



DOI: <https://doi.org/10.33871/21783306.2024.15.1.8605>

MAPEAMENTO DAS TERRAS PARA IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BODOCONGÓ, ESTADO DA PARAÍBA

GUIMARÃES, Haile Silvino¹; CHAVES, Iêde de Brito²; CHAVES, Lúcia Helena Garófalo³ ;
MACÊDO, Mônica Larissa Aires de⁴; SILVINO, Guttemberg da Silva⁵; SANTOS, João Paulo
de Oliveira⁶

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi mapear as terras da bacia hidrográfica do rio Bodocongó, visando a otimização do uso de sistemas de irrigação de baixo custo, em ambiente que apesar da limitação hídrica e do risco de salinização, apresenta proximidade de mercado consumidor, disponibilidade de mão-de-obra e de uso de água de reuso. Como modelo de análise para classificação das terras são parametrizados atributos do solo. Os dados descritivos e analíticos dos solos foram obtidos dos boletins técnicos dos Levantamentos dos Solos do Estado (1972 e 1978) e complementados por trabalhos técnico-científicos. Com base nos dados de altimetria do arquivo SRTM, utilizando-se o software livre QGIS obteve-se o limite, a rede de drenagem e o mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Bodocongó. O mapa de solos foi construído a partir das delimitações do mapa de 1978, com ajustes de limites e criação de unidades utilizando-se do programa Google Earth e identificação e reconhecimento de campo. Os resultados obtidos para os critérios da classificação proposta mostram que 20,4% da área de estudo apresenta restrição moderada e 79,6% restrição forte quanto ao de sistemas de irrigação de baixo custo.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Agricultura familiar; Aptidão de terras para irrigação; SIG.

LAND MAPPING FOR LOW-COST IRRIGATION IN THE BODOCONGÓ RIVER HYDROGRAPHIC BASIN, STATE OF PARAÍBA

ABSTRACT

The objective of this work was to map the lands of the watershed of the Bodocongó River, aiming at optimizing the use of low-cost irrigation systems, in an environment that, despite the water limitation and the risk of salinization, presents proximity to the consumer market, availability of hand-labor and the use of reused water. As an analysis model for land classification, soil attributes are parameterized. The descriptive and analytical data of the soils were obtained from the technical bulletins of the Soil Surveys of the State (1972 and 1978) and complemented by technical-scientific works. Based on the altimetry data from the SRTM file, using the free

¹ Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: hailesguimaraes@gmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7282-3127>.

² Doutor em Agronomia, Professor Aposentado da Universidade Federal da Paraíba. E-mail: iedebchaves@hotmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4961-089X>.

³ Doutora em Agronomia, Professora da Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: lhgarofalo@hotmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9905-2315>.

⁴ Doutora em Geografia, Professora da Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: aires.monica@gmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3611-0522>.

⁵ Doutor em Recursos Naturais, Professor da Universidade Federal da Paraíba. E-mail: guttemberggs@gmail.com. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9199-2732>.

⁶ Doutor em Agronomia, Professor do Instituto Federal de Rondônia. E-mail: joao.santos@ifro.edu.br. Registro ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1826-1746>.

software QGIS, the limit, the drainage network and the slope map of the hydrographic basin of the Bodocongó river were obtained. The soil map was built from the 1978 map boundaries, with boundary adjustments and creation of units using the Google Earth program and field identification and recognition. The results obtained for the proposed classification criteria show that 20.4% of the study area presents moderate restriction and 79.6% strong restriction regarding low-cost irrigation systems.

Keywords: Remote Sensing; Family farming; Land suitability for irrigation; GIS.

1. INTRODUÇÃO

Com o rápido aumento da população do planeta Terra, a demanda por alimentos tem crescido consideravelmente, e com isso, o aumento do uso da irrigação tem sido apontado como a solução para o aumento da oferta de alimentos. Para tanto, haverá a necessidade da incorporação de novas áreas de produção, e de um uso e manejo eficiente da água, exigências relevantes para maximização dos recursos água e solo, cada vez mais escassos (GUIMARÃES et al. 2012). Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas, no ano de 2050 a população mundial será de 9,7 bilhões de habitantes, 2 bilhões a mais do que a atual (ONU, 2024).

No estado da Paraíba, a agricultura tem uma forte dependência das precipitações pluviométricas, como consequência, grandes prejuízos são causados à agricultura do Estado, devido às irregularidades da ocorrência e distribuição das chuvas. Neste contexto, a captação, o armazenamento e o uso da água da chuva são de fundamental importância para a prática da irrigação (MENEZES et al., 2010).

A irrigação de baixo custo pode ser uma solução para os pequenos produtores e refere-se a técnicas e sistemas de irrigação que são acessíveis economicamente para os agricultores. Esses métodos são projetados para minimizar os custos de instalação, operação e manutenção, permitindo que os agricultores irriguem suas plantações de forma mais eficiente e sustentável. A utilização dos sistemas de baixo custo vem crescendo e viabilizando o trabalho dos agricultores de acordo com a sua realidade local podendo assim ser realizados por sistema de gravidade ou por conjuntos de motobomba movidos a diesel, gasolina ou eletricidade (COELHO et al., 2012).

Surge uma variedade de métodos de irrigação alternativos que se mostram como uma opção mais acessível para a agricultura familiar, buscando reduzir os custos associados ao uso da irrigação. Exemplos dessas alternativas incluem o uso de dispositivos artesanais de distribuição de água, mangueiras com perfurações e o sistema conhecido como Xique-xique. Quando utilizados de forma adequada, esses sistemas de irrigação de baixo custo apresentam os mesmos benefícios que os sistemas convencionais em termos de produtividade de culturas, tanto as de ciclo curto quanto as perenes, sendo especialmente

relevantes nas regiões semiáridas onde predominam as áreas de agricultura familiar (COELHO et al., 2014).

Outra estratégia para contornar os desafios da escassez hídrica é o uso de água de esgoto tratada na irrigação. Essa prática contribui para preservar os recursos hídricos e promover uma agricultura mais sustentável. Segundo um Relatório Global das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, em 2019, o reuso de água de esgoto tratada na irrigação desempenha um papel crucial na gestão sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a segurança alimentar, a preservação dos ecossistemas e a mitigação da escassez hídrica.

O reuso de água e efluentes é uma prática antiga, porém representa uma ótima opção para suprir as necessidades de água da sociedade. Segundo Carvalho et al. (2014), o reuso de águas residuárias é considerada uma prática sustentável para conservação dos recursos hídricos, além de ser uma forma de prevenção de poluição dos corpos receptores. No caso da agricultura, o reuso de esgoto tratado, pode, além de suprir a necessidade de água para desenvolvimento das plantas, fornece nutrientes essenciais para sua sobrevivência.

As águas residuais apresentam diversas vantagens, incluindo a capacidade de economizar água, reduzir a poluição do meio ambiente, ter um alto poder fertilizante e gerar húmus (DUARTE, 2006). O reuso dessas águas também oferece a oportunidade de reciclar e reutilizar os nutrientes presentes nos resíduos líquidos, além de contribuir para a redução dos impactos ambientais e dos custos associados ao descarte desses resíduos em corpos d'água naturais, sejam eles superficiais ou subterrâneos (URBANO et al., 2017; PITORO, 2019).

A escolha de áreas aptas à irrigação utilizando dados de sensoriamento remoto vem se tornando uma estratégia bastante útil para dar suporte para tomada de decisão mais segura. Informações obtidas com o uso do sensoriamento remoto são essenciais, no monitoramento do uso da terra, na estimativa da produção agrícola, e em muitas outras temáticas importantes para o planejamento e gerenciamento da agricultura (YANG et al., 2017).

O grande mercado consumidor representado pela cidade de Campina Grande, e a alta densidade populacional do meio rural do seu entorno favorecem a produção e a comercialização de produtos hortifrutigranjeiros, apesar da condição desfavorável do clima semiárido com baixa disponibilidade hídrica. Neste sentido, sistemas de baixo custo de captação, armazenamento e utilização da água da chuva, mesmo com disponibilidade temporária; ou de reuso a partir de estações de tratamento de esgotos, podem ser otimizados para a produção de pequenas lavouras irrigadas, onde parâmetros do solo e da água são fundamentais para maximização da produção e renda da agropecuária local. Com base nos dados

de Haandel & Santos (2021) que estimam que o efluente de esgoto de Campina Grande é de aproximadamente 40.000 m³/dia, daria por exemplo, para irrigar permanentemente uma área de 800 hectares, considerando um potencial de evapotranspiração diário de 5 mm.dia⁻¹.

Neste trabalho pretende-se colaborar para o desenvolvimento da área que abrange a Bacia Hidrográfica do Rio Bodocongó, visando assim, gerar um impacto positivo e contribuir para o crescimento da agricultura familiar, com geração de renda, garantia de alimentação, preservação ambiental e recursos econômicos. Impactando não somente o setor agropecuário, mas também o Estado da Paraíba, eliminando a possibilidade de negligenciar a potencialidade de áreas passíveis de irrigação, distinguindo a potencialidade das mesmas para irrigação.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo mapear as terras potencialmente irrigáveis da Bacia Hidrográfica do Rio Bodocongó, com vista ao uso de sistemas de baixo custo de irrigação.

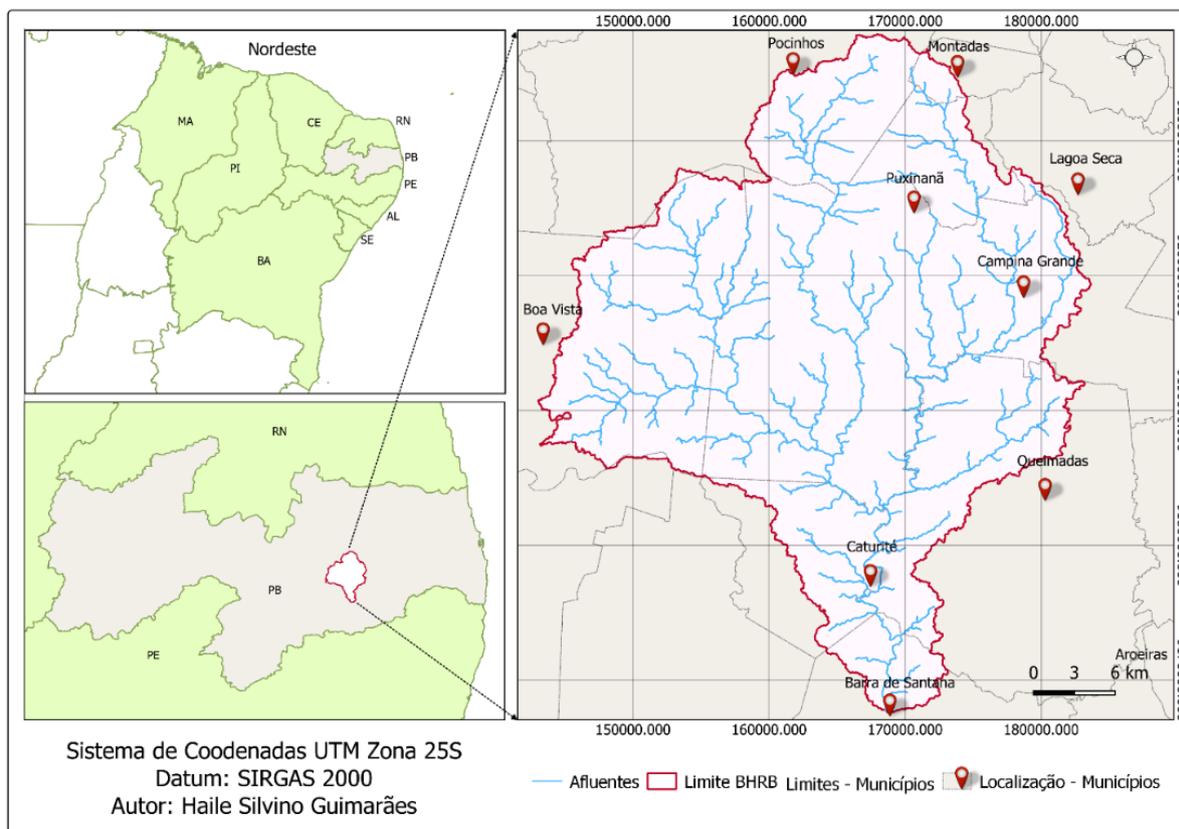
2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende as terras da Bacia Hidrográfica do Rio Bodocongó (BHRB). Essa bacia é área contribuinte do rio Paraíba e encontra-se a margem esquerda do setor médio da sua drenagem, localizada sobre o Planalto da Paraíba, no Estado da Paraíba. Abrange parcialmente áreas dos municípios de Campina Grande, Lagoa Seca, Boa Vista, Puxinanã, Montadas, Pocinhos, Queimadas, Caturité e Barra de Santana (Figura 1).

Na bacia o clima segundo a classificação de Köppen é do tipo **Bsh**: *Clima Tropical Semiárido quente e seco*, com chuvas que em grande parte da área não chega a ultrapassar a 600 mm.ano⁻¹. Os maiores volumes da chuva estão associados a presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua no verão-outono (fevereiro a abril). Não menos importante, mas em menor proporção devido a influência do relevo, ocorrem chuvas oriundas das massas úmidas do Atlântico tropical transportadas pelos Alísios de sudeste (Molion & Bernardo, 2002; Ferreira & Mello, 2005).

O estudo da BHRB teve como base principal de dados o Boletim Técnico (Nº 15) do levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972), com mapa, na escala de 1:500.000; o boletim técnico do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba com mapa de solos na escala de 1:400.000 (PARAÍBA, 1978); e o Atlas Geográfico da Paraíba (PARAÍBA, 1985).

Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Bodocongó.

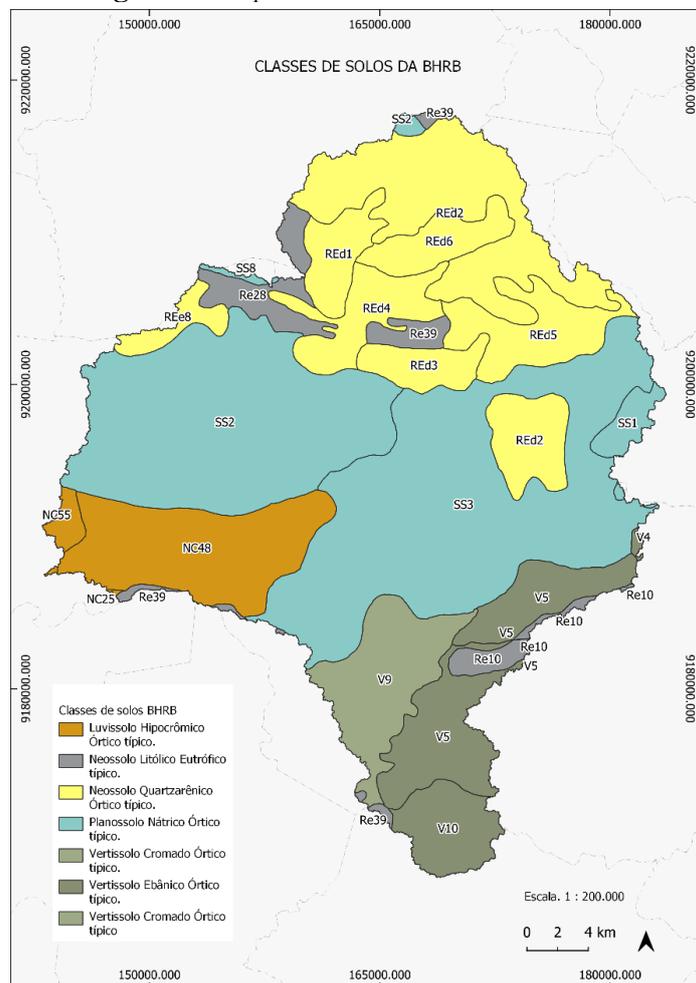


Fonte: Haile Guimarães (2022).

Para realizar a delimitação do divisor hidrográfico foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado da imagem SRTM, obtida pelo projeto Topodata (www.dsr.inpe.br/topodata). O processo de delimitação da bacia hidrográfica foi realizado de forma automática, desenvolvido no SIG de licença livre QGIS, versão 3.16. (www.qgis.org).

Como dado de entrada foi utilizado o mapa de solos da Paraíba do Zoneamento Agropecuário do Estado (PARAÍBA, 1978) escala 1: 400.000, disponibilizado em arquivo digital pela Agência de Águas da Paraíba (AESPA). O mapa de solos foi georreferenciado no software QGIS 3.16, utilizando o *datum* SIRGAS 2000 e o sistema de projeção UTM, Zonas 25 Sul. Em seguida foi feito o recorte da área que abrange a BHRB com a delimitação original das unidades de mapeamento (associações de solos) identificadas pelas classes de solo representativas de cada unidade de mapeamento (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de Classes de solos da BHRB.



Fonte: Haile Guimarães (2022).

Para elaboração dos mapas da área de estudo foi realizado um levantamento do tipo média intensidade, escala 1:100.000, de forma expedita, com base nos padrões da imagem relacionados ao solo, vegetação, relevo e com averiguações de campo. Desta forma, procurou-se desmembrar classes de solos associadas das unidades de mapeamento do Estado (PARAÍBA, 1978).

Em escritório, com o uso da ferramenta Google Earth, foi possível planejar viagens de campo para seleção de pontos de observações e coleta dados, reconhecer e ajustar limites, além de identificar e separar novas unidades de solos. Com base no modelo digital de elevação (MDE) foi gerado o mapa de declividade a partir das curvas de nível com equidistância de 10 metros. Com a superposição digital da declividade, foram localizadas áreas com padrão de declividade diferente do da classe representativa da unidade de mapeamento, indicando a ocorrência de possíveis novas classes de solos. Pelo delineamento das classes de declividade foi possível corrigir e ajustar os limites de muitas das unidades de mapeamento.

A partir das descrições morfológicas e físico-químicas de solos semelhantes aos identificados na área de estudo, obtidas dos boletins dos levantamentos de solos do Estado (PARAÍBA, 1972 e 1978), foram definidos perfis moldais para cada classe de solo representativa das associações, unidades de mapeamento deste trabalho.

Com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018) procurou-se atualizar a nomenclatura dos solos ao nível de Subgrupo, incorporando-se às descrições, as fases de vegetação e declividade adotadas nos referidos boletins de solos do Estado. Sendo assim, foram identificadas e descritas na BHRB as seguintes classes de solos:

VEo: Associação de: VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típica, fase floresta caducifólia relevo plano + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura média, fase pedregosa suave ondulado e ondulado substrato gnaisse e granito

VXo-1: Associação de: VERTISSOLO HÁPLICO Órtico, com A moderado, fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico, com A moderado, textura argilosa, fase pedregosa caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado

VXo-2: Associação de: VERTISSOLO HÁPLICO Órtico, com A moderado, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, relevo ondulado e forte ondulado, substrato gnaisse e granito + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico, com A moderado, textura argilosa, fase pedregosa, caatinga hipoxerófila, relevo ondulado, substrato gnaisse e granito

VXo-3: Associação de: VERTISSOLO HÁPLICO Órtico, com A moderado, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo ondulado, substrato gnaisse e granito + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico, com A moderado, textura argilosa, fase pedregosa, caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse e granito.

SNo-1: PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico (Ta) com A fraco textura média, fase floresta caducifólia relevo plano.

SNo-2: Associação de: PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico típico (Ta), com A fraco ou moderado, textura argilosa,, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano e suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa, fase pedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado, substrato gnaisse e granito + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico (Ta), com A fraco, textura argilosa, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado.

SNo-3: Associação de: PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico típico (Ta), com A fraco, textura média, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano e suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado e ondulado, substrato gnaisse e granito.

RRd-1: NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico (álico), com A fraco, textura arenosa, fase floresta caducifólia, relevo suave ondulado

RRd-2: NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico, com A fraco, textura arenosa, fase floresta caducifólia, relevo suave ondulado

RRd-3: Associação de: NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico, com A fraco, textura arenosa, fase floresta caducifólia, relevo suave ondulado e ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa, fase pedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo forte ondulado, substrato gnaisse e granito.

RRd-4: Associação de: NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico com A fraco, textura arenosa, fase floresta caducifólia, relevo ondulado + AFLORAMENTO DE ROCHA

RRe-1: Associação de: REOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado a ondulado, com AFLORAMENTO DE ROCHA

RRe-2: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico fragipânico, com A fraco, textura arenosa, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano a suave ondulado, com AFLORAMENTO DE ROCHA

RLe-1: Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A moderado, textura média, fase pedregosa e rochosa, floresta caducifólia, relevo forte ondulado, substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTO DE ROCHA.

RLe-2: Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa, fase pedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo ondulado e forte ondulado, substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTO DE ROCHAS.

RLe-3: Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo ondulado e forte ondulado, substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTO DE ROCHAS.

RLe-4: Associação de: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hipoxerófila, relevo forte ondulado e montanhoso, substrato gnaisse e granito + AFLORAMENTO DE ROCHAS.

RLe-5: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila, relevo ondulado, substrato gnaisse e granito

TCo: Associação de: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico, com A fraco, textura média, fase pedregosa, caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + VERTISSOLO HÁPLICO Órtico, com A moderado, fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, relevo suave ondulado e forte ondulado, substrato gnaisse e granito.

2.1. MODELO DE CLASSIFICAÇÃO DE TERRAS PARA IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO

O modelo proposto de classificação de terras para irrigação teve tendo por base o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação – SiBCTI, (AMARAL, 2011), com parametrização ajustada a amplitude de variação dos atributos dos solos da área de estudo.

A Classificação apresenta dois níveis categóricos:

Classe - pelo grau de limitação ao uso da terra para irrigação, e que são representadas pelos algarismos romanos que variam de I a V (nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte) e

Subclasse – definida pela natureza de suas limitações, sendo representadas por letras minúsculas correspondentes aos parâmetros - água disponível (a), declividade (e), profundidade efetiva (p), drenagem (d), fertilidade (f), sodicidade (n) e salinidade (s).

Cada parâmetro do modelo tem seus valores categorizados em cinco classes representativas do grau de limitação do uso da terra, que isoladamente define a classe de irrigação, pelo seu grau de limitação: nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte.

Para a enquadramento determinação de cada parâmetro do modelo variável do solo foram utilizados os dados do perfil modal obtidos para cada solo representativo das unidades de mapeamento.

2.2. CAPACIDADE DE ÁGUA DISPONÍVEL (CAD)

A capacidade de água disponível do solo (CAD) foi determinada utilizando a metodologia proposta por Assad et al. (2001), que também foi utilizada por (MACEDO, 2020) para terras da bacia do alto curso do rio Paraíba. Esta metodologia estima o percentual de água disponível (CAD) de cada horizonte, sub-horizonte ou camada do solo a partir do percentual de areia total (AT), considerando os limites de tensão da água retida no solo entre 10 kPa e 1500 kPa.

Os limites das classes de água disponível (a), no quadro 1, foram estabelecidos utilizando valores estimativos para solos entre 20% a 80% de areia total (AT), calculado pelos procedimentos acima citados.

Quadro 1 - Limites e descrição de classes de água disponível (a).

Classes	Limites (%) de areia total	Descrição (Disponibilidade)	Grau de limitação
I	>15	Muita alta	Nulo
II	15 - 12	Alta	Ligeiro
III	12 - 9	Média	Médio
IV	9 - 7	Baixa	Forte
V	7 - 5	Muito baixa	Muito Forte
VI	< 5	Escassa	Excessivo

Fonte: Haile Guimarães (2022).

2.3. PROFUNDIDADE EFETIVA (p)

Para parametrizar a profundidade efetiva (p) foi considerada a profundidade média ou a moda dos dados dos perfis auxiliares (solos semelhantes), considerando o horizonte ou camada mais inferior descrita como tendo raízes pouca e/ou raras.

Considerando a predominância na região semiárida de solos rasos a moderadamente profundos, procurou-se adequar os limites das classes do parâmetro, escalonando um maior número destas para

profundidades entre 30 e 90 centímetros (Quadro 2). E a condição de solos inapropriados para uso agrícola, a profundidade menor de 30 cm, para condição de contato lítico (rocha impermeável).

Quadro 2 - Limites e descrição de classes de Profundidade Efetiva de solos (P).

Classes	Limites de Classes profundidade (cm)	Classes de Profundidade Efetiva	Grau de limitação
I	> 120	Muito profundo	Nulo
II	120 - 90	Profundo	Ligeiro
III	90 - 70	Moderadamente profundo	Moderado
IV	70 - 50	Moderadamente raso	Forte
V	50 - 30	Raso	Muito Forte
VI	< 30	Muito raso	Excessivo

Fonte: Haile Guimarães (2022).

2.4. DRENAGEM DO SOLO (D)

A drenagem do solo (d) é normalmente medida em termos de volume, ou altura de lâmina de água por unidade de tempo (SOUZA et al., 2018). Nos trabalhos de levantamento de solos normalmente a drenagem é uma propriedade que é inferida pelo pedólogo no campo, através de outros atributos como cor, estrutura, granulometria, porosidade, dentre outras.

O Sistema brasileiro de classificação de solos recomenda a descrição de 8 classes de drenagem que são utilizadas nos boletins de solos. Neste trabalho procurou-se adequar a classificação descritiva da pedologia às 5 classes proposta no modelo. Com base nos dados da literatura procurou-se quantificar os valores básicos da infiltração, o que ajudou ao artifício da conversão dos dados (AMARAL, 2011; SOUZA et al., 2018).

Adotou-se uma classe central (classe I), para solos com melhores condições de drenagem, e para cima e para baixo, com valores crescentes de limitação por falta ou por excesso, foram definidas as classes de II a V e a Inapta por excesso ou por falta de drenagem (Quadro 3).

Quadro 3 - Limites e descrição de classes de drenagem.

Classes	Limites (mm.h ⁻¹)	Descrição da drenagem	Grau de limitação
Inapta	< 2,5	Muito Mal	Excessivo
V	2,5 a 5	Mal	Muito forte
IV	5 a 10	Imperfeitamente	Forte
III	10 a 20	Moderadamente	Médio
II	20 a 40	Bem a moderadamente	Ligeiro
I	40 a 75	Bem	Nulo
II	75 a 100	Bem a acentuadamente	Ligeiro
III	100 a 125	Acentuadamente	Médio
IV	125 a 150	Acentuado a fortemente	Forte
V	150 200	Fortemente	Muito forte
Inapta	>200	Excessivamente	Excessivo

Fonte: Haile Guimarães (2022).

2.5. CAPACIDADE DE TROCA CÁTIONS (f)

Para parametrizar a Capacidade de troca de cátions (f), qualidade importante na agricultura com sistemas singelos de irrigação, foi considerado com as classes IV e V (Quadro 4), a possibilidade de separar os solos Neossolos Regolíticos distróficos dos eutróficos, em particular os solos álicos (*), com alta saturação de alumínio tóxicos ao desenvolvimento das raízes das plantas (ALBUQUERQUE, et al., 2011; AMARAL, 2011).

Quadro 4 - Limites e descrição de classes de Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

Classes	Limites de Classes (cmolc.Kg-1)	Classes de Fertilidade	Grau de limitação
<i>I</i>	> 12	Muito Alta	Nulo
<i>II</i>	12 - 6	Alta	Ligeiro
<i>III</i>	6 - 3	Média	Moderado
<i>IV</i>	< 3	Baixa	Forte
<i>V</i>	< 3*	Muito Baixa	Muito Forte

(*) Solo álico e distrófico

Fonte: Haile Guimarães (2022).

2.6. SATURAÇÃO DE SÓDIO (n)

O sódio é um cátion dispersante que provoca a degradação da estrutura do solo causando sérios problemas de drenagem e compactação e que prejudicam o desenvolvimento radicular das plantas. Os efeitos desses íons estão relacionados a ação osmótica que induz condição de estresse hídrico às plantas e ao efeito tóxico direto, principalmente sobre os sistemas enzimáticos e de membranas.

Para os casos de solos sódico e/ou salinos, com drenagem lenta a muito lenta com risco alto de degradação, foi considerado a possibilidade de uso com irrigação, com muito forte grau de limitação, desde que apresente uma profundidade efetiva maior que 40 cm.

Quadro 5 - Limites e descrição de classes de Saturação de Sódio Trocável (Na+).

Classes	Limites de Classes (%)	Classes de Na+	Grau de limitação
<i>I</i>	0	Muito Baixa	Nulo
<i>II</i>	< 6	Baixa	Ligeiro
<i>III</i>	6 - 15	Média	Moderado
<i>IV</i>	> 15	Alta	Forte
<i>V</i>	> 15**	Muita Alta	Muito Forte

(**) drenagem lenta/muito lenta e profundidade efetiva > 40cm

Fonte: Haile Guimarães (2022).

2.7. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO (s)

A Condutividade elétrica expressa a salinidade do solo (s). Os solos são considerados como salinos - quando o acúmulo de sais em solução se eleva ao ponto de provocar estresse osmótico às plantas;

sódicos – quando a relação sódio trocável é alta; e salino-sódico – quando as condições anteriores ocorrem simultaneamente (FERREIRA, et al., 2016). Abaixo, no Quadro 6, A Condutividade Elétrica foi classificada quanto ao seu peso.

Quadro 6 - Limites e descrição de classes de Condutividade Elétrica (s.).

	Limites de Classes mmhos/cm a 25°C	Classes de Condutividade Elétrica	Grau de limitação
I	0	Muito Baixa	Nulo
II	< 4	Baixa	Ligeiro
III	4 - 8	Média	Moderado
IV	8 - 15	Alta	Forte
V	> 15**	Muito Alta	Muito Forte

(**) *drenagem lenta/muito lenta e profundidade > 40cm*

Fonte: Haile Guimarães (2022).

2.8. DECLIVIDADE DO SOLO(e)

A declividade é um parâmetro que está intimamente relacionado a susceptibilidade de perdas do solo por erosão (e) e dificulta o manejo dos solos, particularmente de áreas irrigadas.

Através do MDE gerado a partir das curvas de nível com a equidistância de 10 metros foi possível obter, por meio de um plugin nativo do QGIS chamado “Declive”, o mapa de declividade, utilizando-se como dados de entrada no programa.

Representando o risco de erosão e a dificuldade de uso e manejo da terra foram estabelecidas 5 classes de declive para a de estudo (Quadro 7), cujos limites embora difiram do manual de conservação do solo (Lepsch et al. 2015), procuram atender aos mesmos critérios conservacionistas.

Quadro 7 - Limites e descrição de classes de declividade dos solos.

Classes	Declividade (%)	Descrição	Grau de limitação
I	0 -5	Plano	Nulo
II	5 – 10	Suave Ondulado	Ligeiro
III	10 – 20	Ondulado	Moderado
IV	20 – 40	Forte Ondulado	Forte
V	> 40	Montanhoso	Muito Forte

Fonte: Haile Guimarães (2022).

2.9. ENQUADRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS PARA IRRIGAÇÃO

Para cada perfil modal representativo das classes de solo das unidades de mapeamento da BHRB foram obtidos os dados relativos aos parâmetros do modelo, como exemplo apresentado abaixo, no Quadro 8, relativo ao VERTISSOLO HÁPLICO Órtico.

Quadro 8 - Interpretação dos dados do perfil modal dos parâmetros do solo para o modelo de classificação.

Vxo-4 P91 (78) VERTISOLO HÁPLICO Órtico com A moderado fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado - Pré-Cambriano gnaiss - saprolito de rochas - 8 km Campina > Caruaru.										
Morfologia	Areia Total	AD-Hor.	AD-Perfil	Declive	Prof. Efet	Drenag	CTC	Na+	CE	Classe de limitação à irrigação
(cm)	(%)	(%)	(mm)	(%)	(cm)		mE/100g	(%)	(mmhos)	
Ap : 0-20	40	12,4	24,8	5 a 10			25	1,5	0,71	
C1: 20-60	35	12,64	12,64		0 - 60		34,6	2,6	0,52	
C2: 54-80	40				(* para 300 de profundidade)	Imperfeita	31,8	3,5	1,5	
			37,44*							
			I	II	II	III	I	II	II	IIId,pns

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Finalizando a interpretação dos dados do Quadro 8, as limitações dos parâmetros levam ao enquadramento do solo a classe e subclasse – **III d, p n s** de terras para irrigação.

Como normas do enquadramento se estabeleceu que:

- A ordem de notação dos fatores limitantes que definem as subclasses deve seguir a seguinte hierarquia:
 $a > e > p > d > f > n > s$
- Da esquerda para a direita do observador, serão anotados até 4 fatores, do mais alto, para o mais baixo grau de limitação.
- Para parâmetros de mesmo grau de limitação serão anotados primeiro as letras dos parâmetros mais à esquerda da ordem dos símbolos.
- O uso da vírgula representa uma mudança do grau de limitação entre os parâmetros;
- Com o cruzamento com o mapa de declividade poderão surgir novas unidades de mapeamento que poderão modificar as notações das classes e subclasses pré-estabelecidas. Para o caso da área de ocorrência do Vertissolo Háplico (Quadro 8), caso a declividade leve ao grau de limitação ligeiro (grau 2) alteraria a subclasse de IIId,pns para IIId,epn; e caso ao moderado (grau 3) altera a notação da subclasse IIId,pns para IIId,pn devido ao risco de erosão (e) ter maior precedência que os demais fatores limitantes. Ou até mesmo poderá alterar a classe de irrigação, se as limitações pela declividade forem de grau forte (grau 4) ou muito forte (grau 5), onde as notações ficaram IVe,d,pn e Ve,,d,pn, respectivamente.
- A classe I não tem limitação, portanto não apresenta subclasses.

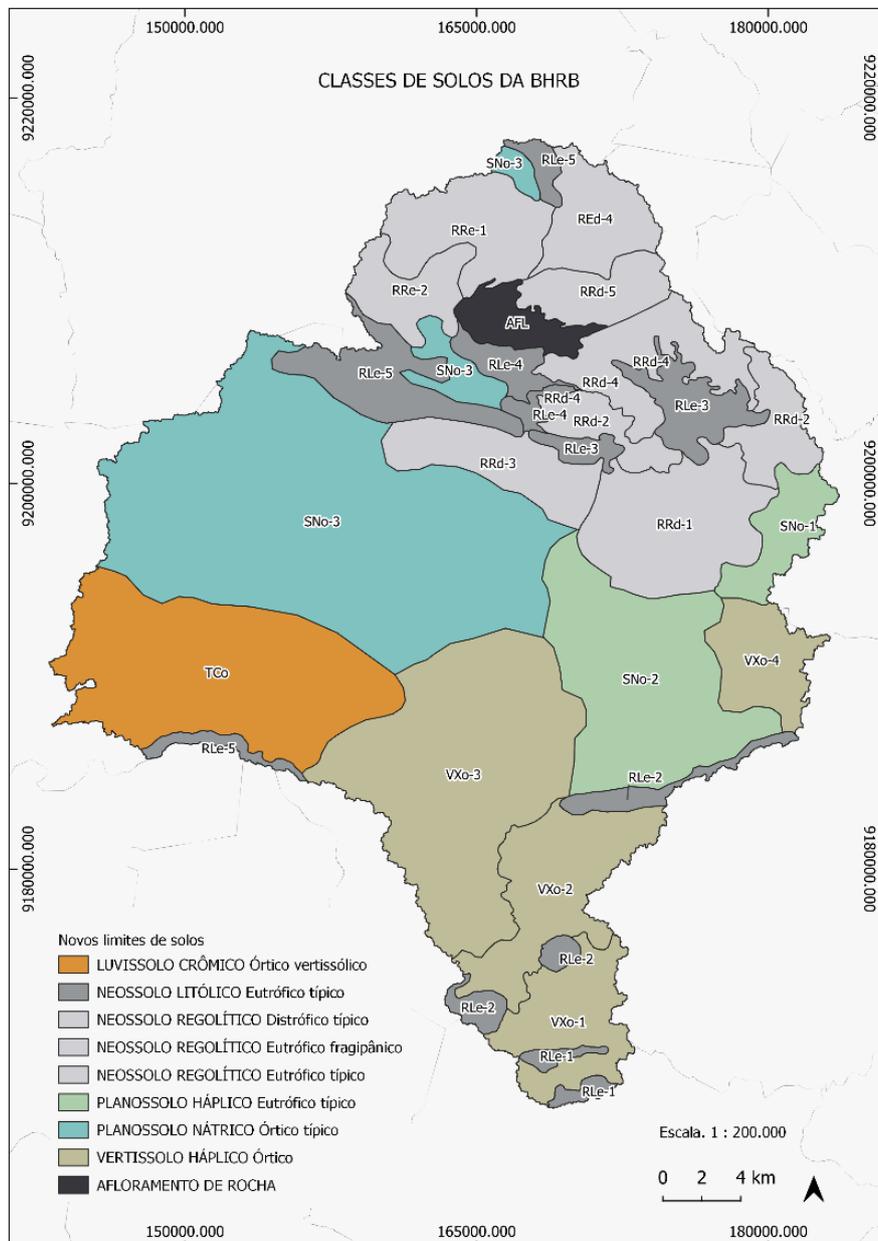
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para elaboração do mapa de solos (Figura 3), visando melhorar a representação dos solos da área de estudo procurou-se desmembrar os solos associados nas unidades de mapeamento do Estado, considerando também as fases de vegetação e relevo (PARAÍBA, 1978). Em escritório foi possível reconhecer e ajustar limites, além de identificar e separar novas unidades de solos, permitindo melhorar

a base de dados do trabalho. Com apoio da ferramenta Google Earth, foi possível planejar viagens de campo utilizando-se como referências o limite da bacia.

As alterações sobre o mapa de solos tiveram como base a superposição digital do mapa de declividade obtida através do modelo digital de elevação (MDE) gerado a partir das curvas de nível com equidistância de 20 metros. Foi possível observar o deslocamento de muitos polígonos pertencentes às unidades de mapeamento, além do formato e tamanho estarem descoincidentes, também não estavam condizendo com as descrições do relevo das unidades de mapeamento.

Figura 3 - Mapa de Classes de solos da BHRB reclassificado.



Fonte: Haile Guimarães (2022).

Na área de estudo, as classes predominantes de solos descritas no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978) diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica, atendendo também a uma diversidade de características de solo, relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade e outras características, justificada pelo fato de que no semiárido o tipo de solo determina a dinâmica da água quanto à drenagem, retenção ou disponibilidade, condicionando, por conseguinte os sistemas de produção agrícola.

No Quadro 9 foram expostas às áreas (ha) de cada unidade de mapeamento dos solos da BHRB.

Quadro 9 - Classes de solos e suas áreas de ocupação espacial da BHRB.

Classes de solos	Nº de polígonos	Área (ha)	
		Ha	%
Neossolo Litólico Eutrófico típico	12	9.779,37	9%
Neossolo Regolítico Distrófico típico	9	19.849,30	18%
Neossolo Regolítico Eutrófico Fragipânico	1	2.019,05	2%
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	1	3.663,89	3%
Luvissolo Crômico Órtico vertissólico	1	11.232,50	10%
Planossolo Háptico Eutrófico típico	1	9.069,09	8%
Planossolo Nátrico Órtico típico	4	26.506,40	25%
Afloramento de rocha	1	1.505,20	1%
Vertissolo Háptico Órtico	4	24.005,80	22%
Total	34	107.631	100%

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Como proposto pelo modelo baseado no Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação – SiBCTI, (AMARAL, 2011), os 5 tipos de relevo foram classificados. Os menores valores da coluna Classes de Declividade, representam relevos que estão aptos a receber qualquer sistema de irrigação. Conforme os valores aumentam, existe uma restrição no que se refere a instalação dos sistemas irrigantes. A utilização de Sistemas como o Pivô Central, por exemplo, é inviabilizada quando a Declividade ultrapassa 20%, pois tais sistemas precisam vencer a gravidade.

O quadro 10 apresenta os valores de cada tipo de relevo e sua porcentagem da área total.

Quadro 10 - Limitação à irrigação quanto a Declividade – Erosão (e).

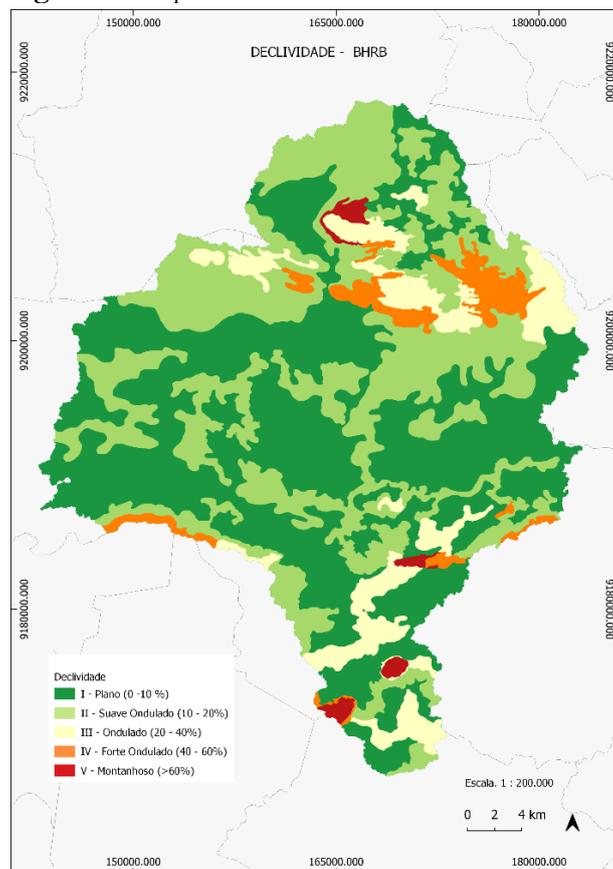
Limitação à irrigação	Clases de Declividade	Tipo de solo	Área (ha)	Área (%)
Muito baixa	I	RLe-2	50.623,57	47,0%
		RRd-1		
		RRe-2		
		TCo		
		SNo-2		
		VXo-1		
		VXo-2		
		VXo-3		
Baixa	II	RLe-1	40819,40	37,9%
		RLe-2		
		RLe-5		
		RRd-1		
		RRd-3		
		RRd-4		
		RRe-1		
		TCo		
		SNo-2		
		SNo-3		
		VXo-1		
		VXo-3		
		VXo-4		
		Moderada		
RLe-3				
RLe-4				
RLe-5				
RRd-2				
RRd-3				
RRd-4				
SNo-1				
VXo-1				
VXo-2				
VXo-3				
Alta	IV	RLe-1	4665,,90	4,3%
		RLe-2		
		RLe-3		
		RLe-4		
		RLe-5		
		RRd-2		
		SNo-1		
		VXo-2		
Muito alta	V	RLe-2	1194,93	1,1%

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Como observado, a Classe de Declividade I (Plano) e a II (Suave Ondulado), são as Classes de Declividade que predominam na BHRB, com 47% do relevo plano e 37,9% do relevo suave ondulado, totalizando 84,9 %da área total.

Na Figura 4, estão classificadas as classes de declividade, ou erosão, presentes na área de estudo.

Figura 4 - Mapa de Classes de Declividade da BHRB.



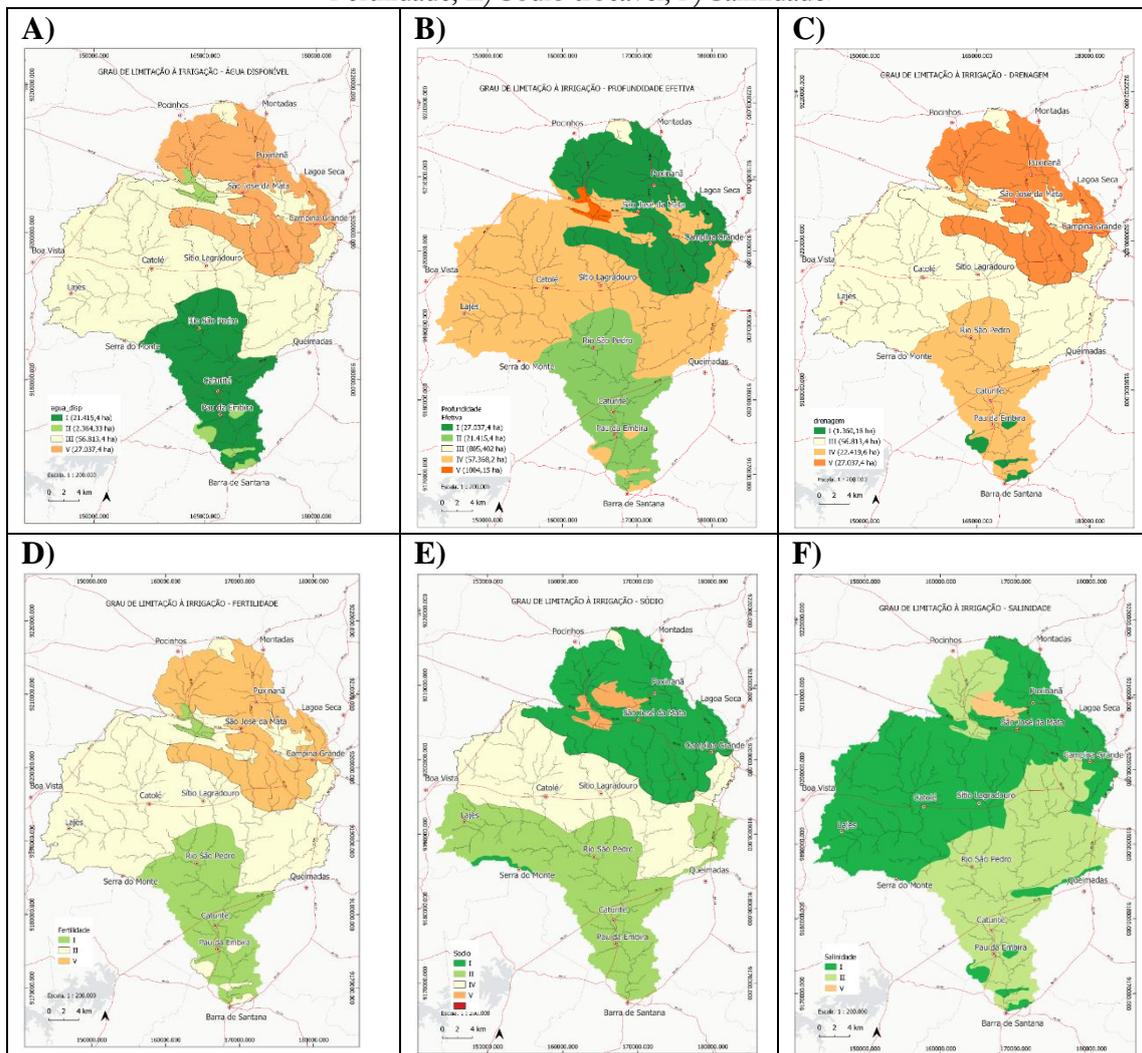
Fonte: Haile Guimarães (2022).

A fim de criar mapas temáticos para cada variável de solo, os dados foram processados de forma consistente em relação à escala, Datum e parametrização, alinhando-se com os valores estudados.

Quanto à disponibilidade de água, as áreas com predominância de Vertissolo (19,9%) apresentam uma limitação muito baixa à irrigação devido apresentarem uma alta proporção de argila, o que lhes confere uma elevada capacidade de retenção de água, tornando-os favoráveis para práticas de irrigação e manejo hídrico.

Por outro lado, em 25,1% da área caracterizada por Neossolos Regolíticos, a disponibilidade de água no solo é substancialmente reduzida, o que impõe severas restrições à viabilidade da irrigação. Os Neossolos, em geral, possuem baixa retenção de água devido a várias características do solo e do seu desenvolvimento, além de apresentarem material rochoso, baixa matéria orgânica, textura predominantemente arenosa. Isso os torna menos adequados para a agricultura sem a aplicação de práticas de manejo adequadas e irrigação, quando necessário.

Figura 5 - Grau de limitação à irrigação. A) Água Disponível, B) Profundidade efetiva, C) Drenagem do solo, D) Fertilidade, E) Sódio trocável, F) Salinidade.



Fonte: Haile Guimarães (2022).

A baixa disponibilidade de água no solo afeta negativamente a irrigação, prejudicando o crescimento das plantas, aumentando os custos operacionais e ameaçando a sustentabilidade dos recursos hídricos. Portanto, é fundamental para os agricultores gerenciar cuidadosamente a irrigação e adotar práticas sustentáveis para garantir que as plantas recebam a quantidade adequada de água para seu crescimento saudável.

O quadro 11 apresenta os valores das áreas correspondentes a água disponível no solo e sua porcentagem na área total da BHRB.

Quadro 11 - Limitação à irrigação quanto a água disponível (a).

Limitação à irrigação	Classes de Água disponível	Tipo de solo	Área (ha)	Área (%)
Muito baixa	I	VXo-1	21.415,40	19,9%
		VXo-2		
		VXo-3		
		VXo-4		
Baixa	II	RLe-1	2364,33	2,2%
		RLe-2		
		SNo-3		
Moderado	III	TCo	56813,40	52,8%
		RLe-3		
		RLe-4		
		RLe-5		
		SNo-1		
		SNo-2		
Muito alta	V	RRd-1	27037,4	25,1%
		RRd-2		
		RRd-3		
		RRd-4		
		RRe-1		
		RRe-2		
		AFL		

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Cerca de 53,3% da área consiste em solos classificados como rasos, apresentando uma severa restrição para a irrigação. Os tipos de solos presentes nessa extensão incluem Neossolos Litólicos, Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos e Planossolos Nátricos. A baixa profundidade efetiva do solo limita a capacidade do solo de reter água, prejudica o desenvolvimento das raízes e aumenta a vulnerabilidade das plantas ao estresse hídrico, afetando negativamente a eficácia e a viabilidade da irrigação. É importante considerar a profundidade do solo ao planejar sistemas de irrigação e selecionar as culturas apropriadas para as condições do solo.

Aproximadamente 45% da área, composta por Neossolos Regolíticos e Vertissolos Háplicos, possui uma profundidade efetiva que não impõe restrições à irrigação. Esses solos foram classificados como solos profundos e, em alguns casos, muito profundos. Essa classificação se deve à presença de camadas substanciais de material regolítico ou argila expansiva. Essa considerável profundidade confere a esses solos a capacidade adequada de armazenar água, resultando em uma característica desejável para um bom manejo da irrigação. Eles possuem a habilidade necessária para reter água em quantidade suficiente para suprir as necessidades das plantas.

O quadro 12 representa a identificação das áreas ao longo da bacia, e o grau de limitação da profundidade efetiva quanto à irrigação.

Quadro 12 - Limitação à irrigação quanto a Profundidade efetiva (p).

Limitação à irrigação	Classes de Profundidade efetiva	Tipo de solo	Área (ha)	Área (%)
Muito profundo	I	RRd-2	27.037,40	25,1%
		RRd-3		
		RRd-4		
		AFL		
Profundo	II	RRd-1	21415,40	19,9%
		RRe-1		
		RRe-2		
		VXo-1		
		VXo-2		
		VXo-3		
Moderado	III	RLe-5	805,4	0,7%
		SNo-2		
Raso	IV	RLe-1	57384,2	53,3
		RLe-2		
		RLe-3		
		RLe-4		
		TCo		
		SNo-1		
Muito raso	V	SNo-3	1004,15	0,9

Fonte: Haile Guimarães (2022).

A área de estudo revela uma considerável limitação à irrigação, com 45% da região apresentando restrições que variam de alta a muito alta, em grande parte devido à inadequada drenagem do solo, como indicado no quadro 12. Essa porção da área engloba principalmente os Vertissolos Háplicos e os Neossolos Regolíticos.

Os Vertissolos Háplicos enfrentam desafios relacionados à drenagem e à irrigação devido à expansão e contração da argila, enquanto os Neossolos Regolíticos apresentam uma limitação ainda mais acentuada, devido à sua profundidade efetiva extremamente rasa e à incapacidade de reter água. Essas diferenças essenciais nas características físicas dos solos são as responsáveis pelas classificações distintas em relação à limitação de drenagem e irrigação.

A má drenagem do solo compromete a irrigação, pois gera condições adversas para o desenvolvimento das plantas, resultando em excesso de umidade, salinização, depleção de nutrientes e compactação do solo. Portanto, é imperativo aprimorar a drenagem do solo por meio de práticas de manejo adequadas, como a instalação de sistemas de drenagem, visando otimizar a eficácia da irrigação e promover o crescimento vigoroso das culturas.

A maior parte da área, correspondendo a 52,8%, apresenta uma drenagem considerada razoável, e essa porção engloba principalmente os Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos e Planossolos Nátricos.

Uma parcela reduzida da área, equivalente a 1,3%, é representada pelos Neossolos Litólicos. Esses solos, caracterizados por sua composição rochosa ou pouco intemperizada, baixa capacidade de retenção de água, textura propícia e ausência de camadas impermeáveis, apresentam naturalmente uma excelente capacidade de drenagem. Essas características tornam os Neossolos Litólicos propícios para a rápida remoção da água, prevenindo problemas de encharcamento e proporcionando condições ideais para o cultivo de diversas culturas agrícolas.

O quadro 13 representa a identificação das áreas ao longo da bacia, e o grau de limitação da drenagem do solo quanto à irrigação.

Quadro 13. Limitação à irrigação quanto a Drenagem (d).

Limitação à irrigação	Classes de limitação à irrigação	Tipo de solo	Área (ha)	Área (%)
Muito baixa	I	RLe-1	1.360,18	1,3%
		RLe-2		
Moderada	III	TCo	56.813,40	52,8%
		RLe-3		
		RLe-4		
		RLe-5		
		SNo-2		
		VXo-1		
		VXo-2		
Alta	IV	VXo-4	22419,60	20,8%
		SNo-1		
		SNo-3		
Muito alta	V	VXo-3	27037,4	25,1%
		RRd-1		
		RRd-2		
		RRd-3		
		RRd-4		
		RLe-1		
RLe-2				
		AFL		

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Conforme indicado no Quadro 14, aproximadamente 75% da área de estudo apresenta uma fertilidade do solo satisfatória, a qual não impacta negativamente na gestão da irrigação. No entanto, em 25,1% da área, predominantemente composta por Neossolos Litólicos, a fertilidade do solo é classificada como muito baixa. Os Neossolos Litólicos são intrinsecamente carentes em nutrientes devido à sua suscetibilidade à erosão e lixiviação, além de possuírem uma baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e níveis reduzidos de matéria orgânica.

A baixa CTC (Capacidade de Troca Catiônica) do solo afeta negativamente a irrigação porque limita a capacidade do solo de reter e fornecer nutrientes essenciais às plantas. Isso resulta em deficiências nutricionais, necessidade de irrigações mais frequentes, menor eficiência no uso da água e aumento dos

custos de irrigação. A baixa CTC compromete a saúde e o crescimento das plantas, tornando a irrigação menos eficaz e econômica.

O quadro 14 correspondente a fertilidade do solo, é apresentado os valores das suas respectivas áreas e sua porcentagem na área total da BHRB.

Quadro 14 - Limitação à irrigação quanto a CTC - Fertilidade (f).

Limitação à irrigação	Classes de fertilidade	Tipo de solo	Área (ha)	Área (%)
Muito alta	I	SNo-3	22.419,60	20,8%
		VXo-1		
		VXo-2		
		VXo-3		
		VXo-4		
Alta	II	RLe-1	58173,60	54,0%
		RLe-2		
		RLe-3		
		RLe-4		
		RLe-5		
		TCo		
		SNo-1		
		SNo-2		
Muito baixa	V	RRd-1	27037,4	25,1%
		RRd-2		
		RRd-3		
		RRd-4		
		RRe-1		
		RRe-2		

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Como indicado no Quadro 15, em 34,4% da área, observa-se uma restrição significativa à irrigação, devido à elevada concentração de sódio no solo, classificada como alta a muito alta. A porção restante da área não exhibe níveis elevados de sódio, o que significa que não há uma limitação significativa para a irrigação.

A alta quantidade de sódio no solo afeta negativamente a irrigação ao deteriorar a estrutura do solo, aumentar a resistência à penetração de raízes, causar acúmulo de sódio na zona radicular, reduzir a eficiência da irrigação e aumentar a salinidade do solo. Isso torna o solo menos propício ao crescimento saudável das plantas e exige medidas de manejo, como a aplicação de emendas ou a drenagem adequada, para mitigar os efeitos adversos do sódio no solo.

O quadro 15 representa a identificação das áreas ao longo da bacia, e o grau de limitação do sódio trocável quanto à irrigação.

Quadro 15. Limitação à irrigação quanto ao Sódio – Na⁺ (n).

Limitação à irrigação	Classes de Sódio	Tipo de solo	Área (ha)	Área (%)
Muito baixa	I	RLe-3	33.088,10	30,7%
		RLe-4		
		RLe-5		
		RRd-1		
		RRd-2		
		RRd-3		
		RRd-4		
		RRe-1		
RRe-2				
Baixa	II	RLe-1	37461,80	34,8%
		RLe-2		
		TCo		
		VXo-1		
		VXo-2		
		VXo-3		
VXo-4				
Alta	IV	SNo-1	34571,4	32,1%
		SNo-2		
Muito alta	V	SNo-3	2509,35	2,3%

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Altos teores de salinidade no solo afetam negativamente a irrigação, diminuindo a disponibilidade de água para as plantas, causando toxicidade de íons, reduzindo a eficiência da irrigação, limitando as opções de cultivo e diminuindo a produtividade das culturas. Porém, como indica o quadro 16, a maior parte da área da bacia (98,6%) não apresenta restrições significativas para a irrigação devido à salinidade do solo.

Quadro 16 - Limitação à irrigação quanto a Condutividade Elétrica - Salinidade (s).

Limitação à irrigação	Classes de C.E.	Tipo de solo	Área (ha)	Área (%)
Muito baixa	I	RLe-1	60.838,50	56,5%
		RLe-2		
		RLe-3		
		RLe-4		
		RLe-5		
		RRd-2		
		RRd-3		
		RRd-4		
		TCo		
		SNo-2		
Baixa	II	RRd-1	45286,90	42,1%
		RRe-1		
		RRe-2		
		SNo-1		
		SNo-3		
		VXo-1		
		VXo-2		
VXo-3				
VXo-4				
Muito alta	V	AFL	1505,2	1,4%

Fonte: Haile Guimarães (2022).

contribuíram para a inexistência de classes de irrigação nula ou baixa foram a disponibilidade de água, a profundidade efetiva e a drenagem.

Quadro 17 - Limitações quanto a irrigação.

Limitação à irrigação	Classe de irrigação	Tipo de solo	Área (ha)	Área (%)
Média	III	TCo	21.909	20,40%
		VXo-1		
		VXo-2		
		VXo-4		
Alta	IV	RLe-1	55.629	51,70%
		RLe-3		
		RLe-4		
		RLe-5		
		SNo-1		
		SNo-2		
Muito alta	V	VXo-3	29.959,30	27,80%
		RLe-2		
		RRd-1		
		RRd-2		
		RRd-3		
		RRd-4		
		RRe-1		
		RRe-2		
SNo-3				

Fonte: Haile Guimarães (2022).

A Classe III de irrigação apresenta uma limitação moderada, abrangendo 20,40% da área da BHRB (Quadro 17). O principal fator restritivo em seus 21.909 hectares é a drenagem do solo (d) e a declividade (e). Essa categoria engloba principalmente Luvisolos Crômicos e Vertissolos.

Por outro lado, a Classe IV de irrigação ocupa uma extensão de 55.629 hectares, correspondendo a 51,70% da BHRB, e possui uma alta limitação à irrigação. Os principais fatores que contribuem para essa limitação são a profundidade efetiva (p), a declividade (e), a drenagem (d) e o teor de sódio (Na⁺). Nesse grupo, incluem-se Neossolos Litólicos Eutróficos, Planossolos Nátricos, Planossolos Háplicos e Vertissolos Háplicos.

A classe com a maior restrição à irrigação, a Classe V, que abrange 27,80% da bacia, é impactada pela profundidade efetiva (p), declividade (e), disponibilidade de água (a), drenagem (d) e fertilidade do solo - CTC (f). Ela é predominantemente composta por Neossolos Regolíticos Distróficos, com a presença também de Neossolos Regolíticos Eutróficos e Planossolos Nátricos.

4. CONCLUSÃO

A análise dos resultados obtidos revela a capacidade de ajustar e atualizar o mapa de solos da BHRB através de interpretações em campo, aliadas ao mapa de declividade, resultando em uma representação mais precisa e alinhada com os ambientes pedoclimáticos da região.

As áreas mais íngremes da BHRB são predominantemente ocupadas por Neossolos Litólicos, caracterizados como solos jovens com pouca profundidade e afloramentos rochosos. Esses solos se concentram principalmente nas serras, como na Serra do Monte, na zona sul da bacia, nas proximidades de Barra de Santana e também ao norte da bacia, nas proximidades de São José da Mata.

É importante observar que a BHRB não possui Classes de terras para irrigação I e II, que representam terras com limitações muito baixas e baixas, respectivamente. A bacia possui apenas Classes III, IV e V, que abrangem terras com limitações médias, altas e muito altas à irrigação. Portanto, o potencial para a implantação de sistemas de irrigação na bacia é considerado viável apenas na Classe III, abrangendo 20,40% da área total, enquanto os restantes 79,6% são considerados de alto risco.

O suporte técnico e o planejamento podem ser eficazmente realizados com o auxílio de ferramentas geotecnológicas, o que se mostra essencial na identificação das áreas propícias à irrigação. Com a adoção de métodos alternativos de irrigação, práticas sustentáveis, seleção de culturas apropriadas para as condições do solo e aprimoramento da drenagem do solo por meio de práticas de manejo adequadas, é possível não apenas melhorar o manejo da irrigação, mas também tornar essa prática viável, mais eficiente e ambientalmente responsável, contribuindo para o uso sustentável dos recursos hídricos e a produtividade agrícola de forma equilibrada.

5. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A.; GATIBONI, L. C.; ELTZ, F. L. F. Atividades agrícolas de produção em solos frágeis no sul do Brasil. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. v. 7, p. 368-403.

AMARAL, F.C.S. **Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na região semiárida**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011, 164p. (ISBN: 85-85864-36-1).

BRASIL. Ministério da Agricultura. **I – Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. II – Interpretação Para Uso Agrícola dos Solos do Estado da Paraíba**. (Boletim DPFS. EPE-MA, 15 – Pedologia, 8). Rio de Janeiro: MA/CONTAP/USAID/BRASIL, 1972.

CARVALHO, N. L.; HENTZ, P.; SILVA, J. M.; BARCELLOS, A. L. Reutilização de águas residuárias. **Revista Monografias Ambientais**, v.14, n.2, p.3164-3171, 2014.

- COELHO, E. F. et al. Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar. **Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2014.
- COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; PARIZOTTO, I.; SILVA, T. S. M. **Sistemas de irrigação para agricultura familiar**. Cruz das Almas, BA. Dezembro, p. 1-2, 2012.
- DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia: Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quieroz”, Universidade de São Paulo, Paracicaba, 2006.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília, Embrapa Solos, 2018. 340p.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Rev. Bras. de Climatologia**, v.1, n.1, p.15-18, 2005.
- FERREIRA, P. A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H.A.; Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: Ghey, H.R. Dias, N.S.; Lacerda, C.F.; Gomes Filho, E. **Manejo da salinidade na Agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza - CE: INCTSal. 2016.
- GUIMARÃES, D. P.; PIMENTA, F. M.; LANDAU, E. C. 2012. **Integração Google Earth-SIG-Servidor de Mapas e o Monitoramento Ambiental**. Circular Técnica. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, n. 183, p. 1-20.
- MACÊDO, M. L. A. **Identificação de ambientes bioclimáticos na bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba, PB, Brasil**. 2020. 183 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.
- MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; LIMA, R. A. F. A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.181-186, 2010.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Rev. Bras. de Meteorologia**, v.17, n.1, p.1-10, 2002.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Perspectivas da população mundial**. 2024. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em 20 de outubro de 2024.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Boletins DPFS-EPE-MA. **Pedologia**, 8. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972. 670p
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPBEletrô Consult Ltda. 1978. 448p.
- PITORO, V. S. J. **Tratamento de efluentes de estação de tratamento de esgoto em filtros anaeróbios verticais para reuso na irrigação por gotejamento de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia: irrigação e drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2019.
- SOUZA, D.B.; ALVES, D.K.R; SANTOS, G.A.; BRITO, H.A.; ROCHA, K.S.; SANTOS, L.M.N.; ANDRIGUETTI, M.A. Determinação a velocidade de infiltração básica (VIB) sob o método de infiltrômetro de anéis concêntricos em diferentes tipos de solo na região Oeste da Bahia. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 04, n. 12, p. 170-193, 2018.
- URBANO, V. R.; MENDONÇA, T. G.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. **Agricultural Water Management**, v. 181, p. 108–115, 2017.
- YANG, Z.; WEN-BIN, W.; DI, L.; ÜSTÜNDAĞ, B. Remote sensing for agricultural applications. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 2, p. 239-241, 2017.