



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**POTENCIAL DE USO DAS TERRAS PARA SISTEMAS SINGELOS DE
IRRIGAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BODOCONGÓ - PB**

HAILE SILVINO GUIMARÃES

Campina Grande – PB

2022

HAILE SILVINO GUIMARÃES

**POTENCIAL DE USO DAS TERRAS PARA SISTEMAS SINGELOS DE
IRRIGAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BODOCONGÓ - PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dra. Lúcia Helena Garofalo Chaves

Coorientador: Prof. Iêde de Brito Chaves

Campina Grande – PB

2022

G963p

Guimarães, Haile Silvino.

Potencial de uso das terras para sistemas singelos de irrigação na bacia hidrográfica do rio Bodocongó-PB / Haile Silvino Guimarães. – Campina Grande, 2022.

60 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2022.

"Orientação: Profa. Dra. Lúcia Helena Garofalo Chaves, Prof. Dr. Iêde de Brito Chaves".

Referências.

1. Irrigação e Drenagem. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Agricultura Familiar. 4. Aptidão de Terras para Irrigação. I. Chaves, Lúcia Helena Garofalo. II. Chaves, Iêde de Brito. III. Título.

CDU 631.62/.67(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PÓS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

HAILE SILVINO GUIMARÃES

POTENCIAL DE USO DAS
TERRAS PARA SISTEMAS
SINGELOS DE IRRIGAÇÃO NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
BODOCONGÓ - PB

Lúcia Helena Garófalo Chaves – Orientador - PPGEA/CTR/UFCEG

Iêde de Brito Chaves –Coorientador - PPGEA/CTR/UFCEG

José Dantas Neto - Examinador Interno - PPGEA/CTR/UFCEG

Mônica Larissa Aires de Macêdo – Examinador Externo - SESI PB PPGDM/ IFPB

Monteiro



Documento assinado eletronicamente por **LUCIA HELENA GAROFALO CHAVES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/09/2022, às 13:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE DANTAS NETO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/09/2022, às 21:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mônica Larissa Aires de Macêdo, Usuário Externo**, em 05/10/2022, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **IEDE DE BRITO CHAVES, Usuário Externo**, em 13/04/2023, às 20:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2776581** e o código CRC **00D51770**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao senhor Jesus Cristo, que me conduziu e me abençoou em todos os momentos até aqui.

À minha família, meu pai, Haile, minha mãe Eudesia, meu irmão Humberto, que sempre oraram por mim e por todo esforço, suor e dedicação, sem eles eu não teria conseguido. Aos meus tios e primos que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e torcendo por mim. Aos meus avós, Ana, Matildes e Serício, aos meus tios, Guttemberg, Luiz, Damião, Fátima, e aos meus primos pelo apoio e participação na minha caminhada.

À minha noiva Joyce, por todo seu carinho amor e compreensão, que além de tudo esteve sempre ao meu lado me incentivando a vencer e acreditando em mim.

Ao Prof. Iêde Chaves e a Profa. Lúcia Helena pelo acolhimento, dedicação e orientação.

Ao amigo João Paulo, pela atenção e por compartilhar seus conhecimentos nessa caminhada.

À Professora Mônica, por todo conhecimento compartilhado, disponibilidade, paciência, dedicação e conselhos profissionais e acadêmicos, além dos seus podcasts, que foram de grande importância para segmento no trabalho.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	133
2.	OBJETIVOS	166
2.1.	Objetivo Geral	166
2.2.	Objetivos específicos	166
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	166
3.1.	Geoprocessamento	Error! Indicador Não Definido .6
3.2.	Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR)	177
3.3.	QGIS	188
3.4.	Álgebra de Mapas e Planos de informações	199
3.5.	Solos agrícolas	20
3.6.	Sistemas de irrigação de baixo custo para agricultura familiar	21
3.7.	Classificações de terras para irrigação	22
4.	MATERIAL E MÉTODOS	244
4.1.	Material	Error! Indicador Não Definido .4
4.1.1.	Localização e caracterização da área de estudo	Error! Indicador Não Definido .4
4.1.2.	Clima e Relevo	255
4.1.3.	Mapa de solos da BHRB	255
4.1.4.	Levantamento de dados	266
4.1.5.	Obtenção das imagens de satélites	266
4.1.6.	Delimitação da BHRB	276
4.1.7.	Processamento do Modelo Digital de Elevação (MDE)	277
4.2.	Metodologia	277
4.2.1.	Elaboração do mapa de solos	327
4.2.2.	Elaboração do mapa de declividade	327
4.2.3.	Modelo de classificação de terras para irrigação	328
4.2.4.	Elaboração dos mapas temáticos	329
4.2.5.	Definição dos critérios para obtenção de dados	30
4.2.6.	Seleção dos peris moldais	30
4.2.7.	Água disponível (a)	31
4.2.8.	Profundidade efetiva (p)	343
4.2.9.	Drenagem do solo (d)	344
4.2.10.	Capacidade de troca catiônica – CTC. Fertilidade (f)	355
4.2.11.	Porcentagem de saturação de sódio trocável (Na+)	365
4.2.11.	Condutividade elétrica – C.E. Salinidade (s)	376
4.2.12.	Enquadramento e nomenclatura das classes de terras de irrigação	377

4.2.13. Enquadramento	377
4.2.14. Critérios de notação	378
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1. Atualização do mapa de solos	39
5.2. Mapa de declividade	42
5.3. Mapa de Água disponível	44
5.4. Mapa de Profundidade efetiva	46
5.5. Mapa de Drenagem	48
5.6. Mapa de Fertilidade	50
5.7. Mapa de Sódio trocável (Na+)	52
5.8. Mapa de Condutividade elétrica	53
5.9. Classes de irrigação	55
6. CONCLUSÕES	609
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Limites e descrição de classes de declividade dos solos.....	28
Quadro 2. Limites das classes dos parâmetros do modelo de classificação.....	29
Quadro 3. Limites e descrição de classes de água disponível (a).	33
Quadro 4. Limites e descrição de classes Profundidade efetiva (p).....	33
Quadro 5. Limites e descrição de classes de Drenagem (d).....	34
Quadro 6.. Limites e descrição de classes de Fertilidade (f).....	35
Quadro 7. Limites e descrição de classes de Na ⁺ (n).	36
Quadro 8. Limites e descrição de classes de Salinidade (s).	36
Quadro 9. Interpretação dos dados do perfil modal dos parâmetros do solo para o modelo de classificação.....	38
Quadro 10. Classes de solos e suas áreas de ocupação espacial.....	42
Quadro 11. Limitação à irrigação quanto a Declividade – Erosão (e).....	43
Quadro 12. Limitação à irrigação quanto a água disponível (a).	45
Quadro 13. Limitação à irrigação quanto a Profundidade efetiva (p).....	47
Quadro 14. Limitação à irrigação quanto a Drenagem (d).....	49
Quadro 15. Limitação à irrigação quanto a CTC - Fertilidade (f).....	50
Quadro 16. Limitação à irrigação quanto ao Sódio – Na ⁺ (n).	52
Quadro 17. Limitação à irrigação quanto a Condutividade elétrica - Salinidade (s).....	54
Quadro 18. Limitação à irrigação.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Bodocongó.....	24
Figura 2. Mapa de Classes de solos da BHRB.....	25
Figura 3. Mapa de Classes de solos da BHRB reclassificado.....	41
Figura 4. Mapa de Classes de Declividade da BHRB.....	42
Figura 5. Grau de limitação à irrigação – Água disponível.....	44
Figura 6. Grau de limitação à irrigação – Profundidade Efetiva.....	46
Figura 7. Grau de limitação à irrigação – Drenagem do solo.....	48
Figura 8. Grau de limitação à irrigação - Fertilidade (CTC).....	50
Figura 9. Grau de limitação à irrigação - Sódio.....	51
Figura 10. Grau de limitação à irrigação – Salinidade (condutividade elétrica).....	53
Figura 11. Classes de irrigação.....	55

POTENCIAL DE USO DAS TERRAS PARA SISTEMAS SINGELOS DE IRRIGAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BODOCONGÓ - PB

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi mapear as terras da bacia hidrográfica do rio Bodocongó (BHRB), localizada sobre o Planalto da Paraíba, no Estado da Paraíba, com vista ao uso de sistemas singelos de irrigação, dada a forte limitação hídrica da região. Como modelo de análise para classificação das terras são parametrizados os seguintes atributos do solo: água disponível (a), declividade (e), profundidade efetiva (p), drenagem (d), fertilidade (f), sodicidade (n), e salinidade (s). As Classes, em número de cinco, são definidas pelo mais alto grau de limitação, representadas por algarismos romanos (I a V). As Subclasses indicam a natureza das limitações sendo representadas pelas letras minúsculas designativas dos parâmetros restritivos. 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 a base cartográfica da BHRB (limites e rede de drenagem) e o mapa de declividade. 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. A BHRB não possui terras pertencentes as Classes I e II, apresenta apenas terras pertencentes as Classes III, IV e V. Portanto, o potencial da implantação de sistemas de irrigação na bacia é viável apenas nas terras enquadradas na Classe III, correspondendo a 20,40% da área (21.909 ha).

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

POTENTIAL FOR USING LANDS FOR SIMPLE IRRIGATION SYSTEMS IN THE BODOCONGÓ RIVER BASIN - PB

ABSTRACT

The objective of this study was to map the lands of the Bodocongó River Basin (BHRB), located on the Paraíba Plateau in the State of Paraíba, with a view to the use of simple irrigation systems, given the region's severe water limitations. The land classification model is parameterized by the following soil attributes: available water (a), slope (e), effective depth (p), drainage (d), fertility (f), sodicity (n), and salinity (s). The Classes, totaling five, are defined by the highest degree of limitation and are represented by Roman numerals (I to V). The Subclasses indicate the nature of the limitations and are represented by lowercase letters designating the restrictive parameters. Descriptive and analytical soil data were obtained from the technical bulletins of the Soil Surveys of the State (1972 and 1978) and supplemented by technical-scientific studies. Based on the altimetry data from the SRTM file and using the free software QGIS, the cartographic base of the BHRB (boundaries and drainage network) and the slope map were created. The soil map was constructed from the boundaries of the 1978 map, with boundary adjustments and the creation of units using Google Earth and field identification and recognition. The BHRB does not have lands classified as Classes I and II, and only has lands classified as Classes III, IV, and V. Therefore, the potential for the implementation of irrigation systems in the basin is viable only in lands classified as Class III, which corresponds to 20.40% of the area (21,909 ha).

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 a solução para o aumento da oferta de alimentos, como consequência disso, o aumento de áreas irrigadas também. No ano de 2050 a população mundial será de 9,7 bilhões de habitantes, 2 bilhões a mais do que a atual (ONU, 2022).

A irrigação tem representado o incremento no aumento da produtividade nos últimos anos, trazendo consigo o desenvolvimento econômico de várias regiões, onde a escassez de água é contínua, tornando a irrigação fundamental para viabilizar a produção agrícola (ANA, 2021).

No estado da Paraíba, a agricultura tem uma forte dependência das precipitações pluviométricas, e como consequência, grandes prejuízos são causados à agricultura do Estado, devido as irregularidades da ocorrência e distribuição das chuvas (MENEZES et al., 2010). A água pode representar até 90% dos componentes físicos das plantas, o que faz a prática de irrigação a técnica mais adequada para garantir a produção agrícola e reduzir os riscos de perdas devido as variações pluviométricas (GOMES, 2011).

A agricultura irrigada é um modelo a ser seguido na busca pelo aumento da produtividade das culturas dentro das fronteiras agrícolas já abertas, evitando o desmatamento de vegetação nativa, além de aumentar a duração do período anual de plantios e a produção agrícola, garantindo a segurança alimentar, a estabilidade e a diversificação na produção (GUIMARÃES; LANDAU, 2014).

Para que projetos de irrigação possam ser instalados e viabilizados é necessário que sejam implantados em locais que possuam disponibilidade hídrica (MOREIRA, 2018). Além disso, o conhecimento a respeito do uso e ocupação da terra, declividade do terreno e classes pedológicas auxiliam na identificação das potencialidades do ambiente, auxiliando de maneira correta na execução de projetos agrícolas, principalmente na área de manejo irrigado (SANTOS, 2008).

Os sistemas de irrigação localizados, autopropelidos e por pivô central possuem custos muito elevados para os pequenos produtores, tornando-os inviáveis. Entretanto, existem outras alternativas para baratear o uso da irrigação a nível de agricultura familiar, por meio de sistemas de menor custo, tornando-os mais acessíveis ao pequeno agricultor. O uso de emissores artesanais, mangueiras perfuradas a laser, XiqueXique são exemplos de alternativas que diminuem o custo de aquisição de um sistema de irrigação. Quando tomados os devidos cuidados no uso da água, os sistemas de irrigação de baixo custo apresentam os mesmos efeitos dos sistemas convencionais sobre a produção de culturas de ciclo curto e perenes em áreas de agricultura familiar do semiárido (COELHO, et. al 2014).

A agricultura de sequeiro, na grande maioria das vezes, é a única maneira encontrada pelo pequeno produtor para realizar o plantio da lavoura em meio as dificuldades encontradas no semiárido brasileiro. A escassez hídrica, a baixa pluviosidade, águas salinas, clima desfavorável, baixo poder aquisitivo e tecnologia limitada, abrem espaço para que novas estratégias sejam estudadas, entre elas, a reutilização de águas domésticas tratadas, que podem ter papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, podendo alcançar produtividades superiores as produtividades alcançadas pela irrigação com água comum (SOUZA et al., 2010).

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

O sensoriamento remoto foi utilizado inicialmente para o mapeamento de grandes áreas, porém, com o desenvolvimento tecnológico e aumento da resolução dos seus sensores, sua utilização para uma aplicação mais local, como em bacias hidrográficas por exemplo, vem facilitando a obtenção de informações, além de facilitar a realização de levantamentos de campo para ser confirmada através da interpretação (MOREIRA, 2018). A Lei Federal no 9.433/97 estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Conforme Ferreira Júnior e Dantas (2018) o sensoriamento remoto é extremamente importante no manejo de bacias hidrográficas, permitindo a identificação e o monitoramento de possíveis mudanças nos recursos naturais. Como o Brasil é um país de dimensões continentais, tecnologias de geoprocessamento associadas com as ferramentas do sensoriamento remoto, promovem um ganho relevante em relação aos levantamentos referente à agricultura irrigada, proporcionando um trabalho menos oneroso e mais ágil (ANA, 2017).

A delimitação da bacia hidrográfica é gerada a partir de divisores de águas, permitindo analisar de forma sistêmica, elementos, fatores e relações ambientais, sociais e econômicas a partir de demandas e ofertas existentes em sua área. Neste sentido, estudos realizados a nível de bacia hidrográfica têm sido adotados na gestão hídrica como “unidades físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação, a fim de facilitar a abordagem sobre os recursos hídricos” (VILAÇA et al, 2009).

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.

Este 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. Dessa forma, pretende-se eliminar a possibilidade de negligenciar a potencialidade de áreas passíveis de irrigação, distinguindo a potencialidade das mesmas para irrigação.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Mapear as terras potencialmente irrigáveis da Bacia Hidrográfica do Rio Bodocongó, com vista ao uso de sistemas de baixo custos de irrigação.

2.2. Objetivos específicos

- Atualizar a base cartográfica do mapa de solos da BHRB;
- Gerar e disponibilizar mapas temáticos relativos aos atributos do solo (água disponível, profundidade efetiva, declividade, drenagem, fertilidade, sodicidade e salinidade);
- Aplicar um modelo descritivo de análise dos dados de solos para classificação das terras;
- Estabelecer critérios, definir estrutura e nomenclatura de uma classificação adequada aos propósitos do trabalho;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Geoprocessamento

O geoprocessamento é o conjunto de tecnologias que possibilitam a manipulação, análise e simulação de modelagens de dados georreferenciados, que por meio da aquisição, armazenamento, análise, apresentação, distribuição e gerenciamento de dados orbitais, possibilita as tomadas de decisões em áreas técnicas, legais, científicas e administrativas (SILVEIRA, 2016).

Pode-se dizer que o geoprocessamento é um conjunto de geotecnologias, que utiliza o sensoriamento remoto, SIG (Sistema de Informações Geográficas), cartografia, fotogrametria, topografia, banco de dados geográficos e sistema de posicionamento global (GPS) para realizar o estudo de informações que estão atreladas à superfície terrestre (ROCHA, 2000).

A associação entre o geoprocessamento e as técnicas atuais de mapeamento permitem a obtenção de mapas temáticos e a quantificação de áreas como por exemplo áreas de agricultura, permitindo assim, que o indivíduo processe e manipule os dados e demais informações qualitativas e quantitativas nas mais variadas áreas do

conhecimento unidas em uma só plataforma de dados, gerando novas informações e produtos para os mais diversos fins (CHUERUBIM et al. 2014).

O uso dessas ferramentas traz como vantagem explorar informações disponíveis e extrair os dados de interesse para interpreta-los com eficiência e redução de tempo e custos de operação (COSTA, 2005).

3.2. Sistema de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR)

O SR está ligado ao surgimento da fotografia aérea, caracterizando-se como uma forma de coletar dados da superfície sem o contato com as áreas ou objetos analisados (GANGORA, 2016). Portanto, o SR visa a obtenção de imagens da superfície terrestre, por meio da medição e detecção quantitativa das respostas das interações em relação a radiação eletromagnética, sem o contato com os materiais terrestre. Tal definição de SR ratifica que o objeto imageado é registrado pelo sensor através de medições da radiação eletromagnética, tendo a luz solar refletida da superfície do objeto em questão (MENEZES; ALMEIDA, 2012).

Informações provenientes do sensoriamento remoto são essenciais no estabelecimento de uma política agrícola, nas tomadas de decisão, no monitoramento do uso da terra, na estimativa da produção agrícola, no monitoramento ambiental e em outras temáticas importantes para o planejamento e gerenciamento da agricultura e economia de um país (YANG et al., 2017).

A aplicação do SR na geomorfologia permite o mapeamento de solos e a geração de novas técnicas e maior capacidade de processamento de dados, contribuindo nas atividades do mapeamento geomorfológico (IBGE, 2009). Dessa forma, técnicas de SR, em conjunto com o uso do geoprocessamento, oferece a possibilidade de análise e estudo do solo, utilizando a análise digital do relevo por meio do MDE (SILVEIRA et al., 2014).

Sistemas de informações geográficas (SIG), são um grupo de ferramentas resultantes de um hardware ou software, que são utilizados dentro do geoprocessamento. SIGs são um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, os quais englobam dados, equipamentos e profissionais com o objetivo de captar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar informações obtidas de um plano real espacialmente referenciados a um específico sistema de coordenadas (FITZ, 2008).

Ao se iniciar uma determinada atividade ou análise espacial dentro do ambiente SIG, primeiramente deve-se observar que existe uma transformação da “paisagem real”

em “paisagem digital” para posteriormente realizar a exibição e armazenamento de dados. O ambiente de análise do SIG teve uma grande evolução, de modo que permite que o usuário trabalhe relações espaciais entre os dados, proporcionando a elaboração de inúmeros e diferentes tipos de análises, cenários, prognósticos e modelos (MOURA, 2014).

A utilização de um Sistemas de informações geográficas (SIG) possibilita coletar, checar, integrar e analisar dados e informações que estão relacionadas à superfície terrestre. Os dados utilizados podem ser obtidos através de imagens de satélite, cartas topográficas, cartas de solo e vegetação, hidrografia, etc. Esses dados são armazenados em um banco de dados permitindo sua utilização para gerenciamento dessas informações. Para que seja possível manipular, comparar e analisar essas informações é necessário que os dados estejam no mesmo referencial geográfico (SANTOS; SILVA, 2004).

As informações ordenadas em bancos de dados compatíveis, contendo a localização espacial do objeto estudado têm fundamental importância para o planejamento, correta gestão e manejo da área de interesse. É nítido, portanto, a grande importância dos bancos de dados geográficos para a execução de estudos ambientais, além de que a falta do banco de informações deixa ainda mais complexo o equacionamento dos problemas do meio ambiente (PIROLI, 2015).

Segundo Rosa (2005) existem diversas operações que podem ser empregadas ao geoprocessamento e processadas em um SIG, isso possibilita uma maior facilidade, agilidade e segurança nas atividades que monitoram, planejam e auxiliam na tomada de decisão no que se refere ao meio físico. Os SIGs vem sendo cada vez mais utilizados e trazem importantes contribuições para a exploração de características e cenários como em áreas de bacias hidrográficas, por exemplo (PIROLI, 2015).

3.3. QGIS

O QGIS é um *software* SIG *open source*, ou seja, é livre e aberto, desenvolvido pela OSGEO (Open Source Geospatial Foundation), que pode ser utilizado no Linux, Unix, MacOs, Windows e Android, dispondo de diferentes versões, além de suportar diversos dados vetoriais, matriciais e banco de dados. O QGIS permite a manipulação, análise e aquisição de dados com diferentes formatos: arquivos vetoriais, imagens multiespetrais, imagens raster e bases de dados, além de permitir realizar composição de mapas imprimíveis e exportáveis em diversos formatos. Outra funcionalidade do QGIS

é permitir a integração de outros SIG's e *softwares* em suas análises, como o GRASS GIS, GDAL, SAGA, R, e diversas bases de dados, à medida que novos complementos têm sido rapidamente desenvolvidos (GUIMARÃES, PIMENTA; LANDAU, 2012; NANNI et al., 2017).

O software ainda conta com um manual do usuário frequentemente atualizado e disponível em diversas línguas, o que junto com sua maleabilidade de funções via arquitetura de plug-ins, faz com que o QGIS seja adaptável às necessidades de qualquer usuário (GUIMARÃES, PIMENTA; LANDAU, 2012).

3.4. Álgebra de Mapas e Planos de informação

O termo álgebra de mapas consiste no conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Dessa forma, a análise espacial é tratada como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, que são tratados como variáveis individuais, e as funções definidas sobre elas são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa (BARBOSA et al., 1998).

Câmara et al. (2005), complementam a definição e afirmam que a álgebra de mapas é um conjunto de funções para o processamento de dados em formato matricial e que ainda permitem, usando os dados existentes, a criação de novas informações.

A álgebra de mapas é um método que permite realizar a manipulação espacial de procedimentos sobre mapas temáticos, modelos numéricos de terreno e imagem. Sua estrutura é composta de declarações, que definem os dados, nomeando-os e os associando à sua categoria no esquema conceitual; que permite recuperar os dados existentes do banco de dados ou criar novos planos de informação (PI); e operações, que realizam as operações da álgebra de mapas (CÂMARA et al. 1996).

Essa metodologia utiliza operadores lógicos (booleanos), permitindo realizar cruzamentos entre diversos planos de informação. A abordagem Booleana caracteriza-se pela sua simplicidade e fácil aplicação. Como exemplo de operação Booleana, a determinação de um mapa de aptidão agrícola a partir de mapas de solo, declividade, precipitação e de um conjunto hipotético de regras (CÂMARA et al., 2001).

As diversas informações do ambiente em estudo são feitas em inúmeras camadas em um ambiente SIG, e cada uma representa um plano de informação (PI). Os dados podem ser sobrepostos e apresentados como uma única imagem; ou quando combinados, gerar novos planos de informações. Esta estratégia possibilita a obtenção de uma

infinidade de combinações e comparações entre diferentes alternativas de ação (CÂMARA et al., 2000).

A união de diferentes PIs é utilizada habitualmente no planejamento ambiental, já que para um melhor entendimento do ambiente, é necessário a análise conjunta dos diversos componentes do mesmo (MIRANDA, 2010).

3.5. Solos Agrícolas

O uso do solo vem se intensificando nos últimos anos na agricultura com o aumento populacional e conseqüentemente no aumento da demanda por alimento. Portanto, obter informações acerca dos solos e uso da terra é essencial para um bom planejamento das atividades agrícolas. Essas informações podem ser obtidas através do levantamento, que consiste na identificação, e no mapeamento dos solos de uma determinada área, além de um relatório descritivo de um mapa de solo (CATEN; QUOOS, 2009).

O solo se constitui como um dos mais importantes fatores de produção devido a sua função de trazer suporte para as plantas, e de prover condições fundamentais para o seu desenvolvimento, como água e nutrientes. Contudo, plantações sucessivas, monocultivos e manejo inadequado tem gerado graves degradação deste recurso natural (OLIVEIRA et al., 2005).

Com o levantamento e mapeamento dos solos é possível obter informações necessárias para caracterização e distribuição de solos de uma determinada área, favorecendo a tomada de decisão em áreas agrícolas (LEPSCH, 2011). Dessa forma, prover informações relacionadas ao levantamento pedológico permite realizar planejamento para irrigação e drenagem, além de uso, manejo e conservação do solo, tornando assim o levantamento de solos um instrumento extremamente útil para avaliação do potencial e das limitações de uma determinada área (EMBRAPA, 2016).

A execução e levantamento de solos no Brasil não é um procedimento recente. Apesar disso, a escassez de trabalhos realizados torna difícil a obtenção de informações, principalmente em uma escala média de detalhe (FIGUEIREDO, 2006). No caso do estado da Paraíba, foram realizados dois levantamentos de solos em nível exploratório-reconhecimento (BRASIL 1972; PARAÍBA 1978), porém, a escala de tais levantamentos é pequena, abstraindo dados importantes em termos operacionais.

Sendo assim, dada a carência de trabalhos de levantamentos de solos e a grande demanda por informações acerca de solos, torna-se fundamental o uso de métodos e

técnicas que possibilitem acelerar e melhorar o conhecimento pedológico em escalas mais operacionais (EMBRAPA, 2011). Técnicas de geoprocessamento podem ser utilizadas como ferramentas para auxiliar no levantamento dos solos, reduzindo o custo e tempo, auxiliando no planejamento agrícola (NOLASCO-CARVALHO et al., 2009; CARVALHO; NUNES; ANTUNES, 2013).

Os tipos de uso do solo e sua cobertura estão diretamente relacionados com as condições de infiltração da água, influenciam em como a água será interceptada pelo solo. Quanto mais cobertura vegetal presente e maior rugosidade da superfície do solo, menor será o escoamento superficial (PRUSKI et al., 2006).

Características do solo como, densidade, porosidade, resistência a penetração mecânica e infiltração de água no solo, são essenciais para servir de parâmetro para qualificação físico-hídricas. Tais características podem ter influência no escoamento superficial, provocando perdas de água e de solo (CASTRO et al., 2012).

Ter conhecimento sobre os parâmetros físicos-hídricos de solos é fundamental para o seu manejo e para o manejo de bacias hidrográficas. Tais parâmetros de qualidade possuem características intrínsecas do material de origem, porém podem ter influenciadas pela ação antrópica como a expansão da pecuária, uso de máquinas agrícolas e produtos químicos, além da construção de barragens e estradas, que também provocam alterações físicas, químicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 2016).

O revolvimento excessivo e a falta de prática conservacionistas levam a um aumento da densidade, desagregação e perda da matéria orgânica, e diminuição da macroporosidade e da porosidade total, o que está diretamente ligado com a água disponível para as plantas (FONTANA et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016).

3.6. Sistemas de irrigação de baixo custo para agricultura familiar

A irrigação é uma prática agrícola que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas que objetivam suprir o déficit hídrico total ou parcial das plantas. Embora, de forma isolada, possa apresentar excelentes resultados, essa prática é geralmente executada em meio a outras melhorias no pacote tecnológico do produtor rural, ou seja, deve ser acompanhada por aperfeiçoamentos em outros insumos, técnicas de manejo, serviços, máquinas e implementos, de maneira conjunta, resultando em diversos benefícios (ANA, 2021).

Segundo Gomes (2011), a produção agrícola é dependente da água, dessa forma, a água pode representar até 90% dos componentes físicos das plantas. Portanto, para

viabilizar um projeto de irrigação, e para que ele contribua com o desenvolvimento agrícola e tenha retorno econômico, sem trazer prejuízos para o produtor e para o meio ambiente é fundamental, primeiramente, atender a demanda hídrica da planta. Além disso, deve-se levar em consideração fatores geográficos como o relevo, que influenciam diretamente nas instalações e manejo dos sistemas de irrigação e na correta classificação dos solos das áreas a serem exploradas, sendo imprescindíveis para uma correta aplicação das técnicas de manejo.

O emprego da agricultura irrigada no Brasil por grandes e pequenos agricultores é um fato. Porém, um fator que restringe o uso dessa prática pelos pequenos agricultores são os custos iniciais de instalação dos sistemas de irrigação. Essa realidade abrange agricultores do semiárido Nordestino brasileiro, em que muitas vezes mesmo estando situados às margens de rios e lagos, não possuem infraestrutura de irrigação (SILVA, et al., 2011).

Para promover o aumento da produção agrícola, geração de empregos e renda, além de reduzir o êxodo rural, é necessário desenvolver caminhos que possibilitem a difusão da irrigação para a agricultura familiar (NASCIMENTO, 2009). São inúmeras as tecnologias alternativas na irrigação a custos mais baixos que podem ser utilizados pelo pequeno agricultor, como o sistema “bubbler” adaptado, microaspersão artesanal, sistema xique-xique, xique-xique modificado, gotejamento de baixo custo, bacias abastecidas por canais elevados revestidos, irrigação por mangueira perfurada e sistema de irrigação localizada “garrafa PET” (COELHO et al., 2012).

3.7. Classificação de terras para irrigação

No ambiente semiárido ocorre uma grande variabilidade espacial de solos, com predominância de solos rasos, como Neossolos Litólicos e Planossolos, com caráter Nátrico ou Solódico. Outros solos bastante recorrentes no semiárido, que também são rasos e possuem alta fertilidade natural, são os Vertissolos e Luvisolos. Solos mais profundos como o caso de Neossolos Regolíticos, que possuem textura essencialmente arenosa ficam restritos às áreas de coberturas sedimentares (CUNHA et al., 2010). Esses solos são considerados frágeis, pois possuem elevada suscetibilidade à degradação física, química e/ou biológica, necessitando de manejo estratégico e conservação para o uso sustentável.

Os solos arenosos são considerados como solos frágeis por possuírem textura arenosa, baixa disponibilidade de nutrientes, alta drenabilidade e reação ácida, limitando

seu uso para fins agrícolas, principalmente em agricultura de sequeiro. (ALBUQUERQUE et al., 2011). Contudo, em Petrolina, Pernambuco, com a adoção de fertirrigação (irrigação utilizada simultaneamente com fertilizantes) e com boas práticas agrícolas, esses solos vêm sendo amplamente utilizados para a produção de fruteiras de alto valor comercial, trazendo como retorno altas produtividades, impulsionando a economia da região. Segundos estes autores, é importante haver um acompanhamento desses sistemas de produção nestes solos, a fim de minimizar as perdas de nutrientes e matéria orgânica por lixiviação.

A metodologia mais utilizada no mundo de avaliação do potencial de terras para irrigação é a do *Bureau of Reclamation* (BUREC) (CARTER, 2002) e adaptado por Carter (1993), onde as classes de terra são definidas pelos seus atributos físicos. Porém, essa metodologia tornou-se desatualizada por não ter sido aperfeiçoada ao longo do tempo, sendo ela desenvolvida para avaliar ambientes não tropicais.

Dessa forma, metodologias atualizadas de classificação de terras para irrigação ao serem adotadas e aplicadas permitem que seja realizado o planejamento do uso da terra, objetivando assim o desenvolvimento sustentável, minimizando a degradação das terras e a taxa de retorno econômico (AMARAL, 2011). A classificação de terras para irrigação é feita com base nas potencialidades e limitações dos solos. Essas informações são necessárias para a delimitação das terras de classes aptas, eliminando assim, as áreas inaptas nas condições econômicas prevalentes (SOUSA et al., 2013).

Sempre foi necessário realizar frequentes adaptações para essa metodologia, por apresentar limitações para o contexto brasileiro. Por esse motivo, veio a necessidade de se construir uma metodologia nacional, com critérios técnicos objetivos e mais bem adequados aos ambientes tropicais, sobretudo, para avaliações no contexto da região semiárida brasileira. Uma das metodologias desenvolvidas para cobrir essa lacuna foi o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SiBCTI) (AMARAL, 2011).

A classificação de terras exige uma análise e avaliação das suas características relativas ao solo e aos aspectos topográficos e de drenagem (CARTER, 1993). Mesmo assim, para condições mais restritivas de uso e manejo no semiárido, é possível se realizar adaptações na metodologia que possam viabilizar a prática da irrigação.

O objetivo da realização da classificação de terras para irrigação é obter informações necessárias à definição das terras em áreas de classes aptas à irrigação,

excluindo assim as áreas inaptas. Os dados relevantes relacionados aos solos, como topografia, uso da terra, cobertura vegetal, drenagem e demais fatores são avaliados e apresentados nas observações dos perfis. Assim, uma classificação de terras é primordial para a correta instalação, manejo e sucesso técnico de qualquer projeto de irrigação (CARTER, 1993).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende as terras da 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 9).

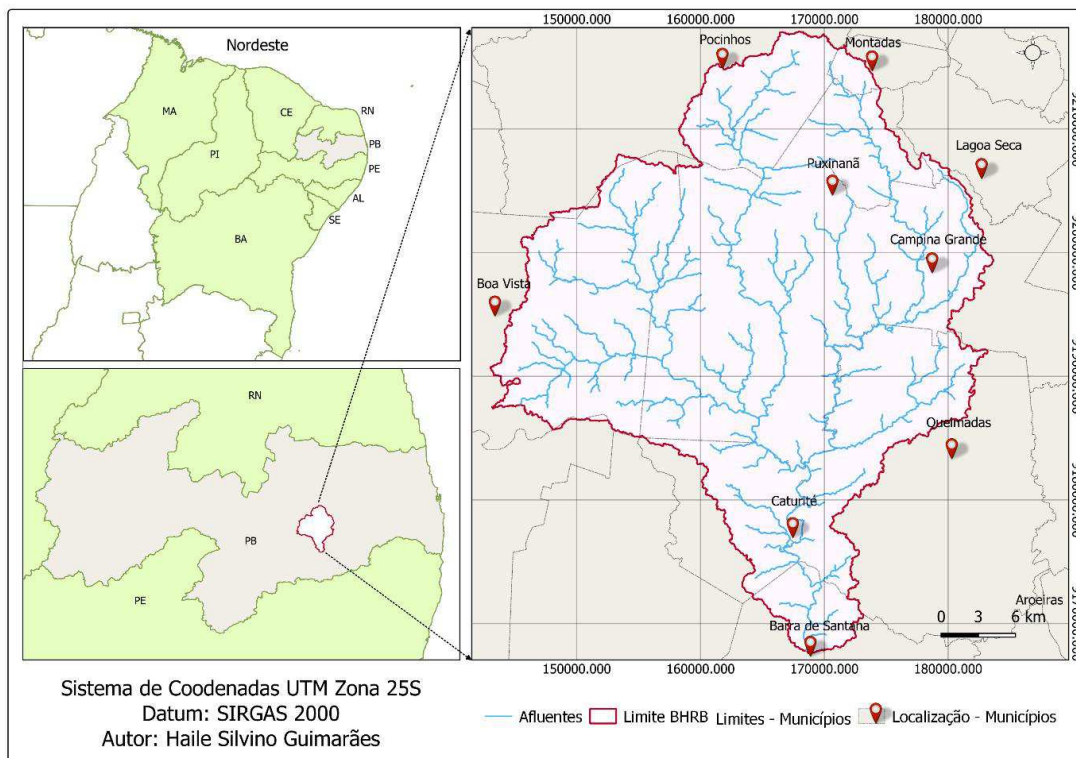


Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Bodocongó. Fonte: Haile Guimarães (2022).

A BHRB possui extensão de aproximadamente 107,60 Km². Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 7°3'57.600"e 7°31'12.000"" de latitude sul e entre os meridianos de 35°52'8.400"e 36°13'51.600"" de longitude oeste.

4.1.2. Clima e Relevo

Esta bacia encontra-se entre duas macrorregiões no Estado da Paraíba: Planície Atlântica, que engloba a encosta oriental do Planalto da Borborema, com clima, segundo Köppen, do tipo As', tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno, podendo ultrapassar 600 mm/ano e Planalto da Borborema, com clima do tipo Bsh, semiárido quente, com precipitação predominantemente abaixo de 600 mm/ano, Francisco (2010).

4.1.3. Mapa de solos da BHRB

O mapa de solos (Figura 10), 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, realizando posteriormente a atualização das classes de solos, bem como a padronização das cores das classes para uso em mapas de solos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018).

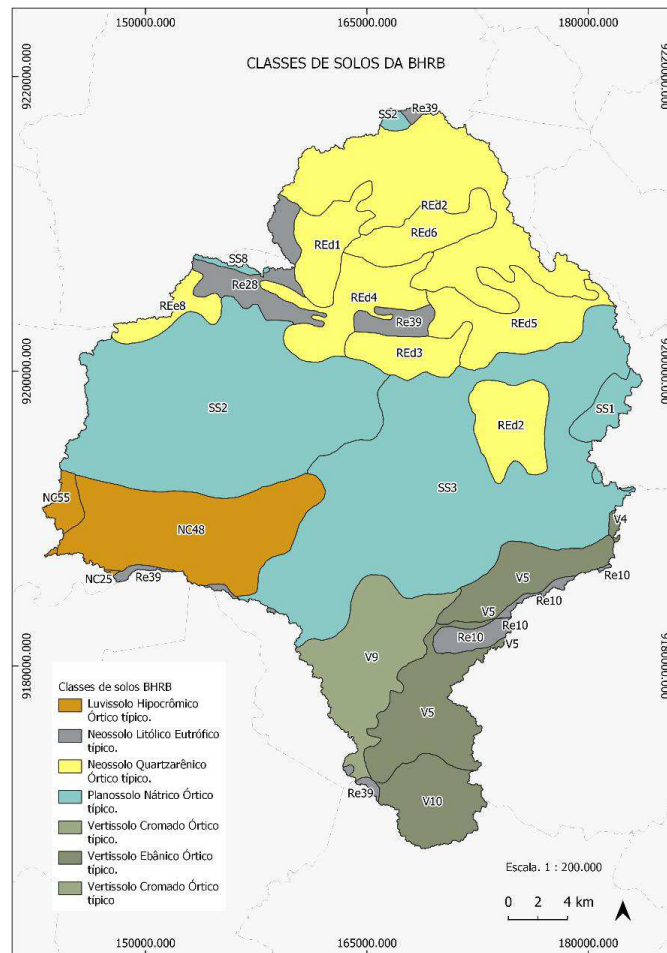


Figura 2 - Mapa de Classes de solos da BHRB. Fonte: Haile Guimarães (2022).

4.1.4. Levantamento de dados

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).

4.1.5. Obtenção das imagens de satélites

No presente trabalho foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado da imagem SRTM, obtida pelo projeto Topodata (www.dsr.inpe.br/topodata) para a delimitação do divisor hidrográfico. A imagem original SRTM possui unidades que equivalem a dimensões de 90x90 metros do terreno, porém através de técnicas de geoestatística e interpolação por Krigagem, essa imagem teve sua resolução espacial do grid alterada para pixel de 30x30 metros (VALERIANO & ROSSETTI, 2010).

As cenas 07S36_ e a 07S375 foram utilizadas e em seguida processadas utilizando o software QGIS, versão 3.16 (www.qgis.org), onde foi realizado um mosaico das cenas, sendo possível obter um único arquivo com a combinação das duas imagens. Posteriormente o mosaico foi reprojetoado, passando de sistema de coordenadas geográficas para sistema de coordenadas planas (UTM). Em seguida foi feito o recorte da área que abrange a bacia, com o objetivo de tornar mais rápido o processamento das atividades posteriores.

4.1.6. Delimitação da BHRB

O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de técnicas que delimitam automaticamente bacias hidrográficas vêm sendo objeto de estudo há vários anos e em várias partes do mundo. Essas técnicas são implementadas em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), promovendo resultados relevantes, conforme verificado nos trabalhos de Vogt et al. (2003), Jordan & Schott (2005) e Merkel et al. (2008).

O processo de delimitação da bacia hidrográfica foi realizado de forma automática, desenvolvido no SIG de licença livre QGIS, versão 3.16. A metodologia adotada nesse processo foi utilizar uma função do QGIS, através do programa de criação de bacias hidrográficas pela extensão (plugin) GRASS GIS denominada de “r.watershed”, além do programa r.water.outled.

4.1.7. Processamento do Modelo Digital de Elevação (MDE)

O MDE (modelo digital de elevação) foi gerado a partir de curvas de nível com equidistância vertical de 20 m, sendo utilizado um *plugin* nativo do QGIS chamado ‘contorno’, que produziu arquivo com registro com vetorial das curvas de nível. Foi, portanto, gerado, uma camada vetorial após o término desse procedimento.

Em seguida por meio do *plugin* “v.to.rast” foi realizado a conversão (rasterização) das curvas de nível (vetor) para uma camada raster através do software GRASS GIS, que está inserido no QGIS.

Com as curvas de nível rasterizadas, foi possível gerar a superfície do MDE por meio do *plugin* “r.surf.contour”.

4.2. Metodologia

A metodologia teve como foco a obtenção de um mapa de classes de terra para irrigação da Bacia Hidrográfica do Rio Bodocongó. Os dados de entrada foram 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 (AESAs).

4.2.1. Elaboração do mapa de solos

Visando melhorar a representação dos solos da área de estudo procurou-se desmembrar os solos associados nas unidades de mapeamento do Estado (PARAÍBA, 1978). Com apoio da ferramenta Google Earth, foi possível planejar viagens de campo utilizando-se como referências o limite da BHRB, o recorte do mapa de solos do Estado e o mapa de declividade gerados, definindo-se alvos para visitas de reconhecimento e diagnóstico. Em escritório foi possível reconhecer e ajustar limites e identificar e separar novas unidades de solos, permitindo melhorar a base de dados do trabalho.

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, e a atualização das classes de solos com a padronização das cores recomendadas segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018). A nomenclatura das classes dos solos predominantes das unidades do mapeamento do Estado (PARAÍBA, 1978) foi atualizada segundo Campos & Queiroz (2006).

4.2.2. Elaboração do mapa de declividade

A declividade é um dos parâmetros mais importantes para avaliação das terras, em particular para a irrigação, visto que existe uma relação direta com as propriedades físicas do solo, bem como a capacidade de armazenamento de água, entre outras.

Através do MDE gerado a partir das curvas de nível com a equidistância de 20 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, os limites das classes abaixo discriminados no Quadro 1.

Quadro 1. Limites e descrição de classes de declividade dos solos.

Classes	Limites (%)	Descrição	Grau de limitação
<i>I</i>	0 -5	Plano	Nulo
<i>II</i>	5 – 10	Suave Ondulado	Ligeiro
<i>III</i>	10 – 20	Ondulado	Médio
<i>IV</i>	20 – 40	Forte Ondulado	Forte
<i>V</i>	40 – 60	Montanhoso	Muito Forte

<i>VI</i>	>60	Escarpado	Imprópria
-----------	-----	-----------	-----------

Fonte: Haile Guimarães (2022).

A classificação e elaboração do mapa foi realizada através de um *plugin* nativo do GRASS GIS chamado “r.reclass”, que possibilita criar uma camada com valores de categoria com base na reclassificação do utilizador de categoria de um raster existente.

4.2.3. Modelo de classificação de terras para irrigação

O modelo de classificação de terras para irrigação proposto tem por base o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação – SiBCTI, (AMARAL, 2011).

O modelo proposto apresenta dois níveis categóricos, Classe e Subclasse. As Classes são em número de cinco e são definidas pelo grau de limitação ao uso da terra para irrigação (nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte), sendo representadas pelos algarismos romanos de I a V, respectivamente (Quadro 2).

As Subclasses especificam a natureza das limitações e são representadas por letras minúsculas que indicam um ou mais parâmetro com maior grau de limitação. Os parâmetros do solo selecionados para o modelo de classificação são: água disponível (a), declividade (e), profundidade efetiva (p), drenagem (d), fertilidade (f), sodicidade (n) e salinidade (s). Como mostra o Quadro 2 abaixo.

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. Assim, o Quadro 2 é utilizada como chave para interpretação e enquadramento das classes e subclasses das terras para irrigação.

Foram adotados ajustes na amplitude dos dados dos valores de referência propostos pelo SiBCTI (AMARAL, 2011) para os parâmetros do modelo, visando aumentar a sensibilidade de discriminação para a realidade dos atributos dos solos da região, tendo como meta a utilização de sistemas singelos de uso e manejo da água de irrigação.

Quadro 2. Limites das classes dos parâmetros do modelo de classificação.

	PARÂMETROS	UNIDADES	LIMITES DAS CLASSES (Grau de limitação)						
	Natureza das Limitações		I	II	III	IV	V	IMPRÓPRIAS	
a	Água Disponível	(mm)	> 35,4	31,8	28,2	24,3	20,7	< 20,7	
e	Declividade	(%)	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	40 a 60	> 60	
p	Profundiade Efetiva	(cm)	> 90	70 a 90	55 a 70	40 a 55	25 a 40	< 25	
d	Drenagem	(mm.h-1)	40 a 75	20 a 40	10 a 20	5 a 10	2,5 a 5	< 2,5	
				75 a 100	100 a 125	125 a 150	150 a 200	> 200	
f	CTC	(cmolc.Kg-1)	> 12	12 a 6	6 a 3	< 3	< 3*		
n	Na+	(%)	<1	< 6	6 a 15	15 a 21	> 15**		
S	Cond. Elétrica	mmhos/cm a 25°C	< 0,5	< 4	4 a 8	8 a 15	> 15**		
		* álico/distrófico		** dreng. lenta/muito lenta e Horz A < 40 cm					

Fonte: Haile Guimarães (2022).

4.2.4. Elaboração dos mapas temáticos

Com exceção da declividade que tem representação espacial própria, os mapas dos demais atributos têm como base de representação os polígonos do mapeamento de solos da BHRB. Para elaboração dos mapas temáticos, o procedimento foi interpretar as classes de solo representativas das unidades de mapeamento, a partir dos dados dos seus perfis modais, atribuindo valores aos seus respectivos polígonos, sendo realizado sua editoração no software QGIS. Como dados de entrada foram utilizados os limites das classes dos parâmetros do modelo, especificado na Quadro 2.

Os parâmetros utilizados para classificação de aptidão das terras para irrigação são atributos intrínsecos de cada solo. Dessa forma, cada parâmetro foi avaliado e valorado de acordo com o grau de limitação em cinco níveis: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Os mapas elaborados foram: profundidade efetiva (p), declividade (e), água disponível (a), drenagem (d), CTC (f), Saturação de sódio (n) e Condutividade elétrica (s).

4.2.5. Definição e critérios para obtenção de dados

A inferência de dados é um artifício que viabiliza a estimativa de informações facilitando e economizando trabalho e recursos financeiros. Considerando a natureza acadêmica e exploratória da pesquisa, bem como a questão de tempo e recursos financeiros, muitos dados foram obtidos por técnica de pedotransferência que consiste em obtenção de informações de classes de solos similares descritas em outros trabalhos (BUDIMAN et al., 2003).

4.2.6. Seleção de Perfis moldais

Para representar a classe de solo representativa de cada unidade de mapeamento que ocorrem na área da BHRB foram definidos “perfis modais” a partir das descrições morfológicas e físico-químicas de solos semelhantes, obtidas dos boletins dos levantamentos de solos do Estado (PARAÍBA, 1972 e 1978). De acordo com a disponibilidade de dados foram agrupados para interpretação e análise informações de solos semelhantes ao nível de grande grupo, levando em conta também as fases de vegetação e relevo.

As classes de solos descritas abaixo a nível de fases de sub-grupos é que foram identificadas e mapeadas na BHRB, e que, para as quais, foram estabelecidos os perfis modais com dados equalizados dos parâmetros do modelo para classificação das terras para irrigação. São elas:

VEo: VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico, fase floresta caducifólia relevo plano e ondulado substrato gnaisse e granito.

VXo-1 e VXo-2: VERTISSOLO HÁPLICO Órtico com A moderado, fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado.

VXo-3: VERTISSOLO HÁPLICO Órtico com A moderado, fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado .

SNo-1: PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico típico (Ta) com A fraco, textura média fase floresta caducifólia relevo plano e suave ondulado.

SNo-2: PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico típico (Ta) com A fraco ou moderado, textura argilosa fase caatinga hipoxerófila, relevo plano e suave ondulado.

SNo-3: PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico típico (Ta) com A fraco, textura média fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.

RRd-1, RRd-2, RRd-3 e RRd5: NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico com A fraco, textura arenosa fase floresta caducifólia relevo suave ondulado.

RRd-4: NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico (álico) com A fraco, textura arenosa fase floresta caducifólia relevo suave ondulado.

RRe-1: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico com A fraco, textura arenosa fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado a ondulado.

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 e RLe-2: 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 ROCHA.

RLe-3: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico com A moderado, textura média fase pedregosa e rochosa floresta caducifólia relevo forte ondulado substrato gnaisse e granito.

RLe-4: 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-5: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico com A fraco, textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado e forte ondulado substrato gnaisse e granito.

TCo: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico com A fraco, textura média fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado.

4.2.7. Água disponível (a)

Para a determinação da capacidade de água disponível do solo (CAD) foram utilizados os dados do perfil modal representativo de cada unidade de mapeamento, sendo utilizada 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.

Trabalhando com um grande número de solos de diferentes texturas os autores estabeleceram, para a água na tensão de 10 kPa, uma curva de correlação expressa pela equação 1.

$$q_{10} = a - b*(AT)^c \quad (1)$$

em que:

q_{10} – percentual volumétrico de água à -10kPa;

AT – Percentual de areia total; e

a, b e c – parâmetros de ajuste da curva , 39,08; - 0,04 e 1,4555 respectivamente.

Para a tensão de 1.500 kPa (q_{1500}) foi obtida a equação 2, que mostra:

$$q_{1500} = 26,17 - 0,0545*(AT)*\ln(AT) \quad (2)$$

em que:

q_{1500} - percentual volumétrico de água à -1.500 kPa;

AT – Percentual de areia total; e

26,17 e $-0,0545$ são os parâmetros de ajuste a e b, respectivamente.

Calculados q_{10} e q_{1500} , a CAD é dada pela diferença entre os conteúdos volumétricos de água nas duas tensões, multiplicado pela espessura em milímetro do horizonte ou camada considerada, podendo ser assim calculada:

$$CAD_h = (q_{10h} - q_{1500h}) H. (1 - Pc) \quad (3)$$

em que:

CAD_h – capacidade de água disponível do horizonte ou camada qualquer, em milímetro;

q_{10h} – percentual volumétrico de água à -10 kPa; e

q_{1500h} – percentual volumétrico de água à -1.500 kPa.

H – Espessura do horizonte, em milímetro.

Pc – fração percentual de pedras e cascalho a ser deduzida, quando houver.

Para se determinar a capacidade de água disponível total do solo (CAD_T) soma-se as CAD_h de todos os “n” horizontes, sub-horizontes e camadas do perfil do solo, conforme a equação 6.

$$CADT = \sum[CAD_{hn}] \quad (4)$$

em que:

CADT – capacidade de água disponível total do solo;

$\sum[CAD_{hn}]$ – somatória da água disponível dos horizontes e sub-horizontes e camadas do solo.

Os limites das classes de água disponível (Quadro 3) foram estabelecidos utilizando valores estimativos para solos entre 20% a 80% de areia total (AT), calculado pelos procedimentos acima citados.

Quadro 3. Limites e descrição de classes de água disponível (a).

Classes	Limites (%) de areia total	Descrição (Disponibilidade)	Grau de limitação
----------------	---------------------------------------	----------------------------------------	------------------------------

<i>I</i>	>15	Muita alta	Nulo
<i>II</i>	15 - 12	Alta	Ligeiro
<i>III</i>	12 - 9	Média	Médio
<i>IV</i>	9 - 7	Baixa	Forte
<i>V</i>	7 - 5	Muito baixa	Muito Forte
<i>VI</i>	< 5	Escassa	Excessivo

Fonte: Haile Guimarães (2022).

4.2.8. Profundidade efetiva (p).

A profundidade efetiva está relacionada a presença de raízes no perfil. Neste caso para cada perfil modal 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 4). E a condição de solos inapropriados para uso agrícola, a profundidade de 30 cm, para condição de contato lítico (rocha impermeável).

Quadro 4. 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>I</i>	> 120	Muito profundo	Nulo
<i>II</i>	120 - 90	Profundo	Ligeiro
<i>III</i>	90 - 70	Moderadamente profundo	Moderado
<i>IV</i>	70 - 50	Moderadamente raso	Forte
<i>V</i>	50 - 30	Raso	Muito Forte
<i>VI</i>	< 30	Muito raso	Excessivo

Fonte: Haile Guimarães (2022).

4.2.9. Drenagem do solo (d)

A drenagem é a propriedade que regula a remoção do excesso de água do solo, estando normalmente relacionada a porosidade do substrato rochoso. Esta permite o restabelecimento do espaço poroso para as trocas gasosas, beneficiando animais e plantas. Esta é normalmente medida em termos de volume, ou altura de lâmina de água

por unidade de tempo (OTTONI FILHO, 2003; 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 (EMBRAPA, 2006; SANTOS et al., 2015). 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; OTTONI FILHO, 2003; 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 5).

Quadro 5. 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).

4.2.10. Capacidade de troca catiônica - CTC. Fertilidade (f).

Pode ser entendida como a quantidade total de cátions retida por unidade de peso do solo e representa o poder que o solo tem de reter em sua matriz os cátions necessários ao desenvolvimento da planta, impedindo a perda por lixiviação profunda (AMARAL, 2011).

Este parâmetro representa a fertilidade natural do solo, qualidade importante na agricultura com sistemas singelos de irrigação. Para sistemas modernos e tecnificados, com uso da fertirrigação, este parâmetro passa a ser menos importante, já que os valores limites desta variável pode se aproximar de zero. Isto representa a possibilidade de se incorporar à produção solos antes considerados inaptos de baixíssima capacidade de produção. A fertirrigação consiste no processo de aplicação de fertilizantes junto à água de irrigação, possibilitando fornecer a quantidade de nutriente adequada exigida pela planta (MAROUELLI e SILVA, 2014).

Neste parâmetro foi considerado nas classes IV e V (Quadro 6), a possibilidade de separar os solos Neossolos Regolíticos distróficos dos eutróficos, em particular os álicos, com alta saturação de alumínio tóxicos ao desenvolvimento das raízes das plantas (ALBUQUERQUE, et al., 2011; AMARAL, 2011).

Quadro 6. Limites e descrição de classes de Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

Classes	Limites de Classes (cmolc.Kg-1)	Classes de <i>Fertilidade</i>	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

Fonte: Haile Guimarães (2022).

4.2.11. Percentagem de saturação de sódio trocável (Na⁺)

O sódio é um cátion dispersante que provoca a degradação da estrutura do solo causando sérios problemas de drenagem e compactação, que prejudicam o desenvolvimento radicular das plantas (FERREIRA, et al., 2016). 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 (CRUZ et al., 2006; DIAS, N.S. et al., 2016). No Quadro 7, o Sódio foi classificado quanto ao seu peso.

Quadro 7. Limites e descrição de classes de Saturação de Sódio Trocável (Na⁺).

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

Fonte: Haile Guimarães (2022).

4.2.11. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo é uma medida indireta da salinidade do meio, estando relacionada aos constituintes iônicos totais na solução, ou seja, com a soma de cátions ou ânions determinados quimicamente e com os sólidos dissolvidos (AMARAL, 2011).

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 (RIBEIRO, et al., 2016; FERREIRA, et al., 2016). Abaixo, no Quadro 8, A Condutividade Elétrica foi classificada quanto ao seu peso.

Quadro 8. Limites e descrição de classes de Condutividade Elétrica (C.E.).

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

Fonte: Haile Guimarães (2022).

4.2.12. Enquadramento e nomenclatura das classes de terras de 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 no Quadro 9 abaixo, relativo ao VERTISSOLO HÁPLICO Órtico.

4.2.13. Enquadramento

- **Água disponível (a)**

A partir do percentual de areia total dos horizontes foram estimados os percentuais de água disponível AD, utilizando a metodologia proposta por Assad et al. (2001), apresentada no item 4.2.7. A AD foi calculada até 30 cm profundidade. Neste caso foi considerada a proposta do trabalho de atender a agricultura com sistemas de irrigação de baixo custo, utilizando cultivos anuais, de raízes menos profundas e de maiores rendimentos.

O valor de AD de 37,4 mm até os 30 cm de profundidade, corresponde ao grau de limitação nulo, classe I de irrigação, AD acima de 35,4 mm, conforme o Quadro 3;

- **Declividade (e)**

O dado da declividade será obtido posteriormente com o cruzamento dos planos de informação dos solos e declividade;

- **Profundidade efetiva (p)**

A profundidade efetiva de 60cm obtida pela média ou moda das profundidades dos perfis semelhantes, corresponde ao grau de limitação ligeiro, que classifica quanto ao parâmetro na classe II de irrigação;

- **Drenagem do solo (d)**

O dado da drenagem também obtido da moda das descrições dos perfis semelhantes, estimada como “imperfeita”, que corresponde ao grau moderado de limitação, o que leva a classe III de irrigação;

- **Capacidade de troca catiônica (CTC) - Fertilidade (f)**

A capacidade de troca catiônica (CTC) expressa a fertilidade natural do solo, sua capacidade de adsorção e troca de nutrientes e água (FERREIRA et al., 2016). Pela mesma razão da água disponível é estimada até os 30 cm de profundidade. O valor ponderado entre os horizontes Ap e C₁, de 29,8 (cmolc.Kg⁻¹ de solo), leva a um grau de limitação nulo, portanto enquadra o solo na classe I de terras para irrigação;

- **Saturação de sódio (n) e Condutividade elétrica (s)**

A percentagem de saturação de sódio (Na⁺) e a condutividade elétrica (CE), representam os riscos de salinização do solo (Quadro 7 e 8) e têm como leitura o valor mais alto dos horizontes até 50 cm de profundidade. No caso 2,6% de Na⁺ para o horizonte C₁ e 0,71 mmhos.cm⁻¹ de salinidade para o horizonte Ap. Como pode se

observar nos Quadros 7 e 8 descritos para cada parâmetro acima, estes valores correspondem a um nível de limitação baixo, portanto se enquadram na Classe I de terras para Irrigação.

Abaixo, no Quadro 9, a unidade de mapeamento referente ao Vertissolo Háptico Órtico, foi classificada quanto a interpretação dos dados do perfil modal dos parâmetros do solo seguindo o modelo de classificação proposto.

Quadro 9. Interpretação dos dados do perfil modal dos parâmetros do solo para o modelo de classificação.

Vxo-4 P 91 (78) VERTISSOLO HÁPTICO Órtico com A moderado fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado -										
Pré-Cambriano gnaíse - saprolito de rochas - 8 km Campina > Caruaru.										
Morfologia (cm)	Areia Total (%)	AD-Hor. (%)	AD-Perfil (mm)	Declive (%)	Prof. Efet (cm)	Drenag	CTC mE/100g	Na+ (%)	CE (mmhos)	Classe de limitação à irrigação
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	III d, p n s

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Finalizando a interpretação dos dados do Quadro 9, as limitações dos parâmetros levam ao enquadramento do solo a classe e subclasse – **III d, p n s** de terras para irrigação.

Com o cruzamento do mapa de solo e da declividade poderá ocorrer subdivisões, novos polígonos, podendo gerar novas subclasses, e até mesmo alterar a classe se o fator declividade tiver grau mais forte de limitação.

4.2.14. Critérios de notação

Como já apresentado na nomenclatura da classificação, as Classes são representadas pelos algarismos romanos de I a V e as Subclasses por letras minúsculas referentes aos parâmetros do modelo: água disponível (a), declividade (e), profundidade efetiva (p), drenagem (d), capacidade de troca de cátions (f), sódio trocável (n) e salinidade (s).

Como norma se estabeleceu que:

- A ordem de notação das subclasses é sempre a apresentada abaixo:

$$a > e > p > d > f > n > s$$

- 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 Háptico (Quadro 9), caso a declividade leve ao grau de limitação ligeiro (grau 2) altera a subclasse de **III_{d,pns}** para **III_{d,epn}**; e caso ao moderado (grau 3) altera a notação da subclasse **III_{d,pns}** para **III_{ed,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 **IV_{e,d,pn}** e **Ve_{,d,pn}**, respectivamente.
- A classe I não tem limitação, portanto não apresenta subclasses.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Atualização do mapa de solos

A falta de informações, em escala adequada, para dar suporte ao planejamento e desenvolvimento de atividades agrícolas, tem motivado a realização de um melhoramento dos mapas de solos, atualizando-os e criando novas classes de solos por meio da utilização da declividade como variável. Visto que, o mapa de solos mais detalhado é o do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (1978), em arquivo digital disponibilizado pela Agência de Águas da Paraíba (AESPA) que está na escala de 1:400.000.

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 de solos, além do formato e tamanho também não estarem condizendo com as descrições do relevo das unidades de mapeamento (Figura 11).

Outro fator fundamental para realização das modificações nas unidades de mapeamento de solos foram os levantamentos e interpretações de campo, com o respaldo de um profissional experiente e conhecedor da área de estudo.

Ao sul da BHRB, as unidades de mapeamento de solos V9, representativas de Vertissolo Cromado Órtico típico, e V5 e V10, representativas de Vertissolo Ebânico Órtico típico deram lugar às unidades de mapeamento VXo-1, VXo-2 e VXo-3, representativas de Vertissolo Háptico ótico. Ainda ao sul da bacia, além de serem inseridos novos polígonos, foram realizados ajustes nas unidades de mapeamento de solos, RLe-1 e RLe-2, representativas do Neossolo Litólico Eutrófico típico.

Ao leste da bacia, havia predominância de unidades de mapeamento SS1 e SS3 referentes a Planossolo Nátrico Órtico típico e REd2, referente ao Neossolo Quartzarênico Órtico típico, após a atualização do mapa de solos, essas unidades deram lugar a novas unidades, SNo-1, referente ao Planossolo Háptico Eutrófico típico, e VXo-4, Vertissolo Háptico Órtico.

Ao oeste da bacia houveram alterações nos polígonos das unidades de mapeamento TCo, referente ao Luvissole Crômico Órtico vertissólico, RLe-5, referente ao Neossolo Litólico Eutrófico típico, e o SNo-2, referente ao Planossolo Háptico Eutrófico típico.

Ao norte da bacia houveram alterações nos polígonos das unidades de mapeamento referentes ao Neossolo Litólico Eutrófico típico e do Neossolo Regolítico

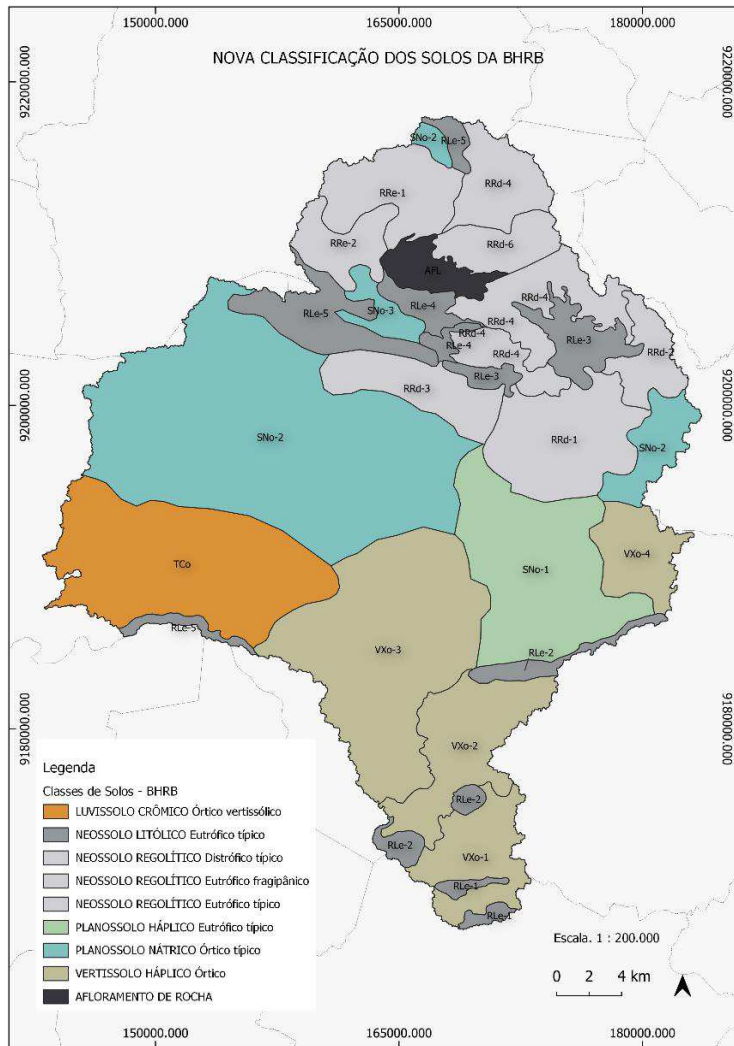


Figura 3 - Mapa de Classes de solos da BHRB reclassificado. Fonte: Haile Guimarães (2022).

Na área de estudo ocorrem 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 10 foram expostas as áreas (ha) de cada unidade de mapeamento dos solos da BHRB.

Quadro 10. 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).

5.2. Mapa de declividade

Pode-se observar na Figura 12 que a ocorrência das classes I e II de declividade, que correspondem à limitação muito baixa e baixa, respectivamente, é recorrente em toda a BHRB.

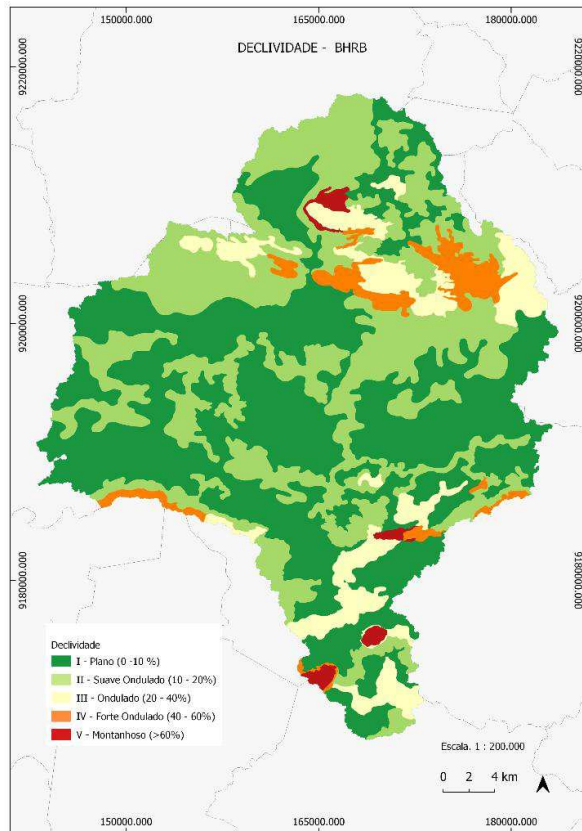


Figura 4 - Mapa de Classes de Declividade da BHRB. Fonte: Haile Guimarães (2022).

No Quadro 11, 47,0% da área é representada pela classe I, apresentando relevo plano (0-5%), e 37,9%, representando a classe II, onde a mesma apresenta relevo suave ondulado (5-10%).

Quadro 11. 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		
Moderada	III	RLe-1	10327,20	9,6%
		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).

5.3. Mapa de Água disponível no solo

A figura 13 apresenta a distribuição das classes de Água Disponível presentes na BHRB.

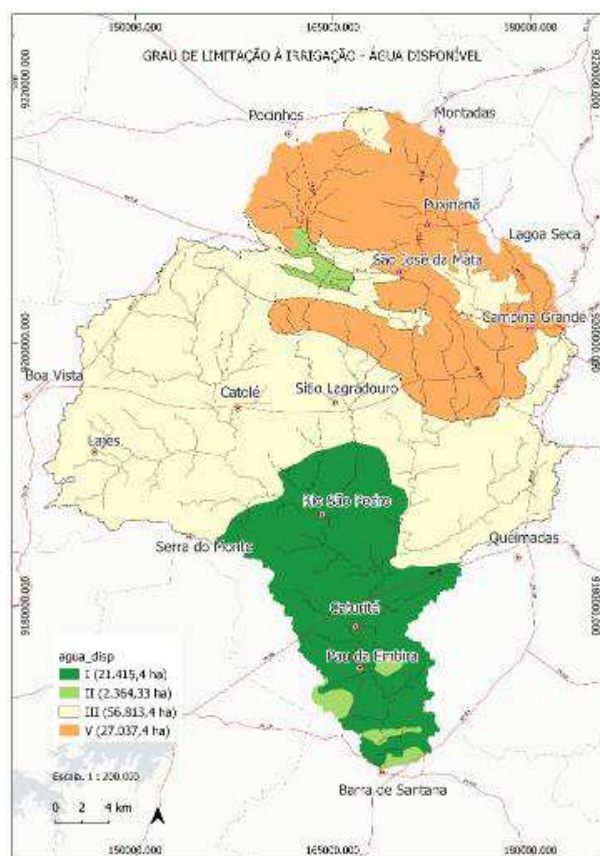


Figura 5 - Grau de limitação à irrigação - Água Disponível. Fonte: Haile Guimarães (2022).

A classe I, com limitação à irrigação muito baixa, representa a classe com disponibilidade de água muito alta. Essa classe ocupa boa parte da área da BHRB, 19,9%, se concentrando ao sul da área de estudo. Essa área corresponde à Vertissolos Háplicos Órticos (VXo-1, VXo-2, VXo-3 e VXo-4), que são solos que possuem como características a grande capacidade retenção de água, baixa drenabilidade e ocorrem em áreas planas a onduladas (Figura 8). Esses solos encontram-se ao sul da bacia.

A classe com baixa limitação à irrigação, classe II, corresponde aos Neossolos Litólicos (RLe-1 e RLe-2) e o Planossolo Nátrico (SNo-3), caracterizados como solos com alta disponibilidade de água disponível, abrangendo uma pequena área da BHRB, com 2,2% da área.

A maior porção da área se concentra na parte média da bacia corresponde a classe a classe III, limitação à irrigação moderada, com 52,8%, que englobam o Luvissole Crômico (TCo), os Neossolos Litólicos (RLe-3, RLe-4 e RLe-5), o Planossolo Háplico (SNo-1) e os Planossolo Nátrico (SNo-2).

Ao norte da BHRB se encontra a classe V, com limitação a irrigação muito alta. Pde-se observar no Quadro 12 que essa classe corresponde ao Neossolo Regolítico

Distrófico (RRd-1, RRd-2, RRd-3 e RRd-4) e ao Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe-1 e RRe-2). A classe de irrigação V abrange 25,1% da área da BHRB.

Quadro 12. 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).

5.4. Mapa de Profundidade efetiva

Pode-se observar na Figura 9 que a classe I, referente a solos muito profundos, sem limitação à irrigação, têm predominância na parte norte da BHRB. Essa classe abrange o Neossolo Regolítico Distrófico (RRd-2, RRd-3 e RRd-4) e corresponde a 25,1% da área da área da bacia.

No sul da BHRB, a predominância é da classe II, que é referente ao Neossolo Regolítico Distrófico (RRd-1), ao Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe-1 e RRe-2) e ao Vertissolo Háplico (VXo-1, VXo-2, VXo-3 e VXo-4). Os solos pertencentes a essa classe são profundos, possuindo limitação à irrigação baixa e correspondem a 19,9% da área.

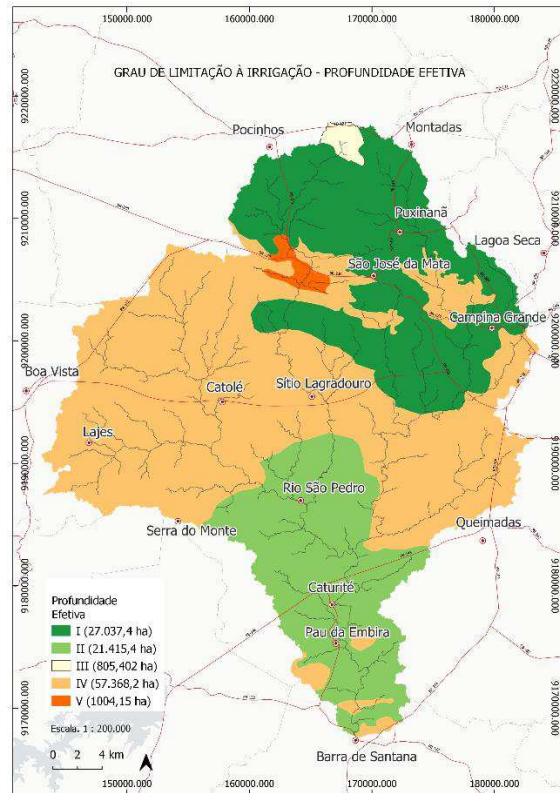


Figura 6 - Grau de limitação à irrigação – Profundidade efetiva (p). Fonte: Haile Guimarães (2022).

A classe III, que corresponde ao Neossolo Litólico Eutrófico (RLe-5) e ao Planossolo Nátrico (SNo-2), com profundidade efetiva moderada, tem uma pequena parcela de representatividade ao norte da bacia, de 0,7% da área (Quadro 13). Essa classe possui limitação à irrigação moderada.

Quadro 13. 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		
Muito raso	V	SNo-3	1004,15	0,9

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Já a Classe IV, que corresponde aos solos com profundidade rasa, possui grau de limitação à irrigação alta. Essa classe é a mais representativa da área da BHRB, e é mais recorrente na parte média da bacia, abrangendo uma área de 53,3% da área.

Ocupando uma pequena parcela da área, com 9% da área, a classe V, corresponde ao Planossolo Nátrico. Esse solo possui profundidade muito rasa, sendo a limitação à irrigação muito alta.

5.5. Mapa de Drenagem

Pode-se observar na Figura 10 que não houve nenhum polígono nas áreas de mapeamento referente a classe II de drenagem do solo.

Por outro lado, a classe III ocupa a maior área referente as classes de drenagem do solo, abrangendo 52,8% da área da bacia. Nessa classe a limitação à irrigação é moderada, correspondendo ao Luvisolo Crômico (TCo), Neossolo Litólico Eutrófico (RLe-3, RLe-4 e RLe-5), Planossolo Nátrico (SNo-2) e Vertissolo Háplico (VXo-1, VXo-2 e VXo-4).

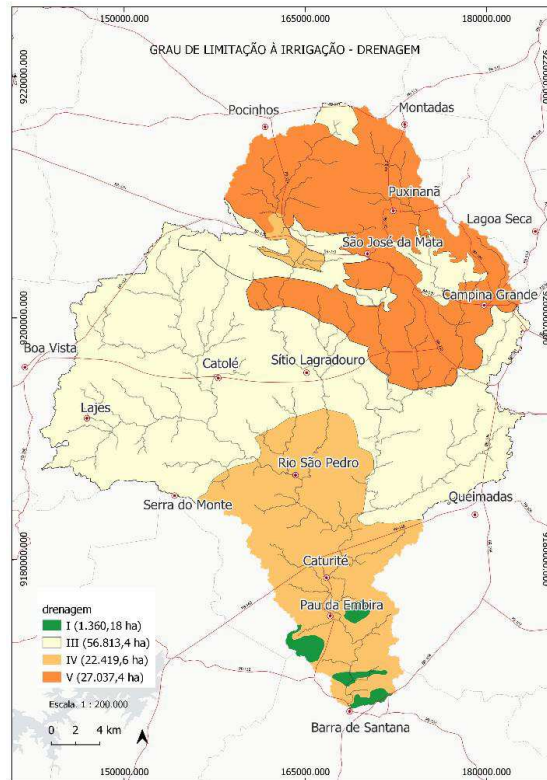


Figura 7 - Grau de limitação à irrigação - Drenagem do solo. Fonte: Haile Guimarães (2022).

A classe I de drenagem do solo, correspondente ao Neossolo Litólico Eutrófico (RL-1 e RLe-2), possui uma área de 1,3% da área da BHRB (Quadro 14). Essa classe tem como característica uma boa drenabilidade de solo, com velocidade moderada.

Ao sul da bacia encontra-se a classe de drenagem do solo IV, com limitação à irrigação alta. Fazem parte dessa classe o Planossolo Háplico (SNo-1), o Planossolo Nátrico (SNo-3) e o Vertissolo Háplico (VXo-3), abrangendo 20,8% da área da BHRB.

A classe V encontra-se ao norte da BHRB, abrangendo 25,1% da área total. Essa classe corresponde ao Neossolo Regolítico Distróficos (RRd-1, RRd-2, RRd-3 e RRd-4) e Neossolo Litólico Eutrófico (RLe-1 e RLe-2) tem limitação à irrigação muito alta.

Quadro 14. 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 RLe-2	1.360,18	1,3%
Moderada	III	TCo RLe-3 RLe-4 RLe-5 SNo-2 VXo-1 VXo-2 VXo-4	56.813,40	52,8%
Alta	IV	SNo-1 SNo-3 VXo-3	22419,60	20,8%
Muito alta	V	RRd-1 RRd-2 RRd-3 RRd-4 RLe-1 RLe-2 AFL	27037,4	25,1%

Fonte: Haile Guimarães (2022).

5.6. Mapa de Fertilidade (CTC)

Observa-se na Figura 11 que existe a predominância da classe I ao sul da bacia, essa classe apresenta grau de limitação à irrigação é muito baixa. Corresponde a essa classe o Vertissolo Háplico (VXo-1, VXo-2, VXo-3 e VXo-4), abrangendo 20,8% da área.

A classe II é predominante na parte média da BHRB, onde a limitação à irrigação dessa classe é baixa. Pertencem a essa classe o Neossolo Litólico Eutrófico (RLe-1, RLe-2, RLe-3, RLe-4 e RLe-5), Luvissoilo Crômico (TCo), Planossolo Háplico (SNo-1) e o Planossolo Nátrico (SNo-2), que abrange 54,0% da área.

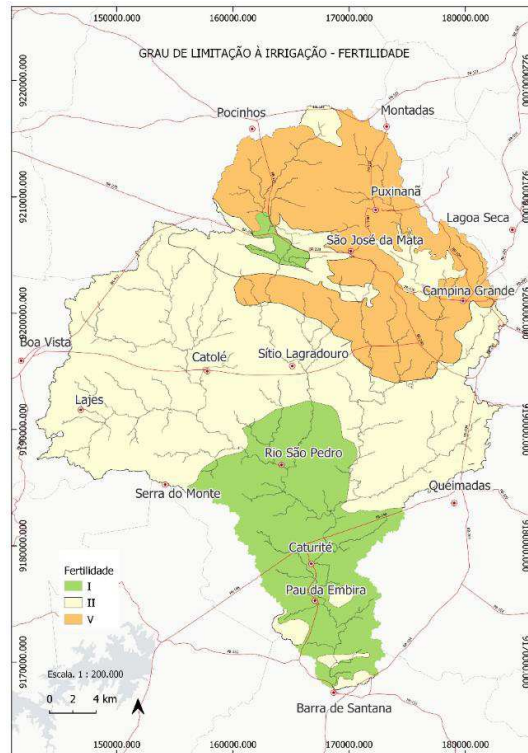


Figura 8 - Grau de limitação à irrigação - Capacidade de troca catiônica (CTC) - Fertilidade (f). Fonte: Haile Guimarães (2022).

Ainda observando a Figura 11, ao norte da bacia encontra-se a classe de fertilidade do solo V, abrangendo uma área de 25,1%. A limitação à irrigação dessa classe é muito alta. Os solos correspondentes a essa classe são o Neossolo Regolítico Distrófico (RRd-1, RRd-2, RRd-3 e RRd-4) e Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe-1 e RRe-2).

Quadro 15. 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).

5.7. Mapa de Sódio trocável (Na⁺)

Observa-se na Figura 12 que a classe I, classificada como sem Na⁺, tem uma grande parcela de representatividade ao norte da bacia, de 30,7% da área. Essa classe corresponde ao Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe-1, RRe-2), ao Neossolo Regolítico Distrófico (RRd-1, RRd-2, RRd-3, RRd-4 e RRd-5) e ao Neossolo Litólico Eutrófico (RLe-3, RLe-4 e RLe-5). Essa classe possui limitação à irrigação muito baixa.

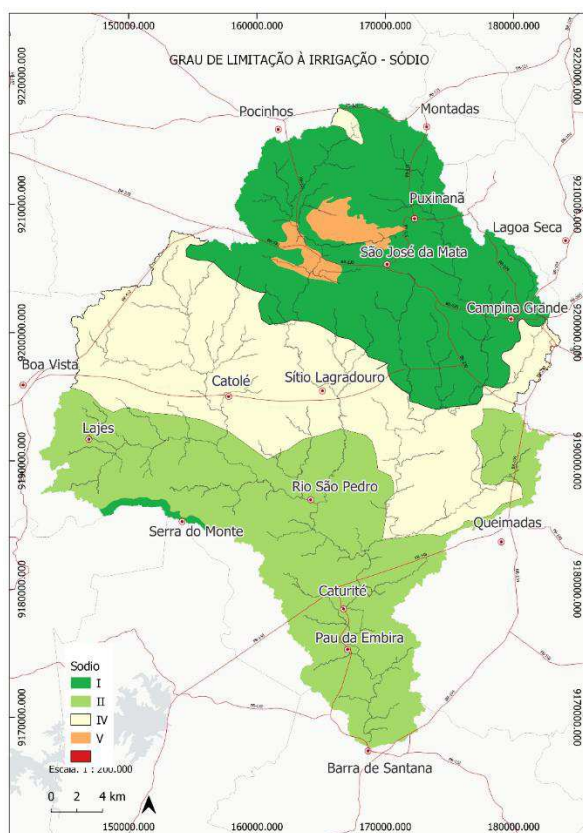


Figura 9 - Grau de limitação à irrigação – Sódio trocável (n). Fonte: Haile Guimarães (2022).

A classe II há baixo teor de Na⁺ no solo, tendo baixa limitação à irrigação. Essa classe tem maior representatividade da parte média a parte sul da bacia, e abrange uma área de 34,8%, em um total de 37.461,80 ha. Fazem parte da classe II o Neossolo Litólico (RLe-1 e RLe-2), o Luvissoilo Crômico (TCo) e o Vertissolo Háptico (VXo-1, VXo-2, VXo-3 e VXo-4).

Na parte média da bacia encontra-se a classe de Na⁺ de peso IV, que consiste em uma classe com alta limitação à irrigação e possui alto teor de Na⁺ no solo. Os solos

correspondentes a essa classe são o Planossolo Háptico (SNo-1) e o Planossolo Nátrico (SNo-2), que abrangem 32,1% da área.

Representando 2,3% da área da bacia, na parte norte, próximo ao povoado de São José da Mata, a classe V, possui limitação à irrigação muito alta. Pertencem a essa classe o Planossolo Nátrico (SNo-3) e a unidade de mapeamento referente ao Afloramento de rocha. Essa classe possui como característica a presença muito alta de Na⁺ no solo.

Quadro 16. 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).

5.8. Mapa de Condutividade elétrica

Observa-se na Figura 13 que a classe I, sem Salinidade, possui uma grande representatividade ao longo de toda BHRB, com 56,5% da área. Essa classe corresponde ao Neossolo Litólico Eutrófico (RLe-1, RLe-2, RLe-3, RLe-4 e RLe-5), ao Neossolo Regolítico distrófico (RRd-2, RRd-3, RRd-4 e RRd-5), ao Luvissole Crômico (TCo) e ao Planossolo Nátrico (SNo-2), essa classe possui limitação à irrigação muito baixa (Quadro 17).

Abrangendo também uma grande área, com 42,1%, da área da BHRB, a classe II, correspondente ao Neossolo Regolítico Distrófico (RRd-1), ao Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe-1 e RRe-2), ao Planossolo Háptico (SNo-1), Planossolo Nátrico (SNo-2)

e aos Vertissolos (VXo-1, VXo-2, VXo-3 e VXo-4), possui como característica a baixa salinidade, e sua limitação à irrigação é classificada como baixa (Quadro 17).

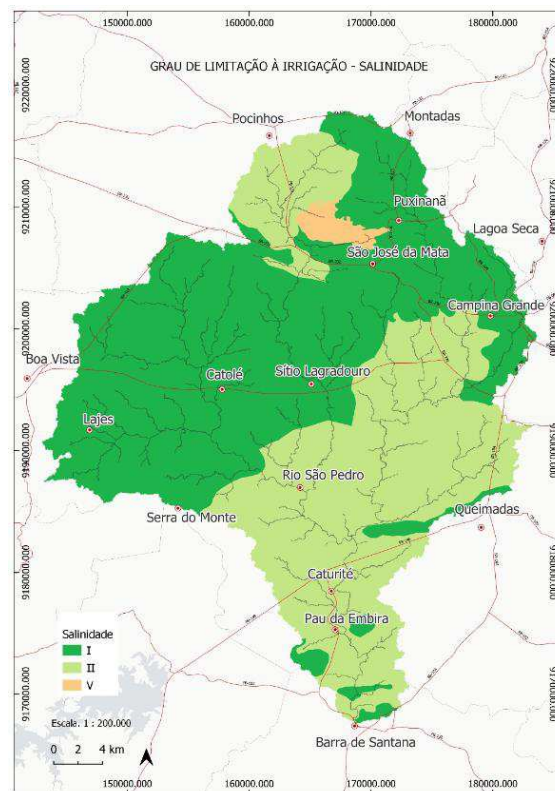


Figura 10 - Grau de limitação à irrigação – Condutividade Elétrica (C.E.) - Salinidade (s). Fonte: Haile Guimarães (2022).

Ao norte da bacia encontra-se a classe V, que consiste em uma classe que possui teor de Salinidade no solo muito alto, com limitação à irrigação muito alta, além. O solo que corresponde a essa classe é a unidade de mapeamento referente ao Afloramento de rocha, abrangendo uma área de 1,4%.

Quadro 17. 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		
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).

5.9. Classes de irrigação

Observa-se na Figura 14 que ao longo da BHRB existem apenas três classes de irrigação, Classe III, Classe IV e Classe V. O peso dado a cada classe se refere ao grau de limitação que a mesma possui quanto ao potencial à irrigação.

A classe III, pela qual possui média limitação à irrigação, abrange 56,5% da BHRB, sendo possível observar através da Figura 14, que as unidades de mapeamento referentes a essa classe se encontram bem distribuídas ao longo da Bacia. Ao Leste, encontra-se a unidade de mapeamento próximo à Queimadas, que corresponde ao Vertissolo Háplico (VXo-4). Ao Oeste a unidade de mapeamento encontra-se entre o município de Boa Vista, o povoado de Catolé e a Serra do Monte, e corresponde ao Luvissole Crômico (TCo). Ao Sul, a Classe III se encontra entre os municípios de Caturité e Barra de Santana, correspondendo ao Vertissolo Háplico (VXo-1 e VXo-2). Essa classe abrange uma área de 20,40% da BHRB (Quadro 18).

Abrangendo a maior área da BHRB, com 51,70% da área, a classe IV, que possui alto grau de limitação à irrigação (Quadro 18), se encontra ao longo de toda área da bacia. Na parte média da bacia, encontra-se a unidade de mapeamento referente ao Vertissolo Háptico (VXo-3), entre o município de Caturité, a Serra do monte e o povoado de São Pedro. Ainda na parte média da bacia, porém, mais ao Oeste, envolvendo o município de Boa Vista, os povoados de Catolé e do Sítio Largadinho, outra unidade de mapeamento pertencente a Classe IV corresponde ao Planossolo Nátrico (SNo-2). Ao oeste da bacia, próximo a Serra do monte, encontra-se a unidade de mapeamento referente ao Neossolo Regolítico Eutrófico (RLe-5). No Leste da bacia, encontram-se outras unidades de mapeamento, referente ao Planossolo Háptico (SNo-1), localizada próximo ao município de Queimadas e o Planossolo Nátrico (NSo-2), próximo à cidade de Campina Grande. Ao norte da bacia, encontra-se os Neossolos Litólicos (RLe-3, RLe-4 e RLe-5). No sul da bacia também existe a ocorrência da Classe IV, são as unidades de mapeamento referentes ao Neossolo Litólico (RLe-1).

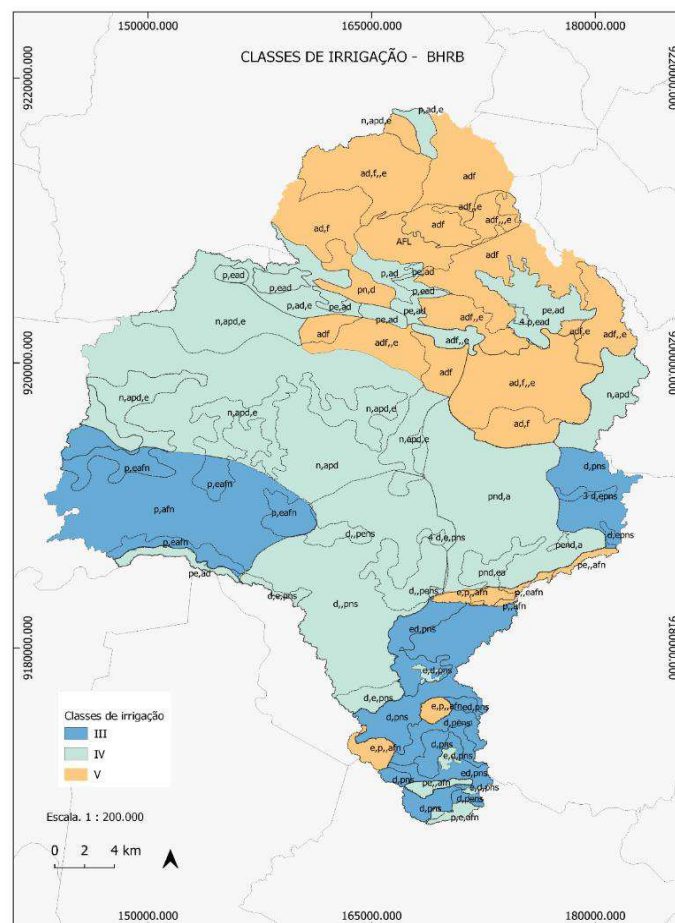


Figura 11 - Classes e Subclasses de irrigação. Fonte: Haile Guimarães (2022).

Ainda observando a Figura 14, pode-se observar a presença da Classe V de limitação à irrigação, principalmente ao norte da BHRB. Essa classe classifica suas respectivas unidades de mapeamento com o grau de limitação à irrigação sendo muito alto e abrange um total de 27,80 % da área, segundo o Quadro 18. Nota-se que ao norte da bacia, entre a cidade de Campina Grande e os municípios de Pocinhos e Queimadas, encontram-se os polígonos referentes a Classe V equivalentes as unidades de mapeamento do Neossolo Litólico (RLe-1), do Neossolo Regolítico Distrófico (RRd-1, RRd-2, RRd-3, RRd-4 e RRd-5), do Neossolo Regolítico Eutrófico (RRe-1 e RRe-2), além do Planossolo Nátrico (SNo-2 e SNo-3). Já os polígonos recorrentes mais ao sul da bacia são referentes aos Neossolos Litólicos (RLe-2), que se encontram nas linhas de serra entre os municípios de Barra de Santana e Queimadas.

Quadro 18. 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		
		VXo-3		
Muito alta	V	RLe-2	29.959,30	27,80%
		RRd-1		
		RRd-2		
		RRd-3		
		RRd-4		
		RRe-1		
		RRe-2		
		SNo-3		

Fonte: Haile Guimarães (2022).

Observa-se na Figura 14 que a a unidade de mapeamento referente ao Luvisolo Crômico (TCo), correspondente a Classe III de irrigação, possui novas unidades de mapeamento divididas por subclasses. A subclasse mais representativa dessa unidade de mapeamento é a p,afn, onde a Profundidade efetiva (p) é o parâmetro de maior limitação à irrigação, com o peso III, seguido pelos parâmetros que receberam peso II, Água

disponível (a), Fertilidade (f) e Sódio (n). Na mesma unidade de mapeamento aparece outra subclasse, a p,eafn. Ao Oeste da bacia, na unidade de mapeamento referente ao Vertissolo Háptico (VXo-4), a subclasse que prevalece é a d,pns, mas também ocorre a subclasse d, epns. Já ao Sul da BHRB a subclasse mais recorrente é a d,pns, mas também surgem outras subclasses com outros fatores limitantes, como ed,pns e d,epns.

Na classe IV, a unidade de mapeamento referente ao Vertissolo Háptico (VXo-3), observa-se que a subclasse com maior expressão, em área, é a d,,pns, onde a Drenagem (d), recebeu peso IV, sendo o maior fator limitante quanto ao impedimento à irrigação, e as demais receberam peso II. Nessa unidade de mapeamento também, ocorrem as subclasses d,e,pns e a subclasse d,,epns. Ao Sul da BHRB, os polígonos que se referem aos Neossolos Litólicos (RLe-1), apresenta a subclasse p,e,afn, que tem a profundidade efetiva (p) como parâmetro de maior limitação à irrigação, onde, a mesma recebeu peso IV, a declividade (e), peso III e as demais, receberam peso II e também a subclasse e,d,pns e a p,e,afn. Já os Neossolos Litólicos ao norte da bacia (RLe-3, RLe-4 e RLe-5) apresentam como principal parâmetro para o impedimento à irrigação a profundidade efetiva (p), seguido pela água disponível, declividade e drenagem.

As unidades de mapeamento referentes ao Neossolo Regolítico (RLe-2), ao Sul da BHRB, correspondentes a Classe V de irrigação, apresentam como parâmetro de maior limitação à irrigação, a declividade (e), que recebeu peso V, seguida pela profundidade efetiva (p), com peso IV e os demais parâmetros, com peso II. Já ao Norte da bacia, os polígonos que se referem aos Neossolos Regolíticos Distróficos (RRd-1, RRd-2, RRd-3, RRd-4 e RRd-5), e aos Neossolos Regolíticos Eutróficos (RRe-1 e RRe-2), possuem como parâmetro de maior limitação à irrigação água disponível no solo (a), a drenagem (d) e a fertilidade (f), com peso V.

6. CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados obtidos pode se concluir que foi possível realizar ajustes e atualizações no mapa de solos da BHRB por meio de interpretações realizadas em campo e com o auxílio do mapa de declividade obtendo-se uma representação mais realística e condizente com os ambientes pedoclimáticos observados na BHRB.

As áreas mais declivosas da BHRB correspondem em sua grande maioria aos Neossolos Litólicos, que são solos considerados jovens, que tem como características uma baixa profundidade, quase sempre com morfologia do tipo A/R ou A/C/R, associados a afloramentos rochosos. Esses solos se distribuem principalmente nas linhas de serra, como na serra do Monte, na zona sul da bacia, nas proximidades de Barra de Santana e também ocorrem ao Norte da bacia, nas proximidades de São José da Mata.

A Classe III de irrigação possui limitação à irrigação moderada, ou seja 20,40% da área da BHRB. O principal fator limitante ao longo dos 21.909 ha da bacia é a drenagem do solo (d) e a declividade (e). Os Luvisolos Crômicos e os Vertissolos representam essa classe.

A Classe IV de irrigação corresponde a 55.629 ha, ou seja, 51,70% da BHRB possui limitação à irrigação alta. Os Parâmetros que mais influenciam para que a limitação à irrigação seja alta é a Profundidade efetiva (p), a Declividade (e), a Drenagem (d), e o Sódio - Na⁺ (n). Fazem parte dessa classe os Neossolos Litólicos Eutróficos, os Planossolos Nátricos, os Planossolos Hápticos e os Vertissolos Hápticos.

A classe com maior limitação à irrigação, a classe V, devido a profundidade efetiva (p), a Declividade (e), Água disponível (a), Drenagem (d) e Fertilidade - CTC (f) abrange 27,80% da bacia. Em sua grande maioria é formada por Neossolos Regolíticos Distróficos. Também fazem parte dessa classe os Neossolos Regolíticos Eutróficos e os Planossolos Nátricos.

A BHRB não possui Classes de terras para irrigação I e II, que apresentam, respectivamente terras com limitação muito baixa e baixa. A bacia apresenta apenas Classes III, IV e V, compreendendo terras com limitação à irrigação média, alta e muito

alta. Portanto o potencial do sistema de irrigação a ser implantado na bacia é considerado viável apenas na Classe III, ou seja, 20,40% da área, os outros 79,6% são considerados como de alto risco.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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).

ANA – Agência Nacional das Águas. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017, 85p.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília: ANA, 2021. 130p.

BARBOSA, C. C. F.; CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S.; CREPANI, E.; NOVO, E. M. L. M.; CORDEIRO, J. P. C. Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação a zoneamento ecológico-econômico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998, Salvador. **Anais...**Salvador, INPE: 1998.

BARROS, J. **Geoinformática, Geoprocessamento e Geotecnologias, o que são e quais as diferenças entre eles**. 2018. Disponível em: <<https://www.geoaplicada.com.blog/geoinformatica-geoprocessamento-e-geotecnologias/>> . Acesso em: 23 de maio de 2022.

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.

BUDIMAN, M.; BRATNEY, A.B.M.; SANTOS, M.L.M.; SANTOS, H.G.S. Revisão sobre funções de pedotransferência (PTFs) e novos métodos de predição de classes e atributos do Solo / Minasny Budiman... [et al.]. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2003. 50 p.. - (Embrapa Solos. Documentos; n. 45)

CÂMARA, G., D. et al. Towards a generalized map algebra: principles and data types. Workshop Brasileiro de Geoinformática. Campos do Jordão, SP. **Anais Eletronicos...**Curitiba: SBC. nov. 2005, p. 66-91, 2005.

CÂMARA, G.; BARBOSA, C.; CORDEIRO, J. P.; LOPES, E.; FREITAS, U. M. de; LUCENA, I. **Álgebra de mapas - Análise Espacial de Dados Geográficos**. INPE, 2001.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação. SBC, 1996.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; PEDROSA, B.; VINHAS, L.; MONTEIRO, A. M. V.; PAIVA, J. A.; CARVALHO, M. T.; GATTASS, M. TerraLib: Technology in Support of GIS Innovation. In: Simpósio Brasileiro em Geoinformática, 2, 2000, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 2000.

CAMPOS, M.C.C; QUEIROZ, S.B. Reclassificação de perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2006.

CARVALHO, C. C. N.; NUNES, F. C.; ANTUNES, M. A. H. Histórico do levantamento de Solos no Brasil da industrialização brasileira à era da informação. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65, v. 5, p. 997-1013, 2013.

CATEN A. T; QUOOS J. H.; Mapeamento Digital de Solos, **Resvista MundoGEO**. Outubro, 2009.

COELHO, E., da SILVA, T. S. M., da SILVA, A. J. P., PARIZOTTO, I., CONCEIÇÃO, B., & dos SANTOS, D. B. (2012). Sistemas de irrigação de baixo custo para agricultura familiar de assentamentos ribeirinhos do Semiárido.

COELHO, Eugênio Ferreira et al. Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar. **Cruz das almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2014.

COSTA, D. P. **Utilização de Geotecnologias na análise da transformação socioespacial urbana da região serrana fluminense: o estudo de caso do distrito sede de Teresópolis**. 186 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de pós-graduação em Geografia na área de concentração em Análise da Informação Espacial. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. São Paulo, 2005.

CUNHA, T. J. F.; GIONGO, V.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da; ALVAREZ, I. A. Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 49-87.

DIAS., Y. A. S.; JÚNIOR, G. M. S.; SOARES, N. L. S.; SANTOS, G. Análise multitemporal da ocupação irregular das margens do Rio 40 Horas no município de Ananindeua-PA. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais...** Campinas-SP, 2017.

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.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapeamento digital de solos se organiza no Brasil**. Embrapa-Documentos, n. 316. 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos)**. Embrapa Solos - Rio de Janeiro, 2016.

FERREIRA JUNIOR, J. J.; DANTAS, M. J. F. Análise do albedo da superfície e de índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do Rio Pacoti/CE. **Revista Tecnológica**, v. 39, n. 2, p. 1-18, 2018.

FIGUEIREDO, S. R. **Mapeamento supervisionado de solos através do uso de regressões logísticas múltiplas e sistema de informações geográficas**. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.
- FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G.; BALIEIRO, F. de C.; MOURA, T.P.A. de; DE MENEZES, A.R.; SANTANA, C.I. Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região Oeste do Estado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1457-1465, 2016.
- FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 2010. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- GOMES, M. A. F. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. Embrapa Meio Ambiente, 2011. Disponível em: <http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf> . Acesso em 01 de agosto de 2022.
- 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.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Pedologia**. 3^a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico em geomorfologia**. 2^a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.
- Keller, J; Bliesner, R. D. Sprinkler and trickle irrigation. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- KUMAR, D. P.; LANDAU, E. C. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs Centrais no Brasil em 2013**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106).
- LEPSCH, I. F. 19 lições de Pedologia. Oficina de Textos. São Paulo, 2011. 458 p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação e fertirrigação na cultura do pimentão. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A. et al. (Eds.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 25, p. 697-714.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPq, 2012. 266 p.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. DE; LIMA, R. A. F. DE 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.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2. Ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa, 2010. 425 p.

MOREIRA, G. A. M. **Potencial das terras para irrigação da fazenda experimental Lageado, Botucatu-SP, por geoprocessamento**. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Interciência, 2014, 286 p.

NANNI, A.; BARROS, S. D.; DESCOVI FILHO, L.; SOUZA, M. S.; PEREIRA FILHO, N. S.; GOVEIA, S. S. 2017. **QGIS User Guide, Versão 2.18**. 473p. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.18/pdf/pt_BR/QGIS-2.18-UserGuide-pt_BR.pdf. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

NASCIMENTO, J.M.S.; LIMA, L.A.; CARARO, D.C.; CASTRO, E.M.; SILVA, M.V.G. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em um sistema de gotejamento para pequenas propriedades. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, Edição Especial, p.1728-1733, 2009.

NOLASCO-CARVALHO, C. C.; FRANCA-ROCHA, W.; UCHA, J. M. Mapa digital de solos: Uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p.46–55, 2009.

OLIVEIRA, M.L.; RUIZ, H.A.; COSTA, L.M.; SCHAEFER, C.E.G.R. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 9, n. 4. p. 535-539. 2005.

United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022>

OTTONI FILHO, T. B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 27:211-222, 2003.

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. UFPBEletr Consult Ltda. 1978. 448p.

PIROLI, E. L. Prefácio à primeira edição. In: BENINI, S. M. (Org.). **Uso de Sistemas de Informação Geográfica na análise ambiental em bacias hidrográficas**. 1. ed. Tupã, SP: Editora ANAP, 2015, 139 p.

PRIESS, J. A., HAUCK, J. Integrative scenario development. **Ecology and Society**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2014.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D.D. **Escoamento superficial**. Viçosa: UFV, 2 ed. 2006. 87p.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000. 220 p.

SANTOS, D.P.; SANTOS, G.G.; SANTOS, I.L.; SCHOSSLER, T.R.; NIVA, C.C.; MARCHAO, R.L. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1466-1475, 2016.

SANTOS, J. C. P. **Avaliação detalhada do potencial de terras para irrigação nas áreas de reassentamento de colonos do projeto Jusante - área 3, Glória, BA**. Recife: Embrapa Solos - UEP/NE, 2008.

SANTOS, L.; SILVA, E. A. Carta de trafegabilidade do terreno usando SIG e imagem de alta resolução. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2004.

SILVA, A.J.P.; SILVA, V.P.; SÁ, T.; COELHO, E.F.; CARVALHO, A.J.A. Crescimento e produtividade de alface irrigada por diferentes sistemas de irrigação de baixo custo utilizando captação de água da chuva. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 21, 2011, Petrolina. **Anais...** ABID, 2011. CD Rom.

SILVEIRA, C. T.; FIORI, A. P.; SCHILIPACK, P.; DIAS, S. M. Mapeamento preliminar da suscetibilidade natural a movimentos de massa da serra do mar paranaense apoiado na análise digital do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 01, p. 03-22, 2014

SILVEIRA, G. R. P. **Geomática aplicada na caracterização conservacionista de uma bacia hidrográfica no município de São Manuel (SP)**. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2016.

SOUSA, A. R. DE; SILVA, A. B. DA; ACCIOLY, L. J. DE O.; LIMA E SÁ, V. A. DE; NUNES FILHO, J.; SIQUEIRA, S. M. Avaliação do potencial das terras do município de Aliança – PE para uso com irrigação. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 34, 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2013.

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 Núcleo do Conhecimento*. Ano 03, Ed. 12, Vol. 04, pp. 170-193, dezembro de 2018. ISSN:2448-095

SOUZA, C. A.; AQUINO, B. G.; QUEIROZ, T. M. Expansão da agricultura irrigada por pivô central na região do Alto Teles Pires-MT utilizando sensoriamento remoto. **Revista Geama**, v. 6, n. 2, p. 11-16, 2020.

SOUZA, N. C.; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F.; SANTOS, A. B. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 478–484, 2010.

TENÓRIO, F. J. C.; CALHEIROS, C. B. M.; MADALENA, J. A. S.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA, J. A. C. Economia de água em irrigação por aspersão baseado na definição da velocidade de infiltração. **Revista Caatinga**, v. 21 n. 5, p. 185-188, 2008.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. TOPODATA: **Seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM**. São José dos Campos: INPE, 2010. Disponível em: <http://mtc19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19%4080/2010/05.10.18.35/doc_publicacao.pdf>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

VILAÇA, M.F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: O estudo de caso do ribeirão conquista no município de Itaguara/MG. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13, Viçosa. **Anais...**Viçosa/MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

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.