agroflorestais Pecuniários na América do Sul, 2000, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite/FAO, 2000.

ASSIS, J. M. O.; SOBRAL, M. C. M.; SOUZA, W. M. Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com Base na Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 630-645, 2012. DOI: doi:https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i3.232877.

ASSMANN, A. L.; SOARES A. B.; ASSMANN T, S. Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar / I61 editores. – Londrina: IAPAR, 2008. 49 p. 49 Acessado em 19/10/2013. Disponível em http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/integracao_lavpecuaria.pdf

ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B. Desenvolvimento sustentável e integração lavoura-pecuária. Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar. 1ª ed. Londrina: IAPAR, 2008. 49p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. 1991. A qualidade da água na agricultura. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande, PB: UFPB, 218p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29 revisado

AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão Guandu: Uma planta multiuso. *Revista da Fapese*, v. 3, n. 2, p.81-86, jul./dez. 2007.

BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. *Drainage for agriculture*, v. 17, p. 39-54, 1974.

BOMFIM, L.F.C.; COSTA, I.V.G; BENVENUTI, S.M.P. Projeto cadastro da infra-estrutura hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. Aracaju, SE, CPRM, 2002.

BRANCO, A. M. M.. Influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água: subsídio à gestão dos recursos hídricos à gestão dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI¹). 88 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia. Bauru/SP. 2014.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. 2. ed. ver. ampl. Brasília, DF: Embrapa-SPI: Embrapa-CPAC, pp.3⁻11, 1998.

CAMPOS, F. S.; GOIS, G. C.; VICENTE, S. L. A.; MACEDO, A. D.; MATIAS, A. D. S. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no Semiárido. *Revista NutriTime*, v. 14, n. 2, 2017.

CARVALHO FILHO, O. M.; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P. H. *Gliricidia sepium* leguminosa promissora para regiões semiáridas. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 16 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 35).

CASTRO, F. S., PEZZOPANE, J. E. M., CECÍLIO, R. A., PEZZOPANE, J. R. M., XAVIER, A.C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*; 14:871-880, 2010.

CAVALCANTE, P. M. T.; BALTAR, C. A. M.; SAMPAIO, J. A. Mica. Rochas e Minerais Industriais, Rio de Janeiro, Brasil: CETEM/MCT, p. 531-544, 2005.

CCE -Comissão das Comunidades Européias.Proposta de Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho Relativa à Protecção das Águas Subterrâneas Contra a Poluição, 2003.

CHAUHAN, Y.S. Pigeonpea: optimum agronomic management. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K. (ed.). *The pigeonpea*. Cambridge: CAB International/ICRISAT, 1990. p. 257-279.

CHEESEMAN, J. M. Mechanisms of Salinity Tolerance in Plants. *Plant Physiology*, v.87, n.3, p.547-550, 1988.

CHRISTOFIDIS, D. Como obter a sustentabilidade dos recursos hídricos na agricultura irrigada? *Irrigação & Tecnologia Moderna*, Brasília, DF, v. 64, p. 30-31, 2004.

CONCEIÇÃO, J. C. P. R.; CONCEIÇÃO, P. H. Z. Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira. Brasília: Ipea, 2014. p. 1-29. (Texto para Discussão, n. 1944).

COODEVASF: Companhia de Desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba. 2017. Acesso em 21/01/2022 disponível em <https://www.codevasf.gov.br/noticias/2007/pocos-garantem-água-para-comunidades-rurais-do-sertao-pernambucano>. Acesso em: fev. 2022.

COODEVASF: Companhia de Desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba. Agricultura irrigada em ambientes salinos. Org.: Paulo Cerqueira et al. Brasília : Codevasf, 2021. 363 p : il. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-do-rocha/publicacoes/outras-publicacoes/agricultura-irrigada-em-ambientes-salinos.pdf>. Acesso em: fev. 2022.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil Implantação de sistema simplificado de abastecimento de água na Comunidade Sítio Volta, Município de Lavras da Mangabeira – CE. Relatório sintetizado. Org.: Antonio Artur Cortez ...[et al.]. Recife: CPRM/MIN, 2007. 33 p.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Bodocó, estado de Pernambuco. Org.: Mascarenhas, J. C. et al. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11 p. + anexos

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Levantamento da Geodiversidade [S.I.]: CPRM, 2006a. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Gestao-Territorial/Levantamento-da-Geodiversidade-5407.html>. Acesso em: fev. 2022.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto Revitalização e Instalação de Sistemas de Abastecimento no Nordeste na Comunidade Sítio Recurso Município: Bodocó-PE. Implantação de sistema simplificado de abastecimento de água na comunidade Sítio Algodões, Município de Ouricuri – PE. Relatório sintetizado. Org.: Beltrão, B. A. et al. Recife: CPRM/MIN, 2006b, 40 p.

CUNHA, E. E.; LIMA, J. M. P. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 4, p. 701-706, 2010.

DANTAS, F. D. G. Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda adensada no semiárido – Macaíba, RN, 2015.

DINIZ, J. A. O. Histórico da atuação dos órgãos públicos de pesquisa de água subterrânea na região Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 15, 2008, Natal - RN. Anais... Natal, RN: ABAS, 2008.

DOS SANTOS, R. H. S.; DIAS, M. S.; SILVA, F. D. A.; SANTOS, J. P. O., DOS SANTOS, S. C.; REIS, L. S.; TAVARES, C. L.. Matéria orgânica como atenuante da salinidade da água de irrigação na cultura do milho. *Colloquium Agrariae*. p. 84-93, 2020.

ELBEIH, S. F. An overview of integrated remote sensing and GIS for groundwater mapping in Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 6, n. 1, p. 1–15, 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. *Oecol. Brasileira*, v.4, n.12, p.662-679, 2008.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Crops and Drops: Making the best use of water for agriculture*. Rome: FAO, 2002. 22p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical data bases. Disponível em: <http://www.fao.org> Acesso em: 03 jan de 2022.

FARIAS, S. G. G.; SANTOS, D.R.; FREIRE, A.L.O.; SILVA, R.B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de *Gliricídia* (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 5, p. 1499-1505, 2009.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM – LABHID. 812 p, 2008.

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

FELIX, E. S. LIMA, W.B.; SILVA, C.T.; ARAÚJO, J.S.; PEREIRA, D.D.; LIRA, E.C. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigada com água salinizada. *Brazilian Applied Science Review*, v. 2, n. 6, p. 1869-1875, 2018.

FERREIRA, M. D. A.; SILVA, F. M. D.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. D. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 322-329, 2009.

FOIDL, N.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Utilización del marango (*Moringa Oleifera*) como forrage fresco para el ganado. Conferência eletrônica da FAO sobre Agrofloresta para a produção animal na América Latina. Roma: FAO, 1999.

FONSECA, V. A. Estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira 'Gigante'. 2017. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, BA, Brasil.

FORMENTINI, E. A.; LÓSS, F. R.; BAYERL, M. P.; LOVATI, R. D.; BAPTISTI, E. Cartilha sobre adubação verde. INCAPER. Vitória- ES. 2008. 27p.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de moringa. *Revista Ciência Agronômica*, 37, 106-109, 2008.

GARCES, A. S. Prospecção de água subterrânea por eletrorresistividade em terrenos cristalinos. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

GARDIMAN JUNIOR, B. S.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. C. A. CECÍLIO, R. A. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). *Revista Ambiência*. V. 8, n.1 p. 61- 71, 2012.

GUALBERTO, A. F.; FERRARI, G. M.; DE ABREU, K. M. P.; DE LIMA, P. B.; FERRARI, J. L. Características, propriedades e potencialidades da moringa (*Moringa oleifera* Lam.): Aspectos agroecológicos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, n. 5, p. 19-25, 2014.

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. Fórum de apresentações de pesquisa, avanços e oportunidades. Embrapa meio Ambiente, Jáguaçuína – SP, 2014.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; FERNANDES, A. Groundwater resources in the State of São Paulo (Brazil): The application of indicators. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.79, n.1, p.141-152, 2007.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. Água Subterrânea: Reserva estratégica ou emergencial. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. (orgs.). Águas no Brasil: Análises estratégicas. Academia Brasileira de Ciência, São Paulo: Instituto de Botânica, 149-161. 2010.

HOLANDA, J. S. DE; AMORIM, J. R. A. DE; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 35-50.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: fev. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal. 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm>. Acesso em 16/06/2018.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. 2006 O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Anais... ABEP: Caxambu, 2006.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In.: Anais.., XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, 2006. p. 1-22, Caxambu – MG, 2006.

KIILL L. H. P.; DRUMOND M. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *gliricidia sepium* (jacq.)steud. (*Fabaceae- Papilionoidae*) na região de Petrolina, Pernambuco. Floral biology and reproductive system of *gliricidia sepium* (jacq.) steud. (*fabaceae-papilionoidae*) in region of Petrolina, Pernambuco state, Brazil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n.4, p.597- 361 601, 2001.

LEMOS, M. Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro. 2016. 244f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água no Semiárido) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte.

LEPRUN, J. G. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste. Recife: SUDENE, 1983. p. 91-141. Convênio SUDENE/ORSTOM.

LIMA, W. B.; CHAVES, L. H. G.; SILVA, J.; ARAÚJO, M. F. V.; CAVALCANTE, A. R. Cultivo de palma miúda irrigada com águas salinizadas em diferentes solos do semiárido paraibano. In.: Anais.. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. Palmas-TO, 2019.

LINS, E. A. M.; DA SILVA, A. K. A.; BARROS, A. C. B.; MENDES, A.; MOTA, V. Impactos ambientais causados por perfurações de poços clandestinos– Estudo de caso. In.: Anais... XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Vitória/ES, 2020.

LOURENÇO, R.W. Comparação entre métodos de interpolação para Sistemas de Informações Geográficas. Dissertação. Mestrado em Geociências. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP, 1998.

MACHADO, H. C.; CAMPOS, N. M.; SANTOS, C. A. P. Análise do desenvolvimento e da produção da cunhã em função de diferentes tipos de adubação orgânica. *Revista Ciência Agrícola*, v. 19, n. 1, p. 25-36, 2021.

MAGALHAES, K.; HOLANDA FILHO, Z. F.; MARTINS, E.; LUCENA, C. C. Caprinos e ovinos no Brasil: análise da Produção da Pecuária Municipal 2019. 2020.

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

MARTINS, S. S.; PEREIRA, M. C.; LIMA, M. A. G.; QUEIROZ, A. A.; SILVA, S. DOS A. B. E.; MISTURA, C. RODRIGUES, J.; ONO, E. O. Morfofisiologia da cunhã cultivada sob estresse salino. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 13, n. 1, p. 13-24, 2012.

MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; COSTA, A. R. F.; TOMAZ, H. V. Manejo do soloágua-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (ed.). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 319-335.

MEIRELES, A.C.M.; FRISCHKORN, H.; ANDRADE, E.M. Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, Bacia do Acaraú, no Semiárido cearense. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, p.25-31, 2007.

MENDONÇA, L. A. R. et al. Mecanismos de salinização dos aquíferos cársticos nas chapadas do Araripe e do Apodi. In: *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 12., 2002, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABAS, 2002

MENDONÇA, L.A.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M.M.F.; MENDES FILHO, J. Qualidade da água na Chapada do Araripe e sua vulnerabilidade. In: *1st joint world congress on groundwater*. In.: Anais... Fortaleza, 2000. p.1-16.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. Análise das Informações sobre Recursos Hídricos Subterrâneos no País (Relatório Técnico 015). 111p. 2009. Relatório.

MOREIRA BARRADAS, J. M.; ABDELFATTAH, A.; MATULA, S.; DOLEZAL, F. Effect of Fertigation on Soil Salinization and Aggregate Stability. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 141, n. 4, p. 1-7, 2015. DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000806

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

NENÊ, Y.L.; SHEILA, V.K. Pigeonpea: geography and importance. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K (Eds.). *The pigeonpea*. Cambridge: CAB International/ICRISAT, 1990. p.1-14.

NETO, S. B.; ARAÚJO, I. I. M; TÁVORA, M. A. Qualidade de água de dessedentação de bovinos da fazenda-escola do IFRN-Ipanguaçu. *Holos*, Natal, ano 32, v. 3, p. 52-61, 2016.

NICOLAU, J. P. B. Qualidade de mudas de moringa (*Moringa oleífera* lam.) irrigadas com águas salinas. 2018. 34 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido, Instituto Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, Picuí – PB, 2018.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. São José dos Campos, *Climanálise*, v. 16, p. 1-10, 2001.

NUNES FILHO, J.; SOUSA, A. R.; SÁ, V. A. L.; LIMA, B. P. Relações entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais, visando à irrigação, no sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, n.4, v.2, p. 189-193, 2000.

OLIVEIRA, A. I. L.; ROCHA, W. J. S. F.; SILVA, A. B. Modelagem da superfície freática na cabeceira da Bacia do Paraguaçu, Área do Agropolo Mucugê Ibicoara, Estado da Bahia: Parâmetros para estudos de contaminação da água subterrânea em aquíferos livres. 2015, João Pessoa. *Anais do XVII SBSR, INPE*, 2015.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 17- 21, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v02n01p17-21>.

OLIVEIRA, Z. L. Avaliação do uso da *Moringa oleífera* Lam para fitorremediação e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. 2010. 124f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

PEREIRA, O. J.; ANDRADE, E. M. Alternativas de convivência com o semiárido. In: ANDRADE, E.; PEREIRA, O.; DANTAS, É. (Org.). *Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural*. Fortaleza: Ltda; 2010, p.2-22.

PERH-PE. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco. Volume 3. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Diretoria de Recursos Hídricos, 1998. 369p. Disponível em: https://www.apac.pe.gov.br/images/media/1569522441_PERHPE_volume3.pdf. Acesso em: fev. 2022.

PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco. Simone Rosa da Silva (Org.), Recife, 2006.

PITERMAN, A.; GRECO, R. M. A água seus caminhos e descaminhos entre os povos. Water: its flow and misflow among civilizations. *Revista APS*, v.8, n.2, p. 151-164, jul./dez. 2005.

PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos*. ed. Madrid: Editora Agrícola Española, S.A., 1985, 542p.

PTDRS. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável da Região do Araripe. Sertão do Araripe – Pernambuco. Brasília: IADH/STD-MDA, 2011.

RAHMATI, O.; MELESSE, A. M. Application of Dempster–Shafer theory, spatial analysis and remote sensing for groundwater potentiality and nitrate pollution analysis in the semi-arid region of Khuzestan, Iran. *Science of The Total Environment*, v. 568, p. 1110–112315, 2016.

RAMOS, B. L. P. Desempenho e características morfofisiológicas de gramíneas tropicais em condições semiáridas. 2020. 86 fl. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga: 2020.

RIBEIRO, G.M.; MAIA, C.E.; MEDEIROS, J.F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.1, p.15-22, 2005.

RIBEIRO, J. A. Minerais não-metálicos: Região do Cariri. Projeto Avaliação Ambiental da Região do Cariri (Projeto AMCARI). Fortaleza, CPRM/DNPM, 1995. 13p. (Série Recursos Minerais v. 5).

RICHARDS, L. A. (ed). *Diagnosis and improviment of saline and alkali soils*. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954.160 p. (USDA Agricultural Handook, 60).

ROCHA, J. E. S. Palma Forrageira no Nordeste do Brasil: Estado da Arte. Sobral, CE: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2012. 40 p. (Série Documentos Embrapa número 106).

RUNYAN, C.; BADER, J. Water quality for livestock and poultry. In: AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *Water quality for agriculture*. Rome: FAO, 1976. 1994. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).

SÁNCHEZ, N. R.; SPÖRNDLY, E.; LEDIN, I. Effect of feeding different levels of foliage of *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. *Livestock Science*, 101, 24-31.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. Recife, PE: IPA, 48p. (IPA. Documentos, 30).2006.

SANTOS, N. S.; SILVA, J.C.S.; PEREIRA, W.S.; ROCHA MELO, J.L.R.M.; LIMA, K.V.L.; 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, p. e9452-e9452, 2020.

SANTOS, V. L. Estudo sobre a variabilidade espacial e temporal de atributos químicos da água em duas mesorregiões do semiárido paraibano. Campina Grande, 2015.

SANTOS, V. L. Estudo sobre a variabilidade espacial e temporal de atributos químicos da água em duas mesorregiões do semiárido paraibano, 2015, 104 f. Dissertação. Mestrado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2015.

SARAIVA, G. S.; BONOMO, R.; DE SOUZA, J. M. Avaliação de interpoladores geoestatísticos e determinísticos da evapotranspiração de referência diária para o estado do Espírito Santo. *Revista Agroambiente On-line*, v.11(1), p.21-30, 2017.

SILVA JUNIOR, J. M. T. et al. Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 4, n. 4, p. 378-382, 2009.

SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA JUNIOR, M.J.; NASCIMENTO, I.B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, (Suplemento), p.S66–S72, 2014.

SILVA, J. R. I; JARDIM, A. L. DA R. F.; NETO, J. B.; LEITE, M. L. DE M. V.; TEIXEIRA, V. I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava-PR, v.11, n.3, p.127-139, 2018.

SIQUEIRA, B.; NERY, J. T. Concentração diária e mensal da precipitação pluvial no Nordeste do Brasil: uma contribuição dos índices CI e PCI. *Revista Geografar*, v. 16, n. 2, p. 555-570, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/geografar.v16i2.79835>.

SOBRAL, A.J.S.; MUNIZ, E.N.; SILVA, C.M. Caracterização da Moringa oleifera Lam e sua utilização na alimentação animal. *Ciência Animal*, v.30, n.2, p.68-79, 2020.

SUN, J. et al. Soil salinity management with drip irrigation and its effects on soil hydraulic properties in north China coastal saline soils. *Agricultural Water Management*, v. 115, p. 10-19, 2012. DOI: 10.1016/j. agwat.2012.08.006

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 918 p.

TEIXEIRA, V.I.; DUBEUX JR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA JR, M.A.; LIRA, M.A.; SILVA, H.M.S. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. *Archivos de zootecnia*, 2010, 59, 226, 245-254.

TOMAZ, B. A.; PEREIRA, M. O.; ARAÚJO, M. C. Crescimento de cultivares de palma forrageira sob diferentes níveis de salinidade. In.: *Anais... Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC*. Maceió-AL, 2018.

TORRES, E. C. M. et al. Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e uso de atenuadores do estresse salino. *Nativa*, v. 2, n. 2, p. 71-78, 2014.

VALE, M. B. AZEVEDO, P. V. Avaliação da produtividade e qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador. *Holos [S.l.]*, v. 3, p. 181-195, ago. 2013. ISSN 1807-1600. DOI: [doi:https://doi.org/10.15628/holos.2013.1383](https://doi.org/10.15628/holos.2013.1383).

YIASOUMI, B. *Salinity*. NSW Department of Primary Industries, 2004.